

ONDERZOEKSRAPPORT

Met voertuigdata op weg naar een beter onderhouden weg

Of is er nog een lange weg te gaan?

P. Plas

Referentie: PIETERTPRP1906030936

Status: Finale versie

Datum: 3 juni 2019



Titel document: Met voertuigdata op weg naar een beter onderhouden weg

Ondertitel: Voertuigdata voor beheer en onderhoud
Referentie: PIETERTPRP1906030936
Status: Finale versie
Datum: 3 juni 2019
Projectnaam: Afstuderen
Projectnummer: Pieter Plas
Auteur(s): S1090640
Afstudeerbegeleider: Armand Gijsman
Bedrijfsbegeleider: Evert Klem

Opgesteld door: Pieter Plas

Gecontroleerd door:

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door:

Datum/Initialen:

Classificatie

Open



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Voorwoord

Geachte lezer,

Voor u ligt de scriptie 'Slimmer beheer en onderhoud door het gebruik van voertuigdata'. Het onderzoek naar de mogelijkheden van voertuigdata voor beheer en onderhoud is uitgevoerd bij adviesbureau Royal HaskoningDHV te Amersfoort. Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Ruimtelijke Ontwikkeling – Mobiliteit aan de Hogeschool Windesheim te Zwolle. Vanaf januari 2019 tot en met juni 2019 ben ik bezig geweest met het uitvoeren van mijn onderzoek en het schrijven van deze scriptie.

Samen met mijn afstudeerbegeleider, Evert Klem, heb ik de onderzoeksvraag voor het onderzoek bedacht. Het onderzoek dat ik heb uitgevoerd was complex. Vooraf hadden Evert en ik geen idee wat het verloop van het onderzoek zou worden. Na voornamelijk kwalitatief onderzoek en een gedeelte kwantitatief onderzoek heb ik mijn hoofdvraag kunnen beantwoorden. Tijdens het uitvoeren van mijn onderzoek stonden mijn begeleiders, Evert Klem vanuit Royal HaskoningDHV, en Armand Gijsman als begeleider vanuit Windesheim altijd voor mij klaar. Zij hebben steeds mijn vragen beantwoord waardoor ik verder kon met het uitvoeren van mijn onderzoek.

Middels dit voorwoord wil ik graag mijn begeleiders bedanken voor de fijne begeleiding en de goede ondersteuning tijdens mijn afstudeeronderzoek. Ik ben Evert dankbaar voor zijn kennis en kunde, Evert heeft mij altijd de juiste kant op kunnen sturen wanneer ik vastliep. Daarnaast ben ik uiteraard Armand dankbaar voor de nuttige sessies waarbij we helder hebben kunnen nadenken over het onderzoeksdoel en hoe ik dit nog steeds kan behalen. Ook wil ik eenieder bedanken die mee heeft geholpen aan dit onderzoek door open te staan voor interviews.

Tevens wil ik mijn collega's bij Royal HaskoningDHV bedanken voor de fijne samenwerking. Het was fijn om op een zodanige sfeervolle afdeling aan mijn onderzoek te werken. Samen met professionele collega's waarbij ik kon nadenken over mijn onderzoek. Ook van mijn vrienden heb ik wijze raad mogen ontvangen. Zij hebben mij moreel ondersteund tijdens het uitvoeren van mijn onderzoek. Tot slot wil ik mijn ouders in het bijzonder bedanken. Hun interesse, geduld en motiverende woorden hebben mij geholpen om dit onderzoek tot een einde te brengen.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Pieter Plas

Amersfoort, 3 juni 2019

Samenvatting

De laatste jaren neemt het aantal verkeersslachtoffers toe. Eén van de oorzaken van deze ongevallen zijn gebreken aan de weginfrastructuur waarvoor de wegbeheerder aansprakelijk gesteld kan worden. De wegbeheerder wil deze ongevallen voorkomen en hanteert daarom beheer- en onderhoudsprocessen om het wegennet in topconditie te houden. Onderdeel van deze beheer- en onderhoudsprocessen zijn strenge richtlijnen die gesteld zijn door het CROW. Deze richtlijnen geven in millimeters nauwkeurig aan hoe groot een asfaltschade mag zijn. De huidige monitoringen op de wegennetkwaliteit zijn oud en worden vanwege de kosten slechts jaarlijks uitgevoerd waardoor er geen actueel beeld is van het areaal.

Naast het toenemende aantal verkeersslachtoffers staat ook de toename van het aantal voertuigen die connected zijn centraal. Deze voertuigen verzamelen een continue stroom aan voertuigdata over bijvoorbeeld snelheid en wielspin, die bijvoorbeeld ingezet kunnen worden voor beheer- en onderhoudsprocessen van de wegbeheerder als indicatie van de stroefheid van een wegvak. De verwachtingen van het gebruik van voertuigdata onder wegbeheerders zijn hoog doordat de wegbeheerders graag een actueel inzicht willen hebben van hun netwerk.

Met dit onderzoek is achterhaald in welke mate voertuigdata bij kunnen dragen aan het eerder opmerken van gevaarlijke situaties die ontstaan zijn door slechte wegdekwaliteit. Het doel van het onderzoek is om de verkeersveiligheid te vergroten, door de asfaltschades eerder inzichtelijk te maken. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

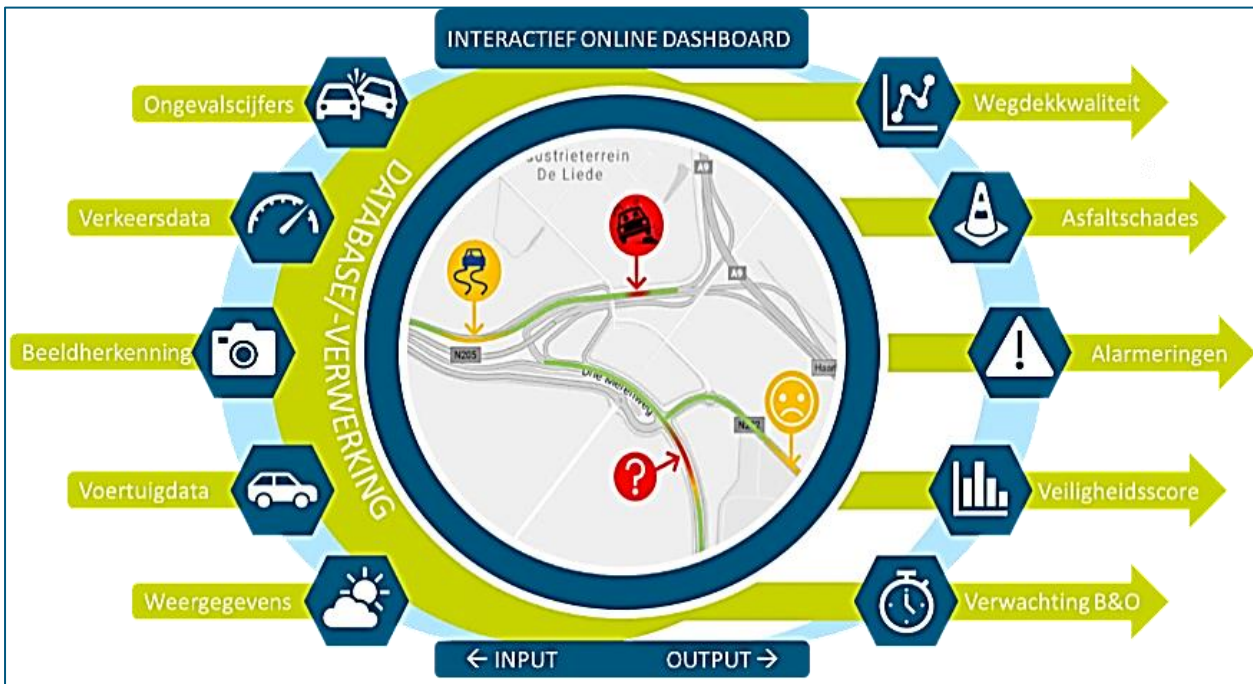


VRAAGSTELLING:

In welke mate kan voertuigdata bijdragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen?

Om een antwoord op deze vraag te kunnen geven is er een literatuuronderzoek uitgevoerd, zijn er interviews gehouden met wegbeheerders en verschillende experts en is er tenslotte ook een praktijkonderzoek met voertuigdata gehouden. Uit het onderzoek is gebleken dat de verwachtingen van voertuigdata onterecht hoog zijn. Voertuigdata hebben potentie maar kan niet de huidige monitoringsprocessen van de wegbeheerder overnemen. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de strenge richtlijnen van het CROW waaraan de wegbeheerders zich moeten houden. Ook is gebleken dat voertuigdata nog onnauwkeurig zijn. Voertuigdata zijn erg complex en losstaand weinigzeggend. Om conclusies te kunnen trekken uit voertuigdata moeten verschillende parameters (bijvoorbeeld wielspin en stuurwieluitslag) en andere data (bijvoorbeeld weergegevens) met elkaar gecombineerd worden.

Voertuigdata kunnen bijdragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen door het indiceren van locatie specifieke afwijkingen in rijgedrag. Deze afwijkingen kunnen voor een weginspecteur en de wegbeheerder een reden zijn om deze locatie verder te inspecteren of een nauwkeurige monitoring toe te passen. Voertuigdata kunnen in een interactief online dashboard (zie Figuur 1) aan de wegbeheerder gepresenteerd worden zodat de wegbeheerder op elk moment van de dag kan kijken hoe de kwaliteit van het wegdek is, of er asfaltschades zijn en wat de verwachtingen zijn voor het beheer en onderhoud. Voertuigdata zijn niet de enige input voor het interactief online dashboard. Hierin kunnen ook ongevalscijfers, verkeersdata, beeldherkenning en weergegevens in verwerkt worden.



Figuur 1 Interactief online dashboard

Op basis van dit onderzoek wordt aanbevolen voertuigdata te gebruiken als indicator voor mogelijke afwijkingen in de wegdekkwaliteit. Belangrijk hierbij is dat de verkeersveiligheid nog steeds gegarandeerd wordt en de weginspecteur locatiegerichte monitoringen kunnen uitvoeren. Eventueel vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op het verband tussen verschillende parameters (bijv. Wielspin/schokdempers) uit voertuigdata. Ook zou vervolgonderzoek zich kunnen richten op het mogelijk versoepelen van de richtlijnen aangezien er een frequentere monitoring is van het wegennet door het gebruik van voertuigdata.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Probleembeschrijving	8
1.3	Afbakening	9
1.4	Doelstelling	10
1.5	Vraagstelling	10
1.6	Deelvragen	10
1.7	Leeswijzer	10
2	Methodologie	11
2.1	Dataverzameling	11
2.2	Onderzoeksverloop	12
2.3	Contactpersonen	13
3	Voertuigen als rijdende sensoren	14
3.1	Sensordata	15
3.2	Het inwinnen van voertuigdata	15
3.3	Kwaliteit van voertuigdata	17
4	Werkprocessen van de wegbeheerder	21
4.1	Assetmanagement	21
4.2	Huidige werkprocessen wegbeheerder	23
4.3	Voertuigdata om afwijkingen aan te tonen	26
5	Voertuigdata gebruiken om afwijkingen aan te tonen	34
5.1	Een noemenswaardige afwijking	34
5.2	Oorzaken bepalen	35
5.3	Interactief online dashboard	37
5.4	Blik op de toekomst	38
6	Conclusie	39
6.1	Beantwoording deelvragen	39
6.2	Beantwoording hoofdvraag	41
7	Aanbevelingen	42
7.1	Advies	42
7.2	Vervolgonderzoek	43
7.3	Discussie	43
8	Bibliografie	45
	Figuren en tabellen	47
Bijlagen		
A1	Asfaltschades	50
A2	Richtlijnen asfaltschades	52
A3	Asfaltschades en voertuigdata	55
A4	Vervanging of aanvulling voertuigdata	64
A5	Beeld bij incidenten	71

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De laatste jaren is het aantal verkeerslachtoffers gestegen, in 2018 waren er zelfs 11 procent meer verkeersdoden te betreuen dan in 2017 (CBS, 2019). Om te voorkomen dat het aantal verkeerslachtoffers in de toekomst nog verder zal stijgen, willen wegbeheerders extra inzetten op verkeersveiligheid om zo het aantal verkeerslachtoffers te verminderen. De wegbeheerder wil dit onder andere gaan doen door het voorkomen van verkeersongelukken die veroorzaakt worden door gebrekkig wegonderhoud.

