Rapport

Vooronderzoek WIM 2.0

Techniek en functionele specificaties

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat (RWS/WVL/BNSV), Marcel Otto
Begeleiding:	Tijdens de uitvoering was er een begeleidingsgroep met vertegenwoordigers van de directies CIV, GPO, PPO en WVL van RWS, DGMo/WV, IlenT, de Belastingdienst en de Landelijke Politie.
Opdrachtnemer:	Corner Stone International SAGL, Hans van Loo
Rapport:	RWS-WIM 2.0 v1.0.docx
Versie:	1.0 Definitef
Datum:	2 maart 2023

Versies:

0.1	3 feb. 2023	Eerste concept versie van rapport
0.2	16 feb. 2023	Eerste concept versie van rapport met verwerking commentaar van leden van projectgroep WIM 2.0
1.0	2 maart 2023	Definitieve versie met verwerking commentaar van M. Otto

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3

1 Management samenvatting 6

1.1 Achtergrond 6
1.2 WIM technologie 7
1.3 Buitenlandse ervaringen 10
1.4 Gebruikerseisen 12

2 Introductie 17

2.1 Achtergrond 17
2.2 Vooronderzoek WIM 2.0 17
2.3 Uitvoering 18
2.4 Contact 18

3 WIM technologie 19

3.1 Weigh-In-Motion 19
3.2 Wegdek sensoren 20
3.2.1 Weegplaten en weegschalen 21
3.2.2 Strip sensoren 22
3.3 Piëzo-quartz sensoren (Kistler) 23
3.3.1 Kistler sensoren in ZOAB 24
3.3.2 Kistler sensoren in Roadsafe (Burdie) 26
3.4 Eisen aan de wegdekconstructie rond WIM 29
3.4.1 Verdiepingssessie verhardingen rond WIM 31
3.4.2 Mogelijke vervolgacties 33
3.5 Alternatieve strip sensoren 34
3.5.1 Alternatieve Kistler sensoren 34
3.5.2 Load cell sensoren 35
3.5.3 Piëzo elektrische sensoren 35
3.5.4 Glasvezel sensoren 35
3.6 Stress-In-Motion sensoren 37
3.7 Bridge WIM 40
3.7.1 Verdiepingssessie: Mogelijkheden (SiWIM) Bridge-WIM 42
3.7.2 Questions & Answers 43
3.8 On-Board WIM 45
3.9 Conclusies WIM technologie 46

3.10 Aanbevelingen WIM technologie 48

4 Ervaringen met WIM 50

4.1 Internationale standaardisatie 51
4.2 Verenigd Koninkrijk 53
4.3 Frankrijk 54
4.4 Tsjechië 56
4.5 Hongarije 58
4.6 België - Wallonië 60
4.7 Zwitserland 62
4.8 Slovenië 64
4.9 Zuid-Afrika 65
4.10 Brazilië 67
4.11 Australië 68
4.12 Data kwaliteitsmanagement 70
4.12.1 Structuur van DKM 71
4.12.2 Organisatie 73
4.13 Kosten-Baten Analyse 75
4.13.1 Kosten en baten 76
4.14 Conclusies toepassingen van WIM 79
4.15 Aanbeveling WIM toepassingen 81

5 Gebruikerseisen voor WIM 2.0 82

5.1 Rijkswaterstaat / WVL 82
5.1.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 84
5.2 Rijkswaterstaat / VWM 85
5.2.1 Toepassingen van WIM data 86
5.2.2 Functionele eisen voor WIM 2.0 86
5.3 Rijkswaterstaat / GPO / Verhardingen 87
5.3.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 88
5.4 Rijkswaterstaat / GPO / Kunstwerken 89
5.4.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 91
5.5 Rijkswaterstaat / CIV 94
5.5.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 94
5.6 Rijkswaterstaat / Regionale directies 95
5.6.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 96
5.7 Inspectie Leefomgeving en Transport 97
5.7.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 99

5.8 Belastingdienst 100
5.8.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 101
5.9 Politie Landelijke Eenheid 102
5.9.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 103
5.10 BAM Infra Verkeerstechniek 104
5.10.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 105
5.11 Technolution 105
5.11.1 Functionele eisen voor WIM 2.0 106
5.12 Conclusies functionele eisen gebruikers 106
5.13 Aanbeveling functionele eisen gebruikers 109

6 Eisen aan WIM 2.0 data 111

6.1 RWS-WVL 113
6.2 RWS-VWM 116
6.3 RWS-GPO- Verhardingen 119
6.4 RWS-GPO-Kunstwerken 123
6.5 IL&T 126
6.6 Landelijke Politie 129
6.7 Belastingdienst 133
6.8 Referenties 136

1 Management samenvatting

1.1 Achtergrond

Sinds ruim 20 jaar wordt door Rijkswaterstaat (RWS) de wegbelasting op het hoofdwegennet gemeten door een netwerk van Weigh-In-Motion (WIM) systemen [van Saan, van Loo, 2002]. De meetdata uit deze WIM systemen wordt zowel binnen als buiten RWS voor verschillende toepassingen gebruikt. Zo worden de statistische gegevens over de wegbelasting gebruikt voor het ontwerp en onderhoud van de weginfrastructuur daarnaast worden de WIM systemen gebruikt ter ondersteuning van de handhaving op overbelading door zware vrachtwagens. Verder worden de vrachtwagen registraties gebruikt voor de controle op de afdracht van de belasting op zware motorrijtuigen (BZM).

De technologie, waar het huidige netwerk van WIM systemen van RWS op is gebaseerd, is aan het einde van zijn levensduur. Daarom is een upgrade van het WIM-systeem nodig, deze opvolger van het huidige systeem wordt 'WIM 2.0' genoemd. Ter voorbereiding hiervan heeft RWS/WVL de opdracht gekregen om een vooronderzoek uit te (laten) voeren waarbij gekeken wordt naar de huidige en de gewenste toekomstige situatie. Hierbij wordt gekeken naar de ervaringen van de betrokken partijen, de wensen van huidige en mogelijk toekomstige gebruikers, en eisen voor het gebruik van de WIM-data en de mogelijkheden van nieuwe technologie voor de WIM systemen.

Het vooronderzoek bestaat uit twee delen; het eerste deel richt zich op de organisatorische aspecten rond het WIM netwerk en is uitgevoerd door TwynstraGudde. Het tweede deel van het onderzoek is gericht op de technische aspecten van het WIM netwerk. Dit rapport beschrijft de resultaten van dit technische deel van het vooronderzoek. Het omvat een overzicht van de beschikbare en nieuwe WIM technologieën (verschillende sensoren en systemen), de ervaring met het gebruik van WIM-systemen en WIM-data in verschillende buitenlanden en het belang van het beheer van de WIM-systemen en met name van de kwaliteit van de gemeten data. Verder worden de problemen met de installatie van de huidige weegsensoren in de ZOAB besproken en mogelijke oplossingen geïnventariseerd. Op basis van de interviews met de verschillende eindgebruikers binnen en buiten RWS worden de huidige en toekomstige toepassingen beschreven in combinatie met de wensen en eisen voor de het toekomstige WIM 2.0.

1.2 WIM technologie

Weigh-In-Motion systemen meten de wiel- en/of aslasten en totaalgewicht van passerende voertuigen en slaan deze op samen met andere parameters gerelateerd aan de passage (datum, tijdstip, snelheid, locatie, rijrichting, rijstrook) en het voertuig (aantal assen, asafstanden, voertuiglengte of wielbasis, voertuigcategorie).

Alleen een WIM systeem meet de werkelijke wegbelasting.

De nauwkeurigheid van een WIM meting hangt af van de gebruikte technologie, de conditie van het wegdek (o.a. de vlakheid) vlak voor het meetsysteem en de verkeerssituatie ter plaatse. Er bestaan verschillende soorten WIM systemen en sensoren, elk met specifieke voor- en nadelen [ISWIM, 2019]. De combinatie van de gewenste toepassing (nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de metingen), de omgevingscondities ter plaatse (verkeers-situatie, wegdek condities en klimaatomstandigheden) en het beschikbare budget bepaalt welk WIM systeem het beste aansluit op de specifieke, lokale eisen. Er bestaat daarom niet zoiets als 'Het Beste WIM Systeem van de Wereld'.

De in de huidige WIM (1.0) systemen gebruikte Kistler piëzo-quartz sensoren behoren internationaal tot de meest nauwkeurige, stabiele en betrouwbare strip sensoren. Bij de aanleg van de Kistler sensoren – en alle andere 'harde' balk-sensoren, weegplaten en weegschalen - in ZOAB wegdekken kunnen problemen optreden met de duurzaamheid van de verbinding tussen de ZOAB en de epoxy grouting rond de sensoren. De installatie van 'harde' WIM sensoren in de toplaag van ZOAB is meer kritisch dan installatie in DAB of in betonnen verhardingen. Door het directe contact met de passerende aslasten zijn dergelijke wegdek sensoren veelal minder duurzaam dan sensoren die onder de toplaag of onder een kunstwerk geïnstalleerd worden. Het probleem met de Kistler sensoren in de ZOAB is besproken met specialisten binnen en buiten RWS en lijkt beheersbaar door een combinatie van het gebruik van bestaande en nieuwe installatie technieken en een zorgvuldige en meer frequente periodieke inspectie plus het direct uitvoeren van onderhoud bij problemen van het wegdek rond de installatie.

Voor WIM 2.0 systeem wordt aanbevolen om er bij de installatie van de huidige Kistler Lineas WIM sensoren - en eventueel andere 'harde' balk sensoren – in ZOAB wegdekken voor te zorgen dat de constructie van het omliggende wegdek aan een standaard set met strikte eisen voldoet en dat deze eisen ook daadwerkelijk op alle WIM locaties worden toegepast. In eerste instantie wordt aanbevolen om de procedure voor de installatie van de sensoren in de Burdie-Roadsafe verder uit te breiden en te verfijnen.

Verder dienen periodieke inspecties uitgevoerd te worden van de WIM sensoren, het buffermateriaal en het omliggende wegdek door gekwalificeerde inspecteurs. Op deze manier kunnen eventuele problemen op tijd gedetecteerd worden, in het geval van kleine beschadigingen snel gerepareerd worden voordat het probleem onbeheersbaar wordt. Tevens dienen de inspecties gecombineerd te worden met standaard, periodiek, preventief onderhoud aan de WIM-sensoren en het omliggende wegdek. Naast het verder ontwikkelen van het gebruik van de Burdie Roadsafe als buffermateriaal wordt aanbevolen om ook andere alternatieve mogelijkheden/materialen te onderzoeken zoals het gebruik van gietasfalt, gewapend staalvezelbeton en een betonnen verharding onder het gehele WIM systeem.

Bij Bridge-WIM systemen worden meetsensoren onder een kunstwerk (brug of viaduct) aangebracht waardoor de hele brug – of een segment van een lange brug – functioneert als een weegsysteem. Een Bridge-WIM levert dezelfde meetdata als een 'standaard' wegdek WIM-systeem en voor geschikte bruggen is de meetnauwkeurigheid globaal vergelijkbaar met de huidige WIM 1.0 systemen. Door de installatie onder een brug levert dit geen hinder op voor het doorgaande verkeer en kent het geen problemen met installatie in ZOAB wegdekken.

Specifiek voor Bridge-WIM is dat hiermee ook kortdurende metingen uitgevoerd kunnen worden waarmee een eerste indruk verkregen kan worden van de wegbelasting op een bepaalde locatie. Door een systeem over meerdere locaties te rouleren, kan - in aanvulling op het netwerk van vaste WIM systemen - een landelijke dekking verkregen worden. Doordat naast de verkeersbelasting ook de responsie van de brug wordt gemeten, kan op basis van de metingen tevens een beoordeling van de sterkte van de brug uitgevoerd worden. Aanbevolen wordt om op korte termijn Bridge-WIM systemen in te zetten als flexibele aanvulling op de 'vaste' WIM systemen en daarnaast in de praktijk de lange termijn stabiliteit van het systeem te onderzoeken over een periode van ten minste 1 jaar.

Er zijn alternatieve WIM strip sensoren beschikbaar die - in vergelijking met de huidige Kistler sensoren - of dezelfde problemen hebben bij installatie in ZOAB (balken of platen) of een duidelijk lagere meetnauwkeurigheid hebben (kabels). Een mogelijk alternatief wordt geboden door de laatste generatie glasfiber sensoren die onder de toplaag van het wegdek aangebracht worden. Hierdoor is een goede duurzaamheid mogelijk hoewel dit (vooralsnog) wel ten koste gaat van de meetnauwkeurigheid. De glasfiber sensoren kunnen voor bepaalde – minder kritische, statistische - toepassingen een goed

alternatief bieden ook kunnen ze gebruikt worden als aanvulling op meer nauwkeurige systemen om zo een betere landelijke dekking te krijgen.

Een andere relatief nieuwe ontwikkeling zijn de Stress-In-Motion (SIM) sensoren waarmee ook de wielconfiguratie, te lage of te hoge bandenspanning en ontbrekende wielen/banden gedetecteerd kunnen worden. Deze sensoren bieden nieuwe toepassingsmogelijkheden voor de verhoging van de verkeersveiligheid en onderzoek naar piekbelasting van wegdekken. Geadviseerd wordt om door te gaan met het in de praktijk te onderzoeken van de prestaties van alternatieve WIM technologieën en met name glasfiber sensoren en SIM systemen.

Tenslotte worden wereldwijd steeds meer On-Board weegsystemen toegepast aan boord van vrachtvoertuigen. Indien gecombineerd met een GPS-systeem kunnen de aslasten en gewichten van het voertuig gedurende een hele rit gemonitord worden. De On-Board weegsystemen kunnen in combinatie met vaste, infrastructuur gebonden WIM systemen gebruikt worden voor wederzijdse kalibratie, controle van de datakwaliteit, detectie van storingen of verloop in de meetkwaliteit door slijtage van de weegsensoren (bij In-Road systemen) of eventuele manipulaties (bij On-Board systemen). Aanbevolen wordt om een test te starten met een koppeling tussen data afkomstig van de bestaande On-Board systemen en die van de huidige WIM 1.0 en toekomstige WIM 2.0 systemen.

Hybride WIM implementatie:

- ***15-20 vaste systemen***
- ***20-30 korte B-WIM metingen per jaar***

Aanbevolen wordt om het WIM 2.0 in eerste instantie te baseren op 'proven technology' in een combinatie van permanente systemen op basis van huidige Kistler Lineas sensoren en kortdurende metingen per jaar met Bridge-WIM systemen. Een dergelijke hybride implementatie zou bij voorbeeld kunnen bestaan uit 10 tot 15 vaste systemen en 15 tot 25 flexibele metingen van (2 weken tot 1 maand). De exacte aantallen systemen en metingen zullen bepaald moeten worden op basis van de informatiebehoefte en gebruikerseisen en de resultaten van de kosten-baten analyse. Voor dit laatste wordt aanbevolen op een aantal mogelijke trajecten te inventariseren welke bruggen geschikt zijn om nauwkeurige en betrouwbare Bridge-WIM metingen uit te voeren. Hiernaast wordt voor de langere termijn aanbevolen door te gaan met het in de praktijk te onderzoeken wat de prestaties zijn voor alternatieve WIM sensoren, met name de glasfiber en SIM sensoren. Dit onderzoek dient tenminste de meetnauwkeurigheid en duurzaamheid van de sensoren, de toepassingsmogelijkheden en de operationele randvoorwaarden te omvatten.

1.3 Buitenlandse ervaringen

Wereldwijd worden WIM systemen al decennia lang op verschillende manieren ingezet; ten eerste voor het verzamelen van statistische informatie over de verkeersbelasting en daarnaast ter ondersteuning van de handhaving van overbelading door zware voertuigen. Dit laatste kan op verschillende manieren gebeuren:

- Statistiek en planning, hierbij geven de gemiddelde gegevens uit WIM systemen aan waar en wanneer er pieken optreden in de overbelading. Dit wordt o.a. gebruikt om controles op overbelading in te plannen (o.a. Verenigd Koninkrijk, België, Frankrijk).
- Voorselectie voor wegkantcontroles, hierbij worden de metingen van de WIM systemen gecombineerd met camerabeelden (ANPR en overzicht) gebruikt om waarschijnlijk overbeladen voertuigen te selecteren voor statische naweging op vaste controle locaties (o.a. Verenigd Koninkrijk, Slovenië, Brazilië, Zuid Afrika).
- Bedrijfsprofilering, op basis van de kentekens in de WIM registraties van overbeladen voertuigen worden de gegevens van het betreffende transportbedrijf opgezocht. Hiermee worden vervolgens bedrijfsprofielen opgesteld, worden de meest overbeladen bedrijven gericht bezocht en kan een Last Onder Dwangsom (LOD) opgelegd worden (o.a. Frankrijk, Nederland).
- Directe handhaving, hierbij dient de meting van een overbeladen voertuig door een WIM systeem direct als bewijs voor de overtreding zonder dat een secundaire statische naweging noodzakelijk is. De procedure is vergelijkbaar met de bestaande radar snelheidscontroles en stelt zeer hoge eisen aan de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van elke individuele meting (o.a. Tsjechië, Hongarije, België/Wallonië).
- Intelligente toegang (On-Board WIM), hier worden de metingen van weegsystemen aan boord van voertuigen gekoppeld met GPS locatiegegevens en via mobiele communicatie aan een centrale doorgegeven. Hiermee kunnen - onder bepaalde strikte condities - zwaardere voertuigen toegelaten toegelaten worden op bepaalde daarvoor geschikte delen van het wegennet (o.a. Zuid Afrika, Australië en Nederland).

Elk van de WIM-toepassingen voor handhaving heeft specifieke voor- en nadelen, geen van alle toepassingen zal alleen het gehele overbelading probleem kunnen oplossen of voorkomen. Alleen door een slimme combinatie van verschillende toepassingen specifiek gericht op de verschillende aspecten van de overbelading zal het probleem beheersbaar blijven/worden [REMOVE, 2022]. In het algemeen stellen de meer geavanceerde

toepassingen van WIM systemen hogere eisen aan de kwaliteit van de meetresultaten van de gebruikte WIM systemen. Gezien de technische en organisatorische problemen met de huidige systemen lijkt een invoering van WIM voor directe, automatische handhaving op korte termijn niet realistisch. Aanbevolen wordt om de voortgang van de typegoedkeuring van het Sloveense Bridge-WIM systeem te blijven volgen. Omdat er voor directe handhaving geen naweeglocaties nodig zijn, zou dit een grote mate van vrijheid geven in de selectie van bruggen die geschikt zijn voor nauwkeurige metingen met een Bridge-WIM systeem.

Zo is voor statistische analyses alleen de gemiddelde kwaliteit van belang terwijl voor de directe handhaving de kwaliteit van de individuele meting essentieel is. De invoering van de meer geavanceerde toepassingen zoals directe handhaving en intelligente toegang zijn naast een technische ook een organisatorische uitdaging. De verantwoordelijkheden van de betrokken partijen, de onderlinge rolverdeling, operationele procedures en wet- en regelgeving voor het gebruik van de systemen van WIM systemen dienen goed afgestemd te worden op de lokale omstandigheden.

WIM data zonder een goede en bekende kwaliteit is waardeloos.

Ongeacht de toepassing leert de wereldwijde ervaring dat zonder een goed beheer van de kwaliteit van de WIM-data dat deze data zeer beperkt of helemaal niet bruikbaar is. Voor vrijwel alle toepassingen van de meetdata van het toekomstige WIM 2.0 systeem is het essentieel dat de controle en het beheer van de kwaliteit van WIM data goed wordt georganiseerd en geïmplementeerd. Tevens vraagt dit om een stevige relatie met de eindgebruikers, waarbij hun informatiebehoefte leidend moet zijn bij keuzes in de beschikbaarheid en de kwaliteit data

De kosten-baten analyse is de basis voor elke investering in WIM.

Een kosten-baten analyse van de investering in de aanleg, beheer, onderhoud en gebruik van WIM systemen dient als basis voor beslissingen over de initiële investering en de continuering ervan in de toekomst. De kostenkant omvat de aanschaf, het gebruik en het onderhoud van de techniek (o.a. WIM en ICT systemen) en voor personeel (b.v. voor de uitvoering van de handhaving). De baten komen aan de ene kant voort uit een optimalisatie van het ontwerp, het onderhoud en het gebruik van weginfra. En aan de andere kant uit de reductie van de (gevolgen) van de overbelading (schade aan de infra, oneerlijke concurrentie en verkeersveiligheid).

Met name aan de kant van de baten is het in de praktijk onmogelijk gebleken om voor alle verschillende aspecten een exacte financiële onderbouwing te berekenen. Echter ook een gedeeltelijk kwalitatieve beschrijving van de baten geeft al een schatting van orde grootte van de mogelijke jaarlijkse besparing. Voor WIM 2.0 wordt aanbevolen een update te maken van de bestaande (inter-)nationale kosten-baten analyses zoals [Pantenia, 2022] en om bij de start een nulmeting te doen van de mate van overbelading.

1.4 Gebruikerseisen

Uit de gesprekken met de verschillende eindgebruikers van de data uit de WIM systemen en andere betrokken partijen kwamen een aantal zaken naar voren. Wellicht het belangrijkste is dat verschillende gebruikers aangeven dat de WIM data essentieel zijn voor de uitvoeren van hun wettelijke taken betreffende: ontwerp en onderhoud van wegen en kunstwerken, voor de aanpak overbelading met Last Onder Dwangsom en de toelating bijzondere transporten. Een aantal andere gebruikers de WIM data zien als een belangrijk middel voor de uitvoering van wegkantcontroles op overbelading, de handhaving van de Belasting Zware Motorvoertuigen en voor studies verkeer en vervoer. De noodzaak voor het doorgaan met een WIM 2.0 is duidelijk geworden, de vraag is hoe het te implementeren.

Een andere belangrijke uitkomst is dat de betrouwbaarheid van de WIM data essentieel is voor vrijwel alle gebruikers. Hierbij is er een verschil in het gewicht van de eisen aan de betrouwbaarheid dat de verschillende gebruikers geven, b.v. gebruikers van statistische data meer m.b.t. de totale of gemiddelde wegbelasting over een bepaalde periode en gebruikers van individuele metingen b.v. voor voorselectie, bedrijfsprofielen, speciale transporten, etc.). Er zijn twee manieren om de betrouwbaarheid van de gemeten WIM-data te monitoren:

1. door de WIM systemen zelf op basis van mogelijke verstoringen van de meting en;
2. vanuit de centrale database waar de voertuigregistraties worden opgeslagen op basis van statistische analyse van kengetallen.

Één van de krachtigste controles van de kwaliteit van de WIM metingen is een regelmatig vergelijk met statische wegingen tijdens wegkantcontroles. Daarom wordt voor het WIM 2.0 aanbevolen om het mogelijk te maken de meetdata van de statische wegingen in het WIM systeem ingevoerd kunnen worden en gekoppeld aan de

betreffende dynamische WIM meting. Een andere veelbelovende manier is de koppeling en wederzijdse vergelijking van data uit On-Board weegsystemen en In-Road WIM systemen. Hiervoor wordt geadviseerd dit samen met het Project Intelligente Toegang bijzonder wegtransport (PITbw) nader te onderzoeken. Hierbij kunnen de statische pre-trip On-Board metingen vergeleken worden met de dynamische WIM metingen, vergelijkbaar met het vergelijk met de statische nawegingen bij wegkantcontroles. Wellicht kunnen verder ook de statische metingen gebruikt worden die vervoerders al doen vanwege contractuele verplichtingen, bv. bij bouwverkeer in opdracht van RWS.

De eindgebruikers eisen:

- ***Goede betrouwbaarheid***
- ***Landelijke dekking***
- ***Constante datastroom***
- ***Directe toegang tot data***

Een goede landelijke dekking van de metingen over de verschillende regio's en diverse transportstromen wordt eveneens door alle gebruikers als essentieel aangegeven. Dit geldt zowel voor gebruikers die betrokken zijn bij de handhaving als bij het ontwerp, beheer en onderhoud van de weginfrastructuur. De landelijke dekking is noodzakelijk om locatie/regio specifieke analyses te kunnen maken.

Ook de volledigheid van de WIM data wordt door de gebruikers als essentieel aangemerkt. Er is behoefte aan een continue stroom aan WIM-data waarmee de ontwikkelingen over de jaren in kaart gebracht kunnen worden zoals de samenstelling van wegtransport en het gebruik van verschillende soorten voertuigen. Ook voor handhaving van de overbelading is de operationele beschikbaarheid van de WIM systemen van groot belang. De wensen wat betreft de beschikbaarheid van de WIM data verschillen per gebruiker. Voor een aantal gebruikers is het voldoende om periodiek overzichtsgegevens te krijgen, andere gebruikers zouden graag direct (online) toegang krijgen tot individuele voertuigregistraties.

De duurzaamheid van de huidige (Kistler) WIM sensoren in de ZOAB wegdekken is op dit moment onvoldoende. De duurzaamheid zou liefst gelijk of groter moeten zijn als de levensduur van de toplaag van de wegdekken. Daarnaast is de kans op onvoorspelbare en ernstige calamiteiten te groot. Dit kan tot gevaarlijke verkeerssituaties leiden en tot extra verkeershinder door onvoorspelbare noodreparaties. Tenslotte is de schade aan de WIM-sensoren – en het omliggende wegdek – meestal zo groot dat reparatie niet meer mogelijk is en het geheel vervangen moet worden.

Voor de CIV als mogelijke toekomstige beheerder van de WIM systemen en WIM data is vooral belangrijk dat de organisatie, taken en verantwoordelijkheden duidelijk zijn. Verder dat er voldoende tools beschikbaar zijn voor uitvoering van het beheer. Het onderhoud dient voor WIM 2.0 beter planbaar te zijn en minder gericht op het verhelpen van incidenten.

De beheerders eisen:

- ***Duidelijke verant-woordelijkheden***
- ***Goede tools voor uitvoering***

Dit kan in eerste instantie gebeuren door periodiek (jaarlijks of ½ jaarlijks) specifieke inspecties van de sensoren en het omliggende wegdek uit te voeren gecombineerd met levensduurverlengend onderhoud. Gezien het specifieke karakter zullen deze inspecties uitgevoerd moeten worden door een deskundige partij. Daarnaast zijn er een aantal veelbelovende mogelijke alternatieve manieren -waaronder de toepassing van gietasfalt en glasvezelbeton – die theoretisch en in de praktijk onderzocht dienen te worden.

Niet alle elementen uit een voertuigregistratie zijn voor alle eindgebruikers even belangrijk. Zo zijn de aslasten en gewichten voor de Belastingdienst niet relevant maar de passage en de identiteit van de voertuigen juist wel, terwijl dit voor RWS/GPO grotendeels omgekeerd is. De keuze van de uiteindelijke functionaliteit van het WIM 2.0 en welke data-elementen in een voertuigregistratie opgenomen moeten worden. Dit bepaalt het aantal potentiële eindgebruikers van het systeem en daarmee de verdeling van de kosten voor de investering in het WIM 2.0 systeem. Voor de gebruikers binnen RWS zijn de kentekens van de voertuigonderdelen (voor en achter) geen doel op zich maar een belangrijk middel om voertuigspecifieke limieten en/of ontheffingen voor speciale transporten te kunnen achterhalen en te koppelen aan de voertuigregistratie.

Voor de ILT, Landelijke Politie en Belastingdienst zijn kentekens noodzakelijk om de identiteit van de eigenaar van het voertuig te achterhalen. De opslag van en toegang tot de kentekens en gegevens van de voertuigeigenaar zal aan de geldende privacyvoorschiften moeten voldoen. De mogelijke toepassing van WIM voor directe automatische handhaving van overbelading – vergelijkbaar met de huidige snelheid trajectcontrole – is technisch mogelijk maar wordt op korte termijn (< 2 jaar) niet als haalbaar of noodzakelijk gezien.

Gezien de huidige problemen om de kwaliteit van de WIM registraties te garanderen, lijkt een invoering op de korte term van WIM voor directe handhaving niet realistisch. De ILT ziet in directe handhaving wel als een zeer effectief en efficiënt middel voor de toekomstig om de inzet van schaarse personele middelen drastisch terug te brengen.

Directe handhaving wordt weer een overweging op het moment dat de fysieke basis en datahuishouding voor het nieuwe WIM 2.0 goed op orde is. De meeste gebruikers zijn al bezig met – of zijn geïnteresseerd in – het uitproberen van nieuwe WIM-technologieën. De belangrijkste hiervan zijn:

Nieuwe WIM technologieën:

- ***Bridge-WIM***
- ***Glasvezel sensoren***
- ***Stress-In-Motion***
- ***On-Board wegingen***

1. Bridge-WIM systemen, voor flexibele, kortdurende metingen als aanvulling op het netwerk van vaste WIM systemen en de mogelijkheid om de sterkte van specifieke, problematische bruggen te onderzoeken;
2. Glasvezel WIM sensoren vanwege een langere levensduur en minder problemen met de duurzaamheid en installatie in (onder) ZOAB;
3. Bandenspanning (SIM), voor de detectie van te hoge of te lage bandenspanning en ontbrekende banden ter verhoging van de verkeersveiligheid. Tevens voor het berekenen van vermoeiingsschades op stalen wegdekken van kunstwerken.
4. On-Board weegsystemen voor intelligente toegang van specifieke of bijzondere voertuigcombinaties tot bepaalde delen van het wegennet en voor wederzijdse kalibratie met wegdek systemen.

De nauwkeurigheid van de weging (aslasten en totaalgewichten) van de huidige WIM systemen is voldoende voor het toekomstige WIM 2.0. Eventueel kunnen de eisen voor de meetnauwkeurigheid verhoogd worden voor zware voertuigen (b.v. > 40 ton). Over het algemeen hebben WIM systemen namelijk een grotere meetnauwkeurigheid voor zware voertuigen. Vaak werd ook genoemd dat de voertuigclassificatie dient verbeterd en uitgebreid te worden. De voertuigcategorieën van de INWEVA Telpunten (nu: L1, L2 en L3) op basis van voertuiglengte dienen beter aan te sluiten bij die van de WIM-systemen. Het maximaal aantal assen dat in het dataformaat per voertuigregistratie van een WIM systeem opgeslagen kan worden, dient uitgebreid te worden tot minimaal 15 assen. Met name de classificatie van speciale voertuigen en exceptionele transporten dient verbeterd te worden.

Op basis van de interviews met de verschillende eindgebruikers zou de functionaliteit van de huidige WIM 1.0 systemen zoals gespecificeerd in [RWS, 2012] voor het toekomstige WIM 2.0 uitgebreid kunnen worden met:

- Registraties ook bij snelheden lager dan 40 km/u;
- Continue meting van de aslasten bij lage snelheden, b.v. <5 km/u en stop-and-go verkeer;

- De afstand tot het voorgaande voertuig;
- Detectie en registratie van rijden over de vluchtstrook;
- Registratie van korte, lichte voertuigen waarbij de nauwkeurigheid van de weging verminderd kan worden;
- Verbeterde automatische herkenning van buitenlandse kentekens;
- Detectie en identificatie van indicatiebord voor gevaarlijk stoffen
- Detectie en identificatie van het nummer op containers voor onderzoek van vervoersstromen;
- Bandenspanning en detectie van ontbrekende banden;
- Bandentemperatuur, dit is een nice-to-have en in aanvulling op de meting banden-spanning. Het is de verwachting dat dergelijke systemen erg onderhoudsgevoelig zullen zijn.

Een aantal van de genoemde extra functionaliteiten zijn vrij eenvoudig te implementeren zoals een groter aantal assen, registraties bij lage snelheden, registratie van kortere voertuigen, toevoeging van betrouwbaarheid van meting. Het toevoegen van andere extra functionaliteiten is minder eenvoudig en daarmee kostbaarder zoals het toevoegen van statische wegingen, Stress-In-Motion, metingen en aansluiting bij INWEVA telpunten. Voor WIM 2.0 wordt aanbevolen om eerst de opgestelde gewenste functionaliteit per eindgebruiker vast te stellen. Vervolgens om alle afzonderlijke eisen samen te voegen tot een gemeenschappelijke set van eisen. Op basis hiervan een mapping te doen welk WiM-systeem welke functies wel/niet/deels kan ondersteunen, een kosten baten analyse uit te voeren en dan een keuze gemaakt te worden over welke functionaliteit uiteindelijk in het WIM 2.0 geïmplementeerd dient te worden.

Tevens zal bekeken moeten worden waar de kentekens, voertuigkenmerken, ontheffingen en NAW-gegevens opgeslagen kunnen en mogen worden. Met andere woorden: wie mag, op welke grondslag en op welke wijze gevoelige data (voor natuurlijke personen en bedrijven) verwerken, inzien en opslaan. Vervolgens kunnen op basis hiervan een functioneel ontwerp en de technische specificaties opgesteld worden met eisen voor de meetnauwkeurigheden, het dataformaat, de interfaces, de data-communicatie en data-opslag.

2 Introductie

2.1 Achtergrond

Sinds ruim 20 jaar wordt door Rijkswaterstaat (RWS) de wegbelasting op het hoofdwegennet gemeten door een netwerk van Weigh-In-Motion (WIM) systemen [van Saan, van Loo, 2002]. De meetdata uit deze WIM systemen wordt zowel binnen als buiten RWS voor verschillende toepassingen gebruikt. Zo worden de statistische gegevens over de wegbelasting gebruikt voor het ontwerp en onderhoud van de weginfrastructuur daarnaast worden de Wim systemen gebruikt ter ondersteuning van de handhaving van de overbelading door zware voertuigen.

De technologie, waar het huidige net werk van WIM systemen van RWS op is gebaseerd, is aan het einde van zijn levensduur. Daarom is een upgrade van het WIM-systeem nodig, deze opvolger van het huidige systeem wordt WIM 2.0 genoemd. Ter voorbereiding heeft RWS/WVL de opdracht gekregen om een vooronderzoek uit te (laten) voeren waarbij gekeken wordt naar de huidige en de gewenste toekomstige situatie. Hierbij wordt gekeken naar de ervaringen van de betrokken partijen, de wensen van huidige en mogelijk toekomstige gebruikers, hun wensen en eisen voor het gebruik van de WIM-data en de mogelijkheden van beschikbare nieuwe technologie voor de WIM systemen.

2.2 Vooronderzoek WIM 2.0

Het vooronderzoek bestaat uit twee delen; het eerste deel richt zich op de organisatorische aspecten rond het WIM netwerk zoals de rollen, taken en verantwoordelijkheden van de verschillende betrokken organisaties binnen en buiten RWS. Dit onderdeel van het vooronderzoek is uitgevoerd door TwynstraGudde en is beschreven in [Groenedijk, 2023].

Het tweede deel van het onderzoek is gericht op de technische aspecten van het WIM netwerk. Dit rapport beschrijft de resultaten van het technische deel van het vooronderzoek. Het eerste hoofdstuk omvat analyse van en advies over de mogelijkheden voor optimalisatie van de huidige technologie en de mogelijke toepassing van alternatieve, innovatieve technologieën. Het tweede hoofdstuk bevat een overzicht van de toepassing van en de ervaringen met WIM-systemen en WIM-data uit verschillende landen van de wereld.

Tenslotte richt het derde hoofdstuk zich op de behoeftes van de verschillende mogelijke gebruikers en de gebruikerseisen met betrekking tot de inwinning, opslag en verstrekking van de meetgegevens. Hiertoe zijn de belangrijkste uitkomsten opgenomen van een tiental interviews gehouden met mogelijke gebruikers van de WIM-data en partijen betrokken bij de inwinning van de data. Tenslotte zijn op basis hiervan per eindgebruiker de functionele specificaties opgesteld waaraan het WIM 2.0 systeem zou moeten voldoen.

2.3 Uitvoering

Het onderzoek is uitgevoerd door Hans van Loo van Corner Stone International. Hij is een ervaren expert op gebied van de technologie, installatie en toepassingen van Weigh-In-Motion systemen en data. Hij heeft meer dan 25 jaar ervaring met talloze projecten voor verschillende leveranciers en eindgebruikers van WIM in vele landen verspreid over de gehele wereld. Hij heeft een uitgebreid internationaal netwerk op het gebied van WIM en is medeoprichter, eerste General Secretary en op het moment coördinator van de promotionele activiteiten van de Internationale Society for Weigh-In-Motion (ISWIM, www.is-wim.net). Verder was hij projectleider van de NMi Internationale WIM standaard en auteur van de 'ISWIM Guide for Users of Weigh-In-Motion, an introduction to WIM' [ISWIM, 2019].

2.4 Contact

Naam:	Hans van Loo
Adres:	Corner Stone International SAGL
	Via Ai Crott 5, 6702 Claro, Switzerland
Telefoon:	+41 799 360 706
E-mail:	hans.vanloo.int@gmail.com
Website:	www.corner-stone-int.com

3 WIM technologie

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de verschillende soorten Weigh-In-Motion (WIM) sensoren en systemen. In het algemeen zijn de prestaties van WIM systemen zoals meetnauwkeurigheid, betrouwbaarheid en levensduur sterk afhankelijk van verkeers-, wegdek-, omgevings- en klimaatcondities ter plaatse. Tenzij anders vermeldt, gelden de genoemde te verwachten prestaties voor omstandigheden op Nederlandse snelwegen.

3.1 Weigh-In-Motion

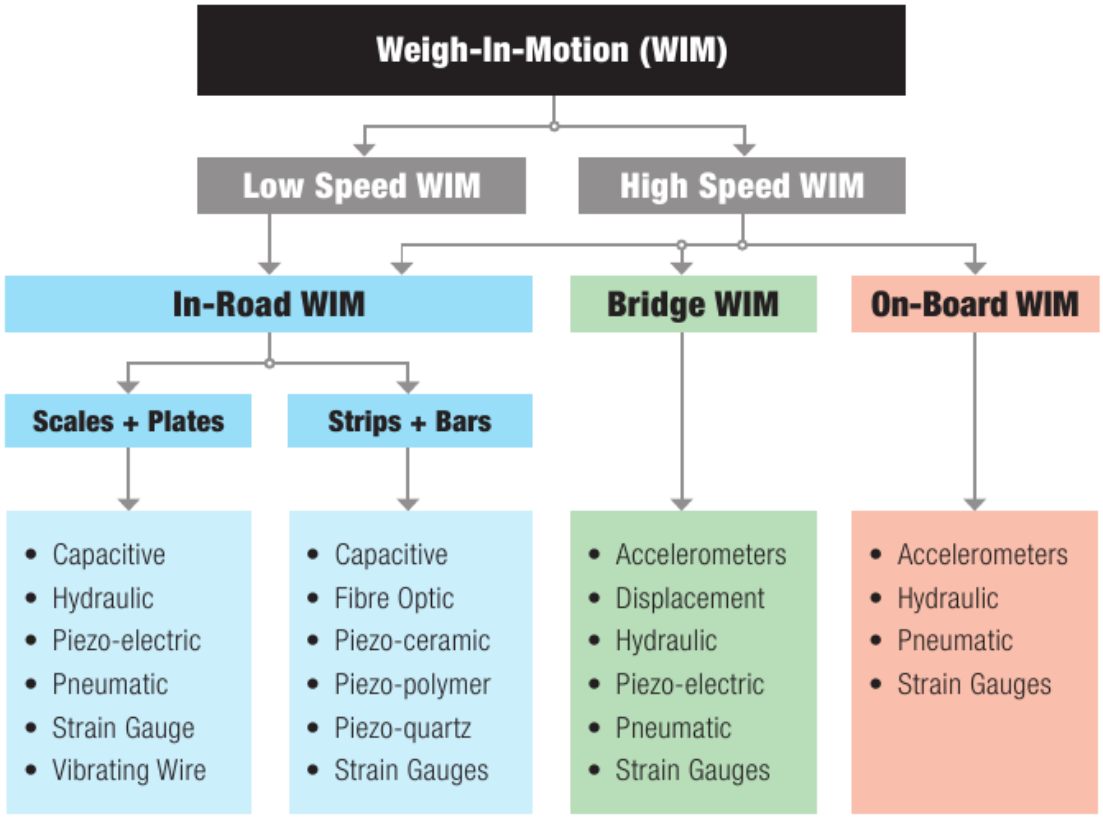
Weigh-In-Motion (WIM) wordt gedefinieerd [ISWIM, 2019] als het schatten van de wiel- en/of aslasten en totaalgewicht van een rijdend voertuig, door het meten en analyse van de dynamische krachten die de banden van het voertuig op het wegdek uitoefenen. Een WIM systeem is de combinatie van één of meerdere meetsensoren en elektronica met software die de dynamische wiellasten en aanwezigheid van een passerend voertuig meten en daaruit de wiel- en/of aslasten en het voertuiggewicht berekenen [WAVE, 2002]. Tevens worden per voertuigpassage de volgende parameters opgeslagen die zijn gerelateerd aan de passage (datum, tijdstip, snelheid, locatie, rijrichting, rijstrook) en het voertuig (aantal assen, asafstanden, voertuiglengte of wielbasis, voertuigcategorie). Metingen van WIM systemen worden beïnvloed door de verticale versnellingen van de voertuigdynamica (b.v. het deinen van het voertuig en 'hoppen' van de assen) [DIVINE, 1998]. De grootte en frequentie van de voertuigdynamica hangt af van [Cebon, 1999]:

- de geometrie van het wegdek vlak voor het WIM-systeem waaronder de vlakheid van het wegdekoppervlak, de mate van spoorvorming, hobbels en gaten in het wegdek en de helling en verkanting van de rijstrook;
- verstoringen van de beweging van het voertuig veroorzaakt door rijgedrag van de chauffeur zoals; remmen, optrekken, sturen en omgevingsfactoren zoals; wind, regen, sneeuw of ijzel;
- de reactie van het voertuig op de bovengenoemde effecten; dit is afhankelijk van het voertuiggewicht, de soort belading, de verdeling van de last over de verschillende assen/wielen en het type en conditie van het veersysteem van het voertuig.