Naast de groei van het aantal verkeerslachtoffers in Nederland staat ook de groei van het belang van data voor verkeer en vervoer (zeker voor de wegbeheerder) centraal. Voorheen domineerden weggebonden meetsystemen zoals meetlussen. Nu worden mobiele telefoons als databron gezien waardoor zelfs nieuwe mogelijkheden ontstaan voor het verzamelen van data (denk hierbij aan floating car-data i.p.v. meetlussen). Ook is het mogelijk om data over de snelheid of slippende wielen uit sensoren in het voertuig te halen. De voordelen van data uit voertuigen zijn een actueler inzicht van het areaal, lagere onderhoudskosten door het eerder in kunnen grijpen, meer lokale informatie en nieuwe inzichten uit de sensoren die voorheen niet beschikbaar waren zoals wielspin en snelheid (Royal HaskoningDHV, 2019).



Figuur 2 Mogelijke parameters voertuigdata (NDW, 2018)

De Provincie Overijssel heeft Royal HaskoningDHV opdracht gegeven om een dashboard te ontwikkelen waarin afwijkingen in de wegstatus (bijv. een gat in de weg) inzichtelijk zijn. Hiervoor wordt CAN-data uit voertuigen gelezen. Het bedrijf V-Tron kan data zoals wielspin, snelheid, knipperlichten en verlichting uit het voertuig halen. Vanuit de aanvullende Mobileye ADAS-functionaliteit in het voertuig is er ook beschikking over data zoals acceleratie, Lane Keeping, kwaliteit van belijning en verkeersborden (V-tron, 2018).

Royal HaskoningDHV heeft de opdracht gekregen na te denken over het gebruik van deze data. In dit onderzoek wordt gekeken naar de verbanden tussen verschillende CAN-data (Wielspin en Snelheid zijn namelijk losstaande waarden, maar wat is hier het verband tussen) en hoe dit de wegbeheerder helpt in zijn werkprocessen. Ook wordt in dit onderzoek onderzocht of het lukt om op basis van verschillende data afwijkingen te vinden in de wegkwaliteit en hoe dit gepresenteerd kan worden aan de wegbeheerder.

Kort samengevat; de Provincie Overijssel wil een dashboard waarop staat waar welke bijzonderheden zijn geconstateerd (bijv. Extreme remacties of sturbewegingen) en waar mogelijk sprake is van een technisch mankement (fysiek: gat in de weg, verkeer: wachtrij die te laat wordt opgemerkt of weersomstandigheden: water op de rijbaan waardoor er veel afwijkingen waar te nemen zijn in voertuigdata). Nu zijn er nog geen logische verbanden tussen de data en die zijn wel nodig.

1.2 Probleembeschrijving

In 2017 zijn er 964 verkeersongevallen geregistreerd op provinciale wegen in Overijssel. Hierbij waren 10 dodelijke slachtoffers te betreuren. Naast deze 10 dodelijke slachtoffers zijn er 44 mensen licht gewond geraakt en 102 weggebruikers in het ziekenhuis opgenomen. Daarnaast zijn er 808 ongelukken geweest met enkel materiële schade (SWOV, 2018). Het is belangrijk voor de Provincie Overijssel dat de weggebruiker veilig gebruik kan maken van de Provinciale wegen (Overijssel, 2017).

Er is een top 10 van oorzaken van verkeersongevallen. Twee van deze oorzaken uit de top 10 zijn weersomstandigheden en een slecht wegdek. Het is vaak wel zo dat een ongeval meerdere oorzaken heeft en dus voortkomt uit een combinatie. Bij een slecht wegdek kan gedacht worden aan een niet goed onderhouden weg, wat bijvoorbeeld resulteert in een onvoldoende stroeve weg, gaten in de weg en slechte markering (NDW, 2018). Het is zelfs zo dat de wegbeheerder aansprakelijk gesteld kan worden bij ongelukken als het wegdek slecht onderhouden is (Hoge Raad, 2018). Het aantal schadeclaims door gebrekkig wegonderhoud is zelfs in de afgelopen jaren met bijna 60% toegenomen (Clahsen, 2017). De overige oorzaken van ongevallen zijn vooral gericht op het rijgedrag van de bestuurder zelf. Denk hierbij aan mobiel telefoon gebruik tijdens het rijden en het overschrijden van de snelheidslimiet (Auto en vervoer, 2017). Hier kan de Provincie behalve gedragsverandering en handhaving weinig aan veranderen. Waar de Provincie echter wel wat aan kan doen om de verkeersveiligheid te bevorderen, is het beter onderhouden van wegen.

Momenteel zijn er veel technologische ontwikkelingen in opkomst die kansen bieden voor de verkeersveiligheid. Er kan gedacht worden aan technologische ontwikkelingen op het gebied van zelfrijdende voertuigen en botsveiligere auto's. Hier kan de Provincie echter zelf geen tot weinig invloed op uitoefenen. De Provincie kan de ingezette transitie in de mobiliteit van technologische innovaties echter wel toepassen om de wegen beter te onderhouden. Deze innovaties maken het bijvoorbeeld mogelijk om gebruik te maken van IN-car voertuigdata (Klem, 2018). Een andere belangrijke ontwikkeling is het openstellen van voertuigdata aan het NDW door de voertuigfabrikanten (Felici, 2019).

Het toepassen van CAN-data lijkt een grote kans voor beter beheer en onderhoud. Door het verzamelen van data en hier verbanden tussen te leggen kan inzichtelijk worden gemaakt waar bijzonderheden geconstateerd zijn (denk hierbij aan remacties of/en sturbewegingen). Dit kan een indicatie zijn van een gebrek aan de weginfrastructuur zoals een gat in de weg. Ook kan er bijvoorbeeld met wielspin een niet voldoende stroef wegdek aangetoond worden. Op deze manier kunnen potentiële verkeersongelukken op provinciale wegen worden voorkomen. Dit doordat gebreken aan de infrastructuur eerder en sneller worden hersteld (Klem, 2018).

Dat het toepassen van CAN-data kansen biedt voor beheer en onderhoud is duidelijk. Dit blijkt uit verschillende praktijkproeven die gehouden worden met voertuigdata. De bedrijven V-Tron en Beijer Automotive hebben zich gespecialiseerd in van inwinnen van voertuigdata. Twee voorbeelden van grote praktijkproeven zijn van de Provincie Noord-Brabant en de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (het NDW).

De Provincie Noord-Brabant heeft in samenwerking met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de bedrijven V-Tron en And onder de naam Talking Maps een praktijkproef uitgevoerd. In deze proef zijn met tien auto's van wegininspecteurs alle provinciale wegen in Noord-Brabant gescand. Hierbij werd gebruik gemaakt van de Mobileye functionaliteit. Deze proef moest uitwijzen of inspectievoertuigen inderdaad als sensor kunnen dienen, of ze voldoende data verzamelen voor een goede kaart en of die kaart ook kan helpen bij het efficiënt beheren van wegen (Rottier, 2018).

Het NDW heeft in 2017 en 2018 ook een praktijkproef uitgevoerd onder de noemer Praktijkproef Voertuigdata. In deze periode is het NDW bezig geweest met fase 1 van het onderzoek. Het doel van de eerste fase was om de technische ketens op orde te krijgen van voertuig naar dataopslag en de verschijningsvorm en waardeketen van de CAN-datagegevens. Hierbij zijn onderzocht wat de verschijningsvormen van de data zijn, de vertraging van voertuig naar opslag, de mogelijke gebruikstoepassingen, de kwaliteit van de gegevens en de kosten. Voor fase 1 zijn drie use-cases opgesteld waarvan geschat werd dat deze van waarde zijn voor de weggebruiker. Deze drie use-cases zijn Verkeersmanagement en reis & routeinformatie, Incident management en Assetmanagement.

De focus lag in deze eerste fase op de eerste use-case (verkeersmanagement en reis & routeinformatie) om kosten en doorlooptijd te beperken. Ook zou dit eenvoudig moeten zijn om te onderzoeken (NDW, 2018). Het NDW heeft echter aangegeven erg geïnteresseerd te zijn in de derde use-case, assetmanagement. Met Assetmanagement kan 24/7 areaalinformatie beschikbaar worden gesteld wat kan leiden tot het bijstellen van onderhoud (NDW, 2018). Dit valt samen met de wensen van Provincie Overijssel.

1.3 Afbakening

Momenteel is het onbekend wat de voertuigdata kunnen betekenen voor het voorkomen van verkeersonveiligheid op bepaalde punten. De uitkomsten van de data is momenteel losstaand en weinig zeggend. Het is van belang na te denken welke data toegevoegde waarde heeft voor de wegbeheerder. Het is interessant om te kijken wat er gebeurt als meerdere CAN-data aan elkaar gekoppeld worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een gat in de weg: Het zien van een afwijking in remmen, schokdemperuitslag en stuurwieluitslag zegt sneller iets over een gat in de weg dan wanneer er alleen uitgeweken wordt (Klem, 2018). Een zogenaamde afwijking kan variëren in grootte. Zo wordt in het onderzoek ingegaan op deze afwijkingen; wanneer is een afwijking groot genoeg en komt deze vaak genoeg voor om nader te onderzoeken en voorkom je dus dat het een incidentele waarneming was.

Het onderzoek heeft zich gericht op de genoemde voertuigdata (verkregen uit de CAN-bus of bijv. Mobileye) in relatie met wegonderhoud. In het onderzoek valt een praktijkstudie naar de betrouwbaarheid van CAN-data, afwijkingen van data en de actuele toestand op de weg. Door de praktijkproef in Overijssel zou er data beschikbaar komen van 50 voertuigen. Dit is een mooie kans om de theorie te toetsen aan de praktijk. Dit is op twee manieren mogelijk. Eerst het probleem detecteren op basis van data, of het probleem detecteren op basis van de wegstatus en hier de data op naslaan. Helaas is gebleken dat deze data uit 50 voertuigen niet tijdig haalbaar waren. In plaats daarvan zijn data verzameld uit twee voertuigen over een afstand van 4.000 kilometer.

Wat echter niet in het onderzoek is meegenomen is het ontwikkelen van het dashboard. Dit wordt gedaan door IT-specialisten van Royal HaskoningDHV. Wel is er nagedacht over een mogelijke opzet van dit dashboard. Daarnaast is er niet op de exacte kosten van voertuigdata ingegaan. Aangenomen wordt dat voertuigdata goedkoper zijn. Dit is echter niet onderzocht.

1.4 Doelstelling



DOELSTELLING:

'Wegbeheerders ondersteunen door 24/7 inzicht te kunnen geven in areaalinformatie als het gaat om wegkwaliteit. Door consistent te monitoren met voertuigdata kunnen gevaarlijke situaties eerder opgemerkt worden. Hierdoor kunnen werkzaamheden beter gepland worden. Dit komt de verkeersveiligheid ten goede doordat eerder (nood)reparaties gedaan kunnen worden

1.5 Vraagstelling



VRAAGSTELLING:

In welke mate kan voertuigdata bijdragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen?

1.6 Deelvragen

Bij deze hoofdvraag passen enkele deelvragen die in het onderzoek uitgezocht worden.

1. Wat zijn voertuigdata en hoe betrouwbaar is de data om verwerkt te worden tot bruikbare data?
2. Hoe verhoudt de kwaliteit/nauwkeurigheid van de verwerkte voertuigdata zich tot de huidige (monitoring)processen voor beheer en onderhoud?
3. Welke voertuigdata kunnen gebruikt worden om afwijkingen van de wegstatus aan te tonen?
4. Hoe kunnen incidentele afwijkingen gefilterd worden uit de resultaten zodat alleen de structurele afwijkingen naar voren komen
5. Met welke mate van zekerheid kunnen op basis van in voertuigdata gevonden afwijkingen locaties met slechte wegkwaliteit geïdentificeerd worden

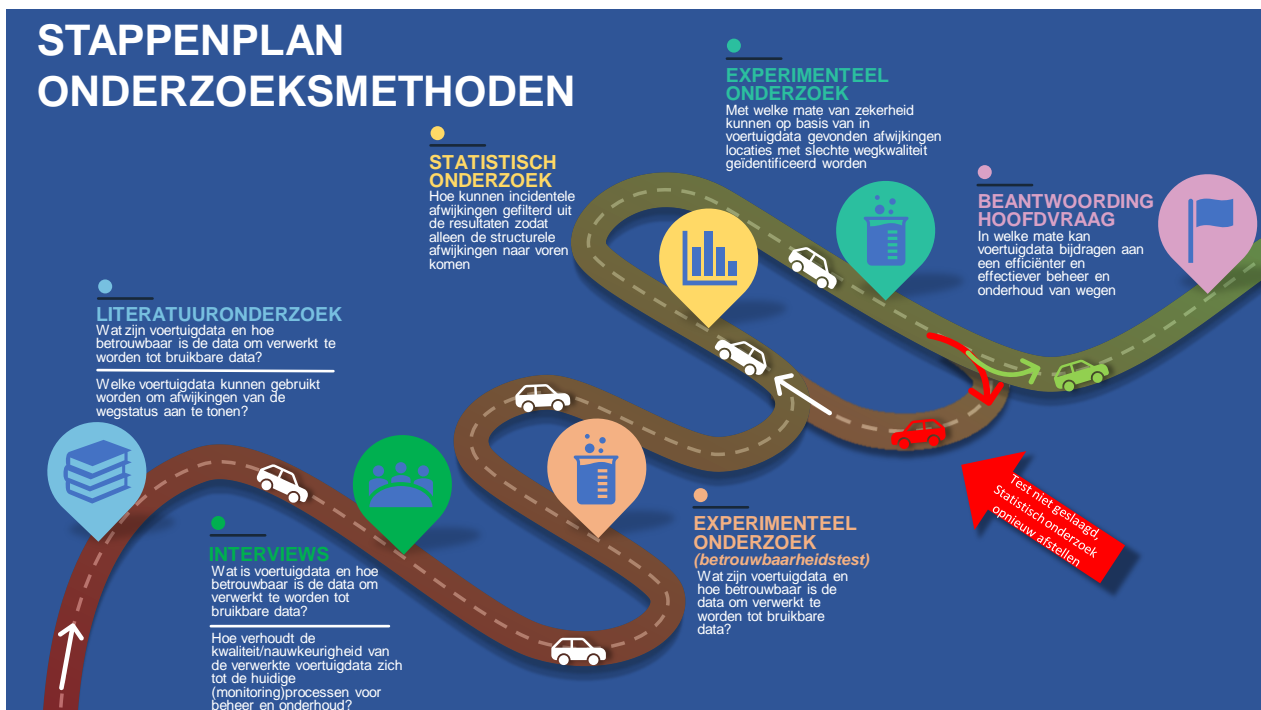
1.7 Leeswijzer

Dit rapport is niet ingedeeld per deelvraag. In tegenstelling tot standaardrapporten zijn antwoorden op de deelvragen in meerdere hoofdstukken terug te vinden. Dit komt de leesbaarheid van het rapport ten goede.

In hoofdstuk 2 wordt de methodologie besproken die voor het onderzoek toegepast is. In hoofdstuk 3 wordt de achtergrondinformatie over voertuigdata besproken. Dit hoofdstuk is er voornamelijk op gericht om deelvragen 1 en 2 te beantwoorden. Vervolgens zal er in hoofdstuk 4 ingegaan worden op de werkprocessen van de wegbeheerder. De focus ligt in dit hoofdstuk hoe voertuigdata binnen deze processen een rol kunnen spelen. Hoofdstuk 4 geeft antwoorden op deelvragen 1, 2, 3 en 5. Hoofdstuk 5 behandelt de methode om vanuit voertuigdata bruikbare informatie te verzamelen voor de wegbeheerder. In dit hoofdstuk wordt een werkwijze geschetst die gebruikt kan worden en geeft een inzicht in de manier hoe deze informatie aan de wegbeheerder getoond kan worden. In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvragen 1, 4 en 5. In hoofdstuk 6 zijn de conclusies van het onderzoek te vinden waarna in hoofdstuk 7 aanbevelingen worden beschreven.

2 Methodologie

Dit hoofdstuk bevat een globale beschrijving van het uitgevoerde onderzoek. Gedetailleerde beschrijvingen van de werkwijzen zijn te vinden in de overige hoofdstukken. In dit onderzoek is kwantitatief en kwalitatief onderzoek uitgevoerd om antwoord te geven op de vraag hoe voertuigdata mogelijk kan bijdragen aan het beter beheren en onderhouden van wegen. Om deze vraag te beantwoorden is literatuuronderzoek gedaan, een statistisch/experimenteel onderzoek uitgevoerd en zijn er interviews afgenomen bij verschillende wegbeheerders. De onderzoeksmethode was verschillend per deelvraag. In Figuur 3 is in een schema te zien welke onderzoeksmethode per deelvraag gebruikt is.



Figuur 3 Stappenplan onderzoeksmethoden

2.1 Dataverzameling

Voor de literatuurstudie is gebruik gemaakt van vakgerichte literatuur. Deze literatuur is gezocht op openbare sites zoals Google en Google Scholar of opgevraagd bij de kennisinstanties en bedrijven. Zowel de recent uitgevoerde praktijkproef van het NDW over voertuigdata en beleidsplannen van wegbeheerders zijn hiervoor bestudeerd. Daarnaast was het kennismaken van de CROW-normen en richtlijnen ook een deel van het literatuuronderzoek.

Op basis van dit literatuuronderzoek zijn de interviewvragen opgesteld. De interviews waren semigestructureerd, zodat indien nodig doorgevraagd kon worden om meer informatie te verkrijgen. Er is gesproken met een vijftal wegbeheerders. Aan deze vijf wegbeheerders zijn dezelfde vragen gesteld om een onderlinge vergelijking te kunnen maken.

De data voor het statistische en experimentele onderzoek is helaas niet geleverd. Als alternatief hierop is er zelf (beperkte) data verzameld om toch na te kunnen denken over de werkprocessen die genomen dienen te worden om vanuit voertuigdata bruikbare informatie te maken. Om toch data te verzamelen is er aangehaakt bij een ander project van Royal HaskoningDHV. Bij deze opdracht is in totaal 4.000 kilometer door twee voertuigen in Noord-Holland gereden. In deze voertuigen is een simpele CAN-bus lezer

aangebracht. Ook is de gps gelogd en zijn er camerabeelden gemaakt. In Figuur 5 is zichtbaar hoe de opstelling was.

Naast de gps-logger is er ook een voertuigdatalezer in de auto geplaatst om te kijken of de snelheidsdata van de voertuigdata en de smartphoneapp (gps-logger) met elkaar overeenkomen. Het doel van het onderzoek is namelijk kijken naar voertuigdata en niet naar data uit smartphones. Het was niet mogelijk om data uit voertuigen in te winnen voor dit onderzoek dus is besloten toch gebruik te maken van een gps-logger op een smartphone. In Figuur 4 is te zien hoe de lezer geplaatst was in het voertuig.



Figuur 5 Positie voertuigdatalezer



Figuur 4 Positie GPS-logger en camera

2.2 Onderzoeksverloop

Het onderzoek is begonnen met een literatuuronderzoek. Met het literatuuronderzoek is gekeken naar de reeds gedane studies en beleidsplannen van verschillende wegbeheerders. Gelijktijdig zijn er interviews gehouden met verschillende wegbeheerders en bedrijven.

De opzet was om voertuigdata uit vijftig voertuigen (afkomstig uit de proef in Overijssel) te halen. Al snel bleek dat het niet realistisch was om tijdig data te verzamelen uit vijftig voertuigen. Vervolgens werd er nagedacht over het ontsluiten van data uit een tot vijf voertuigen. Uiteindelijk kwam het erop neer dat er geen voertuigdata geleverd zou worden uit de proef in Overijssel. Geprobeerd is om voertuigdata vanuit het NDW te krijgen. Deze data werden wel toegezegd maar is na diverse malen vragen helaas niet geleverd. Uit meerdere gesprekken bleek dat de potentie van voertuigdata en vooral de complexiteit van deze data tegenvallend was. Om deze reden is in overleg besloten om alternatieve data (remvertraging) te verzamelen, om toch te kijken naar de werkwijze die in de toekomst gehanteerd kan worden om voertuigdata te vertalen naar bruikbare informatie.

2.3 Contactpersonen

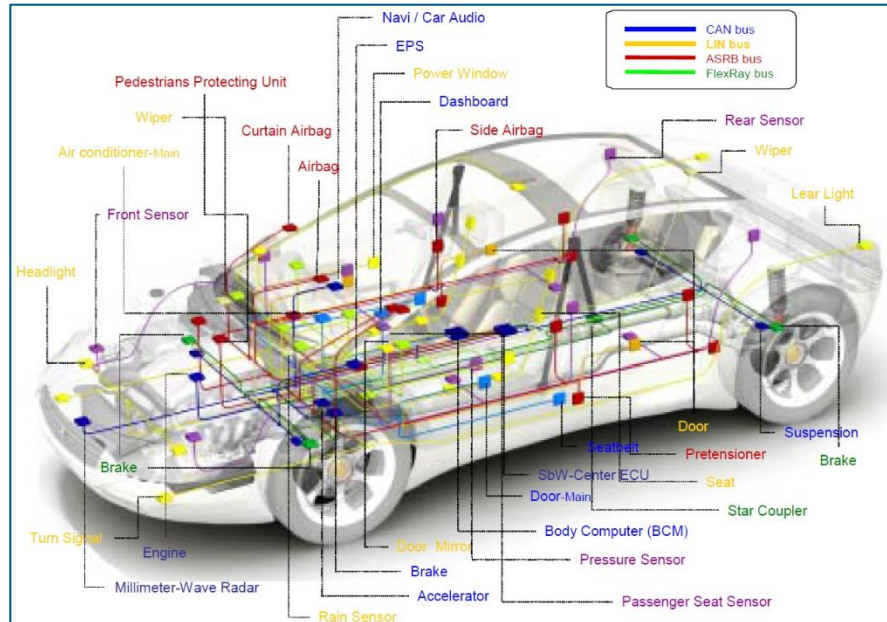
Om informatie en kennis te verzamelen is er met meerdere personen in gesprek gegaan. In onderstaande tabel is een overzicht te zien van de personen die geïnterviewd zijn.

Tabel 1 Contactpersonen onderzoek

Instantie	Persoon 1	Persoon 2	Persoon 3
Provincie Utrecht	Yvonne Kroon		
Provincie Noord – Brabant	Jan Maurix	Ric Vergeer	
Provincie Gelderland	Rinus Kuijper	Jan Fijan	Remco Hermsen
Provincie Overijssel	Willy Hoogma	Jordy de Boer	Alex Smienk
Provincie Zeeland	Wilko Heij		
NDW/ Min. I&W	Edoardo Felici		
V-Tron	Wim Vossebelt	Steven Harskamp	
Beijer Automotive	Pierre van der Stokker		
Royal HaskoningDHV Assetmanagement	Peter den Otter	Hans Haak	
Royal HaskoningDHV Datamanagement	Shubham Bhusari		
Royal HaskoningDHV Transport en planning	Evert Klem	Niek Prins	Mark Gorter

3 Voertuigen als rijdende sensoren

Moderne voertuigen zijn rijdende computers. Alles wat een auto doet, van wielspin tot snelheid tot het gebruik van verlichting en knipperlichten, wordt vastgelegd en verwerkt in het zenuwstelsel van de auto waarmee andere systemen aangestuurd worden. Moderne voertuigen produceren hedendaags grote hoeveelheden data. Deze data zijn niet alleen de basis voor informatie over de conditie van het voertuig, maar ook voor het gebruik van het voertuig. Deze data bieden daarnaast kansen voor verkeersmanagement,



Figuur 6 Impressie beschikbare sensoren in een voertuig (Flex Automotive, 2015)

verkeersinformatie, incidentmanagement en assetmanagement (Bingen, Haaften, Huijboom, Pinckaers, & Stokker, 2017). Data krijgen dus een steeds belangrijker rol voor verkeer en vervoer, vooral voor de wegbeheerder. Waar voorheen weggebonden meetsystemen domineerden worden bijvoorbeeld mobiele telefoons nu vaak al als databron gezien. Een voertuig kan tegenwoordig zelfs als een rijdende sensor gezien worden. Dit brengt een aantal voordelen met zich mee; een grotere dekking dan een vaststaand meetpunt (een detectielus bijvoorbeeld), lagere kosten door het voorkomen van ernstige asfaltschades, meer lokale informatie en nieuwe inzichten die voorheen niet beschikbaar waren (NDW, 2018). Denk hierbij bijvoorbeeld aan data over de uitslagen van schokdempers die een indicatie kunnen zijn voor oneffenheden in het wegdek.

Voertuigdata is de overkoepelende term van alle ingewonnen data door sensoren uit voertuigen. De data kunnen ingewonnen worden door interne voertuigsystemen of achteraf aangebrachte systemen via de after-market (V-tron, 2018). Het onderzoek beperkt zich tot het interne netwerk van de auto. Hieronder vallen alle data die gegenereerd worden in de auto of achteraf door in het voertuig aangebrachte voorzieningen. Data afkomstig uit persoonsgebonden systemen zoals smartphones en tablets worden buiten beschouwing gelaten. Dit is omdat voertuigdata gegenereerd en door het voertuig geregistreerd wordt. Data uit smartphones vallen dus niet onder de noemer voertuigdata.

Voordat er ingegaan wordt op de toepassing van voertuigdata in beheer- en onderhoudsprocessen is het goed om allereerst te weten wat voertuigdata zijn, wat de betrouwbaarheid en kwaliteit zijn van voertuigdata en hoe deze data uit voertuigen gehaald kunnen worden. Hiertoe is er literatuuronderzoek gehouden en zijn er diverse interviews gehouden met onder andere het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, V-Tron en Beijer Automotive.