Er zijn twee soorten WIM systemen te onderscheiden [ISWIM, 2019]; Low Speed en High Speed. Ondanks de naamgeving zit het verschil tussen beide soorten systemen niet zo zeer in de snelheid op zich maar in de verkeersomstandigheden in het algemeen. Zo wordt bij een Low Speed WIM (LS-WIM) gemeten in een gecontroleerde meetomgeving

waarbij de vrije beweging van de voertuigen beperkt wordt (b.v. door barriers bij een toll plaza) en bij lagere snelheden (b.v. tot 30 km/u). Bij High Speed WIM (HS-WIM) wordt de weging uitgevoerd op verkeer dat rijdt op open,v vrije rijstroken bij normale snelheden (b.v. meer dan 30 km/u) en onder free-flow verkeersscondities (zonder beperking van de vrije beweging van de voertuigen over de rijstroken). Voor Rijkswaterstaat en toepassing op Nederlandse snelwegen zijn alleen HS-WIM systemen relevant. Internationaal [ISWIM, 2019] worden de HS-WIM systemen verder weer onderverdeeld in: In-Road WIM systemen met sensoren in het wegdek, Bridge-WIM systemen met sensoren onder een brug en On-Board WIM systemen met sensoren op het voertuig, zie figuur 3.1.

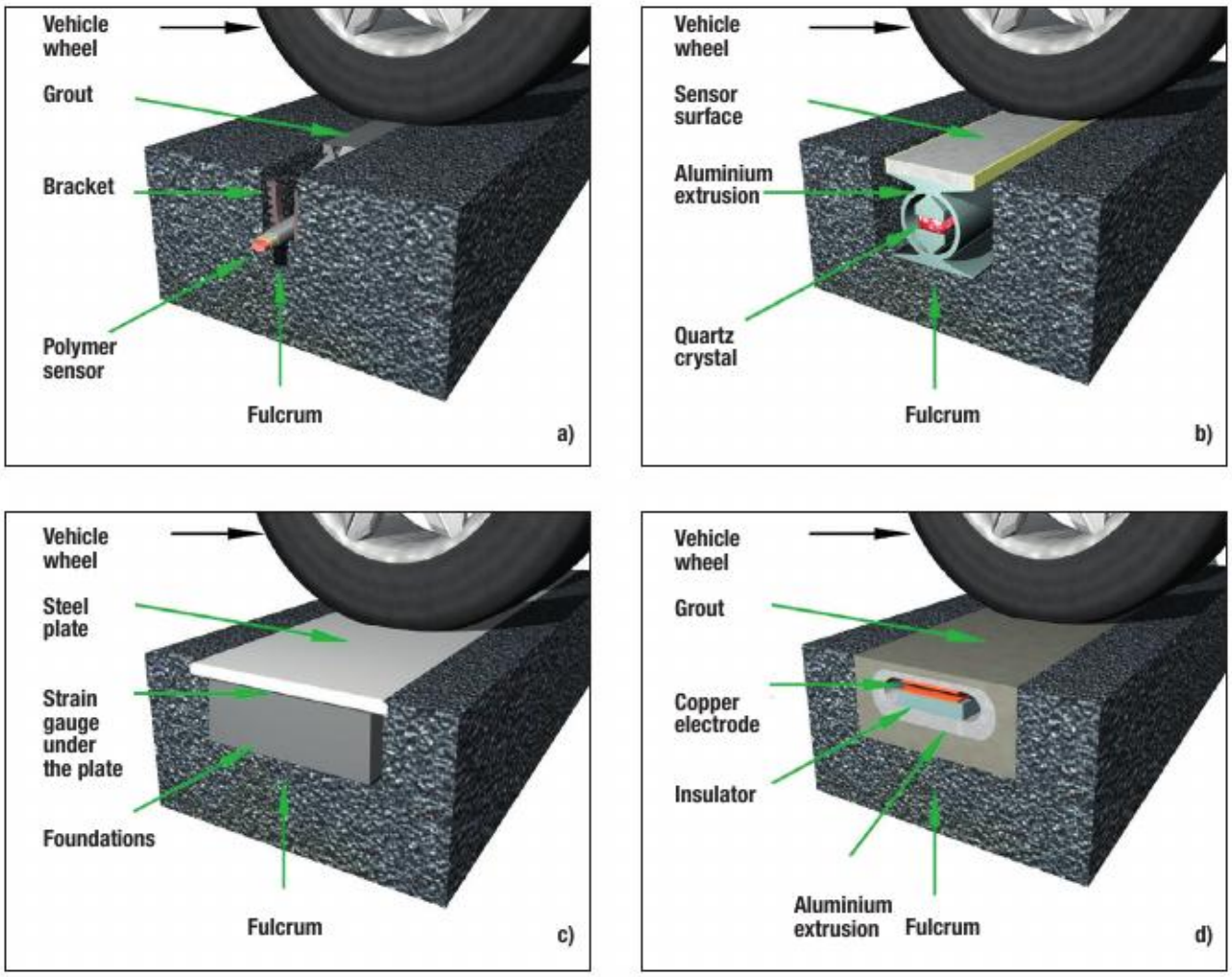
Opmerking; niet weergegeven is dat On-Board WIM systemen ook voor Low-Speed of statische toepassingen gebruikt kunnen worden.



Figuur 3.1: Soorten WIM systemen en sensoren [ISWIM,2019]

3.2 Wegdek sensoren

Het gemeenschappelijke kenmerk van wegdeksensoren is dat ze worden aangebracht in of direct onder het wegdekoppervlak. Globaal bestaan er twee categorieën wegdek-sensoren; de weegplaten en strip- of balk-sensoren. Binnen beide categorieën worden verschillende meetprincipes toegepast, een aantal hiervan zijn te zien in figuur 3.2.



Figuur 3.2: Soorten wegdek sensoren [Burnos,2017]

3.2.1 **Weegplaten en weegschalen**

Weegplaten of weegschalen zijn beïnstrumenteerde platen die door middel van een metalen frame in het wegdek worden bevestigd. Kenmerkend is dat de breedte van de plaat in de rijrichting groter is dan de 'afdruk' van de passerende wielen maar minder dan de minimaal gangbare asafstand. Hierdoor is een weegplaat altijd in staat om op enig moment de gehele wiel- of aslast te meten en kunnen daarmee ook voor statische wegingen gebruikt worden. Veel gebruikte meettechnieken zijn [ISWIM, 2019]:

- Load cell weegschalen; hierbij zitten een of meer load cellen gemonteerd in een – vaak zeer robuust -stalen frame. Een load cell meet de erop uitgeoefende kracht en zet deze om in een elektronisch signaal. In het algemeen hebben deze sensoren een goede nauwkeurigheid en duurzaamheid maar de installatie van het metalen frame is meer ingrijpend, vergt meer tijd en is daarmee relatief kostbaar en zorgt voor meer verkeershinder. Bijkomende nadeel bij installatie in een flexibele wegdek is dat bij toenemende spoorvorming de weegschaal niet bijgeslepen kan

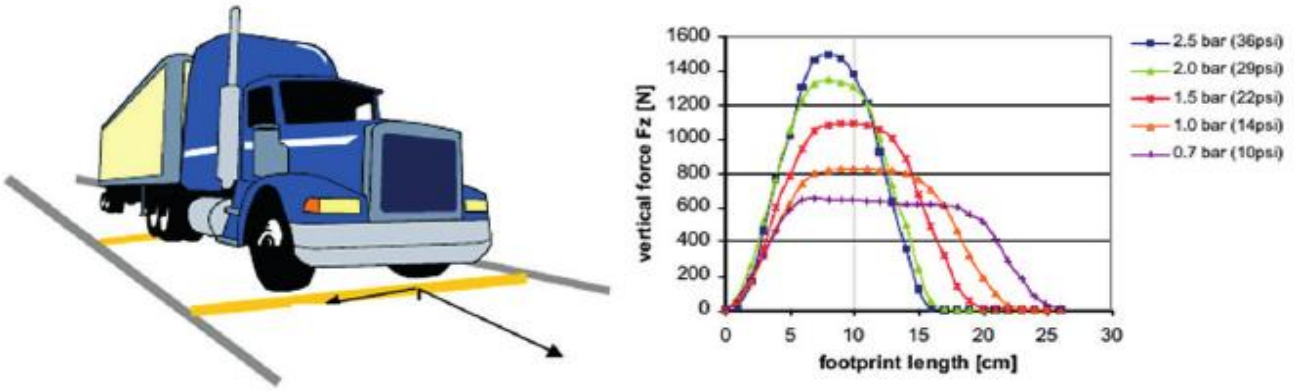
worden. Verder zullen bij de installatie in ZOAB van een hard en stijf stalen frame de zelfde problemen optreden met de duurzaamheid als met de huidige Kistler sensoren. Tenslotte kan er bij installatie van een dicht oppervlak in ZOAB een plotselinge 'spash & spray' optreden die voor een onveilige verkeerssituatie kan leiden. Dit laatste was voor RWS bij de introductie van de eerste generatie WIM systemen rond 2000 de reden om geen weegplaten of –schalen toe te laten op het hoofdwegennet.

- Bending plates (fig. 3.2 c); de weegplaat zit op de hoekpunten gemonteerd in een eenvoudig stalen frame. De plaat is beïnstrumenteerd met rekstrookjes die de buiging van de plaat meten en omzetten in een elektronisch signaal. De te verwachten meetnauwkeurigheid en levensduur zijn vergelijkbaar met die van load cell systemen. Door een relatief kleiner frame is de installatie van bending plates minder ingrijpend en goedkoper dan bij load cell systemen. Verder zijn de genoemde nadelen van load cell WIM systemen ook van toepassing voor bending plates.
- Capacitive matten; deze bestaan uit twee of meer geleidende platen gescheiden door lagen van bi-elektrisch materiaal waardoor een elektrische condensator ontstaat. Door een kracht op de mat uit te oefenen zal de capaciteit ervan veranderen wat in een elektrisch signaal omgezet kan worden. Capacitieve matten een zijn verouderde technologie die wel goedkoper is maar ook veel minder nauwkeurig en wordt daarom niet (meer) ingezet voor meer geavanceerde toepassing zoals handhaving.
- Hydraulische platen; bestaan uit twee stalen platen aan weerszijde van een regelmatig gebogen elastische slang. De slang is gevuld met een hydraulische vloeistof en verbonden met een sensor die de verandering in volume registreert en omzet naar een elektrisch signaal. Hydraulische platen hebben een goed nauwkeurigheid en betrouwbaarheid en worden vooral toegepast voor statische en Low Speed toepassingen. b.v. de statische weegplaten (van de firma Heanni) die door de IL&T en de Nationale Politie worden gebruikt bij zwaarverkeerscontroles.

3.2.2 **Strip sensoren**

Strip- of balksensoren worden direct aangebracht in sleuven in het wegdek en bevestigd met een epoxy grouting. Ze worden in of onder de toplaag van het wegdek aangebracht en vervolgens egaal afgeslepen met het wegdekoppervlak. Doordat er voor strip sensoren geen frame aangebracht hoeft te worden, kost de installatie minder tijd en is daarmee over het algemeen minder kostbaar dan bij weegplaten. Bij het vervangen van de toplaag van het wegdek kunnen de sensoren eenvoudig weggefreest worden zonder dat eerst een stalen frame verwijderd moet worden zoals bij weegplaten. Kenmerkend

voor stripsensoren is dat de breedte van de sensor in de rijrichting altijd kleiner is dan de 'afdruk' van de passerende wielen. Hierdoor meet een stip sensor op een zeker moment altijd maar een deel van de gehele wiel- of aslast te meten. Door tijdens de passage van een wiel/as alle gemeten lasten te integreren, kan de totale wiel-/aslast berekend worden, zie figuur 3.3.

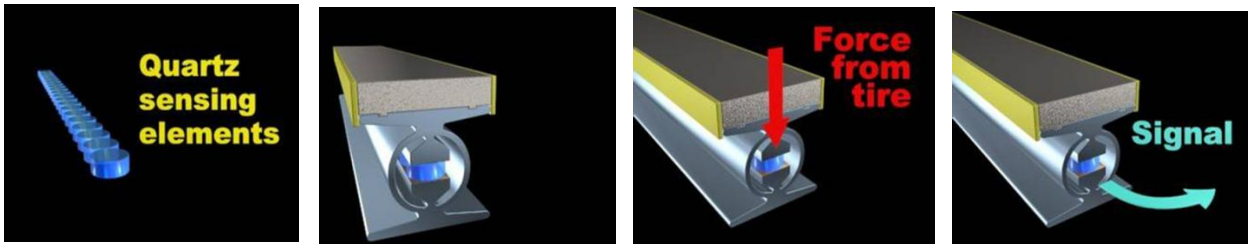


Figuur 3.3: Werking van een strip sensor [Kistler]

Strip sensoren kunnen voor LS-WIM en HS-WIM toepassingen gebruikt worden maar niet voor puur statische wegingen. Afhankelijk van de gewenste meetnauwkeurigheid kunnen verschillende strip sensoren in een systeem configuratie gecombineerd worden. Veel gebruikte meettechnieken zijn: piëzo elektrische materialen (fig. 3.2 a en c), capacitive eigenschappen (fig. 3.2 d), rekstrookjes, load cells en fiber optic sensoren.

3.3 Piëzo-quartz sensoren (Kistler)

Piëzo-quartz sensoren bestaan uit een rij van quartz plaatjes binnen een aluminium profiel. Als een kracht op de sensor wordt uitgeoefend, genereren de quartz plaatjes een lading die proportioneel is aan de kracht. Het ontwerp van de sensor zorgt dat alleen de vertikaal uitgeoefende krachten worden gemeten.



Figuur 3.4: Werking van piëzo-quartz sensor [Kistler]

De belangrijkste producent van piëzo-quartz WIM sensoren is Kistler Instrumente AG uit Winterthur, Zwitserland (www.kistler.com). Kistler heeft meer dan 25 jaar ervaring met de ontwikkeling, productie en installatie van hun piëzo-quartz (Lineas) WIM sensoren. Over de jaren is met name de betrouwbaarheid en robuustheid van de sensoren sterk verbeterd, op dit moment is versie G in productie. De Kistler Lineas sensoren behoren internationaal tot de meest nauwkeurige, stabiele en betrouwbare strip WIM-sensoren die beschikbaar zijn.

De Kistler piëzo-quartz sensoren hebben een hoge nauwkeurigheid (±2%) en een zeer lage gevoeligheid voor temperatuur variaties (-0.02%/°C). Deze prestaties gelden onder ideale, laboratorium condities, bij installaties in de praktijk zorgen de wegdek- en verkeersscondities voor een iets lagere meetnauwkeurigheid en de eigenschappen van het omliggende wegdek voor een iets hogere temperatuursafhankelijkheid. In de praktijk is een meetonnauwkeurigheid van tussen de ±7% en ±10% voor totaalgewicht gebruikelijk, die voor individuele aslasten tussen de ±10% en ±15%. Voor moderne, geavanceerde WIM systemen en gunstige meetcondities is een meetonnauwkeurigheid van ±5% voor totaalgewicht mogelijk. Voor WIM systemen in het algemeen geldt dat de meetonnauwkeurigheid van de individuele aslasten ca. 1,5 tot 2,0 x groter is als die voor de totaalgewichten.

3.3.1 **Kistler sensoren in ZOAB**

Bij de installatie van Kistler WIM sensoren in ZOAB wegdekken treden er soms problemen op met rafeling van de ZOAB direct rond de sensor. In bepaalde gevallen kan een dergelijk probleem in korte tijd escaleren van het uitbreken van enkele steentjes tot het ontstaan van een gat rond de sensor waarbij zelfs delen van de sensor kunnen loskomen uit het wegdek. Dit soort gebeurtenissen zijn op afstand lastig te voorspellen en kunnen zeer gevaarlijk zijn voor de weggebruiker. Verder is in deze gevallen reparatie van de sensor niet meer mogelijk en zal de sensor en het omliggende wegdek vervangen moeten worden. Door de beperkte ruimte in de planning van wegafzettingen kan het geruime tijd duren voordat een dergelijke vervanging uitgevoerd kan worden. Gedurende deze periode zal het WIM systeem beperkt of helemaal niet operationeel zijn.

Deze problemen kunnen optreden door een onzorgvuldige installatie van de sensoren in de ZOAB. Het is daarom belangrijk dat de installatie altijd door een ervaren en gecertificeerde partijen uitgevoerd wordt. Hierbij dienen de installatievoorschriften van Kistler nauwkeurig gevolgd te worden, (b.v. gebruik van een krachtige zaagmachine, nooit gebruiken van een open vlam om de ZOAB te drogen en 2 cm ruimte laten langs de sleuf om de epoxy grouting in de ZOAB te laten trekken). Belangrijk is dat de ZOAB

aan beide kanten van de sleuf goed beschermd worden tijdens het uitzagen en uitbreken van het wegdek. Eventueel kan na de installatie de ZOAB 'opgefrist' worden door vloeibare bitumen direct naast de WIM sensoren te spuiten.

Figuur 3.5: Voorbeeld van problemen rond Kistler sensor in ZOAB

Een ander belangrijk aspect in het ontstaan van de problemen is het verschil in stijfheid van de sensor+gouting (9-13 GPa) aan de ene en de ZOAB (2-3 GPa) aan de andere kant. Onder invloed van de jarenlange zware verkeersbelasting in combinatie met temperatuursveranderingen ontstaan er spanning op het contactvlak tussen de 'stijve' sensor+grouting en het omliggende 'flexibele' asfalt. Deze spanning lijken het meest geconcentreerd te zijn rond de uiteinden van de sensor+grouting. Doordat zware vrachtwagens vaak aan de rechter kant van de rechter rijstrook rijden, manifesteert het probleem zich vaak als eerste aan het rechter einde van de sensor. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is het aanbrengen van een 'buffer' zone met een stijfheid liggend tussen die van de sensor+grouting en het omliggende asfalt.

Vanuit Kistler wordt aangegeven dat wereldwijd de meeste installaties met hun Lineas WIM sensoren plaatsvinden in DAB of beton en slechts in een heel beperkt aantal landen in ZOAB (Japan en Nederland). Ten opzichte van andere wegdekken heeft Kistler daarom relatief weinig ervaring hebben met installatie in ZOAB. Ervaring uit andere landen leert dat er ook in DAB in enkele gevallen vergelijkbare problemen optreden met de

duurzaamheid van de installatie. Kistler adviseert om bij de aanleg altijd precies de procedure van de 'Installation Manual' te volgen maar heeft geen specifieke eisen voor de installatie in ZOAB. Deze Manual beschrijft de procedures voor het uitzagen en uitbreken van de sleuf voor de sensor, het mengen, aanbrengen, uitharden en bijslijpen van de epoxy grouting. Tenslotte heeft Kistler aangegeven op te staan voor het in de praktijk testen van mogelijke verbeteringen in de installatie van hun sensoren in ZOAB wegdekken.

3.3.2 **Kistler sensoren in Roadsafe (Burdie)**

De firma Burdie (www.burdie.nl) levert een snel uithardende asfaltreparatie-kunststof (Roadsafe) ontwikkeld voor de reparatie van wegdekschades, asfaltrafeling, spoorvorming en voegovergangen tussen asfalt en betonnen verhardingen. Het product is uitgebreid getest door KOAC-NPC [KOAC, 2015] en wordt door RWS toegelaten voor toepassing op het hoofdwegennet. Roadsafe is in de afgelopen jaren op verschillende locaties is toegepast als buffer tussen de Kistler WIM sensoren en de omliggende ZOAB. Door de samenstelling van de componenten van de kunststof te wijzigen kan de stijfheid van de Roadsafe aangepast worden zodat deze aansluit met de eigenschappen van de epoxy grouting en ZOAB.

Figuur 3.6: Installatie van Kistler sensoren in Roadsafe

Op dit moment wordt op meer dan 10 WIM-locaties Burdie Roadsafe toegepast als 'buffer' tussen de harde combinatie van WIM-sensor plus epoxy grouting en het meer flexibele omliggende ZOAB wegdek. Het idee is dat de Roadsafe iets flexibel is, een goede binding heeft met zowel de ZOAB als de grouting en de spanningen absorbeert tussen beiden. De ervaringen van BAM Infratechniek (uitvoerder van de installaties en onderhouds van de WIM sensoren) zijn over het algemeen positief met aanzienlijk minder problemen met rafeling rond de WIM sensoren.

Bij inspecties door asfalt specialisten van RWS/GPO is gebleken dat er in enkele gevallen* rafeling is opgetreden tussen de Roadsafe en de ZOAB waardoor het probleem alleen iets opgeschoven lijkt te zijn. **De beschikbare foto's tonen de eerste problemen op de A1-L, A16-L en A27-L terwijl er op de A1-R, A50-L, A50-R en A67-R geen problemen te zien zijn. Van de overige WIM locaties waren geen foto's beschikbaar.*

Samen met Burdie en twee wegdekspecialisten van RWS/GPO (Frank Bouman en Bram Vreugdenhil) zijn mogelijke verbeteringen/oplossingen besproken. Hieruit kwam naar voren dat de levensduur van de huidige Kistler Lineas WIM sensoren op snelwegen ligt rond de 2,5 tot 3 jaar terwijl dit volgens Kistler normaliter 5-10 jaar is voor asfaltwegen en meer dan 10 jaar voor wegen met een betonnen verharding. Uit ervaringen van Frank en Bram blijkt dat op een aantal locaties er na ongeveer een jaar toch alweer problemen optreden op het contactvlak van de ZOAB met de Roadsafe. De problemen beginnen meestal aan de kopse kanten van de sensor+grouting. Reden hiervoor kan zijn dat door verschillen in 'zetting' van de flexibele ZOAB ten opzichte van de harde sensor+grouting spanningen ontstaan die zich concentreren rond de uiteinden van de sensor+grouting. Dit effect manifesteert zich het sterkste aan de rechter kant van de rechter rijstrook (aan de kant van de vluchtstrook) mogelijk doordat veel vrachtwagens aan deze kant van de rijstrook rijden. Mogelijke oplossingen in volgorde van verwachte effectiviteit, zijn:

A. Aanbrengen van zeer vloeibare (pure vorm van) Roadsafe in de ZOAB rond de strook met 'normale' Roadsafe. Dit zorgt voor een versterking van de verbindingen tussen de steentjes in de ZOAB. Dit kan zowel bij de eerste installatie gedaan worden om eventuele beschadigingen die zijn ontstaan door het frezen direct te repareren. Het kan ook periodiek (bijvoorbeeld eens per jaar) aangebracht worden ter –verbetering van de hechting in 'de bestaande ZOAB constructie (vergelijk het aanbrengen van verjongingsmiddel op een strook van het bestaande ZOAB na het vervangen van en deklaag) rond de Roadsafe ter voorkoming van problemen met het uitbreken van stenen. Naar verwachting zal deze laatste procedure ca. 4-6 uur in beslag nemen i.v.m. de uitharding van de Roadsafe en het daarop volgende

bijslijpen. De conditie van de Kistler WIM sensoren moeten in ieder geval jaarlijks geïnspecteerd worden en indien nodig dient de toplaag van de sensoren bijgeslepen worden zodat deze weer perfect aansluit bij het wegdek oppervlak. Deze werkzaamheden kunnen prima gecombineerd worden binnen 1 wegafzetting. Hierna zal het WIM systeem wel weer gekalibreerd moeten worden.

B. Periodieke inspectie van de conditie van de ZOAB, in eerste instantie wordt gedacht aan eens per kwartaal of per half jaar en liefst voor of tijdens het winter seizoen. De inspectie zal uitgevoerd moeten worden door iemand met specialistische kennis op het gebied van ZOAB verhardingen en rafeling en/of het LCMS-voertuig (Laser Crack Measurement System). Doel van de frequente inspectie is het tijdig detecteren – en indien nodig reparatie - van beginnende schade rond de sensoren. En daarmee het voorkomen van ernstige schade rond de sensoren als gevolg waarvan behoud van de sensoren niet meer mogelijk is.

C. Het doortrekken van de grouting in de vluchtstrook over een lengte van ten minste 1 meter. De verwachting is dat dit de problemen aan deze kant sterk zal verminderen dan wel zal verschuiven naar een plek met een lagere belasting. Dit kan een oplossing bieden voor de ergste problemen aan de rechterkant maar niet voor die aan de linkerkant van de rechter rijstrook of voor de sensoren in de andere rijstroken. Eventueel zou de grouting over de gehele breedte van de weg doorgetrokken kunnen worden maar dit is in de praktijk lastig te realiseren doordat wegafzettingen meestal per rijstrook worden toegestaan.

D. Het uitzagen van de zijkanten van de ‘bak’ voor de Roadsafe voorafgaande aan het frezen. Bij zagen worden de kanten van ZOAB minder beschadigd dan bij frezen, de steentjes in de ZOAB constructie worden minder hard ‘aangetikt’.

E. Vervanging van een vak ZOAB van ten minste 20 meter rond de WIM sensoren door DAB. Tijdens de verdiepingssessie melde Rutger Krans (specialist wegdekken bij RWS/GPO) dat DAB niet harder is dan ZOAB, en daarmee geen geschikt alternatief biedt. Nadelen zijn verder de meerkosten van de vervanging, het verschil in ‘splash-en-spray’ bij regen en verschil in geluidsreductie wat vraagt om een afwijkend besluit voor geluid.

F. Aanbrengen van de Kistler WIM sensoren direct in de Roadsafe. Dit levert een tijdwinst op bij de installatie van de sensoren maar zal geen effect hebben op de duurzaamheid, c.q. verwachte levensduur. Nadeel is dat de firma Kistler (vooralsnog) geen garantie wil afgeven voor een dergelijke installatie.

Opties A en B kunnen zonder veel meerkosten of extra verkeershinder door wegafzettingen gecombineerd worden met het periodieke onderhoud (bijslijpen) aan de WIM sensoren. Opties C en D kunnen aan de bestaande installatievoorschriften toegevoegd worden zonder veel meerkosten en zonder enige extra verkeershinder. Opties E en F bieden geen oplossing.

3.4 Eisen aan de wegdekconstructie rond WIM

Door RWS/GPO is in 2017 een set eisen opgesteld voor de constructie van het wegdek rond een WIM systeem. Deze eisen zijn onderverdeeld eisen voor de selectie van de locatie, het geschikt maken van de locatie, de inbouw van de sensor en het onderhoud tijdens de gebruiksduur. Hierbij is aangesloten bij de specificaties van de leverancier Kistler; als een andere leverancier andere eisen stelt zouden die ook moeten aanhouden. De uit de MeerJarenPlanning Verhardingsonderhoud (MJPV) monitoring te gebruiken gegevens zijn beperkt tot de IRI_10 waarden tussen 100 m ervoor en 50 m erna. IRI staat voor de International Roughness Index welke een maat is voor de gemiddelde vlakheid van een wegdek over een afstand – in dit geval - 10 meter.

S. Voor Selectie van de locatie (mede op basis van COST-323 criteria voor keuze van WIM-locaties) de volgende **S**(electie)-eisen:

- S.1 Het geselecteerde wegvak dient een rechtstand te zijn.
- S.2 Langsvlakheid dient aan de IRI-100 aan de door COST-323 [COST-323, 1999] gestelde class I eis te voldoen (< 1,3 m/km).
- S.3 De valgewicht deflecties (VGD) dienen aan de door COST-323 gestelde class I eisen voldoen (gemiddeld <0,200mm, verschil tussen rijsporen < 0,070mm).
  - De deflecties dienen hiervoor te zijn genormeerd naar een temperatuur van 20 graden Celsius en een belasting van 50 kN.
  - De VGD-metingen moeten worden uitgevoerd conform CROW publicatie 92.
- S.4 Spoorvorming: de gemiddelde jaarlijkse toename van de spoordiepte* over de ouderdom van de deklaag dient ten hoogste 1,0 mm te bedragen. **Gemeten, of handmatig gemeten met een 4 meter lange rei of automatisch met de ARAN (Automatic Road Analyzer).*
- S.5 De verhardingsconstructie dient in dwarsrichting homogeen te zijn over tenminste de breedte van de sensor.
- S.6 De verhardingsconstructie (inclusief eventuele niet-bitumineuze fundering) dient geen constructielangsnaden te vertonen over tenminste de breedte van de sensor.

- S.7 De verharding dient geen tekenen te vertonen van structurele tekortkomingen (losliggende lagen, scheuren, desintegratie of dergelijke), aan te tonen met behulp van kernboringen).

A. Voor de Aanleg van nieuw te realiseren situatie (i.e. voorafgaande aan de inbouw van de WIM-sensoren) de volgende **A**(anleg)-eisen:

- A.1 Onder de deklaag dient (uitgaande van een asfaltverharding) in verband met de spoorvormingsweerstand een tussenlaag van asfaltbeton in klasse AC IB te zijn toegepast tussen 50 m voor de aslast sensor en 25 m na de aslast sensor.
- A.2 Tussen 50 m voor de aslast sensor en 25 m na de aslastsensor dienen geen dwarsnaden/lassen in de deklaag voor te komen.
- A.3 Tussen 50 m voor de aslast sensor en 25 m na de aslast sensor dient de C5 – waarde conform RAW 2015 proef 71 ten hoogste 2% te bedragen.
- A.4 Over de breedte van een aslastsensor dienen in de deklaag geen langsnaden voor te komen, tenzij in hetzelfde werk warm in warm en zonder hoogteverschil gerealiseerd.

I. Voor de Inbouw van de sensoren dient te worden voldaan aan de volgende **I**(nbouw) – eisen:

- I.1 Inbouw van de sensor dient te worden uitgevoerd conform de inbouwvoorschriften van de leverancier. Om in aanmerking te komen voor garantie op de WIM sensoren dienen alle installateurs periodiek gecertificeerd worden voor de installatie van de Lineas sensoren.

O. Voor het Onderhoud over de levensduur van de sensor dient voldaan te worden aan de volgende **O**(nderhouds) - eisen (voor een Kistler sensor; eventueel aan te passen voor andere sensoren!):

- O.1 Visueel inspecteren op scheuren en vervorming (jaarlijks na de winter)
- O.2 Scheurtjes in de grouting en in de verharding nabij de sensors vullen met bitumineuze sealing compound
- O.3 Hoogteligging sensor checken met rei van 400 mm conform specificaties Kistler par.9.3 (document heet "Installation Instructions", maar beschrijft ook het onderhoud) en rapporteren meetwaarden aan OG;
- O.4 Vlakslijpen indien de sensor meer dan 1,0 mm boven het wegdek uitsteekt (er mag maximaal 6 mm afgeslepen worden)
- O.5 Meten rijspoordiepte: conform Kistler document Installation Instructions in een zone van 40 cm voor tot 40 cm na de sensor, conform NEN-EN 13036-8:2008 met een rei met lengte 2000 mm en rapporteren meetwaarden aan OG

- O.6 Monitoren langsvlakheid 100 m ervoor tot 50 m erna: per 10 m de IRI_10 waarde ophalen bij CIV; waarden boven de 1,6 m/km rapporteren aan OG

In de standaard specificatie uit 2021 voor realisatie en onderhoud van wegdekken rond WIM (uit email van Arthur van Dommelen (GPO) d.d. 12-03-2021) worden vergelijkbare maar soms enigszins afwijkende eisen vermeld:

Voor de te realiseren situatie:

- 2 eisen zijn gelijk aan de eerder genoemde **A**anlegeisen A.1 en A.2.
- De eis voor vlakheid is 1% in plaats van 2% zoals in eis A.3.
- Aanvullend zijn de eisen aan het hoogteverschil over een langs- of dwarsnaad bedraagt is maximaal 5mm en data de langsnaden moeten naast de markering liggen (niet verder dan 20 cm er vandaan) en mogen niet in de zwaarst belaste rijstroken liggen.

Voor Inspectie en Onderhoud:

- Eisen zijn gelijk aan de eerder genoemde **O**nderhoudseisen O.1-O.6.

Belangrijk om te vermelden is dat het is niet duidelijk geworden welke eisen in de praktijk precies worden gebruikt, of al deze eisen op alle WIM locaties op dezelfde manier zijn toegepast en wie hier op toeziet. Er zijn signalen dat de voorschriften voor de inspectie en het onderhoud in de huidige praktijk niet worden nageleefd.

3.4.1 Verdiepingssessie verhardingen rond WIM

Naar aanleiding van de terugkoppeling van de deelresultaten is besloten een verdiepingssessie te organiseren over de eisen aan de constructie van het wegdek rond WIM installaties. Voor deze sessie op 31 januari 2023 zijn de volgende specialisten van RWS/GPO samengebracht: Rutger Krans, Frank van Beek, Salil Mohan, Bram Vreugedenhil, Frank Bouman en Marcel Otto (WVL). Prof. Sandra Erkens, eveneens van GPO, kon niet aanwezig zijn maar heeft wel schriftelijke inbreng aangeleverd over de mogelijke oorzaak van het probleem.

De kern van het probleem werd omschreven als: dat als je een stijf voorwerp inbouwt in iets minder stijfs dan zal dat stijve deel minder vervormen onder dezelfde verkeersbelasting. Daardoor ontstaan hoge spanningen op de overgang van het een naar het ander. Daardoor zal het asfalt los komen van de balk of, als de hechting heel goed is, het asfalt net een klein stukje van de balk kapot gaan. Omdat het dan "vrij" kan bewegen, zal die schade snel groeien, de balk zelf hoeft niet kapot te gaan omdat hij stijf is komt wel los te liggen. De schade ontstaat over het algemeen in de ZOAB aan de uiteinden van de sensor+grout of sensor+Roadsafe.

Fig 3.7a, Begin van schade

Fig 3.7b, Vergevorderde schade

De volgende mogelijke oplossingen voor het probleem zijn besproken:

1. Een buffer tussen de 'harde' WIM-sensor en de 'meer 'flexibele' ZOAB. Hierbij is het van belang dat de eigenschappen van het materiaal van de buffer goed aansluiten op zowel de sensor als de ZOAB. Deze eigenschappen omvatten de horizontale en verticale stijfheid, temperatuur- en krimpgevoeligheid en de hechting aan sensor en aan ZOAB. Als buffermateriaal is naast de eerder beschreven optie van Roadsafe ook gesproken over het gebruik van gietasfalt. Bij bruggen wordt gietasfalt al toegepast ter versteviging van de ZOAB ca. 500 mm voor de 'flexibele' voegovergang tussen de brug en de 'vaste wal'. Hier is het probleem feitelijk omgekeerd aan dat van de WIM sensoren omdat bij voegovergangen de ZOAB beschermd moet worden op het contactvlak naar een meer flexibel materiaal. Ook hier is belangrijk dat de stijfheid van het gietasfalt goed aansluit bij die van de de ZOAB. Naar de gewenste eigenschappen van het gietasfalt is onderzoek naar gedaan door TNO en de samenstelling ervan wordt nu gespecificeerd in de eisen voor voegovergangen.
2. Aanleg van sensoren in tussenlaag. Als je de balk dieper legt, zijn de spanningen wat lager dan in de toplaag en zal het effect daardoor minder sterk zijn, maar het is er nog steeds. Als je de balk kunt inbouwen in de (dichte) tussenlaag zal dat minder snel schade geven aan de ZOAB, maar uiteindelijk komt er toch schade. En omdat de tussenlaag langer mee gaat, moet de schade ook een stuk langer uitblijven om in het onderhoudsschema te passen. Bovendien ligt de balk dan dieper en zijn aslast en bandenspanningsmetingen weer een stuk minder nauwkeurig.
3. Afgieten van ZOAB. Om de ZOAB vlak rond de WIM sensor – of WIM sensor met Roadsafe/gietasfalt – te beschermen, kunnen de holle ruimtes in de ZOAB opgevuld worden. Hiervoor zou een meer vloeibare vorm van de Roadsafe gebruikt kunnen worden, het eerder genoemde gietasfalt is hier niet geschikt voor. Daarnaast kan de

ZOAB eens per ½ jaar behandeld worden met een verjongingsmiddel dat de bitumen verbindingen in de ZOAB ververst.

4. Harde onderlaag. Ervaring leert dat als Kistler WIM sensoren in beton (geen DAB) worden aangelegd dat de levensduur vrijwel onbeperkt is. Rond een WIM installatie zou een betonnen plaat (30-50 meter lengte) aangebracht worden met een ZOAB toplaag. Hiermee zal de ZOAB niet of veel minder vervormen en er geen spanningen optreden op het contactvlak met de sensor. Mogelijk zal het probleem met de spanningen zich alleen verplaatsen naar de overgang van de ZOAB naar de betonnen plaat en daarmee geen oplossing bieden. Voorafgaande aan een eventuele praktijktest zal deze mogelijkheid eerst via modellering onderzocht moeten worden.
5. Een ander veelbelovend alternatief is het gebruik van een kleinere 'bak' met staalvezelbeton. Dit wordt al veel toegepast in de randbalken van stalen renovatie-voegovergangen. wordt de staalvezelbeton rechtstreeks tegen het asfalt gestort. Speciale staalvezelreparatiemortels (zoals Cuglaton TT) zijn krimparm door toevoeging van zwelmiddelen en zowel slijtvast als stroef. Een 'bak' staalvezelbeton van voldoende breedte (20 cm aan weerszijden van de WIM sensor) en dikte (b.v. 15 cm hoog) eventueel voorzien van een wapeningsnet zou voldoende moeten zijn voor een voldoende stevige fundatie.
6. Stevige onderlaag. Er bestaan eisen aan de wegdekconstructie rond WIM systemen voor zowel de toplaag als de tussenlaag van het wegdekpakket. Op hetzelfde moment bestaan er in de praktijk echter ook grote verschillen tussen de levensduur van WIM-installaties van 2 jaar tot meer dan 5 jaar. Hoewel de gegevens ontbreken, bestaat de indruk dat de constructie van de wegdekken wellicht niet bij alle WIM-systemen aan de gestelde eisen voldoen of dat er verschillen zitten in de constructie van de onderste laag.

3.4.2 **Mogelijke vervolgacties**

Tijdens de verdiepingssessie zijn de volgende mogelijke vervolgacties besproken:

a) Nader overleg tussen RWS/GPO met Burdie over de exacte samenstelling en eigenschappen van de Roadsafe. En over de mogelijkheid om te gebruiken om de holtes in de ZOAB op te vullen en als middel om de ZOAB periodiek te 'verjongen' in combinatie met periodieke inspecties.
b) Theoretisch onderzoek (modellering) van de effecten van het toepassen van alle drie genoemde alternatieven: gietasfalt, een betonnen plaat en staalvezelbetonnen bak als fundatie om en onder de WIM sensoren.
c) Indien succesvol in de praktijk testen van de alternative installatiemethoden voor de harde balk WIM sensoren.

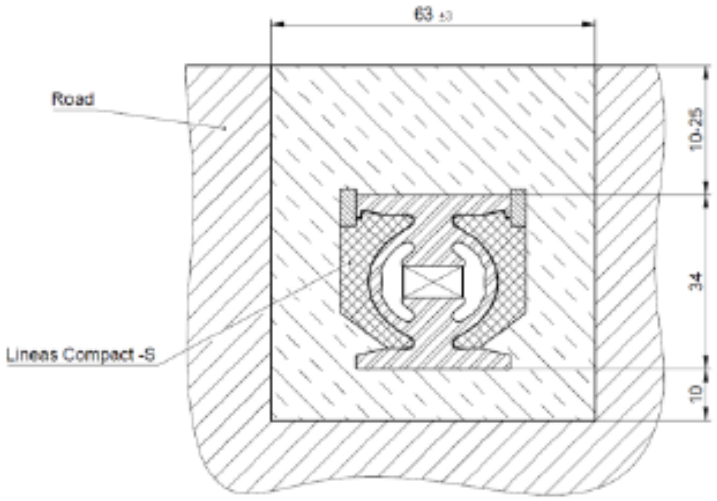
d) Inventarisatie en bijhouden van de gehele constructie van de wegdekken rond bestaande en toekomstige WIM systemen om te controleren of het aan de gestelde eisen voldoet. Bijgehouden dient te worden oa.: wanneer en hoe het is aangelegd, door wie, welke materialen zijn gebruikt en wat waren de omstandigheden ter plaatse (weer, verkeer, etc.).

3.5 Alternatieve strip sensoren

Naast de piëzo-quartz sensoren van Kistler zijn er een aantal strip sensoren beschikbaar die gebruik maken van een alternatieve meetprincipes. In deze paragraaf worden de meest gangbare hiervan besproken.

3.5.1 **Alternatieve Kistler sensoren**

Een aantal jaren geleden heeft Kistler ook een compact versie (type 9196) van de Lineas sensor op de markt gebracht. Deze compact sensor is gebaseerd op hetzelfde piëzo-quartz principe maar is iets kleiner, iets goedkoper maar ook minder nauwkeurig dan de oorspronkelijke Lineas sensor (type 9195).



Figuur 3.8: Kistler sub-surface, compact WIM sensor

Voordeel van de compact sensor is dat deze ook onder de toplaag van het wegdek aangebracht kan worden. Hierdoor heeft de sensor geen direct contact meer met de passerende wiellasten waardoor de levensduur van de sensoren toeneemt. Dit gaat echter wel ten kosten van de meetnauwkeurigheid. Afhankelijk van het aantal gebruikte sensoren en de gekozen sensor layout WIM systemen gebaseerd op de sub-surface compact sensoren hebben een meetonnauwkeurigheid van tussen de ±10% en ±15% voor metingen van het totaalgewicht en tussen de ±20% en ±30% voor individuele aslasten.

Aangezien de compact sensoren (type9196) met dezelfde epoxy grouting in een sleuf worden aangebracht, ontstaat een stijve balk van sensor+grouting die vergelijkbaar is met de huidige Lineas WIM sensoren (type 9195). Het dan ook de vraag of met deze alternatieve sensoren het probleem met de aansluiting op de ZOAB verholpen wordt. Vanwege problemen met de nauwkeurigheid en temperatuurcompensatie heeft Kistler recentelijk besloten om de sub-surface variant van de compact sensor niet langer aan te bieden.

3.5.2 **Load cell sensoren**

In deze strip sensoren maakt gebruikt van een rij van loadcellen op basis van rekstrookjes en worden gefabriceerd door een Amerikaans bedrijf Intercomp (www.intercompcompany.com). Qua uiterlijk, dimensies, installatie en prestaties zijn deze sensoren sterk vergelijkbaar met de Kistler Lineas sensoren. Omdat het hier ook om een 'harde' balk gaat, is het te verwachten dat dezelfde uitdagingen aan de orde zijn bij een installatie in ZOAB. Kort gezegd, zijn deze load cell sensoren op zich een goed alternatief voor de huidige Kistler sensoren maar bieden geen oplossing voor de problemen met de ZOAB.

3.5.3 **Piëzo elektrische sensoren**

Piëzo elektrische strip sensoren bestaan uit een platte coaxiale kabel met een stevige koperen beschermende buitenkant om een piëzo elektrische film om een centrale koperen draad. Deze sensoren zijn relatief dun, smal en flexibel en kunnen met bitumen in het wegdek bevestigd worden, vergelijkbaar met inductielussen. Door de flexibiliteit van de bitumen zullen en bij zorgvuldige installatie zullen er aanzienlijk minder problemen optreden met de installatie in ZOAB.

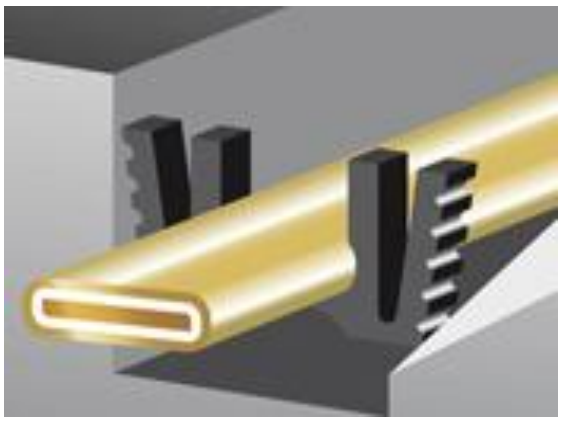


Fig. 3.9: Piëzo elektrische sensor

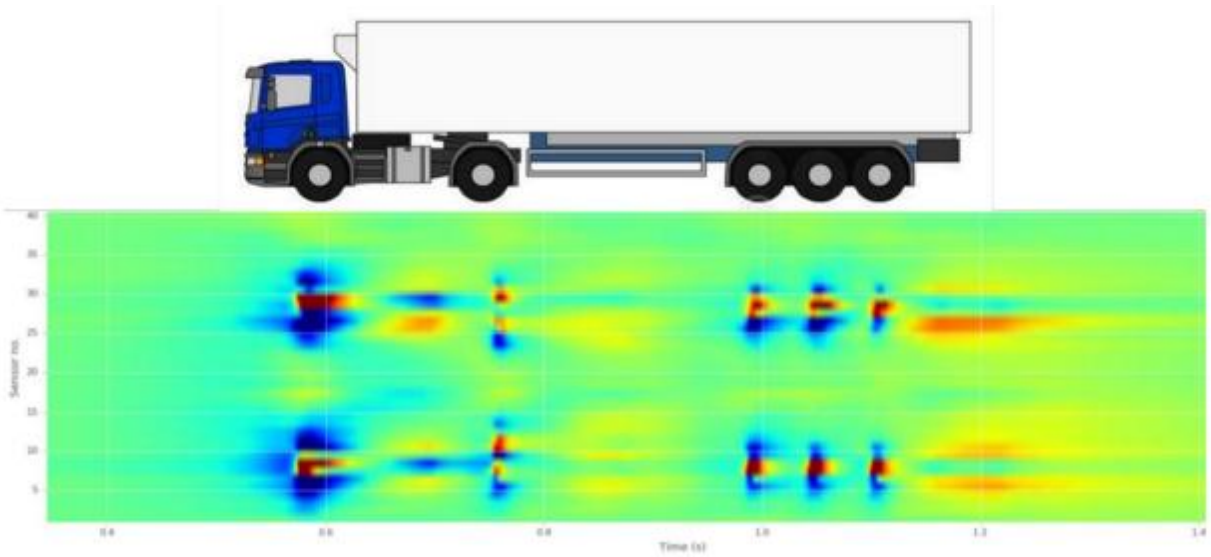
Nadelen van deze sensoren zijn een beperkte meetnauwkeurigheid (tussen ±10% en ±15% voor totaalgewichten) en sterke afhankelijkheid van temperatuurs-veranderingen. Dit maakt deze sensoren meestal ongeschikt voor toepassingen waar de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de meting van belang is zoals voorselectie voor wegkantcontroles voor zwaar verkeer.

3.5.4 **Glasvezel sensoren**

Fiber optische sensoren bestaan uit een glasvezelkabel die de erop uitgeoefende kracht meten door het meten van veranderingen in de eigenschappen van het licht door de

kabel. Er bestaan verschillende mogelijke meetprincipes; verandering in de fase, de amplitude, de polarisatie of het spectrum van het licht ten opzichte van het inkomende licht. Over de jaren zijn vele verschillende glasvezel WIM sensoren ontwikkeld en getest, tot voor kort waren deze ontwikkelingen weinig succesvol met name door een beperkte duurzaamheid van de glasvezel onder de zware belasting van passerend vrachtverkeer.

Recent is een glasvezel sensor beschikbaar gekomen met een beschermende coating die voldoende sterk lijkt (>50 Gpa) om de problemen met de duurzaamheid de baas te zijn. De sensor meet de verandering in golflengte van het licht door de kabel veroorzaakt door de erop uitgeoefende kracht op basis van de Fibre Bragg Grating technologie [Karabacak, 2019]. Deze technologie maakt het mogelijk om niet alleen de kracht te meten maar ook de precieze locatie waar de kracht op de sensor wordt uitgeoefend. Toegepast in een WIM sensor kunnen hiermee aslasten, wiellasten en individuele bandlasten* gemeten worden. **Opmerking; in het geval van dubbel-lucht-wielen*.



Figuur 3.10: Meting van een 5-assig voertuig met glasvezel sensor

De sensoren worden ca. 8 cm onder de toplaag van het wegdek aangebracht en kunnen zelfs bij vervanging van de toplaag in principe blijven zitten wat de levensduur nog meer verlengt. Voor de andere wegdek sensoren wordt de levensduur hard begrensd door de levensduur van de toplaag van het wegdek. De glasvezel sensoren kunnen in een bestaand wegdek aangebracht worden door een 15 mm brede sleuf te frezen of direct in de onderliggende asfaltlaag voordat de toplaag wordt aangebracht. In het laatste geval is er helemaal geen beschadiging van de toplaag omdat de systemen verder ook geen inductielussen nodig hebben voor voertuig-detectie en -classificatie.

Binnen RWS loopt een pilot project met glasvezel WIM sensoren op de A67 bij Eindhoven richting oosten bij km 25.1, 60 meter voor het 'normale' WIM systeem op basis van Kistler Quartz sensoren. Het glasvezel systeem is geleverd door de firma Optics11 en werd voorheen geleverd door Fugro. Het systeem is begin 2022 aangelegd en sindsdien twee keer gekalibreerd in april en augustus een derde kalibratie staat gepland voor medio december. De kalibraties zijn uitgevoerd met drie verschillende voertuigen van 50, 17 en 2 ton die met drie verschillende snelheden (50, 70 en 80 km/u) elk vijf keer over het systeem zijn gereden. Per kalibratie zijn in het totaal 45 runs gemaakt.

De eerste resultaten wijzen op een meetnauwkeurigheid met een standaarddeviatie van ±10% voor het totaalgewicht (dit is vergelijkbaar met ±20% voor 95% van de metingen). Ter vergelijk het iets verder op gelegen 'Kistler-systeem' haalde een nauwkeurigheid met een standaarddeviatie van ±2% voor het totaalgewicht (gelijk aan ±4% voor 95% van de metingen). Vermeld moet worden dat het glasvezel systeem nog aanloop problemen ondervindt met de dataverwerking en dat slechts 1 meetstrip operationeel is terwijl het 'Kistler-systeem' twee rijen sensoren heeft. Een gedetailleerde vergelijking van de prestaties van het glasvezel systeem met het Kistler-systeem en de statische nawegingen moet nog plaatsvinden. Verder staat voor 2023 een nader onderzoek gepland naar de detectie van voertuigcategorieën en de mogelijkheid om evt. ook bandenspanning te meten.

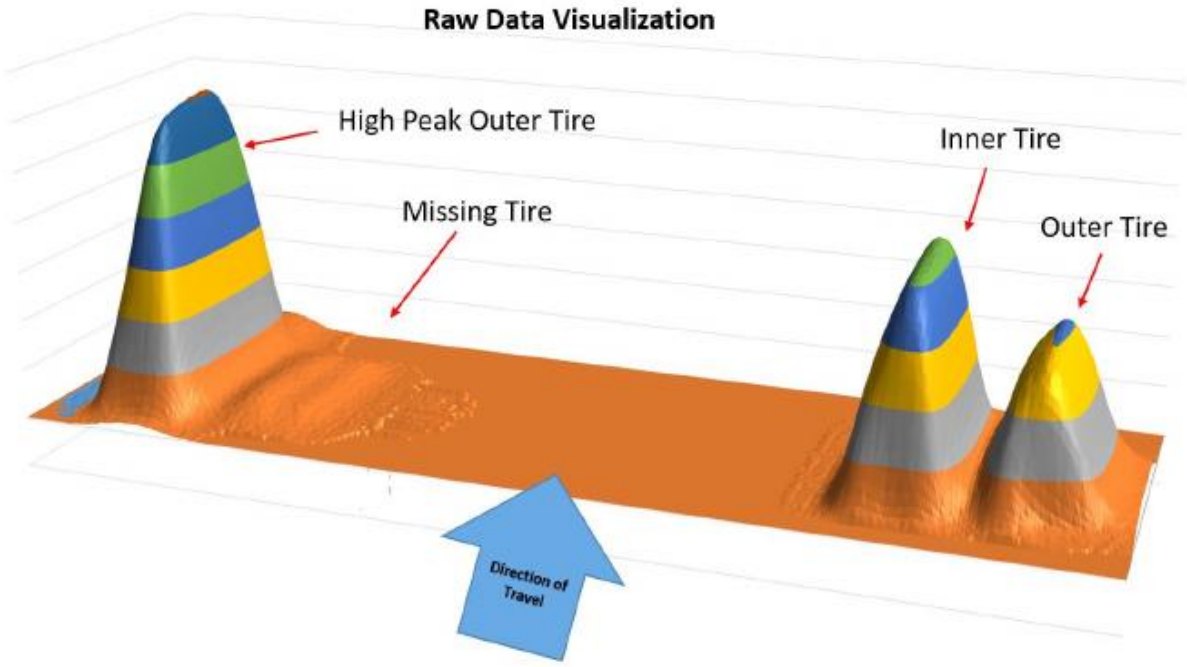
De meetonnauwkeurigheid van (±10% tot ±20%voor totaalgewichten en ±15% tot ±25% voor individuele aslasten) maakt de glasvezel sensoren op dit moment nog ongeschikt voor toepassingen waar de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de meting van belang is zoals voorselectie voor wegkantcontroles. Voor statistische data over de wegbelasting voor het ontwerp van wegdekken en kunstwerken is de nauwkeurigheid van de individuele metingen minder van belang. Voor deze toepassingen is met name de gemiddelde of totale belasting over een bepaalde periode van belang en zou den de glasvezel sensoren al wel ingezet kunnen worden. Dit is afhankelijk van de specifiek eisen voor de gemiddelde meetnauwkeurigheid vanuit de eindgebruiker voor deze toepassingen.

3.6 Stress-In-Motion sensoren

Systemen die in staat zijn om van individuele banden van een passerend voertuig een driedimensionale weergave van de spanningen in het contactvlak tussen de band en het wegdek worden internationaal ook wel Stress-In-Motion (SIM) systemen genoemd. SIM

systemen zijn een relatief nieuwe ontwikkeling oorspronkelijk afkomstig uit wetenschappelijk onderzoek naar geavanceerde ontwerp methodes voor wegdekken (de Beer, 2008). Deze SIM gaven zeer gedetailleerde data over de wielafdruk (wielprent) van de passerende wielen. Deze data is met name interessant voor het berekenen van vermoeiingsschades op stalen wegdekken aangezien deze schade erg afhankelijk is van de wielprent/afdruk. Deze eerste SIM systemen waren weliswaar zeer nauwkeurig maar enkel geschikt voor lage snelheden en in een beschermde onderzoeksomgeving.

Sinds een aantal jaren hebben een aantal fabrikanten (Camea, IRD en Kistler) elk een nieuwe generatie van SIM-sensoren op de markt gebracht. Ook met de eerder genoemde glasvezel sensoren kunnen SIM metingen gedaan worden. Deze nieuwe SIM systemen leveren meetdata van de bandafdruk die weliswaar minder gedetailleerd is dan de voorgaande onderzoekssystemen maar hebben een uitvoering die geschikt voor toepassing onder de condities van high speed wegen van zware vrachtvoertuigen. Deze SIM systemen leveren dezelfde meetdata als een 'normaal' WIM systeem (voertuiggewichten, aslasten, voertuigcategorieën, enz.) maar geven ook informatie over de bandenspanning van de passerende wielen. Hiermee kunnen ontbrekende banden, banden met een te hoge of een te lage bandenspanning en banden met een beschadigd bandprofiel gedetecteerd worden. Hiermee kunnen SIM systemen naast voor onderzoek naar schades aan wegdekken ook voor toepassingen op het gebied van de verkeersveiligheid ingezet worden.

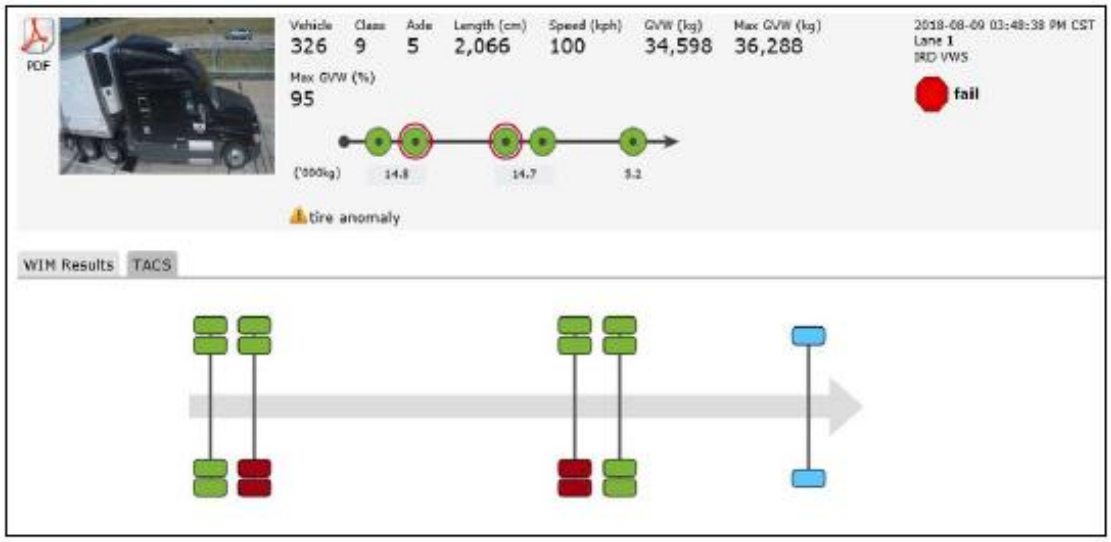


Figuur 3.11: Voorbeeld van SIM meting [Malhotra, 2019]

In Nederland zijn twee pilot projecten uitgevoerd met SIM systemen:

1. Voor Rijkswaterstaat (RWS/West-Nederland Zuid) is in 2019 op de A16 ten zuiden van Rotterdam bij Dordrecht twee bandenmeetsystemen (Tire Anomaly and Classification System (TACS) van IRD) geïnstalleerd. Beide systemen lagen op de meest rechter rijstrook van de A16 in noordelijke richting, één vlak voor en één vlak na de afrit 20 ’s Gravendeel. Doel van de proef was de evaluatie van de kwaliteit van de metingen van het meetsysteem en van de effectiviteit van het meetsysteem op het verminderen van incidenten. Uit een analyse door de Stichting Incident Management Vrachtauto’s (STIMVA) naar de oorzaken van ongelukken en pechgevallen met vrachtwagens bleek dat 41% veroorzaakt waren door onvoldoende bandenspanning [STIMVA, 2020]. Een te lage bandenspanning heeft niet alleen een negatief effect op de verkeersveiligheid maak ook op de efficiëntie en brandstofgebruik van het wegtransport. Uit de proef werd bij ca 1% van de voertuigen een afwijkende bandenspanning geconstateerd.

2. Binnen het SmartwayZ.nl programma in Zuid-Nederland is een vergelijkbaar bandenspanningsmeter op de N279 (traject Asten-Veghel, ter hoogte van Meierijstad) geïnstalleerd. Het systeem signaleert afwijkingen in de bandenspanning van vrachtwagens. In het geval van een gevaarlijk lage bandenspanning wordt de betrokken chauffeurs gewaarschuwd via matrixborden langs de kant van de weg of via een gratis app (Truckmeister). Zodra de chauffeur stil staat, kan hij/zij in de app zien welke band een afwijkende bandenspanning heeft. De meetgegevens van alle passerende voertuigen worden eveneens in een database opgeslagen voor nadere analyse. Uit de proef werd bij ca 2% van de voertuigen een afwijkende bandenspanning geconstateerd.



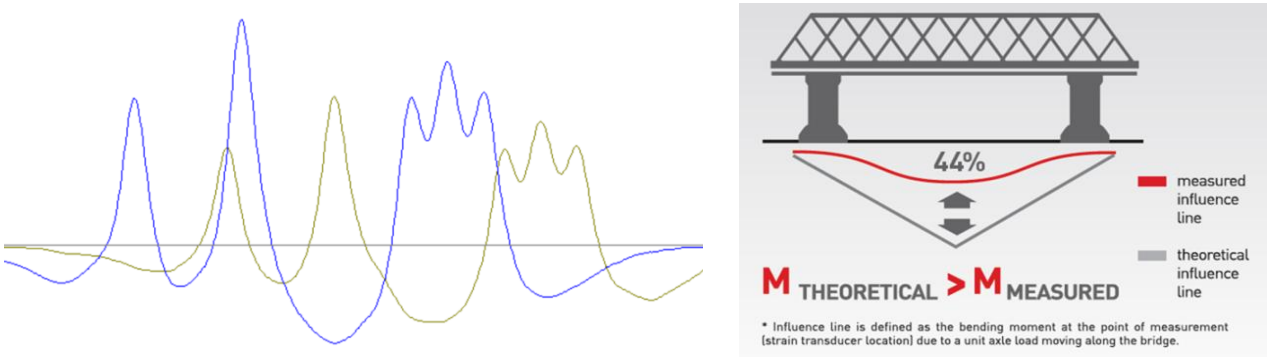
Figuur 3.11: Voorbeeld van meting van bandenspanning, [Malhotra, 2019]

Uit beide proeven bleek het belangrijk om de juiste drempelwaarden in te stellen voor de bepaling van een te lage of te hoge bandenspanning. Uit een enquête onder deelnemende bedrijven bleek dat deelname aan de proef een positief effect had op het aantal bandenincidenten. De precieze omvang van het effect was echter niet te bepalen, mede omdat het enige tijd kan duren voordat een te lage bandenspanning in een incident resulteert.

De data uit SIM systemen kan tevens gebruikt worden voor specifiek onderzoek naar de schades aan wegdekken door piekbelastingen ten gevolge van te hoge of te lage bandenspanningen. Onderzocht dient te worden of de gemeten data uit de huidige SIM systemen voldoende gedetailleerd is voor dergelijke onderzoeken. Ten slotte betreft het hier net als de Kistler WIM sensoren, strip sensoren die in het wegdek aangebracht moeten worden met in het geval van installatie in ZOAB alle eerder besproken uitdagingen m.b.t. duurzaamheid van de installatie. Gegevens over de te verwachten levensduur of eventuele problemen bij installatie in ZOAB zijn niet bekend.

3.7 Bridge WIM

Bridge WIM (B-WIM) is een speciaal dynamisch weegsysteem waarbij de sensoren aan de onderkant van een kunstwerk (brug, viaduct of duiker) worden aangebracht. De rekstrook sensoren meten de spanningen ten gevolge van de doorbuiging van de brug veroorzaakt door de passerende voertuigen [Moses, 1979]. Op basis van het gebruikte materiaal, de constructie en de dimensies kunnen de karakteristieken bepaald worden van het gedrag van de brug onder belasting (de zogenaamde invloedslijn). Met behulp van de invloedslijn kan het Bridge-WIM systeem vanuit de gemeten rekken de totaalgewichten en aslasten berekenen van de passerende voertuigen [Znidaric, 2002]. In feite werkt de brug zo als een grote weegschaal. Net als op wegdeksensoren gebaseerde WIM systemen moet een Bridge-WIM systeem na installatie ook eerst gekalibreerd worden met een of meer statische voorgewogen vrachtwagens.



Figuur 3.13: Metingen van een Bridge-WIM systeem

De meetnauwkeurigheid van een Bridge-WIM systeem hangt af van het type brug, met name de lengte van de brug of deel van de brug in het geval van multi-span bruggen, de conditie van de brug en de vlakheid van het wegdek voor en op de brug. In het geval van een geschikte brug met een vlak wegdek kan een meetonnauwkeurigheid bereikt worden van ±5% tot ±10% voor het totaalgewicht van het voertuig. Bridge-WIM systemen kunnen geïnstalleerd worden onder verschillende type bruggen met een lengte (overspanning) tussen de 5 m en 25 m, voor lange overspanningen wordt een enkel brugsegment beïnstrumenteerd [Znidaric, 2017]. In principe zijn de volgende type bruggen geschikt; korte vaste betonnen constructies (duikers), betonnen balk-en-dek constructies, betonnen dek bruggen en orthotropic-deck bruggen. Om de te verwachten prestaties te kunnen inschatten wordt voorafgaande aan een installatie meestal een meer gedetailleerde beoordeling van de brugconstructie en de verkeerssituatie gedaan.

Figuur 3.14: Installatie van Bridge-WIM systeem onder een brug.

Voordelen van de installatie onder een brug zijn dat er geen beschadiging van het wegdek en geen wegafzetting nodig is van de te meten, doorgaande weg. De ‘schade’ aan de beïnstrumenteerde brug is beperkt tot 2 cm diepe boorgaten voor de ankers voor M6 bouten voor de bevestiging van de rekstrookjes en kabels. Verder is het systeem zelf onzichtbaar voor het passerende verkeer, wat een voordeel is bij gebruik voor toezicht op en handhaving van zwaarverkeers (minder last van omrijden door overbeladen vrachtwagens en dus een grotere pakkans).

Een ander belangrijk verschil met wegdek systemen is dat een Bridge-WIM systeem eenvoudig verplaatst kan worden. Hierdoor is het ook mogelijk om kortdurende metingen uit te voeren, (b.v. 2 weken). Op deze manier kan met een systeem op verschillende locaties in het wegennet een indruk gekregen worden van de verkeerssituatie en (over-)belading ter plaatse. Nadeel van Bridge-WIM systemen is dat altijd een brug nodig is en dat op een bepaald traject niet altijd een geschikte brug te vinden is. Voor Nederland en RWS met ruim 6.000 kunstwerken lijkt dit niet een grote beperking. Uit een inventarisatie uit 2008 voor RWS/Zuid Holland [van Loo, 2008] is gebleken dat op de meeste trajecten van het hoofdwegennet in Zuid Holland wel geschikte bruggen te vinden zijn.

Internationaal is de firma Cestel uit Slovenië de enige partij die meer dan 20 jaar ervaring heeft met Bridge-WIM systemen, installaties en metingen commercieel beschikbaar heeft. In Nederland zijn in het verleden al op diverse locatie metingen met het Bridge-WIM systeem van Cestel (SiWIM) uitgevoerd, o.a. op de A4, A12, A15, A16, A20, A29 en N206 [Žnidarič, 2007]. De resultaten waren veelbelovend (1 systeem bereikte klasse A(5) volgende de COST-323) en mogelijkheden voor sterktebepaling van bruggen zijn aan RWS/BD gepresenteerd. Destijds was er binnen RWS onvoldoende belangstelling voor de toepassingsmogelijkheden van het toenmalige B-WIM systeem.

3.7.1 **Verdiepingssessie: Mogelijkheden (SiWIM) Bridge-WIM**

Naar aanleiding van de terugkoppeling van de deelresultaten op 19 januari 2023 is besloten een verdiepingssessie te organiseren over het Sloveense Bridge-WIM systeem. Tijdens de sessie zullen de technische werking van het systeem, de specifiek toepassingsmogelijkheden en de ervaringen van een buitenlandse eindgebruiker van/met het SiWIM systeem aan de orde komen. Aan deze sessie hebben specialisten van RWS VWM, WVL, GPO en CIV deelgenomen samen met Hielke de Haan van de Landelijke Politie. Het programma bestond uit de volgende onderdelen/presentaties:

1. SiWIM Bridge-WIM System by Matija Mavric, Matjaz Sokol, Martin Haubtman (Cestel, manufacturer, Slovenia). Topics: History, general working principle, system components, sensor installation system output, and applications
2. SiWIM system design by Andrej Anžlin (ZAG, Nat. Institute for Civil Engineering, Slovenia). Topics: Development of the system software, detailed working principle and use for bridge strength assessement
3. Experiences with Si-WIM system by Widi Nugraha (Ministry of Public Works, Indonesia). Topics: Bridge-WIM project, application, installation, measurements, results and experiences.

3.7.2 **Questions & Answers**

Alle presentaties van de workshop zijn beschikbaar binnen de samenwerkingsruimte van het WIM 2.0 project. Na de presentaties was er gelegenheid tot het stellen van vragen waarbij de volgende vragen zijn beantwoord:

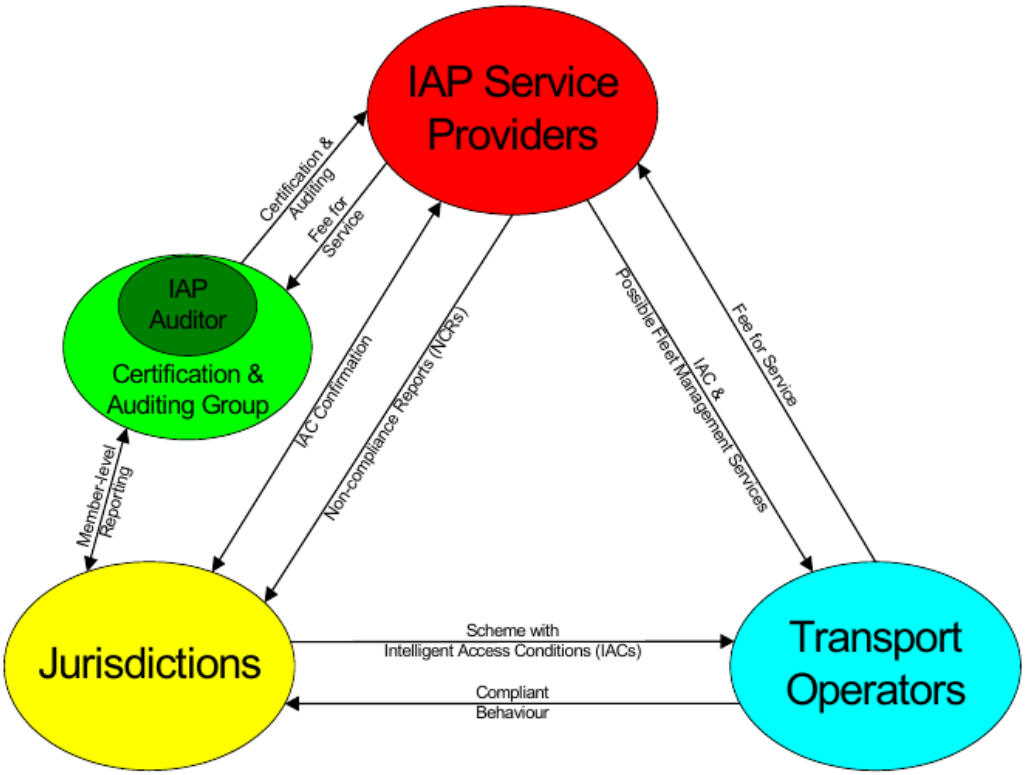
- Een Bridge-WIM systeem kan zowel de lasten meten van asgroepen en van individuele assen (ook binnen een asgroep);
- De nauwkeurigheid van de snelheidsmeting door een B-WIM ligt rond de de ±1-2% in vergelijking met radar of laser snelheidsmeters;
- Hoewel de meeste installatie op betonnen bruggen zijn uitgevoerd, is het ook mogelijk om metingen op stalen bruggen te doen waarbij de sensoren gelijmd worden. In het algemeen worden de sensoren aangebracht op de 'main girders' voor de meting van de voertuiggewichten en op 'secundary girders' of op het 'deck' voor asdetectie;
- In 2006-2007 zijn op de A4 [Znidaric, 2007] en A12 metingen [Andeweg, 2010] gedaan met een Si Bridge-WIM systeem en is een vergelijking gemaakt met een vast WIM systeem (met Kistler sensoren). De meetnauwkeurigheid van beide systemen was globaal gezien vergelijkbaar maar afhankelijk van de condities (vlakheid) van de betreffende brug en het omliggende wegdek. Voor de te verwachten meetnauwkeurigheid van wegdek-systemen geldt een zelfde afhankelijkheid van de vlakheid van het omliggende wegdek.
- Met een Bridge-WIM systeem wordt de werkelijke verkeersbelasting gemeten. Bij het gebruik voor wegdekken is de gemeten wegbelasting vaak hoger dan verwacht werd op basis van verkeerstellingen. Voor de sterktebepaling van bruggen is de gemeten wegbelasting vaak lager dan verwacht op basis van de (terecht vaak zeer conservatieve) aannames voor veiligheidsmarges gebruikt in het ontwerp van de brugconstructie;
- Bridge-WIM systemen kunnen op allerlei verschillende soorten bruggen geïnstalleerd worden, inclusief; beton en staal, met spanwijdtes van 5-25 meter en met verschillende constructies. Cestel heeft een handleiding opgesteld voor de beoordeling of bruggen geschikt zijn om nauwkeurige metingen uit te voeren met een Bridge-WIM systeem. Ervaring leert dat op de meeste wegvakken altijd een geschikte brug te vinden is;
- De verschillen tussen vaste wegdek-WIM systemen en Bridge-WIM systemen zitten in de verschillende voor- en nadelen van beide soorten systemen en de manier waarop ze ingezet kunnen worden. In het algemeen zijn de meetprestaties van beide systemen vergelijkbaar (afhankelijk van de weg-/brugcondities). De kosten voor aanschaf en installatie van Bridge-WIM zijn over het algemeen lager of gelijk aan die voor wegdek systemen, wederom afhankelijk van de specifieke condities en gewenste toepassing(en). Bridge-WIM is in eerste instantie ontwikkeld voor toepassing in

sterktebepaling van bruggen en het meten van de verkeersbelasting. Het wordt momenteel ook toegepast als voorselectie middel voor de handhaving van overbelading. De procedure voor (OIML-R134) typegoedkeuring is onlangs gestart welke dient als basis voor toekomstige directe handhaving. De doorlooptijd van de typegoedkeuring is sterk afhankelijk van de resultaten van de acceptatietesten. Als er tijdens de testen geen kritische gebreken geconstateerd worden, kan de afgifte van de typegoedkeuring al aan het einde 2023 plaatsvinden. Als er wel kritische gebreken worden geconstateerd dan kan een herontwerp van het gehele of onderdelen van systeem noodzakelijk zijn met alle vertragingen van dien;

- Een dergelijke OIML-typegoedkeuring is geldig voor alle soorten voertuigen en heeft in principe een wereldwijde en oneindige geldigheid, dit laatste zolang het type systeem niet (te veel) verandert. Het is waarschijnlijk dat de typegoedkeuring zal worden afgegeven voor een aantal van de meeste gangbare soorten brugconstructies. Welke soorten constructies dit zullen zijn is op dit moment nog niet precies bekend. Na typegoedkeuring (Type Approval) zal voor elke installatie van het systeem op een bepaalde brug een System Approval of Initial Verification afgegeven moeten worden, [Oosterman, 2017]. Dit om de prestaties van het het systeem te garanderen onder de specifieke lokale condities waaronder de constructie van de betreffende brug;
- Bridge-WIM moet in eerste instantie niet gezien worden als een vervanging van de bestaand vaste wegdek WIM systemen maar als een aanvulling op. Waarbij gebruik gemaakt wordt van de specifieke mogelijkheden van Bridge-WIM zoals de flexibele inzet, korte metingen en sterkte van bruggen. Een opzet voor een hybride implementatie van vaste wegdek systemen en Bridge-WIM wordt beschreven voor Servië [Loo, 2020-1] en Georgië [Loo, 2020-2];
- Voor de lange termijn stabiliteit van de metingen te garanderen, adviseert Cestel een Bridge-WIM systeem ten minste 1 keer en liefst 2 keer per jaar te kalibreren. Verder is het systeem uitgerust met een aantal temperatuur sensoren om de effecten van temperatuursveranderingen te compenseren. In Slovenië heeft Cestel heeft een 5-tal Bridge-WIM systemen permanent geïnstalleerd maar heeft de meeste ervaring met kortdurende metingen (van 2 weken tot 2 maanden). Voor de Nederlandse situatie wordt geadviseerd om de lange termijn stabiliteit in de praktijk te onderzoeken alvorens Bridge-WIM ook permanent te installeren in plaats van de huidige vaste WIM-systemen.
- De installatie en configuratie van een Bridge-WIM systeem is specifiek voor elke afzonderlijke brugconstructie. Na installatie en kalibratie is de kwaliteit van de meetdata onafhankelijk van het type brug. Net als bij wegdek systemen is het voor Bridge-WIM belangrijk om een geschikte locatie te kiezen waarbij met namen de constructie en de conditie van de betreffende brug van belang zijn.

3.8 On-Board WIM

On-Board Weegsystemen (OBW) worden aangebracht op voertuigen in plaats van in de weginfrastructuur. Een OBW meet constant de wiel-, aslasten en het totaalgewicht van het betreffende voertuig tijdens de gehele reis zowel wanneer het voertuig in beweging is als wanneer het stilstaat. Ook bij deze systemen worden er verschillende meettechnieken toegepast afhankelijk van het type voertuig en het veersysteem, b.v. load cells, rekstrookjes, en lucht- of hydraulische druk sensoren. De meetonnauwkeurigheid van OBW systemen – mits goed gekalibreerd - ligt over het algemeen tussen de ±1% en ±3% voor het totaalgewicht en is daarbij duidelijk nauwkeuriger dan de wegdek WIM systemen [Dyukov, 2016].



Figuur 3.15: Rolverdeling binnen het Australische IAP

De gemeten gewichten/lasten van het voertuig kunnen gecombineerd worden met de (GPS-) locatie van het voertuig en tijdens de gehele reis opgeslagen worden. Of het gewicht kan direct na belading in stilstand gemeten worden en verwerkt worden in het electronische ladingsdocument (eCMR) ter verificatie van de opgegeven gewicht zoals in de Pilot Intelligente Toegang bijzonder wegverkeer (PITbw), [RWS/WVL, 2021]. In Nederland heeft de verlader, volgens artikel 15 van de Regeling Wegvervoer Goederen [RWG, 2017], al de plicht om op de vrachtbrief het totaal gewicht van de lading op te geven. Welke methode de voorkeur heeft, hangt af van de exacte toepassing en de wettelijke en organisatorische kaders rond de invoering.

Dergelijke OBW systemen kunnen gebruikt worden om de operatie van zware voertuigen te optimaliseren en om het gebruik ervan op bepaalde delen van het wegennet te monitoren. Voorbeelden van het gebruik van dergelijke OBW+GPS systemen is het Intelligent Access Program (IAP) in Australië [Koniditsiotis, 2012] en het project Intelligente Toegang in Nederland. De invoer van dergelijke programma's is naast een technische uitdaging (o.a. de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de meetsystemen) ook een organisatorische uitdaging om de taken en verantwoordelijkheden van alle betrokken partijen goed op elkaar af te stemmen.

Waar een wegdek weegsysteem (inclusief Bridge-WIM) op een locatie de gewichten en aslasten meet van alle passerende (vracht-)voertuigen, een OBW systeem meet dezelfde data maar dan voor een voertuig gedurende zijn gehele reis over het wegennet. Beide soorten weegsystemen zijn daarmee complementair en kunnen gebruik worden om de gemeten data te extrapoleren naar andere delen van het wegennet / andere (soorten voertuigen en om de kwaliteit van de gemeten data te controleren/verbeteren b.v. door wederzijdse kalibratie. In het geval dat alle vrachtvoertuigen op een wegennet voorzien zijn van een On-Board weegsysteem en meedoen met een programma voor intelligente toegang dan kunnen wegkantsystemen zich beperken tot grovere meting van wegbelasting.

3.9 Conclusies WIM technologie

- WIM systemen meten de wiel- en/of aslasten en totaalgewicht van passerende voertuigen en slaan deze op samen met andere parameters gerelateerd aan de passage (datum, tijdstip, snelheid, locatie, rijrichting, rijstrook) en het voertuig (aantal assen, asafstanden, voertuiglengte of wielbasis, voertuigcategorie).
- De nauwkeurigheid van een WIM meting hangt af van de gebruikte technologie, de conditie van het wegdek vlak voor het meetsysteem en de verkeerssituatie ter plaatse.
- Weeg-platen en –schalen; kunnen gebruikmaken van verschillende meettechnieken. Deze sensoren worden in NL niet op het hoofdwegennet gebruikt vanwege mogelijke veiligheidsrisico's en problemen met aansluiting op toenemende spoorvorming;
- De Kistler Lineas sensoren behoren internationaal tot de meest nauwkeurige, stabiele en betrouwbare strip sensoren die beschikbaar zijn.
- Strip sensoren in ZOAB; bij de aanleg van strip-/balksensoren in ZOAB wegdekken kunnen problemen optreden met de duurzaamheid van de verbinding tussen de ZOAB en de epoxy grouting.

- De installatie van 'harde' WIM sensoren in de toplaag van ZOAB is meer kritisch dan in DAB of in betonnen verhardingen en meer kritisch dan die van sensoren die onder de toplaag of onder een kunstwerk geïnstalleerd worden. Dit probleem lijkt beheersbaar door de toepassing van de huidige installatie technieken (Burdie Roadsafe) gecombineerd met zorgvuldige en frequente periodieke inspectie en onderhoud (refreshen) van de ZOAB rond de installatie.
- Naast het gebruik van de Burdie Roadsafe zijn er ook andere veelbelovende nieuwe mogelijkheden voor de duurzame installatie van 'harde' WIM sensoren in de ZOAB. Zoals het gebruik van gietasfalt rond de sensor, een bak van glasvezelbeton onder en om de sensor of een betonnen fundering onder de volle lengte van het gehele WIM systeem.
- RWS heeft meerdere – enigszins verschillende - sets met eisen waaraan het wegdek rond een (toekomstig) WIM systeem moet voldoen. Het is niet duidelijk welke eisen precies worden toegepast, wie hier op toeziet en of dit voor alle locaties gelijk is.
- Alternatieve strip sensoren; er zijn alternatieve WIM strip sensoren beschikbaar die - in vergelijking met de huidige Kistler sensoren - of dezelfde problemen hebben bij installatie in ZOAB (balken) of een duidelijk lagere meetnauwkeurigheid (kabels).
- Stress In Motion; een relatief nieuwe ontwikkeling waarmee ook de wielconfiguratie, te lage of te hoge bandenspanning en ontbrekende wielen/banden gedetecteerd kunnen worden. Deze sensoren bieden nieuwe toepassingsmogelijkheden voor onderzoek naar schades aan (stalen-)wegdekken en de verhoging van de verkeersveiligheid.
- De installatie van 'harde' SIM-sensoren in de ZOAB vergt dezelfde aandacht als de huidige Kistler sensoren. De duurzaamheid van de SIM sensoren op langere termijn heeft zich in de praktijk nog niet bewezen.
- Glasfiber sensoren; de laatste generatie glasfiber sensoren worden onder de toplaag van het wegdek aangebracht. Hierdoor is een goede duurzaamheid mogelijk hoewel dit wel ten koste gaat van de meetnauwkeurigheid. Dit kan voor bepaalde – minder kritische, statistische - toepassingen een goed alternatief bieden, ook kunnen ze gebruikt worden als aanvullen op meer nauwkeurige systemen om zo een landelijke dekking te krijgen.
- Glasfiber sensoren kunnen eveneens gebruikt worden voor SIM metingen waarbij de duurzaamheid van de installatie in ZOAB geen problemen oplevert;
- Bridge WIM; hiermee kunnen o.a. kortdurende metingen uitgevoerd worden waarmee een eerste indruk verkregen kan worden van de wegbelasting ter plaatse. Door een systeem over meerdere locaties te rouleren in aanvulling op het netwerk van vaste WIM systemen kan een landelijke dekking verkregen worden.