3.1 Sensordata

Onder sensordata worden alle data verstaan die ingewonnen worden uit het voertuig. Deze voertuigdata kunnen mogelijk gebruikt worden voor beheer- en onderhoudsprocessen van de wegbeheerder. Alvorens er een koppeling gemaakt kan worden tussen voertuigdata en deze processen is er kennis benodigd van voertuigdata. Deze kennis is verzameld door literatuuronderzoek en het houden van interviews. Voertuigdata kunnen ingedeeld worden in drie verschillende levels (Felici E. , 2019). Het gaat dan om ruwe data, gedeelde data en aangeleverde data. Ruwe data is lastig te definiëren doordat het veel en erg specifiek is (Beijer Automotive, 2019). Denk hierbij bijvoorbeeld aan wielspin. De gedeelde data bevat echter al verwerkte informatie. Hierbij kan gedacht worden aan een ABS-melding. De level 2 data ontstaat door verschillende level 1 data aan elkaar te koppelen. Het derde level data is de data die aangeleverd wordt ter informatie aan de weggebruiker. In dit level wordt level 2 met level 1 data gecombineerd. Denk hierbij aan een gladheidsmelding voor de weggebruiker. Er kan veel data uit een voertuig gehaald worden. In Tabel 2 is per level zichtbaar aan wat voor data gedacht kan worden¹.

Tabel 2 Verschillende levels data (Felici E. , 2019)

Level 1: Ruwe data	Level 2: Gedeelde data	Level 3: Aangeleverde data
Verlichting (On/Off)	ABS	Gladheidsmelding
Mistlampen (On/Off)	ESP	Alerts
Brandstofverbruik (L)	Remvertraging (geïnterpreteerd o.b.v. gps)	SRTI-informatie
Remmen (On/Off)		
Gps (Locatie)		
Knipperlichten (On/Off)		
Snelheid (Km/u)		
Luchttemperatuur buiten (°C)		
Wielspin (On/Off)		
Ruitenwischerstand (On/Off)		

Level 1 data zijn het meest interessant om te gebruiken voor beheer- en onderhoudsprocessen van de wegbeheerder. Dit is omdat er in de ruwe data meer gedetailleerde info staat dan in de reeds verwerkte level 3 data (V-tron, 2018).

3.2 Het inwinnen van voertuigdata

Om voertuigdata te kunnen gebruiken moeten deze data ook beschikbaar zijn. Voertuigdata moeten dus uit een voertuig gehaald kunnen worden voordat er toepassingen met voertuigdata gemaakt kunnen worden. Voertuigdata kunnen ingewonnen worden uit interne voertuigsystemen en achteraf aangebrachte systemen via de after-market. Onder interne voertuigsystemen worden onder andere de CAN-bus² en de OBD³ bedoeld. Het inwinnen van voertuigdata door achteraf geïnstalleerde apparatuur is ook mogelijk. Hierbij kan gedacht worden aan navigatie, smartphones en een Mobileye om de ADAS⁴ functionaliteiten uit te lezen. Hoewel ADAS een intern voertuigstelsel is, is deze niet uit te lezen in de CAN-bus. Het bedrijf V-Tron maakt gebruik van de Mobileye om ADAS-functionaliteiten uit te kunnen lezen (V-tron, 2018).

¹ Aangezien er veel data uit het voertuig gehaald kan worden, zijn niet alle mogelijke data in deze tabel vermeld.

² Controller Area Network

³ On board diagnostics

⁴ Advanced Driver Assistance Systems

3.2.1 OBD-poort

Het uitlezen van CAN-data vanuit het interne netwerk van het voertuig kan op twee manieren gebeuren. Er kan een fysieke aansluiting gemaakt worden op de diagnose-bus van de standaard diagnose stekker; de OBD (On-Board Diagnostics). De andere mogelijkheid is om de voertuigdata uit te lezen vanuit de CAN-bus. Vanaf 2003 moet elke nieuwe in de EU toegelaten auto voorzien zijn van een gestandaardiseerde diagnosestekker voor de OBD (Bingen, Haaften, Huijboom, Pinckaers, & Stokker, 2017).

3.2.2 CAN-Bus

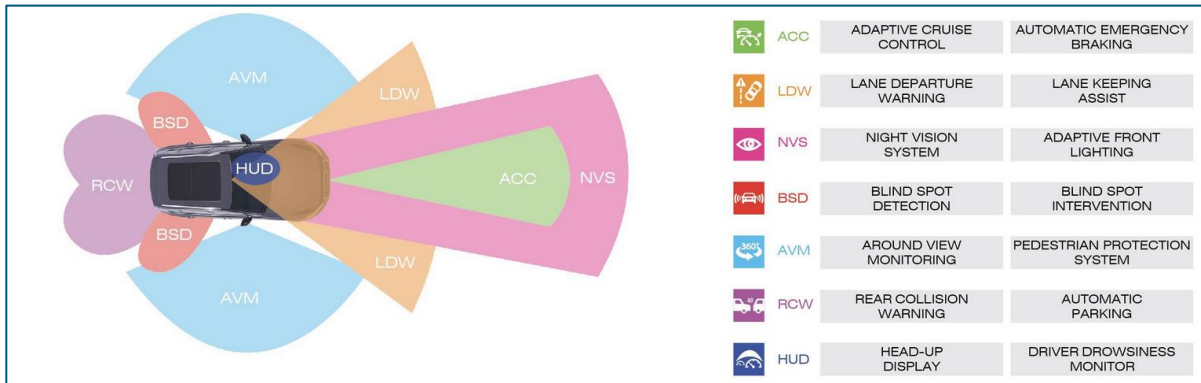
Voertuigdata zijn afkomstig uit de CAN-bus (Controller Area Network) van een voertuig. De definitie van voertuigdata wordt daarom in de volksmond vaak onterecht als CAN-bus data beschreven. De CAN-bus is echter niets anders dan een technologische standaard waarmee datacommunicatie tussen verschillende voertuigonderdelen mogelijk worden gemaakt. CAN-data bestaan niet, er moet gesproken worden over sensordata of voertuigdata welke middels het CAN-protocol gecommuniceerd kunnen worden (V-tron, 2018).

Het uitlezen van deze data gebeurt vanuit het interne netwerk van het voertuig via de CAN-Bus (Controller Area Network) in het voertuig. Het Controller Area Network is het menselijke zenuwstelsel van de auto. Het CAN-netwerk maakt het mogelijk te communiceren tussen alle verschillende delen van het voertuig. In de CAN-bus wordt alle uitgelezen voertuigdata afkomstig uit de verschillende ECU's (Electronic Control Unit) opgeslagen (CSS Electronics, 2019). Een voorbeeld van een ECU is het motormanagementsysteem. Daarnaast kan een ECU ook gebruikt worden voor de klimaatregeling, het opblazen van airbags en zelfs het activeren van gordelspanners. Het CAN-protocol maakt het mogelijk dat de verschillende ECU's met elkaar kunnen communiceren zonder complexe bedrading (CSS Electronics, 2019). Door deze protocollen is het mogelijk om de voertuigdata uit te lezen indien er kennis is van de juiste protocollen. Het uitlezen van voertuigdata is erg complex aangezien elk protocol verschillend is per autofabrikant, merk en zelfs type (Beijer Automotive, 2019). Hiermee moet rekening gehouden indien er van meerdere voertuigen data ingewonnen worden.

In tegenstelling tot de beperkte algemene toegankelijke data van de diagnose-bus, is er op het CAN-datanetwerk veel data te vinden over parameters zoals snelheid, kilometerstand, gebruik remmen, remkracht, gebruik ruitenwissers, gebruik mistlampen, buitentemperatuur, gordelcontacten, stoelcontacten, tankniveau enzovoort, ook wel Probe Vehicle Data genoemd (Bingen, Haaften, Huijboom, Pinckaers, & Stokker, 2017). Deze data zijn niet algemeen toegankelijk en meestal door de autofabrikant encrypted. Hierdoor zijn de gegevens niet begrijpelijk en bruikbaar voor algemene toepassingen. De autofabrikanten willen niet dat het mogelijk is om data op de auto te kunnen schrijven. Dit is voor autofabrikanten de reden om de data te encrypten. De risico's bij gebruik van de juiste apparatuur en juiste deskundigheid zijn echter wel beperkt (Bingen, Haaften, Huijboom, Pinckaers, & Stokker, 2017).

3.2.3 ADAS

Een moderne auto beschikt tegenwoordig ook over verschillende zogenaamde rijhulpsystemen, oftewel ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). De ADAS-systemen maken gebruik van camera's, radars, lichtdetectie, elektromagnetische sensoren en ultrasound om gevaarlijke situaties te herkennen. Zodra een gevaarlijke situatie wordt waargenomen wordt de bestuurder gewaarschuwd of het betreffende ADAS-systeem grijpt actief in (Smeets solutions, 2019). De ADAS-systemen zijn voorlopers op het autonome rijden (Carglass). In Figuur 7 is te zien welke ADAS-systemen momenteel ontwikkeld zijn. Door de ADAS-systemen wordt er veel data verzameld over de belijning, verkeersborden en informatie over bijna ongevallen. ADAS-data kan dus gebruikt worden voor het assetmanagementbeheer van de wegbeheerder en is erg interessant als informatiebron voor de wegbeheerder (V-Tron, 2019).



Figuur 7 Waarschuwingen verzameld door ADAS systemen (Smeets solutions, 2019)

3.3 Kwaliteit van voertuigdata

Onder voertuigdata worden alle data verstaan die ingewonnen worden uit het voertuig. Deze voertuigdata kunnen mogelijk gebruikt worden voor beheer- en onderhoudsprocessen van de wegbeheerder. Door het houden van literatuuronderzoek en interviews is een antwoord gezocht op de vraag hoe het gesteld is met de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van voertuigdata.

3.3.1 Beschikbaarheid

De meest moderne auto's leggen allerlei data vast. Auto's die connected⁵ zijn kunnen die data zelfs realtime verzenden. Aangezien er in het voertuig ook data worden verzameld over het rijgedrag van de bestuurder en de prestaties van de auto zelf roept dat een aantal vragen op. Wie is eigenaar van data? Is de data eigendom van de fabrikant, overheid of van de bestuurder van de auto? En de belangrijkste vraag: hoe het zit met het waarborgen van privacy? Aan de hand van literatuuronderzoek en het houden van een interview met Edoardo Felici van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zijn antwoorden op deze vragen gezocht.

3.3.2 Wetgeving

Het Europees Parlement en de Raad hebben de verordening Nr. 886/2013 opgesteld met betrekking tot de gegevens en procedures voor het aanbieden, waar mogelijk, van minimale universele verkeersveiligheidsinformatie, die kosteloos is voor de gebruikers. Deze verordening gaat in op de verkeersveiligheidsgegevens. Deze gegevens dienen verzameld en bewaard te worden door publieke en/of private exploitanten en dienstverleners. Om de gegevens snel beschikbaar te stellen voor uitwisseling en hergebruik met het oog op het aanbieden van informatiediensten, dienen publieke en/of private wegbeheerders en dienstverleners de gegevens toegankelijk te maken via individuele toegangen of ervoor te zorgen dat zij toegankelijk zijn via door de lidstaten opgezette en beheerde nationale toegangspunten. In het geval van Nederland is dit nationale toegangspunt het NDW (Europese Commissie, 2013). Naar verwachting zal deze data vanaf 2019 geleverd worden aan het NDW. Deze data kan voor verkeersveiligheidsdoeleinden toegepast worden binnen het proces van de wegbeheerder. Voor assetmanagement zal deze data ingekocht moeten worden. De inschatting is dat in begin 2019 10.000 voertuigen realtime worden ontsloten met een groei naar 100.000 aan het einde van 2019 (Felici E. , 2019). Indien gegevens met geolocatie worden verzameld dan moeten de automobilisten duidelijk worden geïnformeerd over; het feit dat de gegevens worden verzameld, de regels betreffende gegevensverzameling en de potentiële tracement en bewaringstermijnen van de data. Het maakt hierbij niet uit of deze data rechtstreeks bij de automobilisten ingewonnen worden of dat dit in de toekomst via coöperatieve systemen

⁵ Connected car, verbonden met het internet

gebeuren zoals bij het NDW (Europese Commissie, 2013). Publieke wegbeheerders, dienstverleners en de autofabrikanten dienen passende technische maatregelen te nemen om de anonimiteit van de door automobilisten of hun voertuig doorgestuurde gegevens te verzekeren (Europese Commissie, 2013).

In het regeerakkoord van 2017 tot 2021 staat vermeld dat er bij het ontwerp, aanleg en het onderhoud van infrastructuur rekening gehouden moet worden met zelfrijdende voertuigen en benodigde systemen in of langs de weg. De overheidsinformatie over verkeer wordt zoveel mogelijk via open data beschikbaar gesteld voor voertuigen, apps en reisplanners. Om ieders privacy te waarborgen worden er spelregels vastgelegd over het eigendom en het gebruik van de zogenaamde reisdata (VVD, CDA, D66, & ChristenUnie, 2017). Onder de noemer van open data worden de data kosteloos onttrokken. Wel kan de weggebruiker geconfronteerd worden met kosten voor telecommunicatie, radiolicensies of de aanschaf van apparaat om de data te kunnen verzenden (Europese Commissie, 2013).