- Bridge-WIM systemen kunnen per direct kortdurende metingen uitgevoerd worden die aanvullend zijn aan de bestaande vaste WIM systemen. Bridge WIM; doordat naast de verkeersbelasting ook de responsie van de brug wordt gemeten kan op basis van de metingen tevens een beoordeling van de sterkte van de brug uitgevoerd worden.
- Naast de verkeerscondities ter plaatse zijn voor goede Bridge-WIM metingen vooral de constructie en de conditie van de betreffende brug van belang.
- Omdat met de meeste Bridge-WIM installaties kortdurende metingen zijn uitgevoerd is er met de stabiliteit van de Bridge-WIM systemen over langere tijd (meer dan een jaar) relatief weinig ervaring opgedaan. Dit dient eerst in de praktijk onderzocht te worden voordat B-WIM ook als alternatief kan dienen voor de permanente systemen.
- On-Board WIM; hierbij wordt het weegsysteem geïnstalleerd aan boord van een vrachtvoertuig. Indien gecombineerd met een GPS-systeem kunnen de aslasten en gewichten van het voertuig gedurende een hele rit gemonitord worden. De On-Board systemen kunnen in combinatie met vaste, infrastructuur WIM systemen gebruikt worden voor wederzijdse kalibratie, controle van de datakwaliteit en detectie van eventuele storingen of manipulaties.
- Er bestaat niet zoiets als 'Het Beste WIM Systeem van de Wereld'. De combinatie van de gewenste toepassing (nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de metingen), de omgevingscondities ter plaatse (verkeerssituatie, wegdekcondities en klimaat-omstandigheden) en het beschikbare budget bepaalt welk WIM systeem het beste aansluit op de specifieke, lokale eisen en juridische kaders.

3.10 Aanbevelingen WIM technologie

- Zorg bij de installatie van de huidige Kistler Lineas WIM sensoren - en alle andere 'harde' balk sensoren – in ZOAB wegdekken dat de constructie van het omliggende wegdek aan een standaard set met strikte eisen voldoet en zorg dat deze voor alle locaties toegepast wordt;
- Zorg voor een periodieke inspectie van de WIM sensoren, buffermateriaal en het omliggende wegdek door gekwalificeerde inspecteurs en voor snelle reparatie in het geval van beschadigingen;
- Combineer deze inspecties met periodiek, preventief onderhoud aan de WIM sensoren en het omliggende wegdek;
- Naast het verder doorontwikkelen van de installatie van sensoren in de Burdie Roadsafe, wordt aanbevolen om ook de toepassing van andere mogelijkheden om de duurzaamheid van 'harde' WIM sensoren in ZOAB te te onderzoeken. Zoals het gebruik van gietasfalt, glasvezelbeton en een betonnen fundering van het gehele WIM

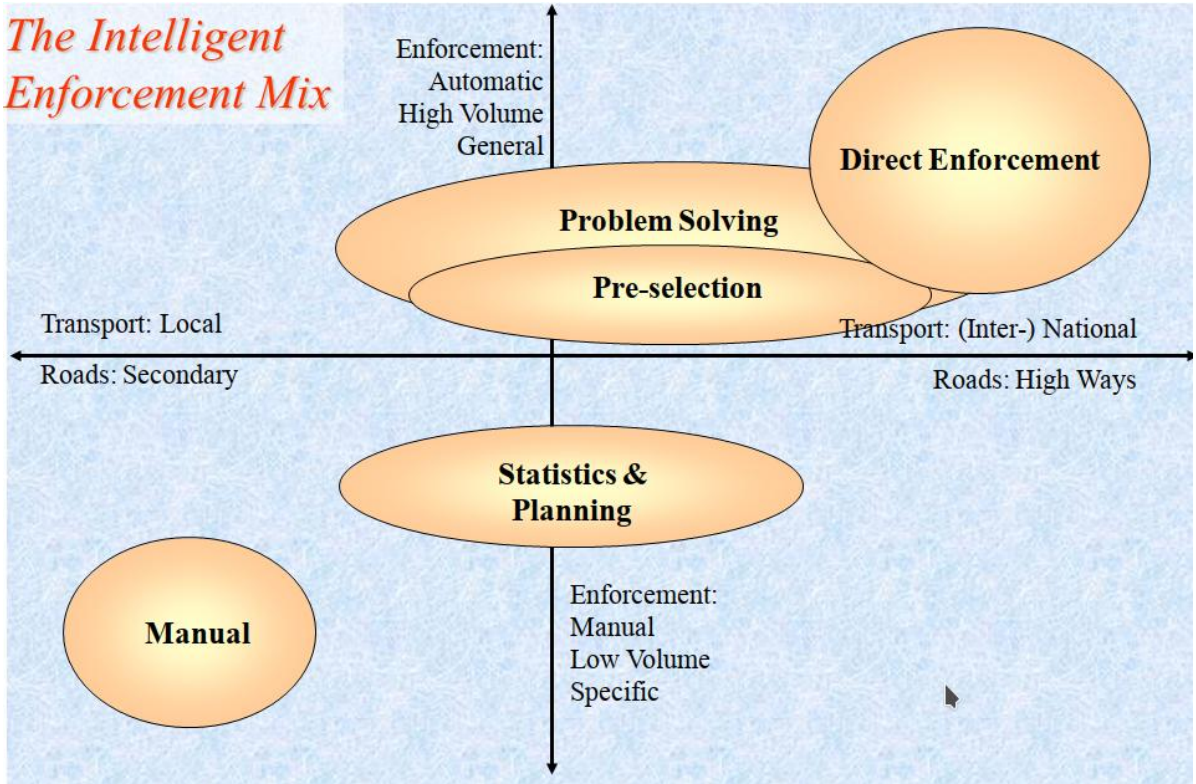
systeem. Alvorens deze alternatieve installatie mogelijken in de specificaties voor de aanleg van het WIM 2.0 op te nemen wordt aanbevolen om eerst de duurzaamheid te onderzoeken. Dit onderzoek dient in paralel met de aanbesteding(en) van het WIM 2.0 uitgevoerd te worden, beginnend met een theoretisch onderzoek met behulp van modellering en vervolgens – indien succesvol – ook een daadwerkelijke installatie om de duurzaamheid ook in de praktijk te onderzoeken;

- Voor WIM 2.0 wordt aanbevolen een hybride implementatie van een combinatie van de bestaande (ge-upgrade versie) permanente WIM systemen met een aantal kortdurende metingen met Bridge-WIM systemen. Een dergelijke hybride implementatie zou bij voorbeeld kunnen bestaan uit 10 tot 15 vaste systemen en 15 tot 25 flexibele metingen van 2 weken tot 1 maand. De exacte aantallen systemen en metingen zullen bepaald moeten worden op basis van de informatiebehoefte en gebruikerseisen (landelijke dekking, transportstromen, beschikbaarheid van vaste locaties en de kwaliteit van data) en de resultaten van de kosten-baten analyse.
- Inventariseer op een aantal mogelijke trajecten welke bruggen geschikt zijn om nauwkeurige en betrouwbare Bridge-WIM metingen uit te voeren.
- Onderzoek de lange termijn stabiliteit van een Bridge-WIM systeem voor de installatie over een periode van tenminste 1 jaar.
- Onderzoek in de praktijk wat de prestaties, de toepassingsmogelijkheden en de operationele randvoorwaarden zijn voor aanvullende WIM technologieën zoals Glasfiber en SIM sensoren
- Combineer de meetdata uit In-Road WIM (permanente en Bridge-WIM) systemen met gegevens uit On-Board weegsystemen (PITbw). Hierbij kunnen de statische pre-trip On-Board metingen vergeleken worden met de dynamische WIM metingen. Wellicht kunnen verder ook de statische metingen gebruikt worden die vervoerders al doen vanwege contractuele verplichtingen, bv. bij bouwverkeer in opdracht van RWS.

4 Ervaringen met WIM

Overbelading door zware voertuigen is een probleem dat in principe speelt in alle landen van de wereld. De verschillen zitten in de mate waarin de gevolgen ervan worden erkent, de manier waarop er tegen wordt opgetreden, de efficiëntie van de handhaving en het gebruik van moderne (WIM) technologie. Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende standaarden en toepassingen van Weigh-In-Motion voor de handhaving van overbelading en de ervaringen met de invoering en het gebruik vanuit diverse landen over de wereld.

Een belangrijke conclusie van het Europese REMOVE project [REMOVE, 2006] was dat er geen alles zaligmakende toepassing van WIM is die alle aspecten van de overbelading zal afdekken. Er zal altijd een combinatie van verschillende handhavingsmethodes gevonden moeten worden die afgestemd is op de specifieke problematiek in een land of regio (de zogenaamde 'Intelligent Enforcement Mix', zie figuur 4.1). Zo is directe handhaving door de hoge mate van automatisering zeer geschikt voor inzet op snelwegen met een hoge intensiteit van zware voertuigen maar door de relatief hoge kosten voor de systemen niet geschikt om in te zetten op het regionale wegennet. Aan de andere kant is het handmatig selecteren van overbeladen vrachtwagens praktisch niet uitvoerbaar op drukke snelwegen maar juist wel om flexibel in te zetten op allerlei verschillende locaties op het regionale wegennet.



Figuur 4.1; REMOVE Intelligent Enforcement Mix.

Opmerking; met 'Problem Solving' wordt o.a. de ILT aanpak van bedrijfsprofilering, gerichte bedrijfsbezoeken en last onder dwangsom bedoeld waarbij de nadruk ligt op het voorkomen van de overbelading in plaats van het beboeten ervan.

De investering in handhaving inclusief WIM systemen zal afgezet moeten worden tegen de te verwachten besparingen door een reductie van de overbelading. O.a. door minder schade aan de weginfrastructuur [Groenendijk, van Doorn, 2001] en daardoor lagere kosten voor wegonderhoud. Dit wordt nader beschreven in paragraaf 4.13 'Kosten-Baten Analyse' waarbij ook de economsiche belangen van de monitoring van de wegbelasting door het wegtransport, inclusief overbelading voor de optimalisatie van weginfra worden meegenomen. Wat betreft de handhaving van overbelading kunnen WIM systemen op verschillende manieren gebruikt worden maar zijn nooit een wondermiddel op zichzelf.

4.1 Internationale standaardisatie

In de specificatie van de gewenste prestaties voor WIM systemen wordt veelal – te eenzijdig - de nadruk gelegd op de meetnauwkeurigheid. Voor veel toepassing is het niet strikt noodzakelijk om de aller hoogste nauwkeurigheid te eisen. Andere belangrijke te specificeren aspecten zijn; de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de metingen, de duurzaamheid en onderhoudbaarheid van de installatie. Internationaal zijn er vier standaarden die regelmatig als referentie worden gebruikt in WIM projecten:

- COST-323; European WIM Specification [COST, 1999]. Dit bevat o.a. een beschrijving van verschillende procedures om de prestaties van WIM-systemen te testen en onder te verdelen in nauwkeurigheidsklassen. Verder worden eisen gespecificeerd voor de selectie van geschikte locaties voor WIM systemen waaronder eisen aan de constructie, vlakheid van het wegdek. Het document is bedoeld als referentie voor wetenschappelijk onderzoek van WIM-systemen niet specifiek voor acceptatietesten en al zeker niet voor directe handhaving;

- ASTM-E1318; the American Specification for Highway Weigh-In-Motion Systems [ASTM, 2009] opgesteld door de American Society for Testing and Materials (ASTM). Dit is min of meer de Amerikaanse tegenhanger van de Europese COST-323. Het document is bedoeld als leidraad voor acceptatietesten van WIM-systemen en als onafhankelijke referentie procedure in de relatie tussen verkoper en gebruiker bij de aankoop van WIM-systemen;

- OIML-R134; Recommendation for Automatic Instruments for weighing road vehicles in motion [OIML, 2006]. Deze standaard is opgesteld door de Internationale Organisatie voor Legal Metrology (OIML) en kan dienen als basis voor directe handhaving. De huidige versie van de R134 is echter ontwikkeld voor semi-statische en low-speed WIM-systemen in een gecontroleerde weegomgeving, d.w.z. zonder dat de effecten van voertuigdynamica meegenomen worden. Binnen de OIML loopt sinds 2019 een project om de R134 te reviseren en geschikt te maken voor directe handhaving onder high-speed, free-flow snelwegcondities. Onderwerpen van discussie zijn: 1) het gebruik van aslasten als referentiemeting, 2) verhoging van de coëfficiënt tussen de eisen voor type approval en initial verification en 3) eventuele goedkeuring van weegsystemen alleen voor meting van zware, overbeladen vrachtwagens. Op dit moment is niet bekend wanneer de nieuwe versie van de R134 officieel gepubliceerd zal worden, tot die tijd blijft de huidige versie uit 2006 geldig.

- NMi-WIM; International WIM Standard [NMi, 2016]. Dit document omvat specificaties en testprocedures voor statistische toepassingen (zoals wegbelasting en voorselectie) en wettelijke toepassingen (zoals directe handhaving en tolheffing) en zowel voor low-speed en high-speed WIM-systemen. Het is min of meer de industrie standaard maar wordt in de internationale metrologie nog relatief beperkt toegepast voor directe handhaving. Tot nu toe is alleen in Estland de NMi standaard één op één in de wetgeving opgenomen, de nationale standaard in Tsjechië komt grotendeels overeen met de NMi standaard.

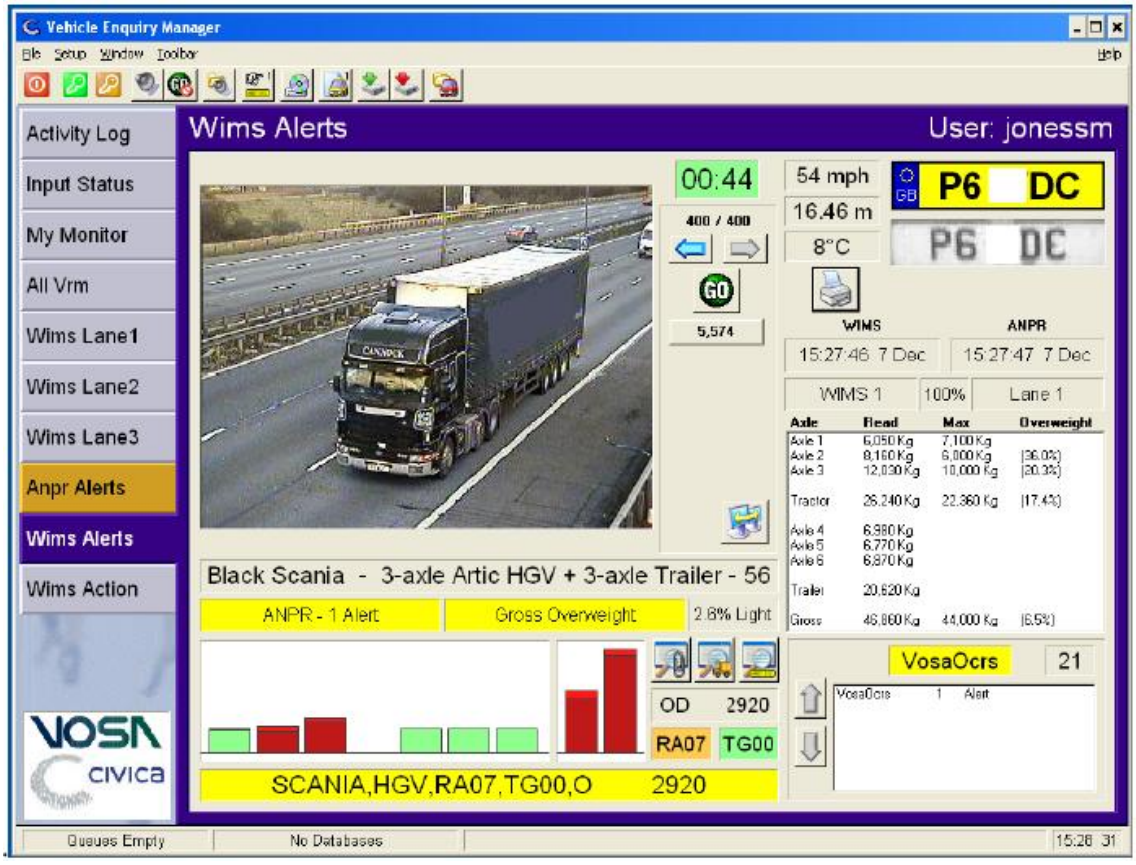
Belangrijk is om op te merken dat alle genoemde internationale standaarden enkel dienen als basis voor implementatie in nationale standaarden en wetgeving. Elk land is vrij om een eigen nationale standaard op te stellen voor het testen en goedkeuren (homologeren) van WIM systemen voor directe handhaving. In de huidige praktijk zijn de verschillende nationale standaarden gebaseerd op onderdelen van één of meerdere van deze internationale standaarden maar hebben elk specifieke nationale aanpassingen. Voor Nederland is dit niet anders. In het geval van het opstellen van een Nederlandse standaard wordt aanbevolen het Nederlands Meetinstituut (NMi) te betrekken. Dit om de NMi-standaard perse tot nationale standaard te verheffen maar omdat het NMi al verantwoordelijk is voor het goedkeuren en periodiek ijken van nader meetmiddelen voor de verkeershandhaving zoals snelheidsmeter voor de politie.

Daarbij is voor gebruik van WIM voor directe handhaving meer nodig als alleen een standaard [Oosterman, 2017]. De WIM metingen moeten ook juridisch geaccepteerd worden voor gebruik in directe handhaving van overbelading. Hiervoor dienen de

procedures waaraan de systemen en de gebruikers moeten voldoen, vastgelegd te worden in wet- en regelgeving. Dit is inclusief de procedures voor het beheer, onderhoud en kalibratie van de WIM systemen zodat de kwaliteit (nauwkeurigheid en betrouwbaarheid) van elke individuele meting gegarandeerd kan worden.

4.2 Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk werkt de Vehicle & Operator Services Agency (VOSA) sinds 2007 samen met de Highways Agency en Police binnen het WASP project (Weight And Safety Partnership) [Jones, 2008]. Doel van het project is een gerichte aanpak van de overbelading door het gebruik van WIM systemen gecombineerd met Automatic Number Plate Recognition (ANPR) camera's.



Figuur 4.2; Voorbeeld van voorselectie door WIM in VK.

De systemen worden ingezet als voorselectiemiddel voor VOSA wegkantcontroles waarbij in het geval van een waarschijnlijke overbelading een handhaver een overzicht krijgt van o.a. de gemeten gewichten, type voertuig, kenteken, overzichtsfoto en mogelijke overtreding van het betreffende voertuig. Op basis van de informatie beslist de handhaver het voertuig mee te nemen naar de vaste VOSA-naweeglocatie. Daar wordt

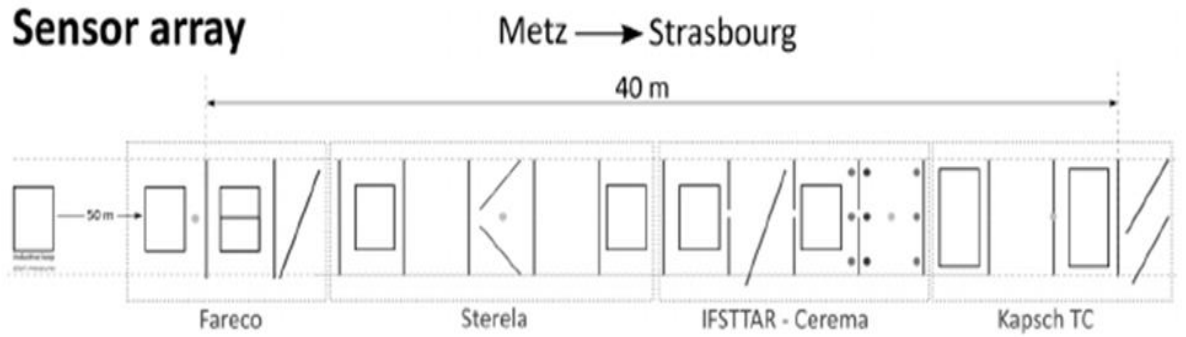
het voertuig met een gecertificeerd Low Speed WIM nagewogen, de meetresultaten van de LS-WIM systemen zijn in het VK rechtsgeldig voor handhaving. Opmerkelijk detail is dat in het VK LS-WIM wel maar statische weegplaten niet toegelaten zijn terwijl dit in Nederland en veel andere landen juist andersom is. Vanuit de meettechniek zijn beide meetmethoden goed bruikbaar zolang de metingen zorgvuldig uitgevoerd worden, b.v. niet remmen tijdens de meting.

Op dit moment worden ca. 15 WIM+ANPR systemen door VOSA gebruikt als voorselectie voor wegkantcontroles. De gebruikte WIM systemen zijn niet erg nauwkeurig (±10% voor totaalgewichten voor 95% van de metingen) vanwege de gevoeligheid van de gebruikte piëzo electrische sensoren (zie paragraaf 3.5.2) voor verandering in temperatuur. Ondanks dit hebben de systemen gezorgd voor een verhoging van de efficiëntie van de controles, meer dan 90% van de geselecteerde voertuigen was ook daadwerkelijk overbeladen. Verder worden de meetgegevens door VOSA gebruikt om statistische overzichten te genereren van wanneer pieken optreden in de overbelading, op welke uren van de dag en welke dagen van de week. Deze overzichten worden gebruikt om controles in te plannen en om de effecten ervan te bestuderen. Voor zover bekend heeft VOSA geen plannen om de WIM systemen ook voor andere toepassingen te gaan gebruiken.

4.3 Frankrijk

Frankrijk is historisch gezien één van de toonaangevende landen op het gebied van onderzoek WIM sensoren. Sinds 2010 zijn ca. 30 WIM-systemen geïnstalleerd op het hoofdwegennet die gebruikt worden voor het verzamelen van statistische informatie over de verkeersbelasting, als voorselectiemiddel voor handhaving van overbelading en als input voor het opstellen van bedrijfsprofielen [Stanczyk, 2008] en [Jacob, 2019]. Eens per maand levert elk WIM systeem een lijst met de meest overbeladen voertuigen die op de betreffende locatie zijn geregistreerd. Met behulp van de tevens opgeslagen kentekens wordt het bijbehorende transportbedrijf geïdentificeerd. Op basis van deze gegevens selecteren de handhavers de bedrijven die het meest in overtreding zijn voor een bezoek aan het hoofdkantoor van het betreffende bedrijf. Bij dergelijke bedrijfsbezoeken wordt niet alleen gekeken naar overbelading maar ook naar de naleving van rij- en rusttijden, vergunning en technische staat van de voertuigen [Jacob, van Loo, 2008]. Deze vorm van handhaving is minder afhankelijk van nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de individuele metingen van de systemen door statische cummulatie en analyse. Het is daarom eerder haalbaar dan directe handhaving en dus

kansrijk voor NL om werkelijk in te voeren met WIM 2.0. De nauwkeurigheid van de huidige WIM 1.0 systemen is voldoende voor deze aanpak mits de betrouwbaarheid van de metingen goed beheerd wordt, zie paragraaf 4.12.



Figuur 4.3; WIM testsysteem bij Metz in Frankrijk.

In 2015 is gestart met de voorbereiding voor directe handhaving door de aanleg van een test site op de A4 snelweg nabij Metz, [Klein, Jacob, 2019]. Op de testsite zijn verschillende systemen aangelegd met 8, 6 of 4 piëzo quartz sensoren (afhankelijk van de fabrikant), 2 piëzo elektrische sensoren onder een hoek van 45° en 2 inductielussen. In 2019 en 2019 zijn uitgebreide tests uitgevoerd naar de prestaties van de systemen, de beste systemen behaalden klasse A(5) volgens de COST-323 specificaties* en klasse E5 volgens de OIML-R134 standaard**.

Opmerkingen:

* *COST-323 Klasse A(5) wil zeggen 5% voor voertuiggewicht en 10% voor aslasten. De COST-323 is eigenlijk bedoeld voor statistische toepassingen waarbij de nauwkeurigheid wordt uitgedrukt in standaard variatie (90%, 95% of 99.5% van de metingen en niet geschikt voor directe handhaving waarbij de nauwkeurigheid wordt uitgedrukt in Maximaal Toelaatbare Fout (MPE), dit omvat 100% van alle metingen.*

** *OIML-R134-Klasse E5 wil zeggen een MPE van 5% voor voertuiggewicht en 8% voor aslasten. In de gebruikte test zijn een (klein) aantal outliers verwijderd wat eigenlijk niet mag volgens de R134.*

Op dit moment wordt gewerkt aan een procedure voor de typegoedkeuring van de systemen in een samenwerking tussen het Franse Instituut voor Wettelijke Metrologie (LNE), het Ministerie van Transport (formeel het Ministerie van het Milieu, Energie, en de Zee) voor de uitvoering van de handhaving en het Ministerie van Binnenlandse Zaken voor de juridische vervolging. Waarschijnlijk zal vereist worden dat niet meer dan 1% van de voertuigen foutief als overbeladen gedetecteerd mag worden. De invoering van WIM voor directe handhaving staat gepland voor 2023.

4.4 Tsjechië

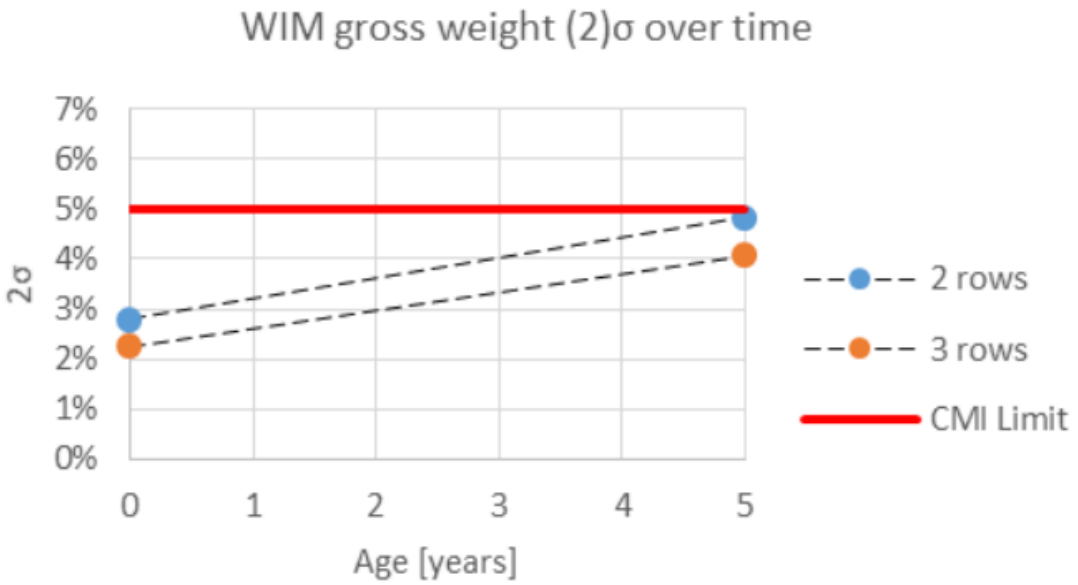
Tsjechië was het eerste land in Europa dat WIM heeft ingevoerd voor directe handhaving, [Doupal, 2012]. Al in 2010 zijn de eerste systemen getest en goedgekeurd door het Czech Metrology Institute (CMI). De nationale standaard (CMI-0111) specificeert een Maximum Permissible Error (MPE) voor Gross Vehicle Weight (GVW, totaal voertuiggewicht) van 5% en aslasten van 11% voor 95% van de metingen. ('MPE' wil per definitie zeggen dat de nauwkeurigheid van 100% van alle metingen binnen het gespecificeerde interval ligt, de genoemde waarde van 95% is dus niet in lijn met deze definitie. Het duurde vijf jaar tot 2015 voordat de eerste 3 goedgekeurde WIM systemen ook daadwerkelijk zijn ingezet voor directe handhaving.

Op dit moment zijn er ca 25 WIM systemen operationeel in Tsjechië. Deze bestaande uit twee of drie rijen piëzo-quartz sensoren, 2 piëzo-elektrische sensoren (onder 45°) en 2 inductielussen. Op dit moment wordt het merendeel van de systemen enkel gebruikt als voorselectie voor wegkantcontroles en slechts 3 voor directe handhaving. De systemen monitoren zelf het aantal mogelijke verstoringen van de metingen en bepalen daarmee zelf een betrouwbaarheidsindex [x%] van de meting. Bij een betrouwbaarheid beneden een bepaalde limiet (b.v. 95%) geeft het systeem zelf aan dat de meting niet geschikt is voor directe handhaving. De systemen kijken o.a. naar acceleratie en de-acceleratie van het voertuig tijdens de meting, laterale positie van het voertuig tijdens de passage en veranderingen in temperatuur van het wegdek [Fucik, 2019].

Figuur 4.4; Registratie voor directe handhaving in Tsjechië.

Tot nu toe zijn er twee rechtszaken aangespannen door Tsjechische transportbedrijven die de metrologische regelgeving hebben aangevochten. In de eerste rechtszaak heeft de rechter geoordeeld in het voordeel van de overheid en de metrologische regelgeving bevestigd. De tweede rechtszaak loopt nog. De Tsjechische lobby van transportbedrijven (CEMAD, met meer dan 2000 leden) is tegen de invoering van WIM voor directe handhaving omdat het alleen Tsjechische bedrijven zou beboeten. Het probleem ligt in de huidige EU regelgeving waarbij cross-border bekeuringen alleen mogelijk zijn voor bepaalde verkeersovertredingen (vooral voor snelheid en afstand houden). Voor zover bekend bestaat deze mogelijkheid voor overbelading nog niet waardoor overtredingen van buitenlandse vrachtwagens wel gedetecteerd maar niet vervolgd kunnen worden.

Hiervoor is een aanpassing van de Europese Cross Border Enforcement (CBE) richtlijn voor het uitwisselen van eigenaar-/houder gegevens. Gezien de centrale ligging van Tsjechië in de EU heeft het land relatief veel internationaal vervoer. Dit aspect is daarmee ook voor Nederland relevant. Bijkomend probleem is dat de lokale overheid formeel eigenaar is van de systemen en verantwoordelijk is voor de inning van bekeuringen. Dit geldt ook voor de systemen op de snelwegen die aangelegd zijn door het Ministerie van Transport. De lokale overheden hebben vaak geen mensen en middelen (of geen prioriteit) voor de gecompliceerde procedures voor de inning van de boetes is dat de lokale. Als gevolg worden in de praktijk slechts weinig boetes geïnd op basis van directe handhaving met WIM. Dit geeft aan dat voor een succesvol gebruik van WIM voor directe handhaving naast een typegoedkeuring en een juridische basis ook goed geaccepteerde operationele procedures noodzakelijk zijn.



Figuur 4.5; Verloop in de meetfout over 5 jaar.

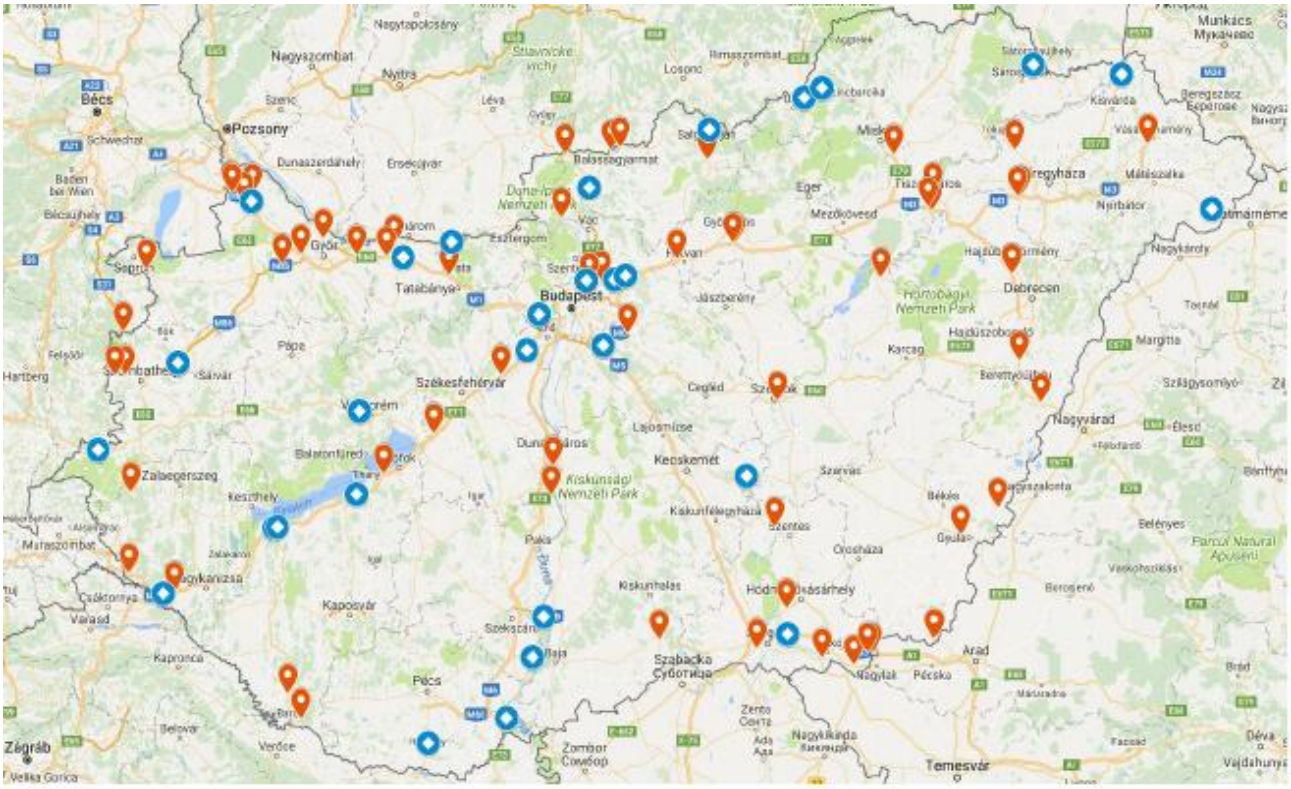
Wat betreft de duurzaamheid en betrouwbaarheid op lange termijn is gebleken dat de relatieve meetonnauwkeurigheid gedurende 5 jaar slechts langzaam opliep, zie figuur 4.5. Dit verloop is waarschijnlijk het gevolg van slijtage van de sensoren en het wegdek ter plaatse (b.v. meer spoorvorming). Dit langzame verloop is met jaarlijks onderhoud en kalibratie goed te compenseren.

4.5 Hongarije

In 2019 is het Hongaarse Ministerie van Innovatie en Technologie (MIT) gestart met de implementatie van een Nationaal Aslast Weegsysteem (TSM). Met meer dan 100 WIM systemen (in het totaal 274 rijstroken) het is momenteel het grootste nationale WIM netwerk voor directe handhaving van overbelading in de EU, [Ronay-Tobel, 2019]. In de voorbereiding van de invoering zijn de volgende zaken uitgevoerd:

- Update van de wettelijke limieten voor de belading van voertuigen, de bedragen voor boetes in het geval van overbelading en toevoeging van boete voor bewust ontwijken en/of verstoren van de WIM meting.
- Vaststellen van de eisen aan de WIM systemen op basis van de OIML-R134. Dit betreft eisen aan de minimale meetnauwkeurigheden en meetbereiken voor gewichten en snelheid.
- Vastleggen en goedkeuren van de metrologische procedures voor typegoedkeuring en certificering in samenwerking met bevoegde nationale autoriteit voor metrologie.
- Testen van de mogelijkheden van automatische detectie door het WIM-systeem zelf van verstoringen van de meting door gedrag van de bestuurder (remmen, uitwijken, etc.) en eigenschappen van het voertuig (tankwagens met vloeibare lading).

Het WIM netwerk wordt beheerd door het Road Traffic Control Department (RTCD) van het MIT. Het RTCD is tevens eindgebruiker van de systemen en voert wegkant controles uit gebaseerd op metingen van de WIM systemen. De gemeten data wordt ook automatisch doorgegeven aan de National Tax and Customs Administration. Van de 274 rijstroken worden er 189 gebruikt voor directe handhaving, deze bestaat uit 6 piëzo quartz sensoren en 2 inductielussen. De overige 85 rijstroken worden ‘alleen’ gebruikt als voorselectiemiddel voor wegkant controles.



Figuur 4.6; Locaties van WIM-systemen in Hongarije.

Van de gecertificeerde rijstroken bedraagt de nauwkeurigheid van ±5% voor GVW, ±8% voor aslasten (±16% voor twee-assige voertuigen), ±5 km/u of ±5% voor snelheid en ±50 mm of ±2,5% voor asafstanden. De prestaties van de system zijn getest tussen augustus 2017 and januari 2019 met verschillende types voertuigen in het totaal 9.500 passages. Naast de metrologische certificering van de WIM sites wordt de betrouwbaarheid van de metingen ook op de volgende manieren ondersteund:

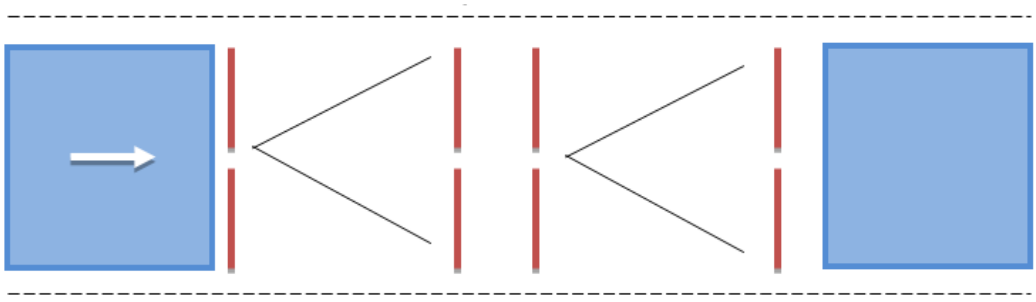
- Regelmatige visuele inspectie van de WIM site op zaken die de metingen kunnen beïnvloeden; zoals scheurvorming of spoorvorming in het wegdek rond de sensoren.
- Herkenning door het WIM systeem van externe verstoringen die het meetresultaat kunnen beïnvloeden; zoals vreemd rijgedrag of storingen in de sensoren.
- Bepaling van de betrouwbaarheid van de meting door het WIM-systeem zelf door een vergelijk met statistische gemiddelden.
- Vergelijking van de metingen van één bepaald voertuig door verschillende WIM-systemen in het netwerk.
- Bepaling van de betrouwbaarheid van de metingen van een WIM-systeem door de controle van verschillende statistische gemiddelden.
- Tenslotte het uitvoeren van periodiek onderhoud van de sensoren en het omliggende wegdek en (half) jaarlijkse kalibratie van het systeem.

De ervaring van de afgelopen jaren is dat de meeste meetpunten binnen de gestelde specificaties functioneren en dat de meetdata gebruikt kan worden voor directe handhaving. Enkele systemen hadden na verloop van tijd problemen om de vereiste nauwkeurigheid te halen. Dit werd meestal veroorzaakt door langzame veranderingen in het wegdek en de ondergrond. De belangrijkste uitdaging bij de invoering waren: 1) alle meetlocaties voorzien van een wegdek met voldoende kwaliteit en; 2) het inrichten van IT infrastructuur (verbindingen en dataopslag) die voldoende is voor de datastromen van alle WIM systemen. Beide aandachtspunten zijn niet alleen van groot belang voor RWS bij de eventuele invoering van directe handhaving maar ook bij de invoering van het nieuwe WIM 2.0.

De eerste automatische gegenereerde boetes direct op basis van de WIM-metingen zijn verzonden in juli 2019. In de eerste fase zijn slecht 10-15% van de gecertificeerde WIM-systemen daadwerkelijk ingezet voor directe handhaving. Tijdens de introductie zijn verder tijdelijke, extra toleranties gebruikt bovenop de wettelijke limieten voor belading. In de eerste 7 maanden zijn in het totaal 1294 boetes uitgeschreven ter waarde van 175.000 EUR. De invoering van WIM voor directe handhaving zorgde voor een sprong in het aantal gecontroleerde voertuigen. Dit was een schok voor veel van de transportbedrijven die voorheen nauwelijks gecontroleerd werden en tijd nodig hadden om hun interne bedrijfsprocedures op orde te brengen. Verder bracht de verscherpte handhaving een aantal problemen naar voren die spelen op het gebied van overbelading; zoals verdeling van de verantwoordelijkheid voor overbelading over de hele vervoersketen (vervoerder, verlader, ontvanger, bestuurder, etc.).

4.6 België - Wallonië

Sinds 2005 zijn 5 WIM-systemen geïnstalleerd in Wallonië en in gebruik als voorselectie voor wegkant controles op overbelading. Hierbij wordt voor meer dan 95% van de geselecteerde en nagewogen voertuigen ook daadwerkelijk een overtreding vastgesteld. De Waalse overheid (Service public de Wallonië, SPW) heeft het gebruik van WIM voor directe handhaving volgens de OIML-R134 specificaties onderzocht. Daarom is in 2016 door firma Sterela een test systeem aangelegd bestaande uit twee rijen piëzo-quartz sensoren, 2 piëzo-elektrische sensoren (onder 45°) en 2 inductielussen [Antofie, 2019].



Figuur 4.7; Dubbele layout van het SPW test systeem.

Ter verificatie van de meting is het WIM-meetsysteem dubbel uitgevoerd worden, waarbij beide deelsystemen een meting uitvoeren. Alleen als de meetresultaten van beide deelsystemen voldoende overeen komen (niet meer dan 10% verschil in meting van GVW), wordt het meetresultaat geaccepteerd. Naast de controle van de meting door het WIM systeem zelf wordt tevens een statistische controle uitgevoerd over alle metingen in een bepaalde periode. Alleen als de resultaten van deze tweede controle een betrouwbaarheidsniveau hebben van ten minste 99,8% mogen de meting gebruikt worden voor directe handhaving.