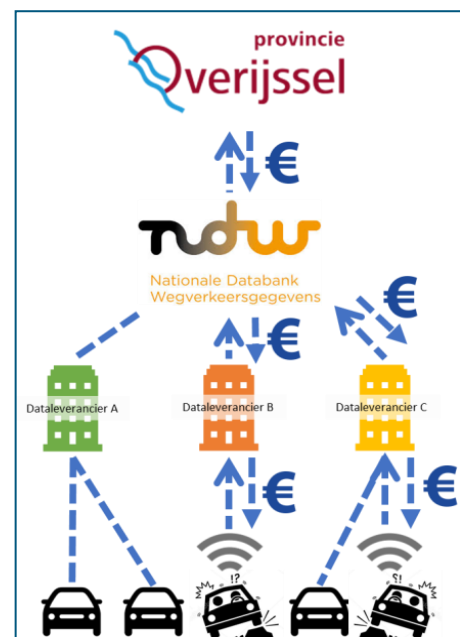
De Europese Commissie stelt dat de incidenten of situaties die onder de minimale universele verkeersveiligheidsinformatiedienst vallen, kosteloos aangeboden moeten worden aan de wegbeheerder (Europese Commissie, 2013). Indien de verkeersveiligheidsdata buiten deze minimale verkeersveiligheids categorieën valt moet voor deze data betaald worden (Felici, 2019). De minimale verkeersveiligheids categorieën zoals vastgesteld door de Europese Commissie zijn:

- A) Tijdelijk glad wegdek;
- B) Dieren, mensen, obstakels en puin op de weg;
- C) Onbeveiligde ongevalslocatie;
- D) Kortstondige wegwerkzaamheden;
- E) Verminderde zichtbaarheid;
- F) Spookrijder;
- G) Onbeheerde wegblokkade;
- H) Uitzonderlijke weersomstandigheden.

Het verzamelen van data die wat kunnen zeggen over assetmanagement vallen niet binnen deze verkeersveiligheids categorieën. Dit betekent dat er betaald zal moeten worden voor deze data. Er is nog geen duidelijkheid over de manier hoe dit geprijsd in de toekomst gaat werken. De data wordt immers aan het nationale toegangspunt (het NDW) geleverd. De data wordt ingewonnen en via de verschillende dataleveranciers aan het NDW geleverd. De verschillende dataleveranciers kunnen bijvoorbeeld V-Tron of Beijer Automotive zijn, maar ook leasemaatschappijen. Indien de provincie graag de data van een incident wil hebben betaalt zij het NDW voor de data. Het NDW betaalt dan de leverancier van de data waarna de leverancier de automobilist van de afwijking kan betalen (V-Tron, 2019). Ook Beijer Automotive kan zich in deze manier van betalen vinden (Beijer Automotive, 2019). Een schematische weergave van deze manier van betalen is zichtbaar in Figuur 8.

3.3.3 Betrouwbaarheid

Om voertuigdata te kunnen gebruiken moeten deze data bruikbaar maar ook betrouwbaar zijn. Uit gesprekken met Beijer Automotive en V-Tron is gebleken dat voertuigdata zeer complex zijn. Ruwe data zijn niet bruikbaar. De data moeten eerst verwerkt worden wat een complex proces is. Beijer Automotive is sinds 1998 bezig met het uitlezen van voertuigen en adviseert klanten de data niet zelf te verwerken. Het vergt namelijk heel veel tijd de data



Figuur 8 Schematische weergave betaalmethode

te begrijpen. Dataleverancier V-Tron geeft aan haar eigen data niet te willen verwerken en levert dus alleen de ruwe data (V-Tron, 2019). Een voorbeeld van de ruwe data is te zien in Figuur 9.

#	Tijdstip	Event	Status
	114 4-2-2019	11:27:30	
11:27:31 (1)			
{BCI:{fuel:0,rawdata::066=00000;0000B051\r\n},commandreply:{command:get position},gsmnetwork:{roaming:false,operator:20408},sensors:[{val:12.24,id:18931,name:power,kind:voltage},{val:7 0 Zakelijk 5759588},state:{basicstate:{id:0,label:parked,since:1549276042005}}]}	8013134540	Reply to Command 131	Hondsruglaan 85 Eindhoven (51.482880
{internalbattery:{charging:false},sensors:[{val:12.24,id:18931,name:power,kind:voltage},{val:0,id:24296,name:battery,kind:voltage}],state:{basicstate:{id:0,label:parked,since:1549276042005}}}			
11110011-00010001			
	113 4-2-2019	11:27:22	
11:27:23 (1)			
{gsmnetwork:{roaming:false,operator:20408},sensors:[{val:12.35,id:18931,name:power,kind:voltage},{val:0,id:24296,name:battery,kind:voltage}],state:{basicstate:{id:0,label:parked,since:1549276042005}}]}	8013133851	Trip Stop 5	Hondsruglaan 85 Eindhoven (51.482995
{internalbattery:{charging:false},sensors:[{val:12.35,id:18931,name:power,kind:voltage},{val:0,id:24296,name:battery,kind:voltage}],state:{basicstate:{id:0,label:parked,since:1549276042005}}]}			
11110011-00010001			

Figuur 9 Voorbeeld ruwe data (Beijer Automotive, 2019)

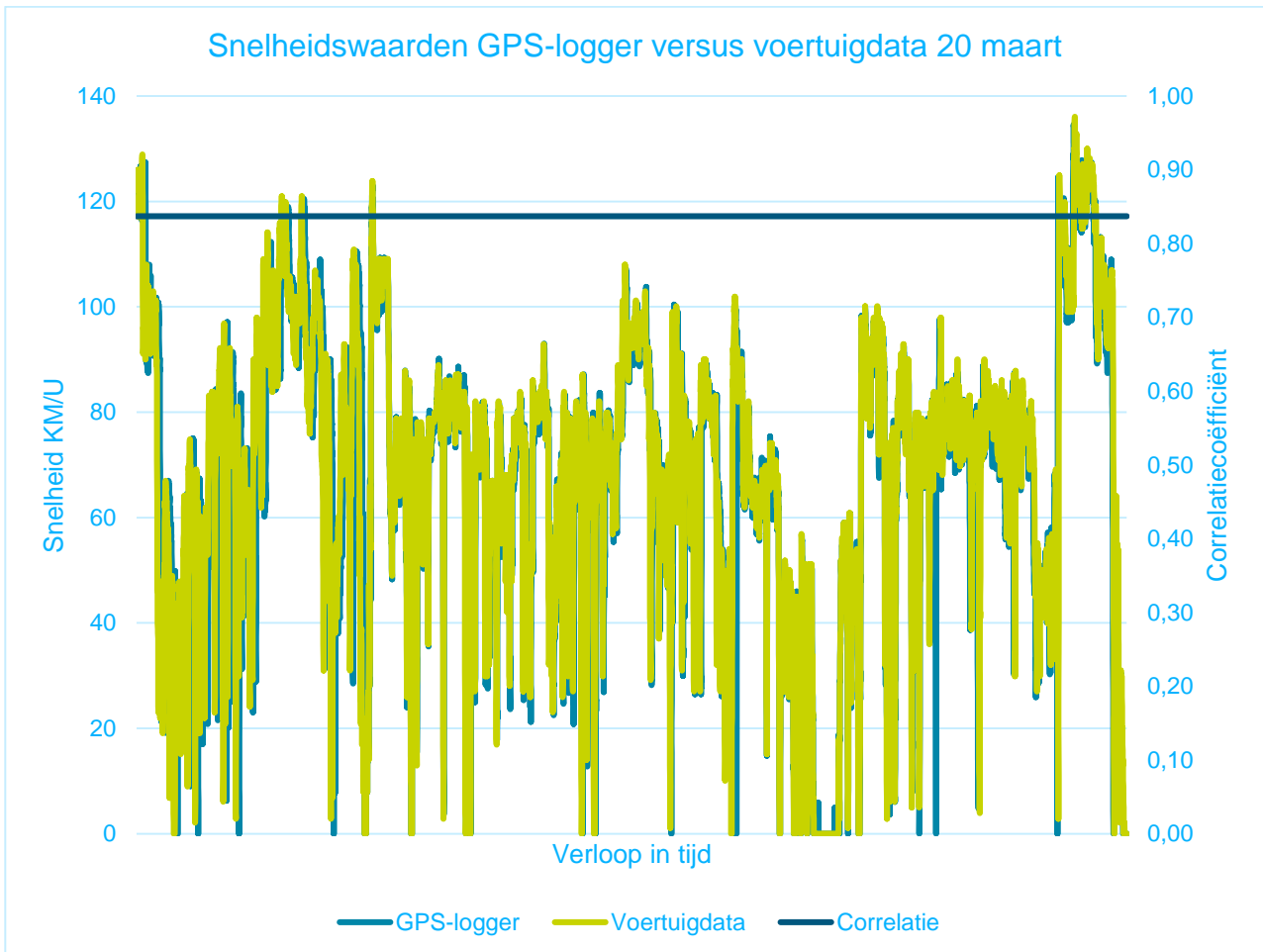
De betrouwbaarheid van voertuigdata is nooit onderzocht. Wel geeft V-Tron aan dat 3% van de Mobileye-data foutief is. Dit heeft te maken met de verschillende rijstijlen van de mensen (V-Tron, 2019). Beijer Automotive geeft aan dat zij 100% betrouwbaarheid hebben. Dit komt voort uit de boordcomputers in taxi's waar Beijers software in zit. De afstand die de taxi rijdt moet wettelijk en fiscaal kloppend zijn en is dus geijkt (Beijer Automotive, 2019).

Naast dat voertuigdata dus lastig te gebruiken zijn is de betrouwbaarheid van de gps ook een discussiepunt. De gps is namelijk niet zo nauwkeurig dat er op rijbaanniveau aangetoond kan worden op welke rijstrook de afwijking is vertoond. Daarnaast is het lastig om met gps-locaties afmetingen aan een afwijking (bijvoorbeeld een gat in de weg) aan te kunnen tonen (Beijer Automotive, 2019). Gps is niet een standaard signaal wat een voertuig verzameld. Dit bleek ook uit de datalezer (zie Figuur 10) die bij wijze van een proef aan de OBD-poort van een auto is gekoppeld. De gps-locatie kon niet uitgelezen worden uit deze data. Dit maakte de gegenereerde data niet bruikbaar. De afwijking is immers niet aan de locatie te koppelen. Om deze data toch bruikbaar te maken moest er een koppeling gemaakt worden met een gps-logger.



Figuur 10 Positie voertuigdatalezer

De betrouwbaarheid van de snelheidsinformatie van zowel de datalezer als de gps-logger zijn met elkaar vergeleken. Hierbij blijkt dat er een correlatie is van 0,84. Dit betekent dat er een positieve lineaire samenhang is tussen de snelheidswaarden van de voertuigdata en de gps-logger. De snelheid uit het voertuig komt dus overeen met de geregistreerde gps-snelheid. In Figuur 11 is dit inzichtelijk gemaakt.



Figuur 11 Snelheidswaarden gps-logger versus voertuigdata

4 Werkprocessen van de wegbeheerder

Een slecht wegdek heeft een negatief effect op de verkeersveiligheid. Bij een slecht wegdek kan gedacht worden aan een niet goed onderhouden weg wat bijvoorbeeld resulteert in een niet stroeve weg, gaten in de weg en slechte markering (NDW, 2018). Het is zelfs zo dat de wegbeheerder aansprakelijk gesteld kan worden bij ongelukken als het wegdek slecht onderhouden is (Hoge Raad, 2018). Het aantal schadeclaims door gebrekkig wegonderhoud is zelfs in de afgelopen jaren met bijna 60% toegenomen (Clahsen, 2017). De wegbeheerder hanteert werkprocessen om haar wegennet in topconditie te houden. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op deze werkprocessen en wat de mogelijkheden zijn van voertuigdata voor deze processen. De deelvraag die hierbij is opgesteld is: Hoe verhoudt de kwaliteit/nauwkeurigheid van de verwerkte voertuigdata zich tot de huidige (monitoring)processen voor beheer en onderhoud? Om hierop antwoorden te kunnen geven is er literatuuronderzoek gehouden en zijn er diverse gesprekken gevoerd met wegbeheerders en experts. Vooral de CROW-publicatie 147 (het handboek voor de wegbeheerder) is veel gebruikt voor het literatuuronderzoek.