De test waren gericht op trekker-oplegger combinaties (T2O3) met een totaalgewicht van 44 ton en bestelauto's van 3,5 ton). Op basis van 370 voertuigen werd een nauwkeurigheid geconstateerd van ±5% voor de T2O3 en ±10% voor bestelauto's tot 3.500 kg volgens OIML-R134. Recent heeft het Federaal OverheidsBureau voor Wettelijke Metrologie van het Ministerie van Economie voor één systeem typegoedkeuring afgegeven. Naar verwachting zullen de overige 4 systemen in Wallonië in de komende jaren uitgebreid en geschikt gemaakt worden voor directe handhaving.

Figuur 4.8; WIM locatie voor voorselectie in Wallonië.

Belangrijke lokale beperking ten op zichte van de internationale OIML R134 standaard is dat het WIM systeem in Walonië alleen is goedgekeurd voor de meting van vrachtwagen van het type T11O3 (twee-assige trekker met drie-assige oplegger). Vanuit de WIM meettechniek is dit een begrijpelijke keuze, WIM systemen hebben vaak problemen om alle verschillende soorten voertuigen even betrouwbaar te meten en de T11O3's hebben een relatief 'rustig' dynamisch gedrag en zijn daarmee gemakkelijk nauwkeuriger te meten. Daarbij komt dat de T11O3 ca. 50% uitmaken van de totale vrachtwagen-populatie. Vanuit het principe van rechtsgelijkheid voor alle verkeersdeelnemers kunnen er vragen gesteld worden bij het controleren van slechts één bepaalde categorie voertuigen. Dit laatste is een juridisch, operationele afweging en geen technische.

4.7 Zwitserland

Op het moment bestaat het Zwitserse Weigh-In-Motion netwerk uit 10 locaties verspreid over het Zwitserse snelwegennet. Op de meeste locaties meten twee WIM-systemen het vrachtverkeer, één in elke richting. De systemen bestaan uit twee rijen Kistler Piëzo quartz-sensoren en twee inductielussen per baan. De eigenaar en hoofdgebruiker van de systemen is ASTRA (het Zwitserse Ministerie van Transport) die de gegevens gebruikt voor statistieken over verkeersbelasting voor wegontwerp en planning van onderhouds-doeleinden. De systemen zijn al tot 15 jaar operationeel, ze worden jaarlijks gekalibreerd met vrachtwagens uit de verkeersstroom en presteren over het algemeen volgens COST-323 klasse B(10).

Daarnaast werden de systemen gebruikt door de Zwitserse douane administratie (EZV) als middel voor aanvullende verificatie van hun LSVA-programma. De LSVA is de Zwitserse wegentol voor zware voertuigen (totaalgewicht >3.500 kg), de hoogte van de tol is afhankelijk van het totaal toegestane gewicht, emissieniveau van het voertuig in combinatie met het aantal in Zwitserland gereden kilometers. In Zwitserland geregistreerde voertuigen moeten zijn uitgerust met een on-board unit, dat de exacte kilometerstand bepaalt. Bestuurders van buitenlandse voertuigen zonder on-board unit moeten bij binnenkomst in Zwitserland het maximale gewicht van de vrachtwagen(-combinatie) en de werkelijke beginkilometerstand registreren. Bij het verlaten van Zwitserland wordt de LSVA-fee berekend op basis van het verschil tussen de begin- en eindkilometers in combinatie met de kenmerken van het voertuig.

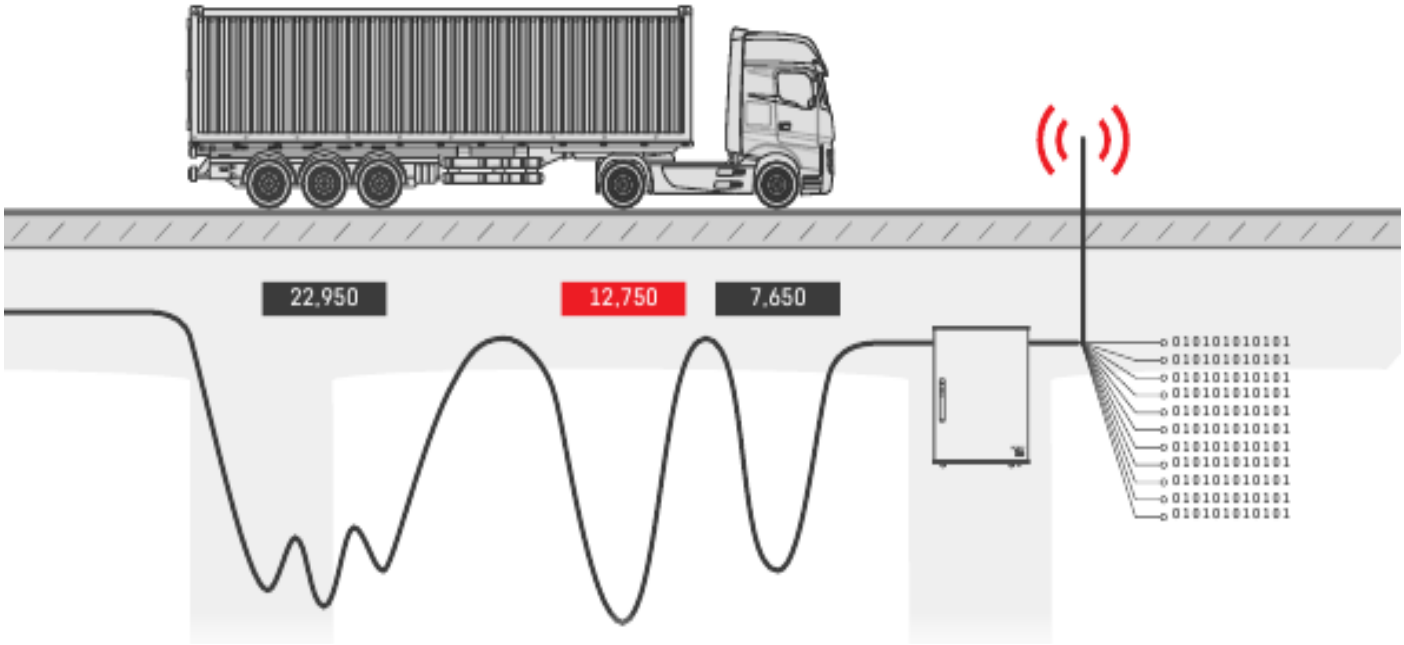
Figuur 4.9; LSVA+WIM systeem in Zwitserland.

De douane controleerde de juiste LSVA-aangifte altijd al met 25 vaste en mobiele meetpunten. Deze installaties identificeren alle passerende vrachtwagens door middel van automatische kentekenherkenning voor buitenlandse vrachtwagens en via een DSRC-radioverbinding met de on-board unit voor Zwitserse vrachtwagens. De gegevens die door alle vaste en mobiele meetpunten worden verzameld, worden verzameld in een centrale databank waar ze verder worden verwerkt en geanalyseerd. Bij constatering van een overtreding wordt de eigenaar van het betrokken voertuig gestraft.

Rond 2015 heeft de Zwitserse douane een aantal van hun LSVA-bewakingsinstallaties uitgebreid met WIM-sensoren en het beheer en onderhoud van de systemen overgenomen van ASTRA. De WIM-metingen werden gecombineerd met de standaard LSVA-gegevens (voertuig-ID, voertuiglengte, datum en tijd van passage). Op deze manier werd het mogelijk om bij het passeren van het terrein het geregistreerde maximumgewicht te controleren met het werkelijke gewicht van het voertuig. Sinds een aantal jaren is de douane gestopt met het gebruik van de WIM en heeft het beheer en onderhoud van de systemen weer overgedragen aan ASTRA.

4.8 Slovenië

In Slovenië worden ca. 15 Bridge-WIM ingezet om roulerend de wegbelasting te meten op 150 verschillende punten van het wegennet. De metingen zijn meestal van korte duur (2 weken to 1 maand), enkele metingen duren langer (6 maanden tot >1 jaar) en worden uitgevoerd door de firma Cestel (www.cestel.si). Cestel doet de installatie, configuratie, kalibratie, operatie en verwijdering van de systemen onder de bruggen en levert de data aan de eindgebruikers. De belangrijkste eindgebruikers van de data zijn het Sloveense Ministerie van Infrastructuur (Directie voor Land Transport, verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van het nationale wegennet excl. snelwegen) en de Motorway Company (DARS, een overheidsbedrijf verantwoordelijk voor de operatie, beheer en onderhoud van snelwegen).



Figuur 4.10; Detectie van overbeladen voertuig door Bridge-WIM.

Tevens worden de Bridge-WIM systemen ook ingezet als voorselectiemiddel voor wegkant controles door de Nationale Politie en wordt de meetdata en beelden doorgegeven aan de verkeerscentrale. Met de wegbeheerder DARS en de politie worden de locatie en periode van de Bridge-WIM metingen afgestemd, zodat deze aansluiten op de naweeglocaties (parkeerplaatsen bij tankstations) en de planning & prioriteiten van de politie. Daarnaast worden de data van de systemen ook gebruikt voor onderzoeken van de werkelijke sterkte van bruggen door het Sloveens Instituut voor Civiele Techniek (ZAG) [Znidaric, 2012].

Tenslotte worden de gegevens over de sterkte van de gemeten bruggen gebruikt om de meest geschikte route voor speciale transporten te bepalen. Vanwege de specifieke kennis en ervaring die nodig is voor een goede installatie en configuratie van de Bridge-WIM systemen hebben de eindgebruikers de voorkeur voor afname van de meetdata af te nemen in plaats van de systemen zelf in bezit te hebben.

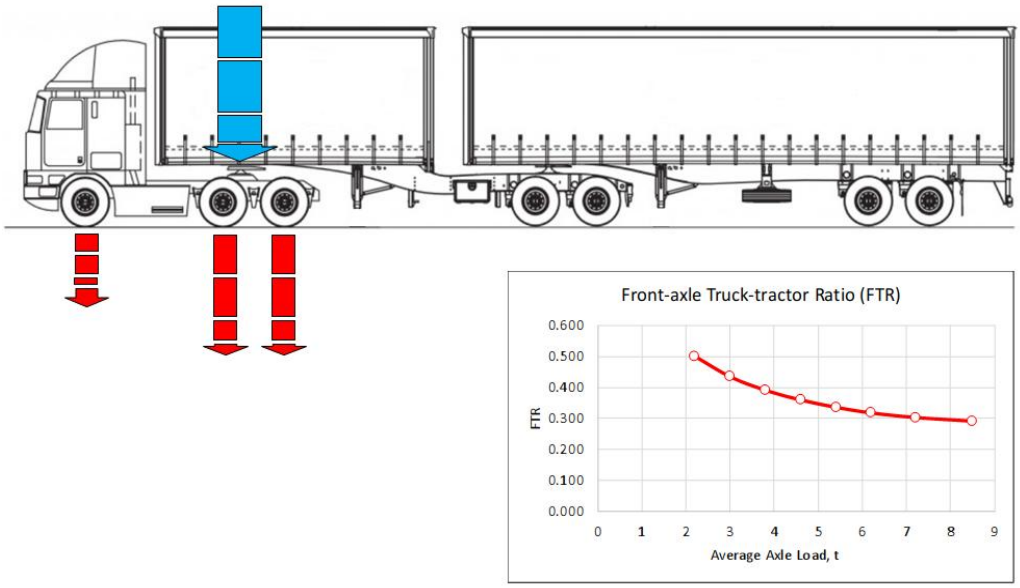
Opdit moment loopt het proces voor de typegoedkeuring van het BWIM systeem volgens de OIML R134 en NMi-WIM standaarden welke dient als basis voor toekomstige directe handhaving. Na certificering staat overleg gepland met de Sloveense overheid over een mogelijke invoering voor directe handhaving van overbelading. De doorlooptijd van de typegoedkeuring is sterk afhankelijk van de resultaten van de acceptatietesten. Als er tijdens de testen geen kritische gebreken geconstateerd worden, kan de afgifte van de typegoedkeuring al aan het einde 2023 plaatsvinden. Als er wel kritische gebreken worden geconstateerd dan kan een herontwerp van het gehele of onderdelen van systeem noodzakelijk zijn met alle vertragingen van dien.

Een dergelijke OIML-typegoedkeuring is geldig voor alle soorten voertuigen en heeft in principe een wereldwijde en oneindige geldigheid, dit laatste zolang het type systeem niet (te veel) verandert. Het is waarschijnlijk dat de typegoedkeuring zal worden afgegeven voor een aantal van de meeste gangbare soorten brugconstructies. Welke soorten constructies dit zullen zijn is op dit moment nog niet precies bekend. Na typegoedkeuring (Type Approval) zal voor elke installatie van het systeem op een bepaalde brug een System Approval of Initial Verification afgegeven moeten worden, [Oosterman, 2017]. Dit om de prestaties van het het systeem te garanderen onder de specifieke lokale condities waaronder de constructie van de betreffende brug;

4.9 Zuid-Afrika

In Zuid Afrika worden WIM systemen ingezet voor het verzamelen van statistische data over de wegbelasting en als voorselectie middel voor weegstations. De South African Road Authority Ltd (SANRAL) is te vergelijken met de Zuid-Afrikaanse RWS en is operator en beheerder van het nationale wegennet. Voor aantal van de belangrijkste snelwegen is de uitvoering hiervan uitbesteed aan een private partij (toll operator). De toll operator is tevens verantwoordelijk het uitvoeren van de WIM metingen en faciliteren van de handhaving van de overbelading op de weegstations. De WIM systemen en levering van de meetdata is weer uitbesteed aan de leverancier van de WIM systemen (Mikros).

Ten slotte is er een apart bedrijf (Static Motion) verantwoordelijk voor de controle van de kwaliteit van de WIM data, analyse van de mogelijke oorzaken en periodiek kalibratie van de systemen. De geïnstalleerde Mikros WIM systemen bestaan uit twee weegplaten in een 'staggered layout', twee rijen met elk 1 weegplaat die elk 1 rijspoor meten (links en rechts verschoven). Hierdoor zijn de meetresultaten relatief onnauwkeurig en door de installatie in relatief dunne asfalt wegdekken zijn de resultaten ook niet erg betrouwbaar. Tenslotte zijn de meeste systemen niet uitgerust met camera's waardoor de link met de metingen van de weegstations ook niet mogelijk is.



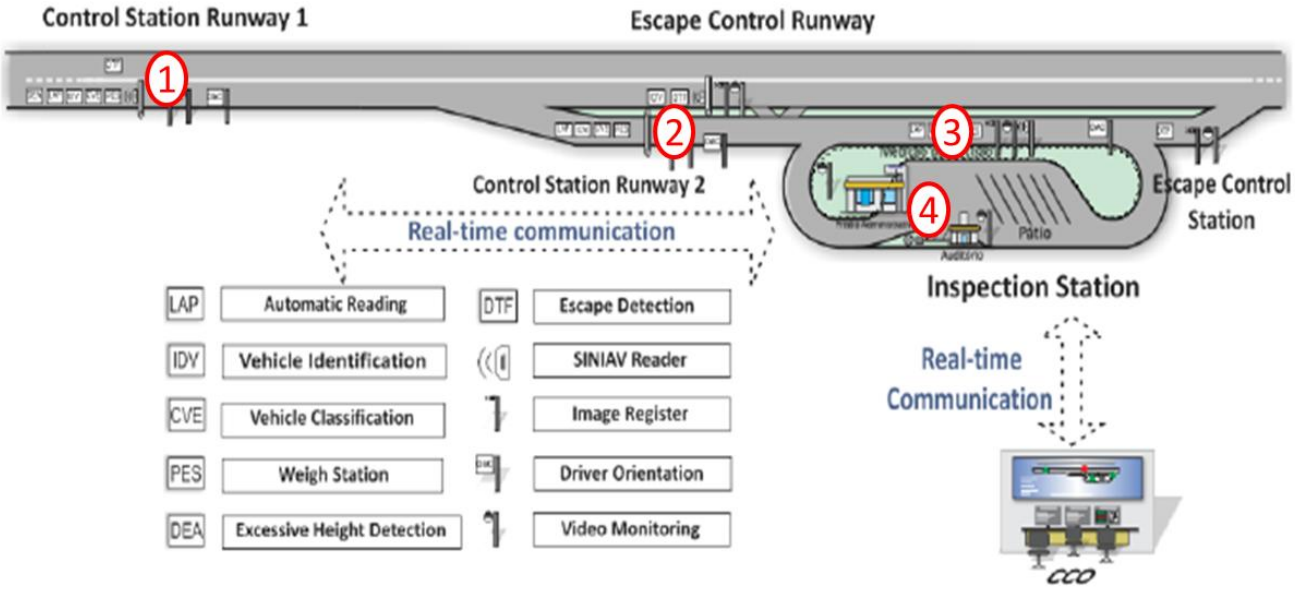
Figuur 4.11; Controle van de Front-axle Truck-tractor Ratio.

Om met de beperkte middelen de kwaliteit van de meetdata toch zo goed mogelijk te krijgen, is een (Truck Tractor) methode ontwikkeld om de kwaliteit van de data te controleren. Deze TT-methode is specifiek voor de Zuid-Afrikaanse verkeerssituatie en met name de daar veel voorkomende voertuig configuraties (b.v. de T12O2O2). De methode kijkt naar de verhouding tussen de last van de eerste (stuur-)as en de tweede en derde aangedreven assen van een T12O2O2 combinatie, zie figuur 4.10. Op basis van deze en controles op andere criteria van de gemeten data wordt voor elk WIM systeem een maandelijks een beoordeling van de betrouwbaarheid van de meetdata afgegeven (de Wet, 2010].

In Zuid-Afrika loopt ook een programma waarbij On-Board weegsystemen worden gebruikt voor intelligente toegang. Dit Road Transport Management System (RTMS) is gericht op bepaalde onderdelen van de transportbranche (mijnbouw, houtkap), [Nordengen, 2014]. Voorzover bekend is er geen koppeling tussen de meetdata van de vaste In-Road WIM systemen en de On-Board WIM weegsystemen.

4.10 Brazilië

In Brazilië heeft de nationale wegbeheerder (National Department of Transportation Infrastructure of DNIT) samen met het Laboratory of Transport and Logistics (LabTrans) een concept ontwikkeld voor volledig geautomatiseerde weegstations (PIAF project). Het doel is om de menselijke interactie tussen chauffeurs en handhavers zo veel mogelijk te beperken. Dit met oog op de aanwezige corruptie en de vaak afgelegen locaties van de weegstations waardoor de bemensing van de stations lastig is. Het concept is gebaseerd op het gebruik van een combinatie van High Speed WIM, Mid-Speed WIM, Low Speed WIM, ANPR en automatische afhandeling van het meet- en handhavingsproces [Bosso, 2016].



Figuur 4.12; Automatische weegstation (PIAF) in Brazilië.

De eerste voorselectie van mogelijk overbeladen voertuigen vindt plaats op locatie (1) door een High Speed WIM systeem bij snelheden rond 90 km/u. Vervolgens worden overbeladen voertuigen d.m.v. Variabele Message Signs (VMS's) naar een parallel baan geleid voor een tweede meer nauwkeurige weging door een Mid-Speed WIM bij snelheden rond de 30 km/u). Deze tweede 'trap' is niet strikt noodzakelijk en wordt niet altijd geïmplementeerd. Daarna volgt de Low-Speed WIM weging bij snelheden rond de 5 km/u, deze meting is wettelijk geaccepteerd voor handhaving. In het geval dat het voertuig toch niet overbeladen bleek te zijn, kan de chauffeur direct links af terug de snelweg op en zijn weg vervolgen. Als er bij (3) wel een overbelading is geconstateerd, moet de chauffeur naar rechts afbuigen naar de parkeerplaats van het weegstation.

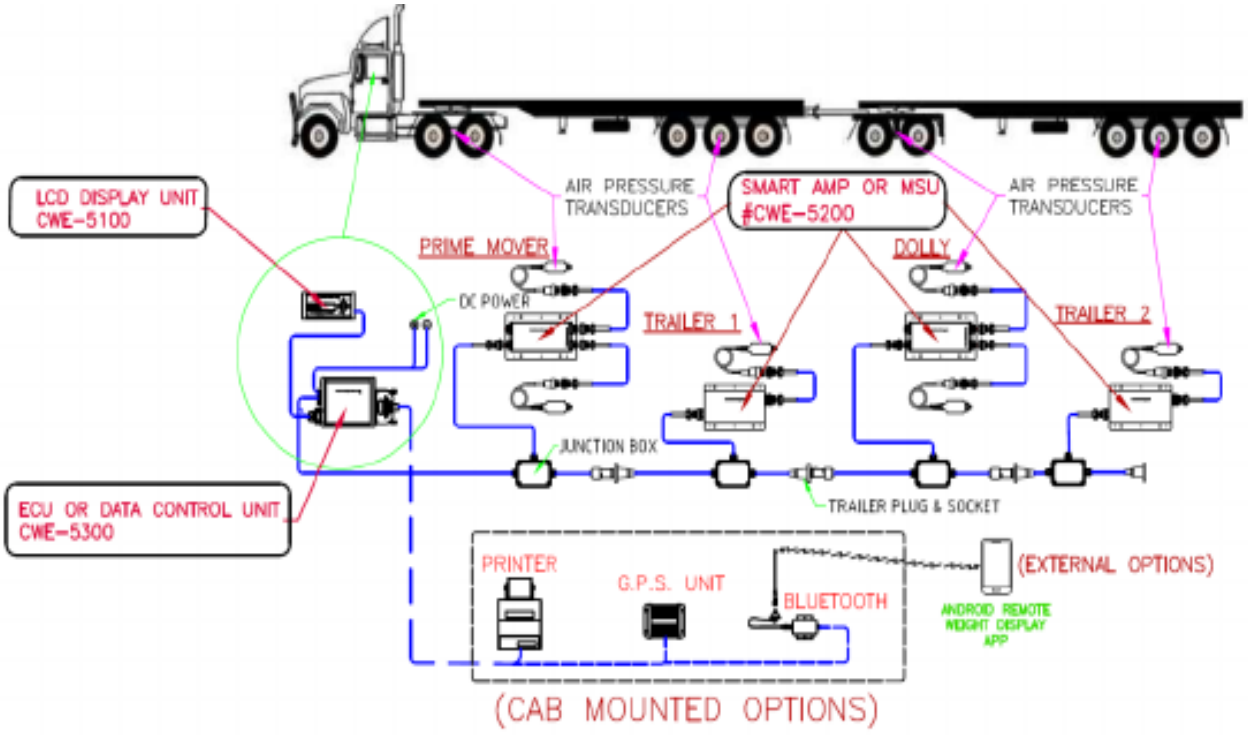
Daar moet hij via een remote verbinding (4) contact opnemen met een operator/handhaver die zich in een centrale Operational Control Center (OCC) bevindt [Guerson, 2019]. De meetprestaties van de gebruikte High-Speed WIM systemen ligt tussen klasse B(7) en B(10) volgens de COST-323 specificaties. Dit houdt in de ±7% en ±10% voor totaalgewicht en tussen de ±10% en ±15% voor enkele aslasten, dit is vergelijkbaar met de huidige WIM 1.0 systemen.

De verdere afwikkeling van de overbelading, betaling van de boete en eventueel overladen, wordt op afstand met de operator gedaan. Alle OCC's liggen in of nabij een grote stad waardoor bemensing eenvoudiger is en vanuit een OCC worden meerdere automatische weegstations bediend. In de komende jaren is voor heel Brazilië in twee stappen de bouw van tussen de 100 en 200 PIAF stations gepland. Door recente verkiezing van een nieuwe president, de politieke veranderingen in de Braziliaanse regering en de daarmee verbonden veranderingen in de bestuurlijke top van DNIT zijn vertragingen niet ongebruikelijk.

Voor de Nederlandse situatie hebben de automatische weegstations het voordeel dat het tegemoet kan komen aan het tekort aan mensen bij de ILT en Landelijke Politie. Nadeel is de aanzienlijke oppervlakte die nodig is om de infrastructuur voor een dergelijk weegstation te realiseren, te vergelijken met een gemiddeld snelweg tankstation.

4.11 Australië

In Australië wordt het gebruik en de belasting van het wegennet geregeld via een zogenaamd Intelligent Toegang Programma (Intelligent Access Program, IAP). Simpel gezegd worden hierbij niet de wegen maar de voertuigen uitgerust met WIM systemen. Het IAP betreft een vrijwillig programma waarbij bepaalde voertuigen onder strikte voorwaarden wordt toegestaan om extra lading te vervoeren op bepaalde delen van het wegennet. Van de deelnemende voertuigen worden continu verschillende parameters opgeslagen waaronder aslasten en positie. Door de zwaarste voertuigen toe te laten op de sterkte delen van het wegennet kan de Australische overheid het gebruik van het wegennet optimaliseren, [Koniditsiotis, 2005]. Ook in Zuid-Afrika is een dergelijk programma ingevoerd Road Transport Management System (RTMS) gericht op bepaalde onderdelen van de transport branche (mijnbouw, houtkap), [Nordengen, 2014].



Figuur 4.13; Voorbeeld van een On-Board WIM systeem.

Binnen het IAP worden ten eerste de condities voor deelname vastgelegd zoals die zijn overeengekomen tussen de transporteur en de wegbeheerder. Dit betreft de afspraken over nieuwe verhoogde limieten voor belading, toegang tot welke wegen en eventuele restricties voor tijd en snelheid. Voor deelname worden de voertuigen uitgerust met een 'On-Board-Unit' (OBU) die een aantal parameters van het voertuig verwerkt waaronder alle aslasten, GPS-positie, datum+tijd, snelheid en registratienummer. Deze gegevens worden elke 30 seconde via een telecommunicatie unit doorgegeven aan de bestuurder van het voertuig en aan de centrale van een service provider.

Deze onafhankelijke service provider levert informatie aan de transporteur voor optimalisatie van het logistieke proces- en fleet-management. De service provider geeft alleen een waarschuwing door aan de wegbeheerder in het geval van een overtreding van de voorwaarden in de vorm van een Non-Compliance Report. De wegbeheerder heeft dus geen toegang tot de gegevens van alle voertuigen, alleen van de (mogelijke) overtredingen. Indien een aantal malen een overtreding is geconstateerd kan de wegbeheerder het contract met een transporteur opzeggen waarmee voor deze de voordelen van deelname komen te vervallen. Tenslotte zorgt een aparte organisatie, Transport Certification Australia (TCA), voor de certificering van de service providers en opstellen van operationele procedures b.v. voor de periodieke kalibratie van de OBU's [Koniditsiotis, 2012].

Deelname aan IAP heeft voor transportbedrijven het voordeel van een hogere laadcapaciteit en dus meer lading per keer kunnen transporteren. Daarnaast is gebleken dat deelnemende bedrijven hun logistieke processen beter organiseren met de informatie uit de on-board systemen. De Australische wegbeheerder gebruikt de - geanonimiseerde - data uit het IAP voor studies van verkeer- and transportstromen. Hiermee kan het gebruik van het wegennet verder geoptimaliseerd worden, b.v. als de werkelijke verkeersbelasting bekend is, kunnen de onzekerheidsmarges in de sterkteberekening van bruggen verlaagd worden en daarmee de gewichtsbeperkingen van bepaalde bruggen verminderd worden. Analyse van de IAP data geeft verder een gedetailleerd beeld van de mate en distributie van de overbelading. Hierdoor kan de handhaving van overbelading beter gepland worden [Koniditsiotis, 2019].

De gecertificeerde nauwkeurigheid van de aslastmeting van on-board WIM-systemen is ±2% voor 98% van de metingen. Een mogelijkheid voor de toekomst is de wederzijdse kalibratie van in-road WIM systemen met gegevens van on-board systemen en vice versa. Hierdoor kunnen meetafwijkingen snel opgespoord en gecorrigeerd worden waardoor de betrouwbaarheid van de metingen verder zal toenemen.

4.12 Data kwaliteitsmanagement

Data kwaliteitsmanagement (of DKM) voor Weigh-In-Motion kan worden gedefinieerd als de combinatie van controles, procedures en activiteiten die nodig zijn om de minimale kwaliteit van WIM-data te waarborgen [Loo, 2014]. Zoals eerder beschreven wordt WIM-data over de gehele wereld door verschillende gebruikers worden gebruikt als input voor verschillende toepassingen of onderzoeken. Wereldwijd zijn er grote verschillen in de omstandigheden waarbinnen de WIM systemen moeten functioneren zoals klimaat, wegconstructie, soorten voertuigen, verkeersopbouw wettelijke kaders en betrokken organisaties. De gemeenschappelijke ervaring leert dat de regel "Garbage in = Garbage out" eigenlijk altijd van toepassing is op de kwaliteit de WIM data en daarmee van elke onderzoek waarbij deze data gebruik is.

Vanwege de slijtage aan het systeem verloopt na verloop van tijd de kwaliteit van de gemeten WIM data. Zonder controle en beheer wordt de kwaliteit daarmee onzeker, waardoor de resultaten van de toepassing van de data ook weer twijfelachtig worden. Zelfs als de kwaliteit van de WIM data niet noodzakelijkerwijs echt slecht is, maakt het onbekend zijn van de kwaliteit dat de resultaten van de studie/berekening twijfelachtig worden. Ervaringen uit Europa [Lees, 2019] en Noord-Amerika [Southgate, 1999] laten

zien dat zonder data kwaliteitsmanagement de verzamelde WIM data praktisch onbruikbaar is.

Gezien de budgetten voor de aanleg en het onderhoud van wegen en kunstwerken en de mogelijke veiligheidsrisico's voor de gebruikers van de weginfra-structuur is dit onwenselijk. Ook voor de bestrijding van overbelading en met name voor bedrijfsprofilering (LOD), is het essentieel dat de kwaliteit van de WIM-gegevens bekend is. Zonder data van bekende en liefst goede kwaliteit is het onmogelijk om bruikbare bedrijfsprofielen te maken, de meest overbeladen bedrijven te selecteren en de registraties te gebruiken als basis voor verdere vervolging. WIM registraties met een mindere kwaliteit (hogere onnauwkeurigheid) kunnen wel gebruikt worden zolang deze kwaliteit maar bekend is en er voor de onnauwkeurigheden gecorrigeerd kan worden.

In de Verenigde Staten is de Federal Highway Administration (FHWA) in 1978 gestart met het Long Term Pavement Performance (LTPP) Program als onderdeel van het Strategic Highway Research Program (SHRP) [FHWA, 2017]. Uit onderzoeken in de jaren '90 bleek dat de kwaliteit van een groot deel van de verzamelde data 'bedenkelijk' was. In de data bleken er in de data van verschillende WIM systemen enorme verschillen in aslasten en asafstanden voor dezelfde klasse voertuig (T12O2). Dit triggerde de start van de ontwikkeling van een methode om de kwaliteit van WIM data te controleren, te garanderen en daar waar mogelijk te verbeteren [Southgate, 1999].

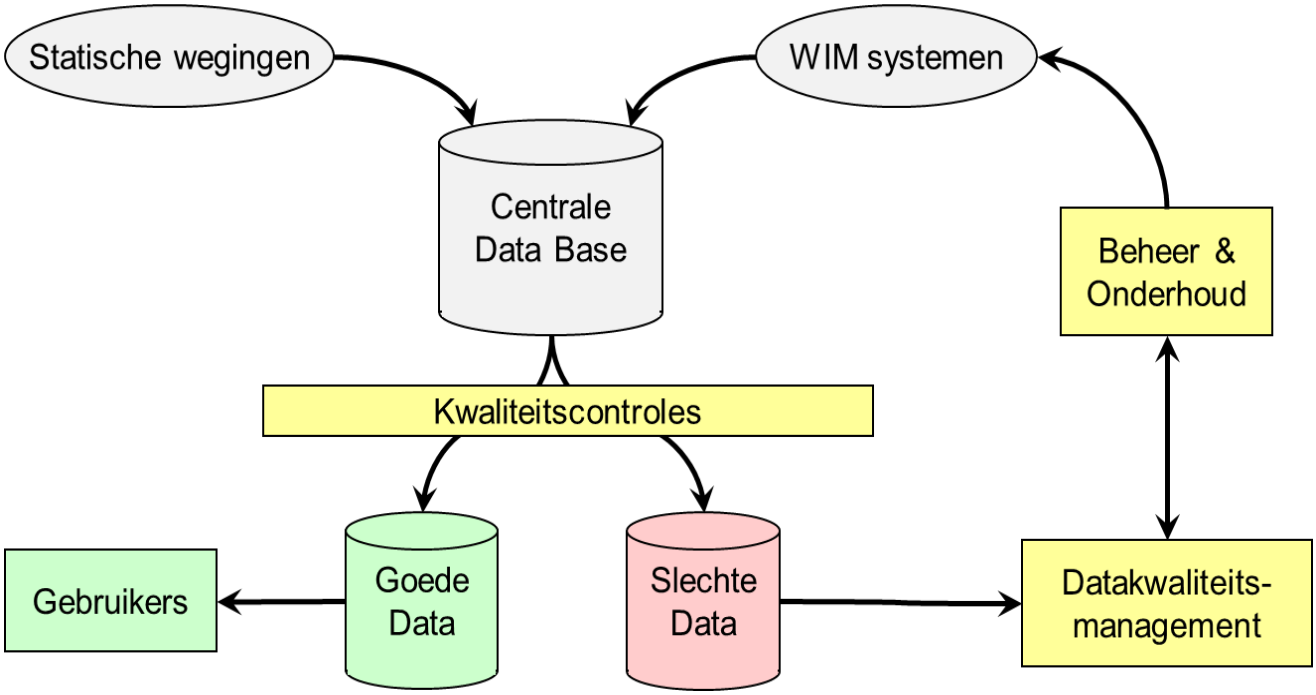
4.12.1 **Structuur van DKM**

Het doel van het data kwaliteitsmanagement (DKM) is om de eindgebruikers in staat te stellen WIM-gegevens te gebruiken zonder zich zorgen te hoeven maken over de kwaliteit van de gegevens. De data (voertuigregistraties) uit de WIM-systemen wordt verzameld in een centrale database en de eindgebruikers willen alleen 'goede' data gebruiken. Het is mogelijk dat verschillende gebruikers verschillende criteria hebben voor wat 'goede' kwaliteit precies inhoud maar dit maakt voor het proces verder niet uit.

Het doel van het DKM-systeem is om te garanderen dat alleen goede gegevens aan de eindgebruiker worden verstrekt. Dit kan betekenen dat een deel van de gemeten data niet beschikbaar wordt gesteld aan de eindgebruikers omdat de kwaliteit niet aan de gestelde eisen voldoet. Het data kwaliteitsmanagement heeft een directe link met de kwaliteitscontroles die onderscheid maken tussen 'Goede' en 'Slechte' data, met de 'Slechte data' zelf om de oorzaken hiervan te bepalen en met het beheer en onderhoud van de WIM-systemen.

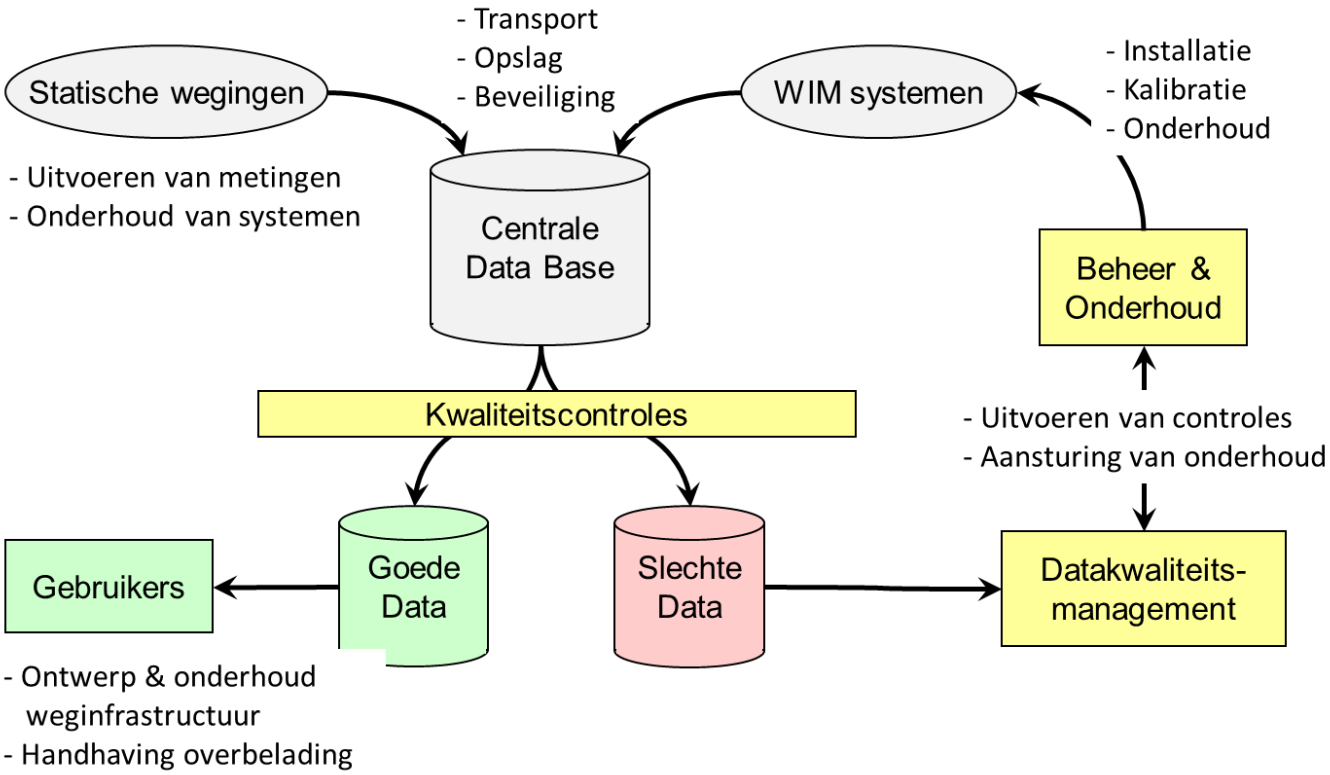
De vijf hoofdactiviteiten van het data kwaliteitsmanagement zijn:

1. Uitvoeren van de kwaliteitscontroles op alle WIM-data;
2. Analyseren van de problemen met de slechte data;
3. Beoordelen van het beheer van de WIM-systemen;
4. Aansturen van het onderhoud van de WIM-systemen en;
5. Ontwikkeling van betere kwaliteitscontroles.



Figuur 12.14; Relaties met data kwaliteitsmanagement.

Om de kwaliteit van de data voor de eindgebruiker te kunnen waarborgen dienen de werkzaamheden in het data kwaliteitsmanagement goed beschreven te zijn in procedures. Ook alle andere activiteiten in het verzamelen, opslaan en gebruiken van de WIM-gegevens moeten goed worden beschreven in procedures. Als slechts één van de activiteiten niet goed beschreven is, betekent dit dat de kwaliteit van het eindresultaat toch niet gegarandeerd kan worden.



Figuur 12.15; Procedures in en rond data kwaliteitsmanagement

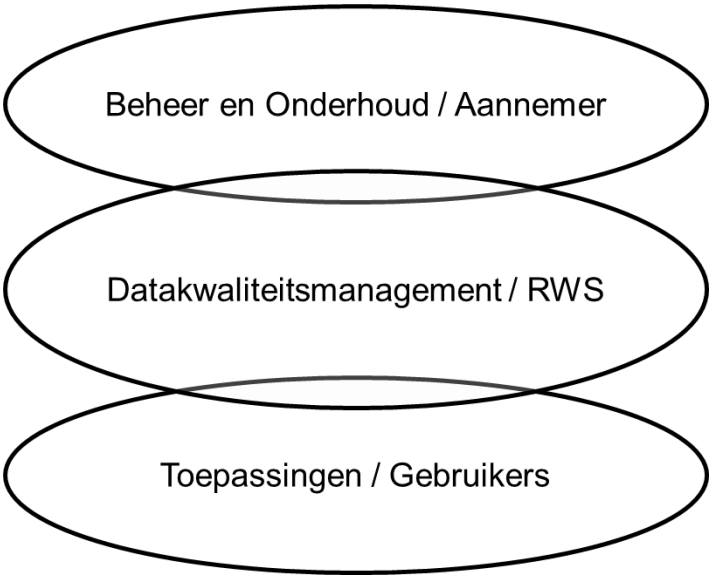
Andere activiteiten die goed beschreven moeten worden in procedures zijn:

- Het uitvoeren van de gewichtsmetingen met de statische weegplaten door de handhavers en het koppelen met de corresponderende WIM metingen. Het onderhoud en de kalibratie van de statische weegplaten;
- Het transport van de gemeten data naar de centrale databank, de opslag en beveiliging ervan en het beschikbaar stellen aan de verschillende gebruikers;
- De manier waarop de WIM-gegevens worden gebruikt in het ontwerp van nieuwe wegen en bruggen, bij de planning van onderhoud aan bestaande infrastructuur en voor het opstellen van bedrijfsprofielen voor de bedrijfsgerichte handhaving van overbelading;

4.12.2 **Organisatie**

Een cruciaal aspect van de hele aanpak van het data kwaliteitsmanagement is naast de techniek ook vooral de organisatie van de verschillende activiteiten en verantwoordelijkheden over de betrokken partijen. Het gaat daarbij zowel om het organiseren van activiteiten binnen één verantwoordelijkheidsgebied als om de samenwerking tussen de verschillende organisaties/gebieden. Hier worden drie verantwoordelijkheidsgebieden onderscheiden, in de praktijk zal de organisatie waarschijnlijk complexer zijn met meer betrokken organisaties met gedeeltelijke

verantwoordelijkheden binnen één gebied. Het is belangrijk dat er altijd één organisatie is die de verantwoordelijkheid heeft voor elk van de drie gebieden EN dat er één is die verantwoordelijk is voor het proces als geheel. Welke organisaties voor WIM 2.0 voor welke gebieden verantwoordelijk dient te worden valt buiten de scope van dit rapport. De drie verantwoordelijkheidsgebieden zijn:



Figuur 12.16; Drie hoofdverantwoordelijkheden

1. Het technische operationele beheer en onderhoud van de meetsystemen en de technische infrastructuur van de dataverzameling (communicatie en database). Dit omvat ook het lifecycle-management van de verschillende componenten van het systeem inclusief het bijhouden van de details van alle installaties en reparaties (wat, wanneer, hoe, door wie, etc.) en de versies van hardware en software. De uitvoering hiervan is doorgaans de verantwoordelijkheid van een aannemer;
2. De kern van het data kwaliteitsmanagement met het ontwikkelen en uitvoeren van kwaliteitscontroles, uitvoeren van probleemanalyses en de advisering c.q. aansturing van het onderhoud. Dit is typisch een verantwoordelijkheid van de hoofdgebruiker met de positie, kennis en middelen om te kunnen (bij-)sturen. De uitvoering van veel van de dagelijkse werkzaamheden kan uitbesteed worden aan een onafhankelijk gespecialiseerd bedrijf;
3. Het gebruik van de WIM-data door verschillende eindgebruikers voor verschillende applicaties. Dit betreft zowel gebruikers binnen RWS (WVL, VWM, GPO, Regio's) als daarbuiten (ILT, Landelijke Politie, Belasting Dienst, ...).