4.1 Assetmanagement

Het Nederlandse wegennet behoort tot de beste ter wereld. Het op peil houden van de kwaliteit van deze infrastructuur kost veel geld en het is belangrijk dat dit geld zo goed mogelijk besteed wordt (Strukton, 2018). Assetmanagement is het optimaal beheren van kapitaalgoederen die van waarde zijn voor een organisatie. Elke organisatie heeft organisatiedoelen om een bijdrage te leveren aan de maatschappelijke waarden. Elke overheid heeft verschillende assets in haar beheer. De assets bestaan uit open ruimte, vastgoed, groengebied, wegen en/of vaarwegen. Assetmanagement stelt de vraag hoe deze assets een bijdrage kunnen leveren aan de organisatiedoelen (bijv. verkeersveiligheid/duurzaamheid) van de wegbeheerder. Deze organisatiedoelen worden verwerkt naar assetsysteemdoelen. Assetsysteemdoelen laten zien wat de organisatie belangrijk vindt ten opzichte van de assets. Deze assetsysteemdoelen zijn de onderbouwing voor het bepalen en uitvoeren van de beheermaatregelen. Voorbeelden van assetsysteemdoelen zijn bereikbaarheid, veiligheid, leefbaarheid, milieu, kapitaalvernietiging, budget en beleving (CROW, 2016).

Het CROW heeft een stappenplan gedefinieerd voor de nieuwe wegbeheersystematiek om onderhoudsniveaus van wegverhardingen vast te stellen. Dit stappenplan is een aanpassing van de CROW-wegbeheersystematiek die voor vele wegbeheerders al vele jaren een belangrijk middel is voor het beheren van het wegennet. In het nieuwe stappenplan is het mogelijk voor de wegbeheerder de onderhoudsniveaus te koppelen aan de doelen die de wegbeheerder nastreeft. In de nieuwe wegbeheersystematiek is een relatie gelegd tussen de verschillende schades aan wegverhardingen en beleidsthema's (bijv. verkeersveiligheid, milieu, doorstroming, gemeenschapsgeld). Hiermee is inzichtelijk gemaakt dat niet alle schades een even groot effect hebben op deze beleidsthema's (CROW, 2016).

4.1.1 Mogelijke schades asfaltkwaliteit

Elke wegbeheer bepaalt welke assetsysteendoelen belangrijk zijn voor het onderhouden van de verhardingen. De wegverharding wordt momenteel gemonitord op de volgende schades (CROW, 2016):

- Rafeling;
- Dwarsonvlakheid/spoorvorming;
- Oneffenheden;
- Scheurvorming;
- Randschade;
- Voegwijdte;
- Stroefheid;
- Langsonvlakheid/comfort;
- Draagkracht.

Al deze schades worden kort toegelicht in bijlage A1. Het CROW heeft de relatie tussen deze schades en de assetdisciplinedoelen bepaald. In Tabel 3 is deze relatietabel van het CROW zichtbaar. De fietspaden, voetpaden en het parkeren zijn uit de originele tabel gehaald omdat dit buiten het bereik van het onderzoek valt. In de tabel worden drie categorieën benoemd:

- Er is een sterke relatie: 2 punten
- Er is een beperkte relatie: 1 punt
- Er is geen relatie: 0 punten

Tabel 3 Relatietabel asfaltschade en assetsysteendoel (CROW, 2016)

Assetsysteendoel I	Veiligheid							Leefbaarheid							Milieu					Doorstroming					Verantwoord omgaan met gemeenschapsgeld										
Assetdisciplinedoel verhardingen	Veiligheid van weggebruikers							Leefbaarheid van gebruikers en omwonenden							Energieverbruik / CO2 uitstoot					Beschikbaarheid en effect op capaciteit van de weg					Verantwoord omgaan met gemeenschapsgeld										
Indicator voor verhardingen	Incidenten door schade aan verharding							Overlast door trillingen en geluid							Rolweerstand					Onverwachte uitval door schade aan verharding. Verminderen capaciteit door schade aan verharding					Onnodige kapitaalvernietiging voorkomen										
Schade/wegtype	Regionale Stroomweg	GOW Bubeko	GOW Bibeko met fietsstrook	GOW Bibeko zonder fietsstrook	ETW Bubeko	ETW Bibeko met ontsluitingsfunctie	ETW Bibeko zonder ontsluitingsfunctie	Regionale Stroomweg	GOW Bubeko	GOW Bibeko met fietsstrook	GOW Bibeko zonder fietsstrook	ETW Bubeko	ETW Bibeko met ontsluitingsfunctie	ETW Bibeko zonder ontsluitingsfunctie	Regionale Stroomweg	GOW Bubeko	GOW Bibeko met fietsstrook	GOW Bibeko zonder fietsstrook	ETW Bubeko	ETW Bibeko met ontsluitingsfunctie	ETW Bibeko zonder ontsluitingsfunctie	Regionale Stroomweg	GOW Bubeko	GOW Bibeko met fietsstrook	GOW Bibeko zonder fietsstrook	ETW Bubeko	ETW Bibeko met ontsluitingsfunctie	ETW Bibeko zonder ontsluitingsfunctie							
Rafeling	1	1	1	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	2	2	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0		
Dwarsonvlakheid	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2	2	0	0	
Oneffenheden	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Scheurvorming	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2
Randschade	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1
Voegwijdte	0	0	1	0	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Langsonvlakheid	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Spoorvorming	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	0	0
Comfort	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stroefheid	2	2	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draagkracht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0

Aan de hand van deze tabel is bepaald welke asfaltschades de grootste relatie hebben met de assetsysteendoelen van de provinciale wegbeheerder. Na het houden van interviews met verschillende wegbeheerder zijn er wegingen gekoppeld aan veiligheid (3), leefbaarheid (1), milieu (1), doorstroming (2) en verantwoord omgaan met gemeenschapsgeld (1). Als voorbeeld scoort oneffenheden een 80. Dit zijn alle punten op veiligheid, leefbaarheid, milieu, doorstroming en gemeenschapsgeld bij elkaar opgeteld. De resultaten zijn in Tabel 4 zichtbaar.

Tabel 4 Asfaltschades zonder/met weging en op veiligheid

Asfaltschade	Zonder weging	Asfaltschade	Met weging	Asfaltschade	Alleen op veiligheid
Langsonvlakheid	44	Oneffenheden	80	Oneffenheden	14
Oneffenheden	41	Langsonvlakheid	73	Spoorvorming	11
Voegwijdte	37	Spoorvorming	65	Langsonvlakheid	10
Spoorvorming	32	Randschade	60	Dwarsonvlakheid	9
Randschade	31	Voegwijdte	56	Randschade	9
Rafeling	27	Dwarsonvlakheid	45	Stroefheid	9
Dwarsonvlakheid	23	Rafeling	38	Scheurvorming	7
Scheurvorming	21	Scheurvorming	35	Voegwijdte	4
Comfort	12	Stroefheid	31	Rafeling	3
Stroefheid	11	Comfort	12	Comfort	0
Draagkracht	8	Draagkracht	8	Draagkracht	0

Deze tabel laat zien welke asfaltschades het meeste effect hebben op de assetsysteemdoelen van de wegbeheerder. Als de wegbeheerder de voertuigdata wil gebruiken om zoveel mogelijk resultaat te hebben op de assetsysteemdoelen moet de data er op gericht zijn om in ieder geval oneffenheden, langsonvlakheden, spoorvormingen, randschades, voegwijdtes en dwarsonvlakheden aan te tonen.

Echter, het primaire doel van dit onderzoek is het vergroten van de verkeersveiligheid door het gebruiken van voertuigdata. Het is daarom goed om te kijken welke schades het meeste effect hebben op de verkeersveiligheid. Op deze manier kan het gebruik van voertuigdata beter afgestemd worden op de verschillende schades. In Tabel 4 is te zien wat de relatie is tussen de asfaltschades en het doel verkeersveiligheid.

De asfaltschades met de hoogste scores hebben een sterke relatie met de verkeersveiligheid. Het is van belang dat deze schades snel gerepareerd worden om de verkeersveiligheid ten goede te komen. Hiertoe kan mogelijk een betere monitoring door het gebruik van voertuigdata toegepast worden. Voorafgaand wordt echter wel gekeken hoe deze verschillende asfaltschades momenteel gemonitord worden en welke data hiertoe kunnen helpen.

4.2 Huidige werkprocessen wegbeheerder

Elke wegbeheerder hanteert een systematiek om hun areaal goed te kunnen beheren en onderhouden. Een onderdeel van deze systematiek is het monitoren van het wegennet. Om te kunnen bepalen welke voertuigdata de monitoring op asfaltschades kunnen aanvullen of vervangen is het nuttig om allereerst te weten hoe de huidige monitoring van het areaal in zijn werk gaat. Hiertoe is een literatuuronderzoek gehouden en is gesproken met de provincies Utrecht, Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel en Zeeland.

Tijdens deze gesprekken met de provincies zijn er vragen gesteld over de huidige monitoring. En werd er een doorkijk gemaakt naar de verwachtingen die zij hadden van voertuigdata. Alle provincies maken gebruik van CROW-publicatie 147. Dit is het handboek voor de wegbeheerder en zal toegelicht worden in de volgende paragraaf. De provincies geven aan dat zij jaarlijks meten. Het verschilt per provincie hoe deze jaarlijkse monitoring er uit ziet. Sommige provincies monitoren alle wegen terwijl andere provincies elk jaar een andere rijstrook/richting monitoren. In de volgende paragrafen zijn de uitkomsten van de interviews en

literatuuronderzoek te lezen aan de hand van de CROW-publicatie, de frequenties van monitoring en de prioritering van asfaltschades. Tenslotte wordt toegelicht welke kansen er zijn voor de wegbeheerder met betrekking tot voertuigdata.

4.2.1 CROW Publicatie 147, Handboek wegbeheer 2011

Uit de interviews is gebleken dat alle Provincies in zekere mate gebruik maken van de CROW Publicatie 147 (wegbeheer 2011). De Provincies Utrecht, Noord-Brabant, Overijssel en Zeeland maken volledig gebruik van het handboek, terwijl de Provincie Gelderland het handboek als leidraad gebruikt voor de eigen richtlijnen die gesteld zijn (Provincie Gelderland, 2019).

In het handboek voor de wegbeheerder wordt ingegaan op de beleidsprocessen en hoe deze beleidsdoelen omgezet kunnen worden om goed beheer en onderhoud te kunnen plegen. Hiertoe zijn asfaltschades gespecificeerd, samen met richtlijnen en waarschuwingsgrenzen. Deze richtlijnen moeten ook gehanteerd kunnen worden als voertuigdata de huidige monitoringsprocessen mogelijk gaan vervangen. Door voertuigdata worden er andere gegevens verzameld dan uit de huidige meetmethoden komen (Provincie Utrecht, 2019). De huidige richtlijnen zijn niet zonder reden bedacht. Er moet dan ook voor gewaakt worden dat de verkeersveiligheid niet in het gedrang kan komen door het gebruik van andere data (Provincie Utrecht, 2019). Een voorbeeld hiervan zijn de exacte richtlijnen van oneffenheden in millimeters. Voertuigdata kunnen niet op millimeters nauwkeurig aantonen hoe ver de schokdempers uit zijn geslagen waardoor er dus een minder goed beeld is van de asfaltschades.

De beoordeling van de asfaltschades vindt op uniforme wijze plaats conform de handleiding globale visuele inspectie (CROW, 2011). Bij deze globale inspectie worden alleen schades beoordeeld die van belang zijn voor het opstellen van de plannings- en begrotingsplannen voor beheer en onderhoud op netwerkniveau. Schades die geen effect hebben op deze planningen worden niet geïnspecteerd. De inspecteurs geven per wegvakonderdeel van elke schade de ernst en de omvang aan. Er zijn drie ernstklassen: licht (L), matig (M) en ernstig (E). Binnen deze ernstklassen zijn er vier omvangklassen. Dit zijn: Zeer gering (0), gering (1), enig (2) en groot (3). Voor alle schades dienen de inspecteurs de maatgevende combinatie van ernst en omvang aan te geven (CROW, 2011). Als aanvulling op deze werkwijze beheert de provincie Overijssel haar eigen kwaliteitsindex. Overijssel houdt vast aan drie kwaliteitsniveaus (Provincie Overijssel, 2019);

- Kwaliteitsniveau A: Kwaliteit hoger dan de basiskwaliteit.
- Kwaliteitsniveau B: Basiskwaliteit.
- Kwaliteitsniveau C: Kwaliteit lager dan de basiskwaliteit.

Het CROW heeft voor de asfaltschades richtlijnen opgesteld om te zorgen voor een uniforme werkwijze onder de wegbeheerders. Elke provinciale weg heeft op deze manier dezelfde beoogde kwaliteit. De richtlijnen bestaan ook uit waarschuwingsgrenzen en strengere richtlijnen. In Tabel 5 is een voorbeeld te zien van de richtlijnen van de schade oneffenheden. In bijlage A2 zijn de richtlijnen van de overige schades terug te vinden.