4.13 Kosten-Baten Analyse

De investering in een netwerk van WIM systemen is een complexe en kostbare aangelegenheid. Door jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud van de systemen en voor de operationele kosten voor het gebruik (zoals handhaving van overbelading) is het tevens een jaarlijks terugkerende investering voor de langere termijn. Om het belang van deze investeringen periodiek te onderbouwen en daarmee de continuïteit van het WIM netwerk te waarborgen. Dit kan gedaan worden door een kosten-baten analyse te maken van de investeringen in WIM aan de ene kant en de baten door een reductie van de overbelading en het gebruik van de WIM data aan de andere kant. In principe laat een dergelijk kosten-baten analyse het nut zien van de investering in WIM systemen en het gebruik ervan in de handhaving van overbelading en daarmee de basis vormen voor beslissingen over verdere investering in de toekomst.

In de praktijk blijkt het redelijk goed mogelijk om de kostenkant te kwantificeren. Aan de andere kant is het over het algemeen mogelijk om de baten te identificeren en kwalitatief te beschrijven. Zo is in Brazilië de schatting van de schade aan de weginfra door onvoldoende handhaving [Otto, 2019] gebruikt als onderbouwing van de investering in een netwerk van meer dan 200 WIM systemen. Het is ook mogelijk gebleken om van enkele van de baten een onderbouwde schatting te geven van de gerelateerde bedragen in Euro's. Het is echter – ook internationaal – onmogelijk gebleken om voor alle verschillende onderdelen van de baten een financiële onderbouwing te berekenen of zelfs te schatten. Internationaal is heel beperkt informatie beschikbaar en dan vaak ook nog zo specifiek voor een bepaald land of situatie dat gebruik als referentie voor analyse van de Nederlandse situatie weinig zinvol is.

In Nederland is in 2001 ter onderbouwing van de eerste generatie WIM systemen door TNO een onderzoek gedaan naar de schade aan het wegennet [Groenendijk, 2001] hoewel dit zich beperkte tot de schade aan wegdekken. Later is in 2008 door RWS een poging gedaan om de effecten van de overbelading door vrachtwagens te kwantificeren [Sopers, 2008]. Internationaal is tijdens het Europese REMOVE project [REMOVE-WP4, 2005] eveneens een poging gedaan met vergelijkbare, beperkte resultaten. Een van de problemen was het leggen van een harde link tussen een verhoging van de efficiëntie van de handhaving door het gebruik van WIM naar een reductie in de overbelading. Wel is er een vergelijking gemaakt tussen verschillende scenario's met verschillende toepassing van de WIM systemen en data.

Ondanks alle tekortkomingen, 'gaten' en onnauwkeurigheden in de voor Nederland uitgevoerde kosten-baten analyses bleek dat alleen op basis van de schade aan de wegdekken de mogelijke besparingen werden geschat tussen de 50 en 100 miljoen Euro op jaarbasis. Alleen al gezien de ordegrootte van de bedragen wordt voor het nieuwe WIM 2.0 aanbevolen om een dergelijke kosten-baten analyse opnieuw uit te voeren en een up-to-date te maken van bestaande studies, zoals [Panteia, 2022]. Voor de implementatie van WIM systemen in verschillende andere landen wordt altijd aanbevolen om een kosten-baten analyse uit te voeren als basis voor de investering, b.v. in Servië [Loo, 2020-1] en Georgië [Loo, 2020-2] .

4.13.1 **Kosten en baten**

De kosten voor de implementatie van WIM zijn afhankelijk van welke combinatie van WIM systemen ingezet gaat worden en onder welke condities. Met andere woorden hoeveel vaste wegdek WIM-systemen, hoelang en hoeveel kort durende metingen met Bridge-WIM systemen en hoe worden de On-Board weegsystemen ingezet en betaald. Tevens voor de handhaving van overbelading moeten verschillende aspecten meegenomen worden:

1. WIM systemen en data:

- Aankoop en initiële installatie van de WIM systemen
- Aanpassingen/vervanging van wegdekken rond WIM systemen*
- Verkeershinder door oponthoud bij wegwerkzaamheden en afsluitingen*
- Operationeel beheer en technisch onderhoud van de WIM systemen
- Controle op en management van de kwaliteit van de WIM data
- Gebruik van WIM data in analyses, onderzoeken en rapportages

* *Opmerking; geldt alleen voor vaste wegdek WIM systemen.*

2. Handhaving van overbelading

- Personeel nodig voor uitvoering van handhaving
- Aanschaf van ondersteunend materieel nodig voor uitvoering (b.v. auto's, ICT middelen, statische weegplaten)
- Operationele kosten voor de uitvoering van de handhaving (b.v. onderhoud en afschrijving van materieel, overhead op de inzet van personeel)

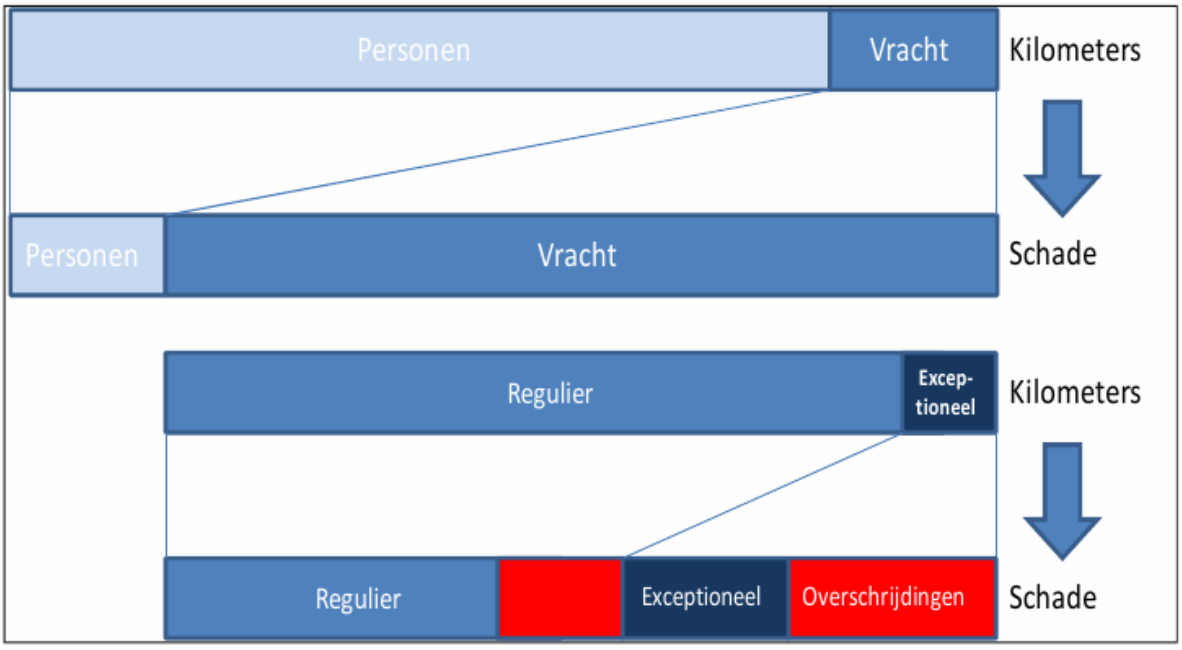
Aan de kant van de baten zijn ook twee groepen te onderscheiden:

1. Vermindering van de overbelading*

- Minder schade aan weginfrastructuur (schade aan wegdekken door hoge aslasten en schade aan kunstwerken door hoge voertuiggewichten). Hierdoor een langere

levensduur van de infra, daarmee minder wegwerkzaamheden en lagere kosten voor onderhoud. Tevens zorgen minder wegwerkzaamheden voor minder wegafzettingen of wegafsluitingen en daarmee minder files en minder verliesuren van verkeersdeelnemers.

De onderstaande figuur uit [ITF, 2018] illustreert dat - alhoewel het vrachtvervoer een minderheidsaandeel vertegenwoordigt in termen van de totale afgelegde afstand op een netwerk, - de vrachtwagens toch een onevenredig groot deel van de schade aan de weginfrastructuur veroorzaken. Verder veroorzaakt het relatief kleine aantal vrachtwagens met abnormale ladingen een relatief groot deel van de schade in vergelijking met vrachtwagens met normale ladingen. Tenslotte veroorzaken vrachtwagens met een overschrijding van de maximale gewichten en aslasten ook weer een relatief groot deel van de schade in vergelijking met vrachtwagens zonder overbelading.



Figuur 12.17; Schade aan weginfra door overbelading, [ITF, 2018]

- Minder – ernstige – verkeersongevallen; door lagere voertuiggewichten en beter verdeelde aslasten zal de bestuurbaarheid van zware vrachtwagens verbeteren en de remweg korter zijn waardoor ongelukken voorkomen kunnen worden of de gevolgen minder ernstig zijn;
- Meer eerlijke concurrentie tussen transportbedrijven. Bedrijven die structureel overbeladen voertuigen gebruiken, hebben een oneerlijk voordeel ten opzichte van bedrijven die zich wel houden aan de wettelijke eisen voor maximale belading. Meer lading per voertuig betekent minder ritten om een zelfde

hoeveelheid lading te vervoeren. Minder ritten betekenen minder gereden kilometers, lager brandstofverbruik, minder chauffeurs-uren en dus lagere kosten. Door de handhaving specifiek te richten op de 'overbeladen-bedrijven' (zoals in de LOD-aanpak van de ILT) zal een beter level-playing-field ontstaan in de markt voor wegtransport.

- Tenslotte kunnen ook de opbrengsten uit boetes meegenomen worden maar dan dient wel duidelijk vermeld worden dat dit inkomsten zijn maar op zichzelf geen doel van de handhaving.

** Opmerking, naast het vinden van harde, betrouwbare getallen voor de verschillende baten van het verminderen van de overbelading is het in de praktijk vaak lastig om een aantoonbaar verband te geven tussen de handhaving inspanningen en een reductie in overbelading. Wat hiervoor nuttig is – maar vaak vergeten wordt – is het uitvoeren van een nulmeting van de mate van overbelading voordat de handhaving gestart of geïntensiveerd wordt.*

2. Optimalisatie van weginfra

Door het ontbreken van betrouwbare informatie over de verkeersbelasting bestaan er onzekerheden over de werkelijke belasting en de ontwikkelingen hierin. Daarom worden nu met name in het ontwerpen en onderhoud van kunstwerken nu noodgedwongen grote veiligheidsmarges ingecalculeerd om risico's af te dekken en de veiligheid van de infra te garanderen. Met meer en betere data over de wegbelasting kunnen deze marges verkleind worden waarmee geld bespaard kan worden b.v. door het ontwerp van lichtere en goedkopere maar voldoende sterke bruggen of het uitvoeren van minder maar specifieker gericht onderhoud of het uitstellen van onderhoudswerkzaamheden.

Door de toenemende belasting op de infrastructuur wordt de degradatie ervan versneld. Dit heeft niet zozeer te maken met de mate van overbelading maar met de tendens. Door WIM data te verzamelen krijgt RWS hier inzicht in en kan hierop gaan sturen en efficiënter beheer en onderhoud uitvoeren op de infrastructuur. Hiermee kunnen enorme kosten worden bespaard in onderhoud en mate van renovatie/vervanging. Ook kan RWS gaan sturen op het weggebruik door bijvoorbeeld bepaalde routes te gaan voorschrijven voor bepaalde type voertuigen, zoals nu al gebeurd met de exceptionele transporten.

Samenvattend bestaan de besparing door optimalisatie van de weginfrastructuur uit:

- Optimalisatie van het ontwerp van wegdekken en kunstwerken gebaseerd op de werkelijke wegbelasting vanuit het verleden, het heden en de trends voor de toekomst;

- Optimalisatie van de planning en uitvoering van het onderhoud aan de weginfrastructuur gebaseerd op de werkelijke wegbelasting vanuit het verleden, het heden en de verwachtingen voor de toekomst;
- Optimalisatie van de verkeers- en vervoersstromen en daarmee een optimalisatie van het gebruik van de beschikbare weginfrastructuur.

4.14 Conclusies toepassingen van WIM

- Wereldwijd worden WIM systemen op verschillende manieren ingezet ter ondersteuning van de handhaving van overbelading door zware voertuigen:
  - Statistiek en planning, gemiddelde gegevens uit WIM systemen geven aan waar en wanneer er pieken optreden in de overbelading en worden gebruikt om controles op overbelading in te plannen en om de effecten van de handhaving te evalueren (o.a. Verenigd Koninkrijk, België, Frankrijk).
  - Voorselectie, metingen van WIM systemen gecombineerd met camerabeelden (ANPR en overzicht) worden gebruikt om waarschijnlijk overbeladen voertuigen te selecteren voor statische naweging op vaste controle locaties. Dit resulteert in meer efficiënte controles doordat alleen waarschijnlijk overbeladen voertuigen worden gecontroleerd (o.a. Verenigd Koninkrijk, Slovenië, Brazilië, Zuid Afrika).
  - Bedrijfsprofilering, op basis van de kentekens in de WIM registraties van overbeladen voertuigen worden de gegevens van het betreffende transportbedrijf gevonden. Hiermee worden bedrijfsprofielen opgesteld en worden de meest overbeladen bedrijven gericht bezocht en kan een Last Onder Dwangsom (LOD) opgelegd worden (o.a. Frankrijk, Nederland). De nauwkeurigheid van de huidige WIM 1.0 systemen is voldoende voor deze aanpak mits de betrouwbaarheid van de metingen goed beheerd wordt;
  - Directe handhaving, hierbij dient de meting van een overbeladen voertuig door een WIM systeem direct als bewijs voor de overtreding zonder dat een secundaire statische naweging noodzakelijk is. De procedure is vergelijkbaar met de bestaande radar snelheidscontroles (o.a. Tsjechië, Hongarije, België/Wallonië).
  - Intelligente toegang, hier worden weegsystemen aan boord van voertuigen gekoppeld met GPS locatiegegevens en via mobiele communicatie aan een centrale doorgegeven. Hiermee kunnen zwaardere voertuigen toegelaten onder bepaalde condities toegelaten worden op bepaalde delen van het wegennet (o.a. Zuid Afrika, Australië).

- Elk van de toepassing van WIM-data voor handhaving heeft specifieke voor- en nadelen, geen van alle toepassingen zal alleen het gehele overbelading probleem kunnen oplossen of voorkomen. Alleen door een slimme combinatie van verschillende toepassingen specifiek gericht op de verschillende aspecten van de overbelading zal het probleem beheersbaar blijven/worden [REMOVE, 2006].
- De meer geavanceerde toepassingen van WIM systemen stellen hogere eisen aan de kwaliteit van de meetresultaten van de gebruikte WIM systemen. Zo is voor statistische analyses alleen de gemiddelde kwaliteit van belang terwijl voor de directe handhaving de kwaliteit van de individuele meting essentieel is.
- De invoering van de meer geavanceerde toepassingen zoals directe handhaving en intelligente toegang zijn naast een technische ook een juridische en organisatorische uitdaging [Oosterman, 2017]. De verantwoordelijkheden van de betrokken partijen, de onderlinge rolverdeling en (wettelijke) procedures voor het gebruik van de systemen van WIM systemen dienen goed afgestemd te worden op de lokale omstandigheden.
- Er bestaat niet zoiets als 'Het Beste WIM Systeem van de Wereld'. De combinatie van de gewenste toepassing (nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de metingen), de omgevingscondities ter plaatse (verkeerssituatie, wegdekcondities en klimaatomstandigheden) en het beschikbare budget bepaalt welk WIM systeem het beste aansluit op de specifieke, lokale eisen.
- Ervaring leert dat zonder een goed beheer van de kwaliteit van de door de WIM systemen gemeten data dat deze data zeer beperkt of helemaal niet bruikbaar is. Voor alle toepassingen van WIM data is daarom een goede controle en management van de kwaliteit van WIM data is essentieel.
- Het datakwaliteit beheer speelt een centrale rol in de organisatie en operatie van elk netwerk van WIM systemen. Het beheer bestaat uit het uitvoeren van de kwaliteitscontroles op alle WIM-data, het analyseren van eventuele problemen en het aansturen van het onderhoud van de systemen.
- Het gebruik van WIM voor directe, automatische handhaving is de meest efficiente en effectieve toepassing voor snelwegen met een hoge verkeersintensiteit en daarmee een interessante toepassing voor handhavende instanties.
- Gezien de huidige problemen om de gemiddelde kwaliteit van de WIM registraties te garanderen, lijkt het niet realistisch om op de korte term (binnen 2 tot 5 jaar) te komen tot een invoering van WIM voor directe handhaving omdat daarvoor de kwaliteit van elke individuele meting gegarandeerd moet worden.
- Een kosten-baten analyse van de investering in de aanleg, beheer, onderhoud en gebruik van een netwerk van WIM systemen en dient als basis voor beslissingen over de initiële investering en de continuering ervan in de toekomst.

- Met name aan de kant van de baten is het in de praktijk onmogelijk gebleken om voor alle verschillende aspecten een exacte financiële onderbouwing te berekenen. Echter ook een gedeeltelijk kwalitatieve beschrijving van de baten geeft al een schatting van orde grootte van de baten.

4.15 Aanbeveling WIM toepassingen

- Begin op de korte termijn met de inzet van Bridge-WIM systemen als aanvulling op de huidige en toekomstige 'vaste' WIM systemen.
- Realiseer een koppeling tussen de data afkomstig van de bestaande On-Board systemen met de huidige WIM 1.0 en toekomstige WIM 2.0 systemen.
- Onderzoek in de praktijk wat de prestaties, de toepassingsmogelijkheden en de operationele randvoorwaarden zijn voor aanvullende WIM sensoren zoals glasfiber en SIM sensoren.
- Organiseer een centraal beheer van de kwaliteit van de data van alle WIM systemen en zorg dat periodiek de kwaliteit van de data gerapporteerd wordt.
- Maak voor WIM 2.0 een update van de bestaande kosten-baten analyse en doe bij de start van WIM 2.0 een nulmeting van de mate van overbelading.
- Onderzoek aan welke technisch metrologische, organisatorische en juridische randvoorwaarden voldaan moet worden om over te kunnen gaan tot het gebruik van WIM voor directe, automatische handhaving van overbelading.

5 Gebruikerseisen voor WIM 2.0

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de interviews die in het kader van het vooronderzoek zijn gevoerd met verschillende huidige en toekomstige gebruikers van de meetdata uit de WIM systemen. De interviews hebben in de eerste fase van het onderzoek plaatsvonden hierdoor zijn latere inzichten (o.a. uit de verdiepingssessies en overleggen van de projectgroep) niet verwerkt in de hier beschreven resultaten. Het wordt daarom aanbevolen om de hier beschreven eisen en wensen per gebruiker en toepassing opnieuw te bepalen voorafgaande aan de inkoop van WIM 2.0. De resultaten beperken zich tot de functionele en technische aspecten van het toekomstige WIM 2.0.

5.1 Rijkswaterstaat / WVL

Gesproken met Marcel Otto en Monique van den Berg van GPO op dinsdag 6 december 2022. Monique is van het cluster 'Verkeers- en Vervoersmodellen' en werkt aan modellering van verkeers- en vervoersstromen waarmee een beeld gemaakt wordt van het verleden om zo een verwachting voor de toekomst te maken. Er wordt o.a. gekeken naar de verdeling over het wegennet, welke routes gebruikt worden, de soorten voertuigen die gebruikt worden. Marcel Otto is van het cluster 'Goederenvervoer' en is gericht op wegbelasting, de belading van voertuigen in het algemeen en overbelading in het bijzonder. M.b.t. (over-) belading maakt hij o.a. analyses van het waar, wie, wanneer en de trends en ontwikkelingen. Deze dienen als input voor rapportages, beleid en advies voor regelgeving of uitvoering en relaties met management van assets en verkeer. Hij is projectleider voor Pilot Intelligente Toegang bijzonder wegtransport (PITbw), inclusief On-Board Weegsystemen (OBW). Tevens is hij betrokken bij de toelating van nieuwe typen voertuigen, zoals de Super EcoCombi (SEC).

Op dit moment wordt er door het cluster GV van WVL gebruik gemaakt van WIM data voor onderzoek naar wegbelasting en overbelading zoals [Panteia, 2022]. Er zij zorgen over de WIM data omdat deze onvoldoende landelijk dekkend is, onvoldoende volledig over is over een heel jaar en de algemene betrouwbaarheid twijfelachtig is. Er wordt nu ook gebruik gemaakt van (inductie) lustellingen met daarin alleen de indeling op lengte in 3 categorieën: L1 (personen+kort bestel), L2 (lang bestel, korte vrachtwagens) en L3 (langere vrachtwagens). Dit wordt gecombineerd met informatie uit enquêtes van het CBS, waarin naar wel 30 variabelen gevraagd wordt, (o.a. herkomst, bestemming, type voertuig, containernummer, vervoerd aantal tonnen, gevaarlijke stofcategorie, goederensoort) gekoppeld aan de bestanden van het RDW. Wensen voor de toekomst:

een groter aantal categorieën: voertuigtype (7 klassen), goederensoort (NST2007), brandstoftype, gewicht, gevaarlijke stoffen codering. Het gebruik is afhankelijk van voor welk doel de cijfers gebruikt gaan worden maar om dit te kunnen moeten dit wel allemaal gemeten worden. De gegevens over herkomst en bestemming, goederensoort en gewicht zou in de toekomst mogelijk kunnen worden door een koppeling met data van de vrachtwagenheffing.

Op dit moment ontbreekt het verder aan kwaliteitsbeheer en toegankelijkheid van de WIM data waardoor de kwaliteit van de input van de onderzoeken, modellen, adviezen en rapporten onzeker is. Daarmee is ook de kwaliteit twijfelachtig van de op deze data gebaseerde resultaten. In het algemeen zijn de prioriteiten voor WVL voor de WIM data: kwaliteit, continuïteit en landelijke dekking. Wat betreft de WIM data heeft WVL eens per jaar behoefte aan gemiddelde waarden. Voor WIM 2.0 ziet WVL zichzelf als één van de gebruikers van de WIM data en niet als opdrachtgever of budgethouder voor het WIM netwerk of beheerder van de WIM data. WVL ziet RWS liefst als centrale hoofdverwerker van de WIM data waarbij de verschillende eindgebruikers een aparte link hebben naar de data. Naast de huidige gebruikers (RWS/WVL+GPO, ILT, Belastingdienst) zijn in de toekomst ook andere gebruikers mogelijk geïnteresseerd, vanuit de overheid: RDW, Landelijke Politie en CBS en vanuit de markt: TNO, TLN, Evofenedex, etc.

Qua organisatie van WIM 2.0 zou RWS/CIV zou dan verantwoordelijk moeten worden voor het verzamelen en opslaan van de WIM data, voor het technische beheer (zijn de verschillende componenten van het WIM systeem operationeel, geven de camera's een beeld, worden voertuigen geregistreerd, etc.) en voor het kwaliteitsbeheer van de data (is de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de WIM data voldoende voor de verschillende toepassingen/gebruikers). De Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW) heeft informatie over de gewichtslimieten op de ontheffingen voor speciale transporten en de generieke limieten per voertuigonderdeel gekoppeld aan kenteken.

Op dit moment heeft RWS geen toegang tot deze informatie en is de RDW niet echt geïnteresseerd in de controle op naleving van de ontheffingen. Voor Langer en Zwaarder Vervoer (LZV's) zijn de WIM-data al wel ingericht (tot max. 60 ton) om die eruit te halen. Voor ander bijzonder transport is dat niet het geval en is de maximaal 9-assen onvoldoende. De duurzaamheid van de huidige systemen met WIM sensoren in toplaag van het wegdek is problematisch en wordt wellicht niet makkelijker met overgang naar dubbellaags en fijner ZOAB. WVL ziet mogelijke oplossingen in meer duurzame glasvezelsensoren aangebracht onder de toplaag. Zo mogelijk ook met meer stevigheid in onderlaag en toplaag voor meer betrouwbare metingen.

5.1.1 Functionele eisen voor WIM 2.0

Voor het toekomstige WIM 2.0 heeft WVL de volgende wensen voor additionele functionaliteiten aangegeven:

A. Op basis van kenteken(s) een koppeling met RDW gegevens, zowel de toegestane gewichten/aslasten op kenteken voor reguliere vrachtwagens EN informatie over limieten op ontheffing van speciale transporten.

B. Invoer van meetgegevens van statische nawegingen van wegkant controles door ILT (en Landelijke Politie) en koppeling met WIM data op basis van kenteken. De statische wegingen kunnen gebruikt worden in de controle van de kwaliteit van de WIM metingen en evt. Kalibratie van de WIM systemen.

C. Landelijke dekking van de WIM metingen door een combinatie van:
   - Een uitbreiding van het aantal vaste WIM systemen. In eerste instantie is het doel een dekking van 50% van het hoofdwegennet en 60-70% wegtransport op HWN, met name 2x A4 en A15 Mava zijn te dichten gaten (zie Panteia).
   - Het steekproefsgewijs inzetten van flexibele, kortdurende metingen b.v. door de inzet van Bridge-WIM. Doordat deze systemen onzichtbaar zijn voor het doorgaande verkeer zullen overbeladen vrachtwagens minder omrijden en zal een meer reëel beeld van de verkeersbelasting verkregen worden.
   - Combinatie met andere informatie zoals: data van on-board weegsystemen op vrachtwagens en informatie van laadbrieven van transporteurs en mogelijk ook op basis van metingen door bedrijven (zoals al verplicht bij aannemers RWS).

D. Toevoegen van een of meer indicaties van de betrouwbaarheid aan elke voertuigregistratie. Dit betreft indicaties die door het WIM systeem zelf gegenereerd kunnen worden op basis van de meting zelf door detectie van mogelijke verstoringen van de meting (b.v. remmen, slingeren, half naast of schuin over de sensoren rijden, te lage of te hoge snelheid, etc.).

E. Uitbreiden van het maximaal mogelijk aantal assen per voertuigregistratie tot minimaal 15 assen (14 asafstanden). Dit biedt meer mogelijkheden voor de analyse van de naleving van ontheffingen voor speciaal transporten en de effecten of kunstwerken.

F. Monitoring van bandenconfiguraties (enkel, dubbel, breedband of ontbrekend) en –spanning (te hoog of laag) van vrachtwagens vanwege relatie met schade aan assets en verkeersveiligheid (30-40% incidenten gevolg van klapbanden).

G. Monitoring van het vervoer van gevaarlijke stoffen door automatische detectie, herkenning en registratie van de gevaarlijke stoffen borden (ADR classificatie) in combinatie met WIM data.

H. Monitoring van vervoersstromen door detectie en herkenning van nummers op containers in combinatie met WIM data.

I. Mogelijke toepassing van kunstmatige intelligentie (AI) op camerabeelden van de voertuigen om mogelijke oorzaken van overbelading op totaalgewicht en foutieve belading op aslasten te detecteren.
J. Gewenste toepassing van WIM 2.0 voor de handhaving zijn als statistische ondersteuning van de planning van wegkant controles, als voorselectiemiddel voor wegkant controles en als input voor het opstellen van bedrijfsprofielen, bedrijfsbezoeken in combinatie met de dreiging van Last Onder Dwangsom. Directe handhaving m.b.v. WIM systemen wordt gezien als een mogelijke stip op de horizon voor de verre toekomst maar niet als functionaliteit voor WIM 2.0. Voor directe handhaving is de garantie van de kwaliteit van elke individuele meting essentieel dit stelt nog veel hogere eisen aan de inrichting van het beheer en onderhoud en met name het management van de kwaliteit van de meetdata.
K. Voor WVL is het niet van belang om de ruwe meetdata (direct afkomstig van de WIM-sensoren) beschikbaar te hebben. Tevens zijn gegevens van de voertuig-passage m.b.t. afstand tot voorganger, snelheid, temperatuur niet van belang.

5.2 Rijkswaterstaat / VWM

Gesproken met Huib de Jong en Bas Kocken van VWM op donderdag 8 december 2022. Bas is netwerkcoördinator Handhaving en richt zich op naleving van: hoogte van voertuigen, rijden en/of stilstaan op de vluchtstrook en rijden door 'Rood Kruis'. Huib richt zich op transport en logistiek over de weg, goederen en bijzonder vervoer (inclusief overbelading) en Smart Mobility.

Op dit moment maakt VWM alleen indirect gebruik van WIM data via rapportages van WVL (m.b.t. wegbelasting, overbelading en Super EcoCombi, via ILT komt op dit moment geen informatie binnen. Voor de toekomst (WIM 2.0) ziet VWM zichzelf zeker als (eind-) gebruiker van de WIM systemen maar wil zeker niet zelf WIM data ontvangen of zelf analyses uitvoeren maar wel op basis van WIM data uitgevoerde onderzoeksresultaten ontvangen. Op dit moment ontbreekt het voor VWM vooral aan kwaliteitsbeheer omdat daarmee ook de kwaliteit van de op deze data gebaseerde resultaten twijfelachtig is.

In het algemeen zijn de prioriteiten voor VWM voor de WIM data: nauwkeurige en betrouwbare data, volledige data (zowel in continuïteit en landelijke dekking) en semi real time beschikbaarheid van de data. De laatste is nodig voor de terugkoppeling van (bandenspanning-) metingen aan de weggebruiker maar heeft nu niet de hoogste

prioriteit. Verder zou VWM graag een beter gestructureerd Beheer en Onderhoud (B&O) van de WIM systemen zien waarbij o.a. meer werkzaamheden worden gecombineerd binnen 1 wegafzetting. Zodat er minder hinder ontstaat voor het verkeer en kostenbesparend is. Tevens zou liefst 1 partij verantwoordelijk moeten worden voor het verzamelen en opslaan van de WIM data, het technische B&O van de systemen en het beheer van de kwaliteit van de data.

5.2.1 **Toepassingen van WIM data**

Wat betreft de handhaving van de overbelading ziet VWM vooral mogelijkheden in het gebruik van WIM data in:

1) statistisch onderzoek naar pieken in de overbelading voor aansturing en planning van de handhaving,
2) als voorselectie middel voor wegkantcontroles hoewel deze controles alleen onvoldoende en erg arbeidsintensief zijn,
3) het opstellen van bedrijfsprofielen om zo veel-/vaakplegers te kunnen selecteren voor een gericht bedrijfsbezoek evt. gecombineerd met de dreiging van een Last Onder Dwangsom (LOD),
4) de combinatie tussen vaste (infrastructuur gebonden) WIM systemen en on-board weegsystemen en tenslotte
5) directe, automatische handhaving (vergelijkbaar met de huidige snelheids-handhaving) wordt niet nodig geacht.

VWM ziet ook mogelijkheden voor het (semi) real time gebruik van de WIM data met name voor directe terugkoppeling van WIM data aan de weggebruikers. In dit kader zou het goed zijn om ook vertegenwoordigers van weggebruikers (b.v. TLN, Evofenedex, etc.) bij het ontwerp van WIM 2.0 te betrekken. Naast de bestaande real time toepassing als voorselectie voor wegkant controles door ILT wordt hierbij ook gedacht aan meldingen op basis van een WIM systeem dat ook in staat is de bandenspanning te meten. Er zijn geen concrete ideeën over het gebruik van WIM data voor real time verkeersmanagement. Een mogelijkheid zou kunnen zijn het omleiden van speciale transporten in het geval van calamiteiten, maar het is de vraag of vaste WIM systemen daar het meest geschikt voor zijn.

5.2.2 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Voor het toekomstige WIM 2.0 heeft VWM de volgende wensen voor additionele functionaliteiten aangegeven:

A. Hoogtedetectie, de WIM systemen zouden uitgebreid kunnen worden met een hoogtedetectie van passerende vrachtwagens. Op dit moment is er geen aanleiding om de hoogte data te verzamelen.

B. Op de Vluchtstrook staan, dit is niet wat met vaste WIM systemen gedetecteerd kan worden.
C. Over de Vluchtstrook rijden, dit kan met de vaste WIM systemen prima gedetecteerd worden. Tevens kan zo onderzocht worden of en hoeveel vrachtwagens de WIM-meting willen ontwijken door over de vluchtstrook te rijden. Eventueel kunnen de WIM-sensoren op de rechter rijstrook voor een deel doorgetrokken worden over de vluchtstrook zodat ook een indicatie van het gewicht gegeven kan worden. Dit doortrekken heeft als bijkomend voordeel dat de problemen met rafeling aan het einde van de sensoren worden verplaatst naar een plek waar de verkeersbelasting minder hoog zal zijn en de problemen minder snel zullen optreden.
D. Bandenspanning, monitoring van banden configuraties (enkel, dubbel, breedband of ontbrekend) en bandenspanning (te hoog of laag) van vrachtwagens vanwege relatie met schade aan assets en verkeersveiligheid (40% incidenten zijn gevolg van klapbanden). Een eerste test gaf aan dat nagenoeg alle metingen na terugkoppeling aan de betreffende weggebruiker correct bleek te zijn. Specifiek interessant voor de detectie van problemen met de binnenste band van een dubbel wiel/band configuratie. Het zou mooi zijn als deze functionaliteit tegen geringe meerkosten in het WIM 2.0 geïntegreerd kan worden.
E. Bandentemperatuur, naast bandenspanning kan ook de temperatuur van de banden gemonitord worden. Dit heeft een meerwaarde voor de verkeersveiligheid om zo klapbanden (en de daarop volgende ongelukken) te voorkomen. Op dit moment is dit een 'nice-to-have' voor VWM, eerst zal de functionaliteit in de praktijk onderzocht moeten worden ook vanwege de kosten en extra inspanning voor B&O van de systemen.

5.3 Rijkswaterstaat / GPO / Verhardingen

Gesproken met Frank Bouman en Bram Vreugedenhil van GPO/wegdekken op dinsdag 29 november 2022 en met Sylvia Drok op 8 december 2022. Frank en Bas zijn beiden gespecialiseerd in verhardingen. Sylvia is binnen het cluster 'Wegenbouw en Geotechniek' betrokken bij innovaties en data analyse voor asfalt wegdekken.

Voor het ontwerp van asfaltverhardingen een berekening gemaakt van de te verwachten verkeersbelasting uitgedrukt in het totaal aantal standaard aslasten van 10 ton. Hierbij wordt rekening gehouden met het aantal passerende vrachtwagens per werkdag, het aantal werkdagen per jaar, de verkeersklasse, de t verwachten jaarlijkse groei van het

vrachtverkeer, het aandeel breedbanden en de vrachtwagenschadefactor. Deze laatste factor is het gemiddeld aantal standaard aslasten per vrachtwagen in een bepaalde verkeersklasse (licht, middel-zwaar en zwaar vrachtverkeer). De vrachtwagen-schadefactor wordt berekend op basis van de jaargemiddelden van de aslastmetingen van de WIM systemen. Eens in de vijf jaar wordt deze berekening herhaald cq. gecontroleerd met behulp van de meest recente aslastmetingen. Voor GPO is de frequentie van de controleberekening, de samenstelling (d.w.z. exclusief het deel dat privacy-gevoelig is) en de kwaliteit van de aslastdata van de huidige WIM systemen ook voldoende voor de toekomstige WIM 2.0 systemen.

Voor specifieke wegvakken waar aslastgegevens beschikbaar zijn kan de verkeersbelasting (in aantallen standaard assen) direct uitgevoerd worden. In het verleden werden hiervoor naast de vaste, permanente WIM systemen ook tijdelijke weegmatten gebruikt. Met de weegmatten werden kortdurende metingen (één representatieve week) uitgevoerd door de matten op de betreffende weg te plakken. deze metingen waren echter zeer onnauwkeurig, hadden de nodige risico's voor de verkeersveiligheid en waren niet geschikt voor toepassing op snelwegen. GPO is daarom al jaren geleden gestopt met het gebruik van weegmatten. De tijdelijke aslastmetingen zouden nu ook met een Bridge-WIM systeem uitgevoerd kunnen worden, deze zijn veel nauwkeuriger en betrouwbaarder en hebben geen invloed of hinder op het doorgaande verkeer.

5.3.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

In het algemeen zijn de prioriteiten voor GPO voor de WIM data: duurzame installatie, betrouwbare meetdata, volledige data (ook registratie van voertuigen met meer dan 9 assen, met een lengte van minder dan 7 meter en snelheden minder dan 40 km/u), een landelijke dekking en directe toegang tot de data. Verder zou GPO graag een centraal aangestuurd Beheer en Onderhoud (B&O) van de WIM systemen zien waarbij de (controle op) de kwaliteit (nauwkeurigheid en betrouwbaarheid) centraal staan.

Voor het toekomstige WIM 2.0 zijn met GPO de volgende mogelijke additionele functionaliteiten besproken:

A. Aslastmetingen, hiervoor is het voldoende om minimaal maandelijks gemiddelde gegevens over de totale wegbelasting te ontvangen. Qua de samenstelling (d.w.z. zonder kentekens en foto's) en de kwaliteit van de aslastdata van de huidige WIM systemen [RWS, 2012] is voldoende voor de toekomstige WIM 2.0 systemen.
B. Registratie van voertuigen met meer dan 9 assen voor onderzoek van speciale transporten;

C. Registratie van voertuigen met een lengte minder dan 7 meter. In eerste instantie tot een lengte van 5 meter om beter aan te sluiten bij de INWEVA voertuigcategorieën vanuit de inductie Telpunten. Op dit moment zijn dit de 3 categorieën: L1 (<5.6 m), L2 (5.6 m<L<11.5 m) en L3 (>11.5 m). Wellicht kan in de toekomst vanuit de Telpunten de lengtedata doorgeven in plaats van de code voor de voertuigcategorie.

   In tweede instantie zouden voor een volledig vergelijk ook alle voertuigen korter dan 5 meter geregistreerd kunnen. Deze korte, lichte personen-voertuigen zijn niet zo zeer relevant voor de wegbelasting maar wel voor de rafeling. Ter vergelijk; 1 overbeladen zware vrachtwagen doet even veel schade aan het wegdek als 200.000 tot 300.000 personenauto's. De informatie over korte, lichte voertuigen kan gebruikt worden in de modellen die de rafeling voorspelt. Als de voertuigcategorieën van de WIM systemen aansluiten op die van de INWEVA telpunten dan kan de gewichtsdata van de WIM ook naar andere wegsegmenten van de INWEVA geëxtrapoleerd worden en tevens per rijstrook gedifferentieerd worden. Dit is weer relevant voor de modellering van zowel de schade door hoge aslasten van vrachtwagens en van rafeling door passages van lichte voertuigen.

D. Registraties van voertuig passages met snelheden lager dan 40 km/u. De reden voor de beperking van de snelheid voor het huidige WIM 1.0 was dat de toenmalige WIM systemen problemen hadden met de goede registratie van voertuigen bij stop-and-go verkeersscondities. Voor de laatste generatie WIM systemen is deze beperking minder of niet meer nodig.

E. Landelijke dekking van de WIM data. Dit zou bereikt kunnen worden door de inzet van alternatieve WIM technologieën zoals de glasvezel sensoren en Bridge-WIM systemen. Met de laatste kunnen kortdurende metingen (2 weken tot een maand) gedaan worden om zo de 'witte vlekken' op te vullen tussen de permanente WIM systemen. Deze B-WIM metingen moeten dan wel gecorrigeerd worden voor seizoensinvloeden zoals vakanties of oogstseizoen.

F. Bandenspanning, monitoring van banden configuraties (enkel, dubbel, breedband of ontbrekend) en bandenspanning (te hoog of laag) van vrachtwagens vanwege extra schade aan wegdekken door piekbelastingen.

5.4 Rijkswaterstaat / GPO / Kunstwerken

Gesproken met Caroline den Besten en Martin Nijgh op donderdag 15 december 2022. Caroline en Martin werken beide bij de afdeling 'Bruggen en Viaducten' van GPO die zowel de constructie van stalen als betonnen bruggen omvat. De data van de huidige

WIM systemen wordt gebruikt als input voor de periodiek toets of alle bruggen nog aan de Eurocode voldoen. Hierbij wordt de ontwikkeling van de huidige capaciteit/sterkte van de bruggen (deze wordt in de loop van de tijd minder) afgezet tegen de huidige belasting door het (zware) verkeer. De verkeersbelasting verandert o.a. door groei van het wegtransport, zwaardere belading en daarmee hogere gewichten en aslasten, hogere verkeersintensiteit, meer filevorming, nieuwe voertuigtypes, nieuwe bandconfiguraties, etc.). Alleen WIM systemen kunnen de combinatie van al deze informatie leveren en zijn alleen hierom al essentieel voor GPO.

Verder wordt door GPO mede op basis van de WIM metingen op de A16 een normtabel opgesteld als algemene maat voor de belasting van bestaande bruggen. Ook wordt een door TNO ontwikkeld meet systeem gebruikt om de werkelijke belastingeffecten (buigspanningen, schuifspanningen, zakking, etc.) te meten op de betreffende brug(onderdelen). GPO heeft nog geen ervaring met het bestaande SiWIM Bridge-WIM van het Sloveense bedrijf Cestel (www. cestel.si). Dit systeem meet de werkelijke verkeersbelasting (gewichten, aslasten, voertuigcategorie, etc.) net als elk ander WIM systeem maar meet ook de responsie (doorbuiging, invloedslijn) van de betreffende brug ten gevolge van de belasting. Het systeem kan ook voor een beperkte periode onder een brug aangebracht worden, metingen uitvoeren en vervolgens weer verwijderd worden zonder hinder voor het (doorgaande) verkeer en schade aan de brug.

Een brug wordt ontworpen op een situatie waarbij een aantal vrachtwagens met een zekere kans van voorkomen tegelijkertijd diezelfde brug passeren. De basis voor deze ontwerpbelasting wordt gevormd door de Europese standaard [Eurocode 1, 2009]) en de nationaal gemeten voertuiggewichten, aslasten en de intensiteit van het vrachtverkeer. Periodiek wordt gekeken of de Eurocode nog aansluit bij de maatgevende situatie op de Nederlandse wegen op basis van de WIM data van de A16 Moerdijk.

GPO signaleert de volgende problemen met het huidige WIM systeem zijn o.a.:

1) De afdeling 'Bruggen en Viaducten' van GPO was onbekend als gebruiker van de WIM data waardoor bij het ontwerp en inrichting van het systeem geen rekening is gehouden met de specifieke wensen voor bruggen en viaducten. Verder wordt op dit moment niet altijd alle voor GPO belangrijke data geleverd.
2) De volledigheid en kwaliteit van de WIM data is vaak onvoldoende om als zinvolle input te dienen voor de berekening van de werkelijke verkeersbelasting. Hierdoor kan GPO niet altijd voldoen aan haar verplichting op het gebied van de betrouwbaarheid, constructieve veiligheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid van de kunstwerken in de weginfrastructuur. Met name geldt dit voor de controle of

de eisen in de Eurocode nog voldoen aan de huidige verkeersbelastingen en het volgen van tendensen en ontwikkelingen in verkeersbelastingen (b.v. LZV's, platooning) en de daarmee samenhangende (negatieve) invloeden op ontwerplevensduur van bruggen en viaducten

3) De data van het WIM systeem op de A16 ter hoogte van de Moerdijkbrug speelt een prominente rol bij de controle op de ontwikkeling van het vrachtverkeer. Door het toepassen van factoren wordt er een differentiatie gemaakt naar de rest van het rijkswegennetwerk. Zoveel ophangen aan de metingen van slechts één punt is ongewenst, daarom wil GPO over de data van meerdere WIM-punten beschikken. Liefst een landelijk dekkend meetnet, nu stopt het bij Zwolle en in Groningen is er mogelijk totaal ander verkeersbeeld.

5.4.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Wat betreft de WIM data heeft GPO de volgende data nodig van het nieuwe WIM 2.0 voor een goede uitvoering van haar taken op het gebied van sterkte en veiligheid van de bruggen en viaducten:

1. Een hoge nauwkeurigheid van de gemeten totaalgewichten en aslasten. De gewenste (on-)nauwkeurigheid is ±5% voor totaalgewicht en ±10% voor aslasten voor 98% van alle metingen. Voor GPO zijn met name de (extreem) zware voertuigen en hoge aslasten van belang. Over het algemeen meten WIM systemen zware voertuigen meer nauwkeurig vanwege een lagere voertuigdynamica. Een mogelijkheid is om voor deze zware voertuigen (>40 ton) meer strenge eisen te stellen aan de meetnauwkeurigheid.
2. Een hoge nauwkeurigheid van de meting van de asafstanden, passage tijdstip, snelheid en afstand tot de voorganger. De huidige resolutie van de tijdregistratie op 1/100 seconde en van de snelheid op 1 km/u is voldoende. De afstand is handig om direct te krijgen maar kan ook uit het tijdstip en snelheid afgeleid worden, de afstand tot de voorganger wordt nu niet altijd geleverd.
3. Een goede voertuig categorisering zonder limiet van het maximaal aantal assen of een limiet van maximaal 30 assen. Voor de categorie Overig (O) ook graag een indicatie van de asgroepen, b.v. O1233. Hiervoor zal het formaat van het geleverde .cvs bestaand aangepast moeten worden.
4. Verder zouden de INWEVA-categorieën (nu: L1, L2, L3) beter moeten aansluiten bij de werkelijkheid buiten. Idealiter zouden de INWEVA-metingen als ruwe data beschikbaar worden gesteld: dan kunnen op locaties met WIM en Telpunt een koppeling (model) gemaakt worden. Dit model kan vervolgens gebruikt worden om op locaties met alleen telpunten ook de verkeersbelastingen te schatten.

5. Een goede betrouwbaarheid van de WIM data van de individuele meting door het WIM systeem en van de statistische gemiddelden over een bepaalde periode. De laatste generatie WIM systemen geven zelf al een indicatie van de betrouwbaarheid van de individuele meting vaak in de vorm van een percentage in combinatie met een verklaring in de vorm van waarschuwingen en/of foutmeldingen. De indicatie van de betrouwbaarheid kan gebruikt worden als signalering van mogelijk 'rare' of foutieve metingen.
6. Overzichtsfoto's, de overzichtsfoto's zijn o.a. van belang voor het beoordelen en mogelijk verwijderen van 'rare' metingen. b.v. aan de hand van de foto kan gekeken worden of de opgegeven voertuigcategorie correct is en of het voertuig een liftas heeft opgetrokken.
7. Kentekenfoto's en kentekens (voor en achter). GPO bezig met de RDW om ook ontheffingsgegevens (incidenteel of permanent/jaar) op kentekenniveau te ontvangen. Het idee is om deze informatie te koppelen met de WIM-data om zo een duidelijk onderscheid te kunnen maken tussen "regulier" transport en transport met vergunning. Dit onderscheid is essentieel voor de normtoets die regelmatig uitvoerd wordt in samenwerking met TNO. Voor de implementatie zal goed gekeken moeten worden hoe dit past in de geldende privacy wetgeving.
8. Metingen bij lage snelheden, het huidige WIM 1.0 systeem is begrensd op 40 km/u waardoor alleen voertuigen worden geregistreerd die passeren met een snelheid hoger dan 40 km/u. Deze grenswaarde is mogelijk ooit ingesteld omdat oudere WIM systemen problemen hadden bij lagere snelheden en met name stop-and-go verkeer. Voor GPO zijn alle registraties van belang met een snelheid van meer dan 3 of 5 km/u maar ook de belasting bij filevorming. Een mogelijkheid is om voor zeer lage snelheden <5 km/u) geen individuele voertuigen meer te registreren maar een continue registratie van alle passerende aslasten en asafstanden. Dit is een nieuwe toepassing van WIM systemen en hiervoor zal wel een apart data formaat gedefinieerd moeten worden.
9. Datalevering, op dit moment wordt de data geleverd als een .CSV of .XLSX bestand. De datalevering zou ook plaats kunnen vinden in een online gegevensmagazijn waar GPO vervolgens zelf informatie uit kan downloaden. De data in zo'n online omgeving iedere dag bijgewerkt kunnen worden. Zo kan bij calamiteiten op een brug nabij een WIM-station gekeken kan worden of de genomen beheersmaatregelen het gewenste effect hebben.

Verder zijn met GPO de volgende ontwikkelingen en mogelijke toekomstige toepassingen en functionaliteiten besproken:

A. Bridge-WIM systemen; zoals al eerder gezegd, kan met dit soort systemen de werkelijke verkeersbelasting op specifiek bruggen gemeten worden in combinatie met (een deel van de) responsie van de brug hierop. GPO is geïnteresseerd om de mogelijkheden van deze systemen nader in de praktijk te onderzoeken.
B. Bandenspanning, een recente generatie WIM sensoren meten ook de banden-configuratie (enkel, dubbel, breedband, pendelas) en de bandenspanning (te lage, te hoge bandenspanning en ontbrekende banden) en wellicht ook de afmetingen van het contactoppervlak tussen band en wegdek. Voor GPO is dit interessant om mee te nemen in de modellering van de verkeersbelasting voor de berekening van de sterkte van kunstwerken en ook voor het berekenen van vermoeiingsschades op stalen wegdekken. Deze schade is erg afhankelijk van de wielprent/afdruk, middels SIM zou deze wielprent mogelijk ingeschat kunnen worden.
C. Glasvezel sensoren, de nieuwste generatie van deze sensoren worden onder de toplaag van het asfalt geïnstalleerd. Hiermee zijn de eerdere problemen opgelost met de duurzaamheid/levensduur van de sensoren. Vooralsnog zijn deze sensoren wel aanzienlijk minder nauwkeurig ±20% i.p.v. ±10% maar lijken wel geschikt voor het verzamelen van statistische informatie. GPO is betrokken bij de proef met glasvezel sensoren op de A67 (Sylvia Drok). Een andere mogelijkheid is om deze sensoren direct bij de bouw van nieuwe bruggen aan te brengen. Zo kan de verkeersbelasting gemonitord worden gedurende de gehele levensduur van de brug. Binnen GPO wordt deze mogelijkheid bekeken maar nog niet in de praktijk toegepast.
D. On-board weegsystemen, hierbij zijn de weegsensoren aangebracht op een voertuig. In combinatie met een locatie systeem (GPS) en mobiele communicatie kunnen voertuigen gedurende hun hele reis gevolgd worden. Deze gegevens kunnen vervolgens ook weer gebruikt worden om de modellen van de verkeersbelasting verder te verfijnen. On-board weegsystemen, hierbij zijn de weegsensoren aangebracht op een voertuig. In combinatie met een locatie systeem (GPS) en mobiele communicatie kunnen voertuigen gedurende hun hele reis gevolgd worden. Deze gegevens kunnen vervolgens ook weer gebruikt worden om de modellen van de verkeersbelasting verder te verfijnen. GPO ziet mogelijkheden voor het gebruik van de data maar heeft zorg over de betrouw-baarheid (geen manipulatie van de meetsensoren) en beschikbaarheid van de data (welke motivatie hebben voertuigeigenaren om de data aan te leveren.

5.5 Rijkswaterstaat / CIV

Gesproken met Henk Cox, Gerard Avontuur, Hans van Basten en Johan van Venrooy van RWS/CIV op 20 december 2022. Henk is hoofd van de afdeling Ontwikkeling Verkeerssystemen binnen de CIV. Gerard is programmamanager binnen dezelfde afdeling en betrokken bij het WIM 2.0 project. Hans is als service manager o.a. verantwoordelijk voor de keten 'Handhaving' waaronder ook WIM. Johan is als service delivery manager verantwoordelijk voor het aansturen van het beheer van de WIM systemen.

De CIV is zelf geen eindgebruiker van WIM data en wil dit in de toekomst ook niet worden. De CIV doet op dit moment de aansturing van het technisch beheer en onderhoud van de WIM systemen inclusief het contact met de aannemers. Dit zijn; Technolution voor de wegkantsystemen, software en dataverwerking en de BAM voor de hardware, sensoren, camera's, etc. via de regionale VODK aannemer (Vast Onderhoud DVM Ketens). De CIV doet op moment geen controle van de kwaliteit van de data. De data van de WIM systemen gaat namelijk direct naar de database van de ILT zonder tussenkomst van de CIV. De CIV krijgt alleen eens per maand een rapportage over de beschikbaarheid van de systemen en gebruikt dit voor de aansturing van het onderhoud. Via de Real Time Monitor (RTM van het WIM systeem kan de CIV wel kijken of een systeem nog volledig operationeel is. Technolution heeft een beheertool ontwikkeld die de CIV in de toekomst ook graag ter beschikking hebben.

Voor de CIV liggen de problemen met het huidige WIM systeem met name op het organisatorische vlak, zoals o.a.:

1) Het is onduidelijk wie opdrachtgever is voor de aanleg, beheer en onderhoud van de WIM systemen en het verzamelen, opslaan en leveren van de WIM data. Tevens is het onduidelijk wie eigenaar is van de WIM systemen.
2) De uitvoering van het onderhoud aan de hardware van de WIM systemen met name de WIM sensoren is de CIV sterk afhankelijk van de planning en prioriteiten van de betreffende regionale directie van RWS.
3) CIV heeft geen eigen tools om de operationele status van de onderdelen van de WIM systemen te controleren en daarmee storing snel te kunnen detecteren en (laten) verhelpen.
4) Als gevolg van dit alles is de beschikbaarheid van de WIM systemen te laag.

5.5.1 Functionele eisen voor WIM 2.0

Voor het toekomstige WIM 2.0 ziet de CIV zichzelf niet als eindgebruiker van de WIM data maar als opdrachtnemer van het beheer en onderhoud van de systemen en de data

met een duidelijke opdrachtgever binnen Rijkswaterstaat. De CIV ziet haar rol zowel in het technisch beheer van de WIM systemen als in het functionele beheer van de WIM data. Hiervoor moeten dan wel de benodigde capaciteit, kennis en tools beschikbaar te zijn. Voor het functionele beheer zal de aansturing moeten gebeuren vanuit de opdrachtgever en/of de belangrijkste eindgebruikers. Hierbij kan de CIV dan verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van het functionele beheer inclusief de beschikbaarheid en kwaliteit van de geleverde data. Wat betreft het technisch beheer kan de CIV juist de aansturing doen en de uitvoering overlaten aan de betrokken onder-aannemers. Tenslotte zijn met CIV de volgende mogelijkheden besproken:

A. Voor de ontsluiting van WIM data aan nieuwe eindgebruikers kan in de toekomst gebruik gemaakt worden van het Nationaal Dataportaal Wegverkeer (NDW). De NDW is al wel betrokken bij de opslag van data van één of meerdere pilot projecten op het gebied van WIM (b.v. glasvezel sensoren op de A67). Tot nu toe heeft de CIV deze mogelijkheid niet onderzocht omdat de beschikbaarheid en kwaliteit van de WIM data onvoldoende was.
B. Als bepaalde onderdelen van de hardware een WIM systeem uitvallen (bv de weegsensoren of de kenteken camera's) wordt op dit moment de data als ongeschikt of onvoldoende gekwalificeerd. In de toekomst zou het mogelijk moeten zijn om in dergelijke gevallen aan te geven voor welke toepassingen de data nog wel geschikt is. Bijvoorbeeld voor RWS/GPO is uitval van de kenteken-camera's niet altijd relevant terwijl voor de belastingdienst de gemeten aslasten weer niet relevant zijn

5.6 Rijkswaterstaat / Regionale directies

Gesproken met André Smits, Wilfred Beniers, Allard de Munck en Frank van de Ven van RWS / Regio Zuid Nederland op 5 januari 2023. Binnen de regio Zuid Nederland is Wilfred betrokken bij het assetmanagement van de verhardingen en Frank is betrokken bij het assetmanagement van de draagconstructie. André en Allard bij het assetmanagement van de elektrotechniek en industriële automatisering (DVM-systemen).

Op dit moment wordt er door de regio ZN geen gebruik gemaakt van WIM data en vooralsnog zijn er geen plannen om dit in de toekomst wel doen. Op dit moment maakt RWS/GPO een programmering van de onderhoudswerkzaamheden in de vorm van de meerjarenplanning verharding (MJVP). Op basis hiervan en het beschikbare budget

bepaalt de regio eerst de prioritering van de werkzaamheden en doet vervolgens de opdracht voor uitvoering van de werkzaamheden. In het kader van het data gedreven assetmanagement zou in de toekomst de WIM-data gebruikt kunnen worden voor de planning van het onderhoud van specifieke wegvakken of secties.

5.6.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Voor het nieuwe WIM 2.0 systeem heeft de regio ZN op dit moment geen eisen aan de samenstelling, beschikbaarheid of kwaliteit van de meetdata. Wel zijn er de volgende aandachtspunten voor het beheer en onderhoud van de systemen:

A. De installatie en het onderhoud van WIM systemen – en met name dat van de WIM-sensoren en het omliggende asfalt – vergt specifieke kennis, ervaring en zelf certificering van de uitvoerende aannemer. Het is de vraag of elke regionale aannemer dergelijke kennis heeft of kan opbouwen met slechts een beperkt aantal WIM-systemen per regio.
B. De uitvoering van planbaar onderhoud aan WIM systemen is op zich geen probleem, calamiteiten of plotseling benodigd onderhoud is dat nadrukkelijk wel.
C. Vanuit de WIM systemen worden specifieke eisen gesteld aan het wegdek (vlakheid en draagkracht). Deze eisen kunnen afwijken van de adviezen vanuit het MJPV (MeerJarenPlanning Verhardingen) en de eisen voor de aanleg van de wegdekken gespecificeerd in het BON (BasisOnderhoudsNiveau) en OBR (ObjectBeheerRegiem) voor de verhardingen. Door de verschillende eisen voor het aan te leggen wegdek kunnen er problemen optreden in de planning van de werkzaamheden.
D. Het beheer en onderhoud van de WIM systemen zal bestaan uit een combinatie van het technisch, operationeel beheer van de onderdelen van het systeem (sensoren, camera's, dataverwerking, etc.) en uit het beheer van de kwaliteit van de meetdata. Voor de uitvoering van het beheer en onderhoud is het van belang dat het duidelijk is wie de eigenaar van de systemen is en wat de verantwoordelijkheden zijn.

Tenslotte is de volgende mogelijkheid besproken:

- Op dit moment is er beperkt zicht op welke WIM-data beschikbaar is, wat deze data precies inhoudt en wat er mee gedaan kan worden. Wellicht kan er een training opgezet worden voor de regio's over de inhoud, het gebruik en de mogelijkheden van WIM-data (bv door GPO).

5.7 Inspectie Leefomgeving en Transport

Gesproken met George Koehorst, Wim van Herk, Roland van Door en Richard van Schaik van de Inspectie Leefomgeving & Transport (ILT) op 14 december 2022. George is teamleider 'Digitale Bedrijfsinspecties', portefeuillehouder 'Wegvervoer Goederen' en betrokken geweest bij de opzet van de bedrijfsmatige aanpak van overbelading. Wim is projectleider WIM 1.0 en 2.0. Roland biedt vanuit de ICT ondersteuning van de digitale handhaving en tools voor wegkant controles. Richard is vanuit Team Data betrokken bij de ontwikkeling van het 'Dashboard WIM' en analyse van de data. Met het Dashboard worden per weegpunt statistische analyses gemaakt van de overbelading (waar, wanneer, hoeveel, etc.) die gebruikt worden voor de planning van de wegkant controles. Tevens wordt een analyse gemaakt van de overbelading in het algemeen, totalen en gemiddelden per periode. Opmerking: vergelijkbare analyses worden ook door RWS en private partijen uitgevoerd.

De bestuursrechtelijke aanpak van de overbelading door de ILT is gebaseerd op twee onderdelen: digitale handhaving d.m.v. bedrijfsprofilering en -inspecties in combinatie met een mogelijke Last Onder Dwangsom (LOD) en wegkant controles. De WIM data wordt daarom op twee manieren gebruikt: als input voor de selectie van de meest overbeladen bedrijven en als voorselectie voor wegkant controles. De procedure voor de bedrijfsmatige aanpak van de overbelading (LOD) wordt in detail beschreven in het 'Werkplan Wim 7' [IVW, 2003] en de 'Aanpak Overbelading Bedrijven' [Eikelenkamp, 2015]. In de afgelopen jaren heeft deze aanpak weinig voortgang of resultaten geboekt door een combinatie van problemen met de organisatie van deze aanpak en met de techniek. De IlT constateert de volgende problemen met het huidige WIM systeem:

1) De onvoldoende kwaliteit van de data waardoor deze nog wel bruikbaar is voor een relatieve indicatie van de mate van overbelading tussen voertuigen maar niet als basis van bedrijfsprofilering.
2) De beperkte beschikbaarheid van WIM data zowel wat betreft de beperkte landelijke dekking als de beperkte continuïteit door uitval van de systemen. Dit laatste is ook problematisch voor de uitvoering van wegkantcontroles en inspecties waardoor de handhaving door de ILT zowel slagkracht als zichtbaarheid verliest. ILT is geen eigenaar de systemen of verantwoordelijk voor het in de lucht houden ervan maar moet uiteindelijk op het matje komen als de handhavings doelen niet gehaald worden.
3) De slechte herkenning van buitenlandse kenteken t.o.v. Nederlandse kenteken. Dit is relevant voor de recente controles op Russische en Wit-Russische voertuigen.

4) Wat betreft de techniek zijn de prioriteiten voor ILT voor het nieuwe WIM 2.0: een goede betrouwbaarheid van de kwaliteit van de meetdata (meetnauwkeurigheid), een goede beschikbaarheid van de data (continuïteit en landelijke dekking). Verder zou ILT graag duidelijke afspraken maken met RWS over de organisatie, het commitment en de continuïteit voor de toekomst en de definities van de begrippen zoals 'Wat is goede kwaliteit data?

Voor het toekomstige WIM 2.0 wil de ILT graag de zelfde functionaliteiten en prestaties behouden als voor het huidige WIM 1.0 zoals die zijn gespecificeerd in het 'Weigh-In-Motion Inwinstation – Systeem Subsysteem Specificatie' [RWS, 2012]. ILT wil automatische alle data ontvangen die relevant is voor de handhaving (en alleen deze) en in incidentele gevallen zou meer data opgevraagd kunnen worden b.v. voor speciale transporten. Het verschil met de huidige situatie is dat ILT zichzelf voor de toekomst ziet als eindgebruiker van de WIM data en RWS als leverancier van de data/informatie. Hierbij dient RWS te zorgen voor borging van de kwaliteit van de data en het beheer en onderhoud van de WIM systemen. ILT ziet de huidige levering van WIM data aan de Belastingdienst vanuit de ILT in de toekomst graag direct vanuit RWS plaatsvinden (als een andere eindgebruiker).

De Real Time Monitor (RTM) van het huidige WIM wordt beheert en gehost door Technolution en is specifiek bedoeld voor de handhaving. Het eigenaarschap van de tool zou vooralsnog bij de ILT ondergebracht kunnen blijven maar zou voor WIM 2.0 ook bij RWS neergelegd kunnen worden. Dit laatste als ook de statische metingen gekoppeld worden aan de corresponderende dynamische WIM metingen (voertuigregistraties en gebruikt worden bij de controle van de kwaliteit van de WIM data. De Landelijke Politie heeft al aangeven in de toekomst ook graag te RTM te gebruiken voor hun wegkant controles en RWS kan de RTM ook gebruiken bij het B&O van de WIM systemen.

RWS heeft voor het technisch beheer een eigen beheertool waarmee het functioneren van alle wegkantsystemen en de onderliggende componenten kan worden gemonitord. b.v. als er een camera van een WIM systeem stuk is dan krijgt RWS een melding en zouden aan de ILT een melding moeten doorgeven dat dit weegpunt (gedeeltelijk) niet bruikbaar is. De afdeling TMC (Transport en Milieu Controles) van de landelijke politie doet algemene zwaarverkeerscontroles waar de controle op overbelading slechts een klein onderdeel is. Op dit moment is er geen formele of operationele afstemming tussen de ILT en de politie overbelading.

5.7.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Op dit moment is het niet mogelijk om de resultaten van de statische wegingen in the RTM in te voeren en te koppelen aan de corresponderende meting door het WIM systeem. Met deze koppeling zou een controle worden uitgevoerd op de meetnauwkeurigheid van het betreffende WIM. Dit is niet de enige maar wel een zeer krachtige controle die uitgevoerd kan worden op de meetnauwkeurigheid en het functioneren van het WIM systeem. De uitvoering van deze koppeling is geen doel op zich maar wel een belangrijke tool in de borging van de kwaliteit van de WIM data. ILT heeft geen bezwaar tegen het gebruik van de RTM door andere gebruikers of tegen de invoer van de statische metingen maar de implementatie mag niet leiden tot extra werkzaamheden aan de kant van ILT.

Verder zijn met ILT de volgende mogelijke toekomstige toepassingen besproken:

A. Op dit moment wordt de overbelading in de wegkantsystemen bepaalt op basis van algemene beladingslimieten voor een voertuigcategorie. Hierdoor kunnen bepaalde vormen van overbelading gemist worden. Voor een bepaling van de mate van overbelading op basis van de limieten van het individuele voertuig is een koppeling nodig met de RWD gegevens op basis van het kenteken. Dus real-time overbelading per as en totaalgewicht kan nu niet. Het zal onderzocht moeten worden of het juridisch mogelijk is om de verrijking van de data met RDW-gegevens verschoven kan worden van ILT (de situatie op dit moment) naar RWS (mogelijke toekomstige situatie).
B. Automatische, directe handhaving; is qua proces vergelijkbaar met die van trajectcontrole op snelheidsovertredingen. Voor ILT is dit een zeer interessante toepassing omdat het weinig personele inzet vraagt en daarmee de rol voor ILT zal beperken in de bestrijding van overbelading. Voor de directe toekomst heeft de ILT ingezet op het digitale traject met bedrijfsprofilering op basis van WIM en bestuursrechtelijke handhaving. ILT zou graag onderzocht hebben aan welke randvoorwaarden (techniek, juridische en organisatorisch) voldaan moet worden om in de toekomst te kunnen overgaan tot de invoering van WIM voor directe handhaving.
C. Bridge-WIM systemen; hierbij worden de meetsensoren aangebracht onder een bestaande brug. Deze systemen kunnen eenvoudig verplaatst worden en zo ingezet worden voor kortdurende metingen (2 weken tot een maand). Dit kan gebruikt worden om de ‘witte vlekken’ tussen de permanente WIM systemen op te vullen. Ook is het mogelijk om omrijden en ontwijken van ‘vaste’ WIM systemen via het onderliggend wegennet te onderzoeken. Tenslotte kunnen B-WIM systemen ook gebruikt worden als voorselectie voor wegkant controles op

tijdelijke locaties. ILT heeft interesse om de mogelijkheden van Bridge-WIM in de praktijk te onderzoeken in samenwerking met RWS en evt. provincies.

D. Uitbreiding van de controles van overbelading door de combinatie van WIM registraties met de detectie en registratie van gevaarlijke stoffen borden.
E. Specifieke en meer gedetailleerde aandacht voor exceptionele transporten door een gedetailleerde voertuigclassificatie en een koppeling met de ontheffingen voor speciale transporten;
F. Uitbreiding van de metingen van de dimensies van passerende voertuigen. Naast lengte ook breedte en met name hoogte van de voertuigen, dit zou eventueel met inzet van artificial intelligence bepaald kunnen worden uit de bestaande beelden van de overzichtscamera's. Als alternatief kunnen ook additionele 3D-scanners op de portalen aan het WIM systeem toegevoegd worden;
G. On-board weegsystemen, ILT heeft belangstelling voor het op afstand kunnen uitlezen van meetdata van weegsystemen aan boord van vrachtwagens als aanvulling van de voorselectie van de permanente WIM systemen en tevens om OBW data mee te nemen in bedrijfsinspecties.
H. Bandenspanning, de detectie van te hoge of the lage bandenspanningen of ontbrekende banden in verband met de risico's voor de verkeersveiligheid. Voor ILT is dit een interessante mogelijk en is benieuwd naar de kosten baten afweging van een eventuele implementatie.

5.8 Belastingdienst

Gesproken met Ron Hofland, Pieter Hoving, Simon Hoge en Stephany Zimmerman op 12 januari 2023. Allen zijn actief binnen de Belastingdienst bij het toezicht op de BZM (Belasting Zware Motorrijtuigen). Sinds 2016 kreeg de BelastingDienst (BD) van de IL&T maandelijks een levering van WIM-registraties en vanaf 2020 een dagelijkse levering van de registraties. De registraties worden gebruikt in de controle of de voertuigen BZM-plichtig zijn (als de toegestane maximum massa) van de voertuigcombinatie meer is dan 12 ton) en zo ja, of er aangifte is gedaan middels het boeken van een Eurovignet. De hoogte van de BZM is naast de Euro-/milieuklasse ook afhankelijk van het aantal assen van de combinatie (2-3 assen of 4 of meer assen). Op basis van het kenteken worden via de RDW de voertuiggegevens (als de toegestane maximum massa) en houdergegevens (van het trekkende voertuig) achterhaald.

Voor de BD zijn de gemeten aslasten en voertuiggewichten niet belang. De kern zijn de volgende onderdelen van de registratie: de datum + tijdstip en de locatie van de

passage, het aantal assen van de voertuigcombinatie, een overzichtsfoto, de foto's en kentekens van voor en achterzijde van het voertuig en de landcode van de kentekens. Op basis van de kentekens en de RDW gegevens doet de BD met behulp van de applicatie Automatische Controle Weggebruik (ACW) de analyse van welke passages relevant zijn voor de BZM. De registraties van niet relevante passages worden direct verwijderd en vernietigd. In het geval van een mogelijke overtreding ('hit') wordt de kentekenfoto en overzichtsfoto handmatig gecontroleerd, alleen als de automatisch en handmatig herkende kentekens overeenkomen, wordt overgegaan tot het traject van naheffing. Het naheffen gaat in principe per kenteken per keer daarnaast doet de BD ook een analyse van veelplegers, er vindt verder geen terugkoppeling plaats met de ILT.
Deze procedure voor massaal toezicht wordt alleen toegepast op Nederlandse voertuigen, d.w.z. Nederlandse kentekens van het trekkende voertuig. De controle van buitenlandse voertuigen vindt plaats via handmatige controles met een applicatie waar de geboekte BZM gecontroleerd kan worden. In het geval van een overtreding wordt het betreffende voertuig staande gehouden en moet de belasting en boete te plekke betaald worden.

De belangrijkste problemen met de huidige WIM systemen zijn dat de beschikbaarheid van de systemen zeer beperkt is, maar een klein aantal systemen leveren momenteel nog data. Er is geen landelijke dekking is van de metingen, zo wordt er ten noorden van Zwolle niet gemeten. Er zijn regelmatig problemen met de overzichtcamera's; de camera's zijn fout afgesteld, de foto's zijn onduidelijk of ontbreken helemaal. Tenslotte worden nu WIM systemen uitgezet als de weegsensoren kapot zijn terwijl deze voor de BD niet relevant zijn.

5.8.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Voor het toekomstige WIM 2.0 zijn voor de BD de zelfde elementen van de voertuigregistratie van belang: de datum + tijdstip en de locatie van de passage, het aantal assen van de voertuigcombinatie (liefst als een apart veld), een overzichtsfoto, de foto's en kentekens van voor en achterzijde van het voertuig en de landcode van de kentekens. Het is belangrijk dat de foto's een voldoende goede kwaliteit hebben voor herkenning van het voertuig en de kentekens. Dit geldt voor dag- en nachtopnames, zwart-wit opnames zijn voldoende. De instellingen in de huidige WIM systemen van de limieten voor minimale voertuiglengte (>7 m) en voertuiggewicht (>3,5 ton) zijn ook voor WIM 2.0 voldoende.

Voor de BD zijn de volgende extra mogelijkheden interessant maar niet relevant: vrijstellingen en speciale transporten, detectie van gevaarlijke stoffen, bandenspanning

of ontbrekende banden. Het gebruik van on-board weegsystemen is al voorzien vanaf 2026 met de invoering van de vrachtwagenheffing. Tenslotte is de BD zeer geïnteresseerd in het gebruik van Bridge-WIM systemen om tijdelijke metingen uit te voeren omdat hiermee de landelijke dekking en de pakkans vergroot kunnen worden. Wel zal voor alle mogelijke bruglocaties een duidelijke locatiecode opgesteld moeten worden en die zal vooraf gedeeld met de Belastingdienst moeten worden.

5.9 Politie Landelijke Eenheid

Gesproken met Hielke de Haan, Ben Meurs en René Verhoeven van de Landelijke Eenheid van de Nationale Politie op 12 december 2022. Hielke werkt binnen de Landelijke Eenheid bij de afdeling Transport & Milieu Controles (TMC), Ben is binnen de Regio Zeeland & West-Brabant teamchef 'Beroepsgoederenvervoer' en René is betrokken voor de ICT gerelateerde aspecten.

Op dit moment doen zowel de regionale eenheden als de afdeling TMC van de Landelijke Eenheid – TMC transport controles. Dit zijn algemene controles waarbij gekeken wordt naar de regels voor het voertuig, de lading en de chauffeur. Omdat 'alles' wordt gecontroleerd, kan een controle van één voertuig elke uren in beslag nemen (afhankelijk wat geconstateerd wordt). De selectie van voertuigen gebeurd op basis van kentekeninformatie, uiterlijke kenmerken en ervaring. Op jaarbasis worden minimaal 7.000 controles uitgevoerd en ca 2.000 Processen Verbaal (PV's) uitgeschreven voor overbelading.

Wat betreft overbelading heeft de politie speciale aandacht voor de groepen 'Koeriers', bestelbusjes met een maximaal gewicht van 3.500 kg die door het geringe beschikbare vrije laadvermogen regelmatig extreem overbeladen zijn (>100%). Dit soort lichtere voertuigen hebben vaak een meer 'nerveus' dynamisch gedrag in vergelijking tot zwaar beladen vrachtwagens. Hierdoor is de meetnauwkeurigheid van WIM systemen over het algemeen lager voor lichte voertuigen. Gezien de vaak extreme mate van overbelading van de lichtere voertuigen kan een lagere meetnauwkeurigheid toch een bruikbare voorselectie opleveren. Ook is er extra aandacht voor de speciale transporten die zich niet altijd houden aan de voorwaarden van de ontheffing. Verder is de politie geïnteresseerd in snelheidsovertredingen door vrachtwagens (snelheden > 92 of 94 km/u).

5.9.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Voor het toekomstige WIM 2.0 zijn met GPO de volgende mogelijke additionele functionaliteiten besproken:

A. Voorselectie voor wegkant controles, de politie ziet zich hiervoor als eindgebruiker van de WIM systemen met dezelfde functionaliteit als de ILT binnen de huidige WIM systemen. Dit bestaat o.a. uit: inloggen in een bepaald WIM-systeem en hiervan meldingen en meetdata doorkrijgen van overbeladen voertuigen, het 'live' meekijken met het passerende verkeer in de WIM-monitor.

B. De nauwkeurigheid voor de nieuwe WIM 2.0 systemen mag gelijk zijn aan de huidige WIM systemen [RWS, 2012]. Belangrijker is dat de betrouwbaarheid van de metingen en de operationele beschikbaarheid van de systemen hoger zijn dan met de huidige systemen (b.v. een jaarlijkse beschikbaarheid van >90%). Onderzocht moet worden hoe de meetdata van de statische metingen (met de Haenni weegplaten) het beste in het WIM 2.0 systeem ingevoerd kunnen worden (in Excel sheet of via Transport App) en aan welke (privacy) eisen hierbij voldaan moet worden. De statische metingen zijn een belangrijke input om de nauwkeurigheid van de WIM systemen te controleren.

C. Periodieke (in ieder geval maandelijks) overzichten per WIM systemen van de overbelading en te hoge snelheid. Dit betreft een de resultaten van een analyse op mate van overbelading per locatie, per type voertuig, per totaalgewicht of specifieke as of asgroep, per tijd van de dag, dag van de week, etc. De politie ziet zichzelf niet als ontvanger van meetdata, voertuigregistratie of foto's maar als de ontvanger/gebruiker van de periodieke rapportages waarbij de analyses door RWS worden uitgevoerd. Wel wil de politie bij de samenstelling van de rapportages betrokken zijn, wat moet er worden geanalyseerd en hoe moeten de resultaten gepresenteerd worden. De politie moet nog wel bepalen hoe en door wie de informatie uit deze rapportages gebruikt kan gaan worden, ook in verband met bemensing en kosten (software licenties).

D. Registratie van passages van bestelbusje met een totaalgewicht >3500 kg en lengte tussen 5 en 11.5 meter. De meetnauwkeurigheid van WIM systemen voor lichte voertuigen is waarschijnlijk lager dan die voor zware voertuigen (>10 ton), wellicht zijn hiervoor aangepaste eisen. Registratie van speciale transporten (ook met meer dan 9 assen) voor de controle van ontheffingen. Registratie van alle vrachtwagens met een snelheid meer dan 92 of 94 km/u.

E. In verband met verkeersveiligheid en indien mogelijk ook registratie van alle dimensies van de voertuigen (lengte, breedte en hoogte). Dit zou kunnen door het gebruik van kunstmatige intelligentie en analyse van de overzichtsopnames van de

voertuigen. Alternatief is het toevoegen van 3D scanners op de portalen bij WIM systemen.

F. Landelijke dekking van de WIM data. Dit zou bereikt kunnen worden door de inzet van alternatieve WIM technologieën zoals Bridge-WIM systemen. Met de laatste kunnen kortdurende metingen (2 weken tot een maand) gedaan worden om zo de 'witte vlekken' op te vullen tussen de permanente WIM systemen. Ook kunnen de B-WIM systemen gebruikt worden om het ontwijken van de permanente WIM systemen via omrijroutes te onderzoeken. De politie wil de inzet van B-WIM graag samen met RWS en ILT in de praktijk onderzoeken.

G. On-Board weegsystemen; de politie is betrokken bij het Project Intelligente Toegang en heeft zeker interesse voor de handhaving maar ziet dit niet als de 1e prioriteit.

H. Bandenspanning, de detectie van te hoge of the lage bandenspanningen of ontbrekende banden in verband met de risico's voor de verkeersveiligheid. Dit is interessant voor directe terugkoppeling naar de weggebruiker niet direct voor controles.

5.10 BAM Infra Verkeerstechniek

Gesproken met Dick Mulder, projectorganisator binnen de afdeling Dynamisch Verkeersmanagement van BAM Infra Verkeerstechniek. Voor het Nederlandse hoofdwegennet is BAM praktisch gezien de enige aannemer voor de uitvoering van installaties en onderhoud van WIM-systemen en sensoren doordat andere aannemers hier zich niet mee inlaten. Sinds een aantal jaren worden op verzoek van RWS de WIM sensoren alleen nog in de RoadsSafe (Burdie) aangelegd. Sinds dat deze omgevingscriteria worden getoetst en/ of toegepast (+/- 2 jaar) zijn er met de laatste 4 systemen die door BAM zijn aangelegd, zijn geen problemen opgetreden met de installatie in ZOAB. Burdie geeft alleen 3 jaar garantie op de installatie in de Roadsafe als de asfaltconstructie van het wegdek ter plaatse aan drie omgevingscriteria voldoet betreffende; de vlakheid, de draagkracht en de weerstand tegen vervorming [Burdie, 2023]. Op dit moment wordt er geen specifiek inspecties (schouw) uitgevoerd op de conditie van de WIM-sensoren. Hierdoor worden eventuele problemen vaak pas ontdekt als het al te laat is om de sensoren nog te redden. BAM krijgt op dit moment alleen indirect een (piep-) melding als er een onderdeel van het WIM systeem kapot is.

Wat betreft mogelijke alternatieve WIM sensoren is BAM betrokken bij de test van RWS op de A67 bij Eindhoven met glasvezel WIM sensoren geleverd door de firma Optics11. Uit de eerste testresultaten blijkt de meetnauwkeurigheid lager dan de 'standaard'

(Kistler) systemen (±15%-20% voor totaalgewicht). De glasvezel sensoren zijn op dit moment nog geen vervanging van de Kistler sensoren maar zouden in de toekomst wel toegepast worden als aanvulling van de huidige systemen b.v. om een meer landelijke dekking te verkrijgen van het WIM-netwerk. Verder heeft BAM op de A16 testen gedaan met de TACS-sensoren (Tire Anomaly and Classification Sensors van IRD) waarmee ook bandenspanning gemeten kan worden. Tenslotte heeft BAM plannen voor een pilot installatie van de nieuwe digitale WIM sensoren van Kistler.

5.10.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

De storingsgevoeligheid van de componenten in de wegkantkast van de huidige WIM systemen is hoog. Hiervan komen 7 van de 10 storingen door falende hardware componenten in de kast, 2 hebben te maken met software of dataontsluiting en de rest met de meetsensoren of heeft een andere oorzaak. Voor het WIM 2.0 is een vernieuwing of versimpeling van de systeemcomponenten nodig om de robuustheid te verhogen.
Voor het WIM 2.0 zou het beter zijn om periodiek (jaarlijks of ½ jaarlijks) specifieke inspecties uit te voeren gecombineerd met levensduurverlengend onderhoud. Gezien het specifieke karakter zullen deze inspecties uitgevoerd moeten worden door een deskundige partij, b.v. door Burdie. Voor de verdere toekomst van WIM ziet BAM mogelijkheden voor de levering van WIM data aan RWS in plaats van de uitvoering van de installatie en het onderhoud van WIM systemen. Verder is de techniek van de laatste generatie WIM systemen voldoende om toegepast te worden voor de directe handhaving van overbelading.