Met uitzondering van spoorvorming, langsonvlakheid en stroefheid zijn de asfaltschades uitgedrukt in ernstklassen en omvangklassen. Dit is lastig te lezen voor iemand die niet gespecialiseerd is in het beheer en onderhoud. Met behulp van de richtlijnen van het CROW (Wegbeheer 2011, Wegbeheer 2019 en de Onderbouwing en differentiatie onderhoudsniveaus wegverhardingen 2016) zijn er waarden gekoppeld aan de richtlijnen. Deze richtlijnen zijn erg nauwkeurig en worden vaak op de millimeter nauwkeurig getoetst. In Tabel 5 is een voorbeeld te zien van de absolute richtlijnen van de asfaltschade oneffenheden. In bijlage A2 zijn ook de richtlijnen van de overige schades te vinden.

Tabel 5 Voorbeeld richtlijnen asfaltschade oneffenheden (CROW, 2011)

Asfaltschade oneffenheden				
	Richtlijn	Waarschuwingsgrens	Strengere richtlijn	Strengere waarschuwingsgrens
Geclassificeerde richtlijn	M3	M2	M2	M1
Absolute richtlijn	Het gemeten gat is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang om actie te ondernemen omgerekend naar 100 m wegvak is 15 stuks	Het gemeten gat is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang om actie te ondernemen omgerekend naar 100 m wegvak is 8 t/m 15 stuks	Het gemeten gat is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang om actie te ondernemen omgerekend naar 100 m wegvak is 8 t/m 15 stuks	Het gemeten gat is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend om actie te ondernemen naar 100 m wegvak is 3 t/m 8 stuks

Opvallend is dat de omvang geassocieerd wordt per wegvak van 100 meter. Dit is gedaan om jaarlijks de ontwikkeling van de asfaltkwaliteit van het wegvak met elkaar te kunnen vergelijken (Hermsen, 2019). Het is mogelijk om de asfaltschades per 100 meter inzichtelijk te maken op een dashboard door gebruik te maken van nauwkeurige gps-gegevens (Klem, 2019). Het is echter wel lastig de ernst inzichtelijk te maken met voertuigdata. Informatie over bijvoorbeeld de uitslag van schokdempers is niet nauwkeurig (Klem, 2019).

4.2.2 Frequentie monitoring

De monitoring voor het beheer- en onderhoudsplan door de wegbeheerders gebeurt nu jaarlijks in elke provincie. Afhankelijk van de provincie gebeurt dit over het gehele wegennet of slechts delen daarvan. Indien dit gedeeltelijk gebeurt dan kan dit per richting, of rijstrook gemeten worden. Een voorbeeld hiervan is jaar 1 rijstrook 1 meten en jaar 2 rijstrook 2 (Provincie Gelderland, 2019). Wanneer het gaat om de monitoring van asfaltschades die de verkeersveiligheid beïnvloeden (denk hierbij aan grote gaten in de weg of een verzakking) gebeurt dit wekelijks door de weginspecteurs of kantoniers (Provincie Utrecht, 2019) (Provincie Gelderland, 2019).

Door het gebruiken van voertuigdata ontstaat er een continue stroom aan data. Deze data kan naar keuze jaarlijks/maandelijks/wekelijks/dagelijks of zelfs actueel aan de wegbeheerder worden verzonden (V-Tron, 2019). De wegbeheerder kan zelf kiezen op wat voor frequentie zij de data willen hebben. Een voorbeeld is het actueel inwinnen van gladheidsmeldingen (beheer) en het wekelijks verzamelen van uitslagen van de schokdempers om oneffenheden (onderhoud) te bepalen.

4.2.3 Prioritering van asfaltschades

Aan elke wegbeheerder is tijdens het interview gevraagd welke asfaltschade de hoogste prioriteit heeft om aangepakt te worden. Per provincie was het antwoord hierop verschillend. De provincie Utrecht gaf aan dat de prioriteit lag op de spoorvorming. In de provincie is ook erg veel sprake van langsonvlakheid door de slappe veengronden. Echter zijn ongelukken met langsonvlakheid als oorzaak in de provincie Utrecht nog niet voorgekomen (Provincie Utrecht, 2019). De provincie Utrecht monitort op alle genoemde asfaltschades (Provincie Utrecht, 2019).

De provincies Gelderland, Overijssel, Noord-Brabant en Zeeland gaven aan dat de prioriteit ligt bij het monitoren van textuurschades. Textuurschades zijn de schades rafeling en scheurvorming. De provincie Gelderland monitort in tegenstelling tot Utrecht maar op vier asfaltschades. Dit zijn rafeling, oneffenheden, scheuren en dwarsonvlakheden (Provincie Gelderland, 2019). De prioritering van rafeling is op zijn minst bijzonder te noemen. Rafeling heeft namelijk een beperkte relatie met verkeersveiligheid zoals bleek in paragraaf 4.2.1.

4.2.4 De kansen van het gebruik van voertuigdata door de wegbeheerders

Uit de gesprekken met de wegbeheerder kwam naar voren dat er kansen zijn voor het gebruik van voertuigdata. Wel moeten er allereerst een aantal randzaken geregeld zijn. Zo moet gewaarborgd worden dat men voldoet aan de richtlijnen van het CROW. Het kan niet zo zijn dat er juist meer verkeersonveiligheid ontstaat door het gebruik van voertuigdata (Provincie Utrecht, 2019).

Zowel de provincies Utrecht als Gelderland zien vooral veel kansen in het gebruik van voertuigdata voor textuurschades. Beide provincies hebben al testen gehouden met innovatieve monitoringssystemen zoals wegscanners om een goed inzicht te krijgen in rafeling en scheurvorming. Deze systemen volstaan echter nog niet in de behoeften van de wegbeheerders. Mogelijkerwijs biedt voertuigdata kansen voor deze asfaltschades (Provincie Gelderland, 2019).

Provincie Overijssel gaf tijdens het gesprek aan nog twijfels te hebben over de bruikbaarheid van de data. De huidige gestelde richtlijnen zijn heel erg nauwkeurig. Zo is er voor de asfaltschade oneffenheden al een richtlijn waarbij een gat maximaal tussen de 15 en 30 millimeter mag zijn (Provincie Overijssel, 2019). Zulke kleine gaten zullen zeer waarschijnlijk niet opgemerkt worden aan de hand van voertuig. De gaten zijn zo klein dat niet verwacht wordt dat de automobilist hiervoor uitwijkt. Daarnaast is het contactoppervlak van een band met de weg al snel groter dan 2 handen. Hierdoor zullen deze oneffenheden ook niet door uitslag van de schokdempers gezien worden (Klem, 2019).

Naast Overijssel zijn ook de provincies Zeeland en Noord-Brabant overwegend kritisch. *‘Voertuigdata is erg leuk, maar een knop is bijvoorbeeld ook leuk om op te drukken. Het moet echter wel wat doen en de gewenste resultaten opleveren’*. Uit deze uitspraak blijkt de noodzaak om voertuigdata af te stemmen op de gestelde richtlijnen. Indien het niet mogelijk is om met voertuigdata op het gewenste niveau (CROW-normen op millimeters) heeft voertuigdata geen relevante betekenis voor de provincies Zeeland en Noord-Brabant (Provincie Zeeland, 2019).

De provincies Overijssel, Zeeland en Noord-Brabant zien echter wel mogelijkheden voor voertuigdata als aanvulling of indicatie. Met voertuigdata kan er wel aangetoond worden dat er afwijkend rijgedrag vertoond wordt op een locatie. Dit kan voor een wegbeheerder een reden zijn om een weginspecteur langs deze locatie sturen, of zelfs wel een gerichtere monitoring met de huidige meetmethodieken op het wegvak uit te voeren (Provincie Noord-Brabant, 2019).

4.3 Voertuigdata om afwijkingen aan te tonen

In de vorige paragrafen zijn de huidige werkwijzen van de wegbeheerder beschreven. Als het gaat om wegkwaliteit zijn er een zestal asfaltschades gedefinieerd. Om slim beleid te maken en de risico's goed in te kunnen schatten wordt er tegenwoordig steeds meer gebruik gemaakt van data. Alles wat de auto doet, van de wielsnelheid tot aan het gebruik van verlichting en richtingaanwijzers wordt vastgelegd (V-Tron, 2019). Deze data kunnen mogelijk gebruikt worden om de huidige monitoringsprocessen te vervangen of aan te vullen. Alvorens het zover is wordt eerst beschreven hoe de asfaltschades met voertuigdata aangetoond kunnen worden.

4.3.1 Beschikbare voertuigdata

In paragraaf 3.2 werd beschreven dat voertuigdata uit de CAN-bus gehaald kan worden maar ook uit de aanvullende Mobileye ADAS-functionaliteit. Deze data wordt uitgelezen en doorgestuurd naar een database. In Tabel 6 is nogmaals te zien om welke data het gaat.

Tabel 6 Beschikbare voertuigdata (V-tron, 2018)

CAN-BUS	ADAS-Functionaliteit
Status verlichting	Gps
Status mistlampen	Snelheid
Brandstofverbruik	Acceleratie
Knipperlichten	Status Lane Keeping
Luchttemperatuur	Kwaliteit van de belijning
Snelheid	Afstand tot voorligger
Remvertraging	Rood gerande verkeersborden
Wielspin	Bijna-ongelukken
Ruiterwischerstand	

(V-tron, 2018)

4.3.2 Asfaltschades en voertuigdata

Zoals eerder beschreven zijn er een aantal asfaltschades waar momenteel op gemonitord wordt en hoe dit gebeurt. Mogelijkwerwijs kan voertuigdata de huidige monitoring van schades vervangen of aanvullen. De asfaltschades zijn:

- Rafeling;
- Dwarsonvlakheid;
- Oneffenheden;
- Scheurvorming;
- Randschade;
- Voegwijdte;
- Stroefheid;
- Langsonvlakheid/comfort;
- Spoorvorming;
- Draagkracht.

Deze asfaltschades zijn allemaal beschreven in bijlage A3. Onderdeel van deze beschrijving is de oorzaak van de schade en het gevolg. Aan de hand van deze werkwijze zijn verschillende typen voertuigdata aan de asfaltschade gekoppeld. Ook is er extra informatie toegevoegd, denk hierbij aan intensiteiten en weergegevens. Vervolgens zijn de resultaten hiervan vergeleken met de richtlijnen om te bepalen of met voertuigdata dezelfde data verkregen kan worden als de huidige monitoring. In paragraaf 4.3.2.1 is een voorbeeld te zien van de asfaltschade stroefheid.

4.3.2.1 Voorbeeld beschrijving asfaltschade stroefheid

Een goede stroefheid van de weg is zeer belangrijk voor de verkeersveiligheid. Een weg behoort zowel in een droge als natte toestand stroef genoeg te zijn. Stroefheid vormt samen met de textuur de complete eigenschap van het wegdek die nodig is om een voertuig op een wegdek te kunnen sturen, versnellen, rijden en remmen (KIWA, 2019). Anders dan alle andere schades is stroefheid niet zichtbaar. Dit heeft als gevolg dat de weggebruiker zijn gedrag niet kan aanpassen. Ook kan de weggebruiker niet uitwijken voor de stroefheid.

De huidige metingen van stroefheid gebeuren op natte wegdekken. De kans op ongevallen op natte wegvakken is namelijk veel groter dan op droge wegdekken (KIWA, 2019). De metingen worden uitgevoerd

met de volgens standaard bepalingen beschreven 86% vertraagd wielmethode. De meetsnelheid bedraagt 70 of 50 kilometer per uur. Door deze methode is het mogelijk om de remvertraging uit te rekenen. In de proef wordt een meetband zonder profiel in een aanhanger voortgetrokken over een nat wegdek. Het meetwiel wordt 86% geblokkeerd. Voor de meetband wordt een waterfilm gespoten om een nat wegdek te simuleren (CROW, 2017).

Door verschillen te meten in combinaties tussen wielspin en snelheid zou de asfaltkwaliteit op stroefheid beoordeeld kunnen worden (NDW, 2018). Hierbij moet ook data verzameld worden over het weertype en temperatuur. Een nat wegdek verlaagt de wrijving tussen het voertuig en het wegdek. Ook is het niet representatief om een glad wegdek (sneeuw/ijs) te meten voor het beheer en onderhoud. Mogelijke aanvullingen om te komen tot een nauwkeurige monitoring zijn data over de ABS, TCS, en gladheidsmeldingen vanuit het voertuig. In Tabel 7 is te zien welke data gebruikt kan worden om stroefheid van het wegdek te monitoren.

Tabel 7 Mogelijk te gebruiken voertuigdata voor stroefheid

Stroefheid	
Voertuigdata	Overige data
Gps	Weergegevens
Snelheid	Gewicht voertuig
Wielspin	
ABS	
Tractie Controle Systeem	
Temperatuur	
Ruitenwischerstand	
Gladheidsmeldingen	

Richtlijnen

De huidige gestelde richtlijn is dat de wrijvingscoëfficiënt tussen de banden en het wegdek over een afstand van 100 meter gemiddeld 0,52 moet zijn. Een wrijvingscoëfficiënt van 0,45 is een waarschuwingsgrens en een waarde van 0,38 een drempelwaarde.