5.11 Technolution

Gesproken met Johan Wunker van Technolution. Johan is al zeer geruime tijd betrokken bij het WIM netwerk van RWS. In 2005 bij het specificeren en testen van de toenmalige WIM-NL systemen (uitvoering door PAT), in 2010 bij de redesign van de WIM Wegkant InwinStations (WIS) (uitvoering door v/d Berg), in 2019 bij het noodscenario voor het operationeel maken van de bestaande WIM-systemen (samen met BAM) en momenteel bij het onderhoud en het applicatiebeheer van de huidige WIM systemen (ook samen met BAM).

Bij het herstel in 2019 van de oude WIM systemen uit 2010 bleken o.a. de volgende gebreken: alle UPS-en en ANPR-camera systemen (camera's, controller en servers) werkten niet meer en moesten worden vervangen. Verder waren een aantal WIM sensoren niet meer operationeel door verschillende redenen (overlagen van het wegdek of gedeeltelijk uit het wegdek gereden). In het algemeen is de duurzaamheid van de

WIM sensoren in de ZOAB wegdekken een belangrijke beperking van de beschikbaarheid van de WIM systemen/data. De werking van de dataverwerking van de WIM sensoren en inductielussen was verder nog goed. Wel waren de wegkantkasten aan de binnenkant sterk vervuild en duidelijk niet periodiek schoongemaakt. De hardware componenten van het huidige systeem (2019 versie) zijn op zich wel robuust maar niet meer leverbaar. Dit is op zich geen probleem voor de korte termijn maar wel voor de langere termijn.

Op dit moment werkt Technolution samen met BAM in het beheer en onderhoud van de huidige systemen. Hierbij doet Technolution het beheer van de software applicatie en de monitoring van de operationele status van de systemen op afstand. BAM doet de installatie van de hardware van de systemen, het onderhoud op locatie en de kalibratie met statisch voorgewogen vrachtwagens. Technolution zorgt dan voor de implementatie van de kalibratiefactoren in de software van de betreffende systemen. Kalibratie gebeurt eigenlijk alleen na oplevering van een nieuw WIM-systeem en daarna niet meer. Technolution heeft een dashboard ontwikkeld waarmee gemonitord wordt of the WIM systemen operationeel zijn en er meetdata geleverd wordt. Op dit moment vindt er geen controle plaats van de kwaliteit van de WIM data.

5.11.1 **Functionele eisen voor WIM 2.0**

Voor het ontwerp van het WIM 2.0 stelt Technolution voor om de WIM acquisitie en de verdere dataverwerking in twee afzonderlijke elementen onder te brengen omdat dit twee verschillende 'kennisgebieden' zijn. Verder is het essentieel om periodiek (eens per ½ of 1 jaar) inspecties en onderhoud uit te voeren van de hardware van de systemen. Het beste door een landelijke partij met de benodigde, specifieke kennis van de hardware en functionaliteit van de WIM systemen. Tenslotte zou het goed zijn om een training/cursus te ontwikkelen over de functionaliteit van de WIM systemen en de mogelijke toepassingen van de WIM –data om daarmee de kennis van de eindgebruikers binnen en buiten RWS op pijl te houden.

5.12 Conclusies functionele eisen gebruikers

Uit de gesprekken met de verschillende eindgebruikers van de data uit de WIM systemen en andere betrokken partijen komen de volgende zaken naar voren:

- De betrouwbaarheid van de WIM data is essentieel voor vrijwel alle gebruikers. Hierbij is er een verschil in de zwaarte van de eisen van gebruikers van statistische data (totalen of gemiddelde wegbelasting over een bepaalde periode) en

gebruikers van individuele metingen (voorselectie, bedrijfsprofielen, speciale transporten, etc.).

- Er zijn verschillende manieren om de betrouwbaarheid van de gemeten data te monitoren;
  a. Bij de bron door de WIM systemen zelf op basis van mogelijke verstoringen van de meting en;
  b. Vanuit de centrale database waar de voertuigregistraties worden opgeslagen en op basis van statistische analyse van kengetallen.
- Een van de belangrijke controles van de kwaliteit van de WIM metingen is een regelmatig vergelijk met statische wegingen tijdens wegkantcontroles. Hiervoor is het essentieel dat de statische wegingen in het WIM systeem ingevoerd kunnen worden en gekoppeld aan de betreffende dynamische WIM meting.
- Een goede landelijke dekking van de metingen wordt eveneens door alle gebruikers als essentieel aangegeven. Dit geldt zowel voor gebruikers betrokken bij de handhaving en bij het ontwerp, beheer, onderhoud en operatie van de weginfrastructuur. De landelijke dekking is noodzakelijk om locatie/regio specifieke analyses te kunnen maken.
- De nauwkeurigheid van de weging (aslasten en totaalgewichten) van de huidige WIM systemen is voldoende voor het toekomstige WIM 2.0. Eventueel kunnen de eisen voor de meetnauwkeurigheid verhoogd worden voor zware voertuigen (b.v. > 40 ton).
- Ook de volledigheid van de WIM data wordt door de gebruikers als essentieel aangemerkt. Er is behoefte aan een continue stroom aan WIM-data waarmee de ontwikkelingen over de jaren in kaart gebracht kunnen worden. Ook voor wegkant-controles is de operationele beschikbaarheid van de WIM systemen van belang.
- De wensen wat betreft de beschikbaarheid van de WIM data verschillen per gebruiker. Voor een aantal gebruikers is het voldoende om periodiek overzichtsgegevens te krijgen, andere gebruikers zouden graag direct (online) toegang krijgen to individuele voertuigregistraties.
- De voertuigclassificatie dient verbeterd en uitgebreid te worden. De voertuigcategorieën dienen aan te sluiten bij die van de telpunten (L1, L2 en L3) op basis van voertuiglengte. Het maximaal aantal assen dient uitgebreid te worden tot minimaal 15 assen. Met name de classificatie van speciale voertuigen en exceptionele transporten dient verbeterd te worden.
- Niet alle elementen uit een voertuigregistratie zijn voor alle eindgebruikers even belangrijk. Zo zijn de aslasten en gewichten voor de belastingdienst niet relevant maar de identiteit van de voertuigen wel terwijl dit voor RWS/GPO grotendeels omgekeerd is. De keuze van de functionaliteit van het WIM 2.0 en welke data-

elementen in een voertuigregistratie opgenomen moeten worden, bepaalt het aantal potentiële eindgebruikers van het systeem.

- Voor alle gebruikers binnen RWS zijn de kentekens van de voertuigonderdelen (voor en achter) alleen een middel om voertuigspecifieke limieten te achterhalen en te koppelen aan de voertuigregistratie. Na deze koppeling dienen de kenteken gerelateerde items uit de voertuigregistratie verwijderd te worden.
- Voor de ILT, Landelijke Politie en Belastingdienst zijn kentekens noodzakelijk om de identiteit van de eigenaar van het voertuig te achterhalen. De opslag van en toegang tot de kentekens en gegevens van de voertuigeigenaar zal aan de geldende privacyvoorschiften moeten voldoen.
- De duurzaamheid van de huidige WIM sensoren in de ZOAB wegdekken is onvoldoende. De duurzaamheid zou liefst gelijk of groter moeten zijn als de levensduur van de toplaag van de wegdekken.
- Daarnaast is de kans op onvoorspelbare en ernstige calamiteiten is te groot. Dit kan tot gevaarlijke verkeerssituaties leiden en tot extra verkeershinder door onvoorspelbare noodreparaties. Tenslotte is de schade aan de WIM-sensoren – en het omliggende wegdek – meestal zo groot dat reparatie niet meer mogelijk is en het geheel vervangen moet worden.
- Voor WIM 2.0 dient het onderhoud beter planbaar te zijn. Dit kan gebeuren door periodiek (jaarlijks of ½ jaarlijks) specifieke inspecties uit te voeren gecombineerd met levensduurverlengend onderhoud. Gezien het specifieke karakter zullen deze inspecties uitgevoerd moeten worden door een deskundige partij, b.v. door Burdie.
- De meeste gebruikers zijn al bezig met – of zijn geïnteresseerd in – het uitproberen van nieuwe WIM-technologiën. De belangrijkste hiervan zijn:
    1. On-board weegsystemen voor intelligente toegang van specifiek voertuigen to bepaalde delen van het wegennet en voor wederzijdse kalibratie met wegdek systemen;
    2. Glasvezel WIM sensoren vanwege een langere levensduur en minder problemen met de duurzaamheid en installatie in (onder) ZOAB;
    3. Bridge-WIM systemen, voor flexibele, kortdurende metingen als aanvulling op het netwerk van vaste WIM systemen en de mogelijkheid om de sterkte van specifieke, problematische bruggen te onderzoeken;
    4. Bandenspanning, voor de detectie van te hoge of te lage bandenspanning en ontbrekende banden ter verhoging van de verkeersveiligheid en onderzoek piekbelasting op wegdekken;
- De mogelijke toepassing van WIM voor directe automatische handhaving van overbelading – vergelijkbaar met de huidige snelheid trajectcontrole – wordt op korte termijn (< 2 jaar) niet als haalbaar gezien. De uitdaging ligt hierbij niet op

het technische vlak, de laatste generatie WIM systemen zijn voldoende nauwkeurig, maar meer op het juridische en organisatorische vlak. Hoe zorg je ervoor dat elke individuele WIM meting voldoende betrouwbaar zodat deze juridisch geaccepteerd wordt ook als de WIM-systemen al langere tijd operationeel zijn. Voor de toekomst biedt WIM voor directe handhaving een goede mogelijkheid voor de ILT en de Landelijke Politie om de inzet van schaarse personele middelen drastisch terug te brengen.

- De functionaliteit van de huidige WIM systemen zou uitgebreid kunnen worden met:
  1. Registraties ook bij snelheden lager dan 40 km/u
  2. Continue meting van de aslasten bij lage snelheden, b.v. <5 km/u en stop-and-go verkeer
  3. De afstand tot het voorgaande voertuig;
  4. Detectie en registratie van rijden over de vluchtstrook
  5. Registratie van korte, lichte voertuigen waarbij de nauwkeurigheid van de weging verminderd kan worden;
  6. Verbeterde automatische herkenning van buitenlandse kentekens.
  7. Detectie en identificatie van indicatiebord voor gevaarlijk stoffen
  8. Detectie en identificatie van het nummer op containers
  9. Bandenspanning en detectie van onbrekende banden
  10. Bandentemperatuur, dit is een nice-to-have en in aanvulling op de meting bandenspanning. Het is de verwachting dat dergelijke systemen erg onderhoudsgevoelig zijn.
- Hoewel dit strikt genomen geen functionaliteit of meettechniek betreft, hebben de volgende aspecten wel invloed op het functioneren van de techniek en kwamen ook in de gesprekken met eindgebruikers en betrokkenen steeds naar voren. Voor WIM 2.0 dienen er duidelijke afspraken gemaakt te worden over de aanleg, het beheer, het beheer, het eigendom van de WIM systemen. Het zelfde geldt voor de afspraken over de taken en verantwoordelijkheden voor het verzamelen, opslaan, controleren, analyseren en leveren van de WIM-data.

5.13 Aanbeveling functionele eisen gebruikers

- Zorg in het ontwerp van het WIM 2.0 dat de functionaliteit aansluit bij zo veel mogelijk gebruikers. Hierdoor kunnen de investeringen in de aanleg, beheer en onderhoud van de WIM systemen in principe over meerdere gebruikers en toepassingen verdeeld worden.

- Zorg dat voorafgaande aan de inkoop van WIM 2.0. de eisen en wensen per gebruiker en toepassing opnieuw bepaald worden om zeker te stellen dat ook de laatste inzichten worden meegenomen;
- Ontwikkel een informatieve cursus voor bestaan maar vooral ook mogelijke nieuwe gebruikers van WIM data. Te behandelen onderwerpen kunnen zijn: inwinning van de data (WIM sensoren en metingen), inhoud van de data (elementen van een voertuigregistratie en mogelijke toepassingen van de data (wat kan een gebruiker ermee).

6 Eisen aan WIM 2.0 data

Dit hoofdstuk beschrijft de eisen en wensen van de verschillende eindgebruikers voor de elementen van de door het toekomstige WIM 2.0 systeem vast te leggen data. Op basis van de resultaten van de interviews is voor elk van de eindgebruikers een tabel opgesteld met de data-elementen, de eisen aan de data van het huidige WIM 1.0 en de corresponderende eisen voor het WIM 2.0. Om de controle op volledigheid en correctheid te vergemakkelijken worden steeds per paragraaf de eisen en wensen van één eindgebruiker beschreven. Voor de partijen die wel betrokken zijn bij de aanleg, de operatie en het beheer & onderhoud maar geen directe gebruiker zijn van de WIM data is geen aparte tabel met eisen opgenomen. Voor de volgende eindgebruikers zijn de specificaties opgenomen:

§ 6.1 RWS - WVL
§ 6.2 RWS - VWM
§ 6.3 RWS - GPO - Verhardingen
§ 6.4 RWS – GPO – Kunstwerken
§ 6.5 IL&T
§ 6.6 Landelijke Politie
§ 6.7 Belastingdienst

Als eerstvolgende stap wordt geadviseerd om per eindgebruiker de opgestelde gewenste functionaliteit in detail door te nemen en vast te stellen. De specificaties van de verschillende eindgebruikers kunnen vervolgens samengevoegd worden tot één gemeenschappelijke functionaliteit. Op basis hiervan kan tenslotte een keuze gemaakt worden over welke functionaliteit in het WIM 2.0 geïmplementeerd zal worden.

De eisen aan de diverse metingen zijn onderverdeeld in drie elementen (rijen):

- De maximale onnauwkeurigheid van de meting aangegeven in een maximale afwijking en de bijbehorende betrouwbaarheid;
- De minimale resolutie waarmee het meetresultaat opgeslagen dient te worden;
- Het meetbereik waarbinnen aan de gestelde eisen voldaan dient te worden.

Voorbeeld:

Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	Onnauwkeurigheid Resolutie Meetbereik

In de kolom met de gebruikerseisen kan per element het volgende opgenomen zijn:

- '**eis**' = Specificatie van de eis
- '**-**' = Niet specifiek gespecificeerd door gebruiker
- '**X**' = Eis gelijk aan WIM 1.0
- '**nvt**' = Niet van toepassing voor gebruiker
- '**nice**' = Nice to have maar niet noodzakelijk
- '**Niet**' = Mag voor gebruiker niet in registratie opgeslagen worden

De voor het WIM 1.0 vereiste beschikbaarheid van 97,3% gaat uit van de eis dat een WIM systeem maximaal 10 dagen per jaar buiten bedrijf mag zijn. Voor storingen is uitgegaan van een gemiddelde reparatietijd van maximaal 48 uur. Hierbij is het uitgangspunt dat uiterlijk de dag volgend op de dag van de storing begonnen wordt met het herstel. De gemiddelde maximale duur van een reparatie is gesteld op 24 uur. Uit deze eisen volgt dat een WIS gemiddeld maximaal 5 maal per jaar als gevolg van storingen en reparaties buiten bedrijf mag zijn. Uitgedrukt in een percentage betekent dit een beschikbaarheid van 97,3 %. Het onderhoud kan worden beïnvloed door beschikbaarheid van wegafzettingen en weersinvloeden.

6.1 RWS-WVL

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionele eisen	-	Landelijke dekking Constante data stroom Betrouwbare data Directe toegang tot data
Beschikbaarheid	97,3%	???
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	nvt
Functionaliteit van RTM	X	nvt
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	X
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	X
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100 ms	X X -
Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	X X X
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	X - -
Totaal voertuiggewicht [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	X - > 3,5 ton
Percentage overbelading per as [%]	-	-
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	-
Percentage overbelading totaalgewicht [%]	-	-
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	-
Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	-
Kwaliteit van de weging	-	Indicatie(s) door WIM systeem: betrouwbaarheid van individuele meting

		Uit database: overzicht gemiddelde kwaliteit: 1 x per maand?
Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	Nodig voor kwaliteitscontrole
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	> 15 assen -
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	- - > 14 afstanden
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 cm voor 95% 1 cm -	X X -
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	X X -
Afstand tot voorganger [m]	±5 cm voor 95% 1 cm 4 < x < 200 m	nvt nvt nvt
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	VA,TO, B, O incl. # assen en asgroepen voor 'O' Voldoende?
Kwaliteit van de categorisering	-	X
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	nvt nvt nvt
Continu registratie van aslasten bij file	-	nvt
Registratie rijden over de vluchtstrook		nvt
Bandenconfiguratie	-	X
Bandenspanning	-	X
Melding te hoge/lage bandenspanning	-	X
Bandentemperatuur	-	nvt
Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	nvt nvt nvt
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van voertuig	Grootte < 50 kB - v < 120 km/u	Voldoende voor toepassing AI voor herkenning van (over-)belading

Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	Niet, ivm. privacy
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	nvt
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Ontheffing speciale transporten (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	Niet, i.v.m. privacy
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	Niet, i.v.m. privacy
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	nvt
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	Niet, i.v.m. privacy
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	X
Code gevaarlijke stoffen	-	X
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	X
Afbeelding van ID-nummer op container	-	X
ID-nummer op container	-	X
Kwaliteit van de nummer herkenning	-	X
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken Indicatie rijden op vluchtstrook	In indicatie van betrouwbaarheid van WIM In indicatie van betrouwbaarheid van WIM

6.2 RWS-VWM

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionele eisen	-	Landelijke dekking Constante data stroom Betrouwbare data **Geen** directe toegang tot data
Beschikbaarheid	**97,3%**	**???**
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	nvt
Functionaliteit van RTM	X	nvt
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	-
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	-
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100	X X X
Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	X - X
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	X - -
Totaal voertuiggewicht [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	X - X
Percentage overbelading per as [%]	-	X
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	X
Percentage overbelading totaalgewicht [%]	-	X
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	X
Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	X

Kwaliteit van de weging	-	Uit database: overzicht gemiddelde kwaliteit: 1 x per maand?
Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	-
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	X -
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	- - -
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 voor 95% 1 cm -	- - -
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	X X -
Afstand tot voorganger [m]	±5 voor 95% 1 cm 4 < x < 200 m	nvt nvt nvt
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	VA,TO, B, O incl. # assen en asgroepen voor 'O' -
Kwaliteit van de categorisering	-	-
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	- - -
Continu registratie van aslasten bij file	-	nvt
Registratie rijden over de vluchtstrook		nvt
Bandenconfiguratie	-	nice
Bandenspanning	-	nice
Melding te hoge/lage bandenspanning	-	nice
Bandentemperatuur	-	nvt
Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	nvt nvt nvt
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van	Grootte < 50 kB -	- -

voertuig	v < 120 km/u	-
Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	Niet, i.v.m. privacy
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	nvt
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	-
Ontheffing speciale transporten (RDW)	-	-
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	Niet, i.v.m. privacy
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	Niet, i.v.m. privacy - -
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	nvt
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	-
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	Niet, i.v.m. privacy
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	-
Code gevaarlijke stoffen	-	-
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	-
Afbeelding van ID-nummer op container	-	-
ID-nummer op container	-	-
Kwaliteit van de nummer herkenning	-	-
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken Indicatie rijden op vluchtstrook	- -

6.3 RWS-GPO- Verhardingen

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionele eisen	-	Landelijke dekking Constante data stroom Betrouwbare data Directe toegang tot data Overzicht kwaliteit: > 1 x per maand
Beschikbaarheid	**97,3%***	**???**
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	nvt
Functionaliteit van RTM	X	nvt
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	X
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	X
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100	X X -
Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	X X X
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	X - -
Totaal voertuiggewicht [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	X X X
Percentage overbelading per as [%]	-	-
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	-
Percentage overbelading totaalgewicht [%]	-	-
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	-

Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	-
Kwaliteit van de weging	-	Door WIM systeem: betrouwbaarheid van individuele meting Uit database: overzicht gemiddelde kwaliteit: ten minste 1 x per maand
Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	Nodig voor kwaliteitscontrole
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	> 9 assen X
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	> 8 afstanden X -
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 voor 95% 1 cm -	X X -
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	X X 5.0 < x < 40 m (INWEVA Cat. L2 en L3) x<5.0 is een 'nice to have'
Afstand tot voorganger [m]	±5 voor 95% 1 cm 4 < x < 200 m	Nodig? X Voldoende?
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	VA,TO, B, O incl. # assen en asgroepen voor 'O' X
Kwaliteit van de categorisering	-	-
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	- - x>10 km/u
Continu registratie van aslasten bij file	-	nvt
Registratie rijden over de vluchtstrook		nvt
Bandenconfiguratie	-	nice
Bandenspanning	-	nice
Melding te hoge/lage bandenspanning	-	ntv

Bandentemperatuur	-	nice
Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	- - -
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van voertuig	Grootte < 50 kB - v < 120 km/u	nvt nvt nvt
Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	Niet, i.v.m. privacy
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	nvt
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	Niet, i.v.m. privacy
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	Niet, i.v.m. privacy
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	Niet, i.v.m. privacy
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	nvt
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	Niet, i.v.m. privacy
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	nvt
Code gevaarlijke stoffen	-	nvt
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	nvt
Afbeelding van ID-nummer op container	-	nvt
ID-nummer op container	-	nvt

Kwaliteit van de nummer herkenning	-	nvt
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken Indicatie rijden op vluchtstrook	- -

6.4 RWS-GPO-Kunstwerken

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionele eisen	-	Landelijke dekking Constante data stroom Betrouwbare data Directe toegang tot data Overzicht kwaliteit: 1 x per maand
Beschikbaarheid	**97,3%****	**???**
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	X
Functionaliteit van RTM	X	X, ook niet overbeladen vrachtwagens
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	X
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	X
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100	X X 1/100 sec
Last per as* [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	±10% voor 98% 20 kg alleen voor aslasten >10 ton
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	X - -
Totaal voertuiggewicht* [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	±5% voor 98% 100 kg alleen voor gewichten > 40 ton
Percentage overbelading per as [%]	-	-
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	-
Percentage overbelading gewicht [%]	-	-
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	-

Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	-
Kwaliteit van de weging	-	Door WIM systeem: betrouw-baarheid van individuele meting Uit database: overzicht gemiddelde kwaliteit: 1 x per maand?
Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	Nodig voor kwaliteitscontrole
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	max. 30 assen X
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	X X max. 29 afstanden
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 voor 95% 1 cm -	X X -
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	X X
Afstand tot voorganger [m]	±5 voor 95% 1cm 4 < x < 200 m	X X X
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	VA,TO, B, O incl. # assen en asgroepen voor 'O' X
Kwaliteit van de categorisering	-	X
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	- 1.0 km/u >5 km/u
Continu registratie van aslasten bij file	-	X, indien v<5 km/u. Data formaat nader te specificeren
Registratie rijden over de vluchtstrook		nvt
Bandenconfiguratie	-	nice
Bandenspanning	-	nice
Melding te hoge/lage bandenspanning	-	ntv
Bandentemperatuur	-	nice

Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	???
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van voertuig	Grootte < 50 kB - v < 120 km/u	X, asconfiguratie herkenbaar en in kleur bij daglicht
Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X X
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	nvt
Code gevaarlijke stoffen	-	nvt
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	nvt
Afbeelding van ID-nummer op container	-	nvt
ID-nummer op container	-	nvt
Kwaliteit van de nummer herkenning	-	nvt
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken	X, nader te specificeren

6.5 IL&T

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionele eisen	-	Functionaliteit gelijk aan WIM 1.0 Landelijke dekking Constante data stroom Betrouwbare data Directe toegang tot data
Beschikbaarheid	97,3%*	???
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	X
Functionaliteit van RTM	X	X, functionaliteit nader te specificeren
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	X
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	X
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100	X X -
Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	X X X
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	X - -
Totaal voertuiggewicht [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	X - X
Percentage overbelading per as [%]	-	X
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	X
Percentage overbelading gewicht [%]	-	X
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	X
Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	X

Kwaliteit van de weging	- -	Door WIM systeem: betrouw-baarheid van individuele meting Uit database: overzicht gemiddelde kwaliteit: 1 x per maand?
Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	Indien mogelijk, nodig voor kwaliteitscontrole
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	X -
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	- - -
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 voor 95% 1 cm -	X X -
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	X X -
Afstand tot voorganger [m]	±5 voor 95% 1 cm 4 < x < 200 m	- - -
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	VA,TO, B, O incl. # assen en asgroepen voor 'O' -
Kwaliteit van de categorisering	-	X
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	X X X
Continu registratie van aslasten bij file	-	nvt
Registratie rijden over de vluchtstrook		X
Bandenconfiguratie	-	Nice
Bandenspanning	-	Nice
Melding te hoge/lage bandenspanning	-	Nice
Bandentemperatuur	-	Nice
Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	- - -
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van	Grootte < 50 kB	X, voldoende voor herkenning van voertuig

voertuig	- v < 120 km/u	
Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Ontheffing speciale transporten (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	nvt
Code gevaarlijke stoffen	-	nvt
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	nvt
Afbeelding van ID-nummer op container	-	nvt
ID-nummer op container	-	nvt
Kwaliteit van de nummer herkenning	-	nvt
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken Indicatie rijden op vluchtstrook	- -

6.6 Landelijke Politie

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionaliteit		Landelijke dekking Betrouwbare data Overzichten van overbelading
Beschikbaarheid	97,3%*	>90%
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	X
Functionaliteit van RTM	X	X, functionaliteit nader te specificeren
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	X
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	X
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100	X X -
Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	X X > 1,0 ton, indien mogelijk ook met lagere nauwkeurigheid
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	X - -
Totaal voertuiggewicht [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	X - >3,5 ton, indien mogelijk ook met lagere nauwkeurigheid
Percentage overbelading per as [%]	-	X
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	X
Percentage overbelading gewicht [%]	-	X
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	X
Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	X

Kwaliteit van de weging	- -	Door WIM systeem: betrouw-baarheid van individuele meting Uit database: overzicht gemiddelde kwaliteit: 1 x per maand?
Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	Indien mogelijk, nodig voor kwaliteitscontrole
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	X -
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	- - -
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 voor 95% 1 cm -	X X -
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	X X > 5.0 m, ook bestelbusjes
Hoogte van voertuig [cm]	±5% voor 95% 1 cm > 3.0 m	Nice - ?
Breedte van voertuig [cm]	±5% voor 95% 1 cm > 3.0 m	Nice - ?
Afstand tot voorganger [m]	±5 voor 95% 1 cm 4 < x < 200 m	- - -
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	VA,TO, B, O incl. # assen en asgroepen voor 'O' -
Kwaliteit van de categorisering	-	-
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	X X Registratie van vrachtwagens met v>94 km/u
Continu registratie van aslasten bij file	-	nvt
Registratie rijden over de vluchtstrook		X
Bandenconfiguratie	-	Nice
Bandenspanning	-	Nice

Melding te hoge/lage bandenspanning	-	Nice
Bandentemperatuur	-	Nice
Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	- - -
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van voertuig	Grootte < 50 kB - v < 120 km/u	X, voldoende voor herkenning van voertuig
Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	-
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Ontheffing speciale transporten (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	-
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	-
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	-
Code gevaarlijke stoffen	-	-
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	-

Afbeelding van ID-nummer op container	-	nvt
ID-nummer op container	-	nvt
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken Indicatie rijden op vluchtstrook	X X

6.7 Belastingdienst

Element in Voertuigregistratie	Eisen WIM 1.0	Eisen WIM 2.0
Functionele eisen	-	Ook registraties zonder weging Landelijke dekking Betrouwbare data
Beschikbaarheid	97,3%*	X
Maximale tijd tot weergave op Real Time Monitor	< 15 sec.	nvt
Functionaliteit van RTM	X	X, functionaliteit nader te specificeren
Verkeersintensiteit; # voertuigen	< 100.000 per dag < 12.000 per uur	- -
Verkeersintensiteit; # vrachtvoertuigen	< 10.000 per dag < 1.200 per uur	- -
Uniek registratie nummer	X	X
locatie [in BPS]	Wegnummer, hectometer, rijrichting, rijstrook	X
Datum en tijdstip van passage	jjjj-mm-dd uu:mm:ss:hh 100	X X -
Last per as [kg]	±15% voor 95% 10 kg 5<x<15 ton	nvt nvt nvt
Last per asgroep [kg] (indien aanwezig)	±12% voor 95% 10 kg -	nvt nvt nvt
Totaal voertuiggewicht [kg]	±10% voor 95% 10 kg >10 ton	nvt nvt > 3,5 ton
Percentage overbelading per as [%]	-	nvt
Percentage overbelading per asgroep [%]	-	nvt
Percentage overbelading gewicht [%]	-	nvt
Overbelading berekend op basis van voertuigcategorie	X, indien geen kenteken gelezen	nvt
Overbelading berekend op basis van RDW kenteken gegevens	X, indien kenteken correct gelezen	nvt
Kwaliteit van de weging	- -	nvt nvt

Invoer Statische weging via Real Time Monitor	-	nvt
Aantal assen	Max. 9 assen 99% correct	X X
Aantal asgroepen	-	In voertuig subcategorie
Asafstanden [cm]	±2,5% voor 95% 1 cm -	nvt nvt nvt
Afstand voorkant tot 1e as [cm]	±25 voor 95% 1 cm -	nvt nvt nvt
Voertuiglengte [cm]	±5% voor 95% 1 cm 7.0 < x < 40 m	nvt nvt > 7 m
Afstand tot voorganger [m]	±5 voor 95% 1 cm 4 < x < 200 m	nvt nvt nvt
Voertuigcategorie	Categorie + subcategorie 95% correct	nvt nvt nvt
Kwaliteit van de categorisering	-	nvt
Snelheid tijdens passage [km/u]	±3% voor 95% 1.0 km/u 50<x<120 km/u	nvt nvt nvt
Continu registratie van aslasten bij file	-	nvt
Registratie rijden over de vluchtstrook		X
Bandenconfiguratie	-	nvt
Bandenspanning	-	nvt
Melding te hoge/lage bandenspanning	-	nvt
Bandentemperatuur	-	nvt
Temperatuur van asfalt [°C]	±1°C 1°C -25°C <x<+70°C	nvt nvt nvt
Overzichtsafbeelding met voor- en zijkant van voertuig	Grootte < 50 kB - v < 120 km/u	X, voldoende voor herkenning van voertuig en kenteken

Afbeelding van kenteken-plaat aan voorkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan voorkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Ontheffing speciale transporten (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens trekkend voertuig (RDW)	-	X
Afbeelding van kenteken-plaat aan achterkant voertuig	80% detectie - Afstand > 10 m	X
Kentekennummer aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Landcode kenteken aan achterkant voertuig	99,8% correcte herkenning	X
Kwaliteit van de kentekenherkenning	-	X
Voertuiggegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X, formaat nader te specificeren
Eigenaargegevens getrokken voertuig (RDW)	-	X
Afb. van PLC-Pictogram gevaarlijke stoffen	-	nvt
Code gevaarlijke stoffen	-	nvt
Kwaliteit van de PLC-herkenning	-	nvt
Afbeelding van ID-nummer op container	-	nvt
ID-nummer op container	-	nvt
Kwaliteit van de nummer herkenning	-	nvt
Waarschuwingen en/of foutmeldingen	Indicatie rijden op 2 rijstroken Indicatie rijden op vluchtstrook	nvt nvt

6.8 Referenties

- Andeweg, G., (2010). Memo: 'Bridge-WIM, Test A12', Rijkswaterstaat (RWS), Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft, Nederland
- Antofie, A., Boreaux, J., Corbaye, D., (2019), "Approach of the Walloon Legal Metrology (Belgium) for WIM Free-flow Direct Enforcement", proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic;
- ASTM-E1318 (2009), Standard specification for highway Weigh-In-Motion (WIM) systems with user requirements and test methods, E1318-09, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA, USA;
- Beer, M. de, (2008). Stress In Motion (SIM) – A new tool for road infrastructure protection?. Paris, France, 5th International Conference on Weigh-In-Motion.
- Bosso, M., Vasconcelos, K. & Bernucci, L., (2016). Weigh-In-Motion system to monitor overloading in a Brazilian heavy traffic highway. Foz do Iguacu, Brazil, 7th International Conference on Weigh-in-Motion.
- Burdie, (2022). Addendum garantieverklaring Burdie BV; Eisen ten aanzien van de ondergrond condities bij het installeren van het Kistler meetsysteem t.b.v. een WIM in een asfaltconstructie.
- Burnos, P. & Rys, D., (2017). The Effect of Flexible Pavement Mechanics on the Accuracy of Axle Load Sensors in Vehicle Weigh-in-Motion Systems.
- Cebon, D. (1999), 'Handbook of Vehicle-Road Interaction', 'Vehicle Dynamics', Chapter 8, ISBN 9026515545, Swets & Zeitlinger BV, Lisse, The Netherlands;
- COST-323 (1999), European Specification on Weigh-in-Motion of Road Vehicles, EUCO-COST /323/8/99, LCPC, Paris, August, 66 pp.;
- DIVINE, (1998). Dynamic Interaction between Vehicles and Infrastructure Experiment (DIVINE project), Final Report DSTI/DOT/RTR/ IR6(98)1/FINAL;
- Doupal E., Kriz I., Stamberg R. & Cornu D. (2012), "One year "WIM direct enforcement experiences in the Czech Republic", ICWIM-6, Dallas, Texas, USA;
- Dyukov, A., Koniditsiotis, C., (2016). Accuracy of Mass Sensor Units (MSUs) used for On-Board Mass (OBM) Monitoring, ICWIM-6, Dallas, Texas, USA;
- Eijkelenkamp, K., (2015). Aanpak Overbelading Bedrijven, Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), V&W, 2015.
- Eurocode 1, EN 1991, (2009). Actions on structures, Part 2: Traffic loads on bridges. Brussels: CEN.
- FHWA, (Federal Highway Administration), (2010), LTPP Program; Information Management System, IMS Quality Control Checks, Virginia, USA;

- FHWA, (Federal Highway Administration), (2017), Long Term Pavement Performance (LTPP) Program, FHWA-HRT-15-049, US Dept. of Transportation, USA;
- Fucik, O., Doupal, E., Juhas, M., (2019), "WIM Enforcement Systems – Five Years' in the Field Experience", proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic;
- Guerson, L., Tani, V., De Mori, F., (2019). Brazilian National Program for Vehicle Overload Prevention, proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic;
- Groenendijk, J., van Doorn, R., (2001), 'Annual maintenance costs for the Dutch road network resulting from the overloading of trucks', Rijkswaterstaat, Min. V&W;
- Groenendijk, J., (2023). Onderzoek Organisatie WIM 2.0, TwynstraGudde, Amersfoort, The Netherlands.
- ISWIM, International Society for Weigh-In-Motion, (2019). Guide for Users of Weigh-In-Motion, An introduction to Weigh-In-Motion, www.is-wim.net.
- ITF, International Transport Forum, (2018), "Polices to Extend the Life of Road Assets", ITF Research Reports, OECD Publishing, Paris.
- IVW, (2003). Werkplan Wim7 2003, Inspectie Verkeer en Waterstaat, Divisie Vervoer.
- Jacob, B., van Loo, H., (2008). Weigh-In-Motion for Enforcement in Europe. Paris, France, 5th International Conference on Weigh-In-Motion.
- Jacob, B., Dolcemascolo, V. (2019). French Policy to Prevent Overloading, proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic;
- Jones, M., (2008). Targeted roadside enforcement using WIM and ANPR. VOSA. Paris, France, 5th International Conference on Weigh- In-Motion.
- Karabacak, D.M, O'Dowd, J.A., (2019). Asphalt Embedded Fibre Optic Weigh-In-Motion Technology, proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic.
- Klein, E., Purson, E., Simon, D., Jacob, B., (2019), "High Speed Weigh-In-Motion Road Tests in France", proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic;
- KOAC-NPC, (2015). Rapportage mechanisch onderzoek Burdie Roadsafe, in opdracht van RWS-CIV, project: e150268301, 2015.
- Koniditsiotis, C. (2005), "Intelligent Access Program (IAP)", Presentation to ITE, Transport Certification Australia Limited (TCA), Melbourne, Australia;
- Koniditsiotis, C., Coleman, S., Cai, D., (2012). Bringing heavy vehicle on-board mass monitoring to market. Dallas, Texas, Hoboken: Wiley.
- Gordon, J., (2019), "Learnings from On-Board Mass Type Approvals", proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic
- Lees, A., van Loo, H., (2016). Quality Checks for Weigh-In-Motion Data in Europe. 7th International Conference on Weigh-in-Motion. Foz do Iguacu, Brazil.

- Loo, H. van, (2007). Inventory of suitable bridges in the province South Holland, The Netherlands, Kalibra International, Delft, The Netherlands
- Loo van, H., Guerson, L., (2014). Methology for WIM Data Quality Management. DNIT, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Brazil.
- Loo van, H., (2020-1). Final Report for the Implementation of Weigh-In-Motion (WIM) Systems in the Republic of Serbia, Public Enterprise Roads of Serbia (PERS).
- Loo van, H., (2020-2). Final Report for an Overload Control Strategy using Weigh-In-Motion (WIM) Systems, Roads Department of Georgia, Georgia
- Malhotra, R., Tyler Haichert, T. (2019). Applying Dynamic Tire Anomaly Detection to Driver Safety, 26th ITS World Congress, Singapore, 2019, PaperID AM-CP2332
- MIM, Minister van Infrastructuur en Milieu, (2011), Beleidsregel last onder dwangsom Wet wegvervoer goederen overbelading, Staatscourant, Nr.23236, dec. 2011.
- Moses, F., (1979). Weigh-In-Motion system using instrumented bridges. ASCE Transportation Engineering Journal, 105(3), pp. 233-249.
- Nichols, A., Bullock, D., (2004). Quality Control Procedures for Weigh-in-Motion data, FHWA/IN/JTRP-2004, Washington: Joint Transportation Research Program.
- NMI Certin b.v., (2016), NMi International WIM Standard, Specifications and test procedures for WIM-Systems, NMi Certin, Dordrecht, Netherlands, www.nmi.nl;
- Nordengen, P.A., Naidoo, O.J. (2014), "Evaluation of the Road Transport Management System, a self-regulation initiative in heavy vehicle transport in South Africa", Transport Research Arena 2014, Paris;
- O'Brien, E. J., Žnidarič, A., Ojio, T., (2008). Bridge Weigh-in-Motion – Latest developments and applications world wide. Paris, LCPC, pp. 39-56;
- OIML R134-1 (2006), International Recommendation: Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads, Part 1: Metrological and technical requirements – Tests;
- Oosterman, C., Van Loo, H., (2017). Implementation of Weigh-In-Motion Systems for Direct Enforcement of Overloading, ITS World Congress, Montreal, Canada;
- Otto, G., Franceschi, L., Tani, V., (2019), 'Impacts of the Lack of Weight Enforcement on Maintenance Costs of the Brazilian Roadway Network', 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic;
- Panteia, (2022). Belasting en overbelading (middel-)zwaar wegtransport hoofdwegennet, Zoetermeer, The Netherlands;
- REMOVE (2006), 'Final report of work packages 1–4', EU DG TREN Grant Application project, Report number TREN-03-ST-S07.30766;
- REMOVE-WP4, (2005). REMOVE project, Work Package 4, "Cost-Benefit Analysis", EU DG TREN Grant Application project, Report number TREN-03-ST-S07.30766;

- Ronay-Tobel, B., Mikulas, R., Katkics, A., Toldi, M. (2019), "Weight Enforcement Network of Hungary", proceedings of ICWIM-8, Prague, Czech Republic;
- RWG, (2017). Regeling tot uitvoering van de Wet wegvervoer goederen (Regeling wegvervoer goederen), Artikel 15 'Vrachtbrief', de Minister van Verkeer en Waterstaat, www.wetten.overheid.nl/BWBR0025704/2017-04-01#Hoofdstuk6;
- RWS/DID, (2012). Weigh-In-Motion Inwinstation - Systeem Subsysteem Specificatie (SSS), Mogelijkheden, prestatie- en kwaliteitseisen, RWS-DID, 2012.
- RWS/WVL, (2021). Offerteaanvraag Pilot Intelligente Toegang Bijzonder Wegtransport (PITbw), Bijlage A: Vraagspecificatie, Utrecht, Nederland.
- Saan, H. van, Loo, H. van, (2002). Weigh-in-Motion projects in Netherlands. Orlando, Florida, USA, 3rd Int. Conference on Weigh- in-Motion.
- Sopers, J. (2008). 'Kwalificering Effecten Overbelading Vrachtverkeer', RWS – Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft, Nederland.
- Southgate, H., (1999). Quality Assurance of Weigh-In-Motion Data, FHWA Contract No. DTFH61-P-00724
- Stanczyk, D., Geroudet, B., Thiounn, C., (2008). Pre-selection of Overloaded Vehicles. Paris, France, 5th International Conference on Weigh-In-Motion.
- WAVE, (2002). Weigh-in-Motion of Axles and Vehicles for Europe, General report. Paris: LCPC.
- Wet, G. de, (2010), "Post-calibration and quality management of weigh-in-motion traffic data, (full thesis)", Stellenbosch University, South Africa;
- Žnidarič, A., Lavrič, I., Kalin, J., (2002). The Next Generation of Bridge Weigh-in-Motion Systems. Orlando, USA, 3rd International Conference on Weigh-in-Motion.
- Znidaric, A. (2007), On Soft Load Testing Results on Six Bridges in the Netherlands, Report No. P 670/1627/07T, ZAG, Ljubljana, Slovenia.
- Znidaric, A. (2012), Modelling Traffic Loads on Bridges – a Simplified Approach, In: 6th International Conference on Weigh-In-Motion, Dallas, USA.
- Žnidarič, A., Kalin, J., Kreslin, M., (2017). Improved accuracy and robustness of bridge weigh-in-motion systems. Structure and Infrastructure Engineering.