De wrijvingscoëfficiënt wordt momenteel als volgt bepaald (KOAC-NPC, 2015):

$$f_{\text{gemeten}} = \frac{F_w + c_w}{F_N}$$

waarbij

f_{gemeten}	=	wrijvingscoëfficiënt (-)
F_w	=	wrijvingskracht tussen verharding en meetwiel (N)
c_w	=	correctie in verband met de stand van het voertuig (N)
F_N	=	normaalkracht (N)

Figuur 12 Bepaling wrijvingscoëfficiënt (KOAC-NPC, 2015)

De uitkomst van de wrijvingscoëfficiënt wordt vervolgens gecorrigeerd. Er is namelijk een afwijking te zien door het jaar heen. Het effect van het meetseizoen op de wrijvingscoëfficiënt wordt in rekening gebracht via de volgende formule (KOAC-NPC, 2015):

$$f = f_{\text{gemeten}} - 0,022 \times \sin((360/365) \times (\text{meetdag} + 60))$$

De meetdag is het aantal dagen sinds 1 januari van het jaar van de meting (meetdag = 1 op 1 januari)

Figuur 13 Seizoen correctie Wrijvingscoëfficiënt (KOAC-NPC, 2015)

Het is lastig om de voertuigdata om te zetten naar een wrijvingscoëfficiënt. Voornamelijk de wrijvingskracht is lastig te bepalen. De wrijvingskracht wordt nu namelijk uit de meting gehaald. Mogelijkerwijs is er een wrijving uit de wielspin en de verharding te halen.

Wrijvingskracht tussen verharding en meetwiel

$F_w = ?$

Correctie in verband met de stand van het voertuig

De C_w waarde van een auto is tussen de 0,30 en 0,45 (Natuurkunde.nl, 2019).

$C_w = 0,30 \sim 0,45$

De normaalkracht (Wielbelasting)

Indien op een recht wegvak:

Normaalkracht (Newton) = Massa (Kg) * Zwaartekrachtversnelling (M/S²)

$$F_n = m * g$$

$$F_n = m * 9,8$$

Indien op een helling:

Normaalkracht (Newton) = Massa (Kg) * Zwaartekrachtversnelling (M/S²) * Cosinus (hoek of helling)

$$F_n = m * g * \cos(\text{Horizontale verplaatsing} / \text{Verticale verplaatsing})$$

$$F_n = m * 9,8 * \cos(x)$$

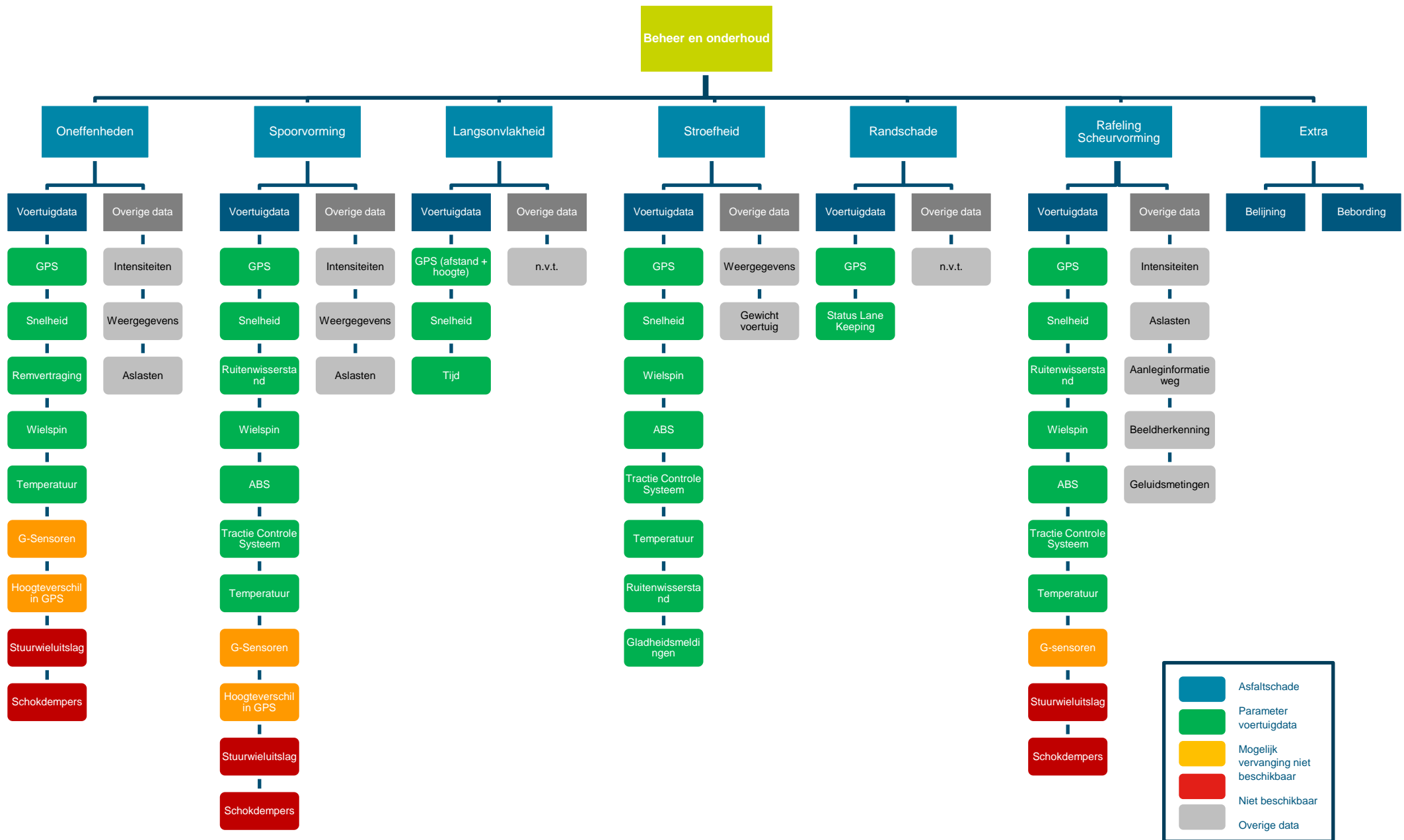
De wrijvingskracht is niet te berekenen vanuit voertuigdata. Hierom moet er een andere waarde of aspect gevonden worden wat de wrijving tussen de verharding en het wiel kan aantonen. Dit is echter niet mogelijk. Wielspin zou een indicatie kunnen zijn, zij het niet zo dat wielspin ook te wijden is aan bijvoorbeeld een slecht bandenprofiel en niet bekwaam rijgedrag (slippen bij wegrijden).

4.3.2.2 Stroomschema

Van alle overige asfaltschades is eenzelfde beschrijving gemaakt als het voorbeeld stroefheid in paragraaf 4.3.2.1. In Figuur 14 is een stroomdiagram zichtbaar. In dit stroomdiagram is zichtbaar welke data gebruikt wordt voor het aantonen van de asfaltschades. In het groen zijn de voertuigdata gemarkeerd die nu door leverancier V-Tron uit voertuigen gehaald kunnen worden (V-Tron, 2019). In het rood gemarkeerd staan variabelen die wel in de CAN-bus verzameld worden maar momenteel nog niet uit te lezen zijn. In oranje zijn de eventueel vervangende data te lezen. Het is echter nog niet bekend of deze data daadwerkelijk uit het voertuig te halen vallen.

Uit het stroomdiagram valt bijvoorbeeld te herleiden dat voor de asfaltschade oneffenheden de variabelen gps, snelheid, remvertraging, wielspin en temperatuur benodigd zijn. De waarden stuurwieluitslag en schokdempers zijn echter nog niet beschikbaar en kunnen mogelijk vervangen worden door G-sensoren of zeer nauwkeurige gps-gegevens over de hoogte. Extra toevoegingen zijn intensiteiten/weergegevens en aslasten.

Figuur 14 Stroomschema schade naar voertuigdata



4.3.3 Vervanging van de huidige monitoring, of toch een aanvulling?

Uit de gesprekken met de provincies bleek dat de verwachtingen van voertuigdata hooggespannen waren. Bij veel wegbeheerders werd verwacht dat voertuigdata bij zou dragen aan het versimpelen van het beheer en onderhoudsproces (Provincie Utrecht, 2019). Voertuigdata zijn immers altijd beschikbaar en met vergelijking van de huidige dure monitoring relatief goedkoop (Felici E. , 2019). Maar, kan voertuigdata de huidige monitoring wel echt vervangen of is dit niet mogelijk? Zal voertuigdata niet dienst moeten doen als aanvulling of indicatie (Provincie Overijssel, 2019) (Provincie Noord-Brabant, 2019)? De huidig gestelde wettelijke CROW-richtlijnen die voor de wegbeheerders verplicht zijn om na te leven moeten wel gehandhaafd kunnen worden (Provincie Utrecht, 2019). Het mag niet zo zijn dat er meer verkeersonveiligheid ontstaat door het gebruik van voertuigdata. Hierom is het goed om te bepalen wat voor rol voertuigdata kan hebben als het gaat om de huidige meetprocessen (Provincie Utrecht, 2019).

4.3.3.1 Werkwijze vergelijking

Er is gekozen om de werkwijzen te vergelijken op basis van:

- Haalbaarheid van CROW-normen;
- Frequentie van monitoring;
- Technologische haalbaarheid;
- Financiële aantrekkelijkheid;
- Aspecten (privacy).

De haalbaarheid van de CROW-normen en technologische haalbaarheid zijn per asfaltschade verschillend. De overige aspecten zijn wel gelijk per asfaltschade. Er is voor gekozen om per asfaltschade een tabel op te stellen waaruit de potentie blijkt van voertuigdata. Deze tabellen met toelichting zijn terug te vinden in bijlage A4. Bij de vergelijking is een weging vastgesteld in samenspraak met verschillende wegbeheerders en experts. Besloten is dat het meest belangrijke is dat de CROW-normen gewaarborgd kunnen worden. Indien de wegbeheerder niet voldoet aan deze normen kan de wegbeheerder aansprakelijk gesteld worden bij ongelukken. Ook moet de wegbeheerder aantonen dat zij monitort op de wegkwaliteit om zo het geld te krijgen van het rijk. De CROW-normen hebben dan ook een weging van 4 meegekregen (dit is voor de wegbeheerder de belangrijkste vereiste). De frequentie van de monitoring en de technologische haalbaarheid zijn hier ondergeschikt aan en hebben een weging van 3 meegekregen. Tenslotte heeft de financiële aantrekkelijkheid een weging van 2 gekregen (aangenomen wordt dat voertuigdata goedkoper zijn, maar dit is niet onderzocht in dit onderzoek) en de juridische aspecten een 1. Onder juridische aspecten vallen de privacy gevoeligheid en de wettelijke verplichting van de wegbeheerder om te kunnen voldoen aan de normen (Provincie Noord-Brabant, 2019).

In de tabellen komen drie scores terug. Dit zijn:

1. Niet goed
2. Neutraal
3. Goed

Voor deze systematiek is gekozen om zo een simpele vergelijking te kunnen maken tussen voertuigdata en de huidige monitoring.

4.3.3.2 Conclusie

Uit de vergelijking per asfaltschade is naar voren gekomen dat alleen de asfaltschade langsonvlakheid de potentie heeft om vervangen te worden door voertuigdata. Dat hoeft echter niet te betekenen dat voertuigdata niets kan betekenen voor het detecteren van de andere asfaltschades. Het is wel mogelijk om op basis van voertuigdata afwijkingen te zien in het rijgedrag van automobilisten (hard remmen en wielspin

bijvoorbeeld). Mogelijkerwijs kan deze informatie over afwijkingen een trigger zijn voor de wegbeheerder om locatiegericht te gaan meten. Indicatief kan voertuigdata dus misschien nog wel een rol spelen.

Om de potenties van de verschillende mogelijkheden te bekijken is dezelfde afweging gemaakt als bij de asfaltschades. Dit zijn:

1. Huidige monitoring: *Geen gebruik voertuigdata;*
2. Voertuigdata ter vervanging: *Geen gebruik huidige monitoring;*
3. Voertuigdata als indicatie: *Afwijkingen uit voertuigdata kunnen een trigger te zijn om locatie specifiek te gaan monitoren.*

Deze mogelijkheden zijn in Tabel 8 gevisualiseerd met de bijpassende scores. In bijlage A4 is een uitgebreide toelichting te lezen voor deze scores.

Tabel 8 Voertuigdata als vervanging van huidige processen

	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata ter vervanging	Voertuigdata als indicatie
Haalbaarheid CROW Normen	4	3	1	3
Frequentie van monitoring	3	2	3	3
Technologische haalbaarheid	3	3	1	3
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	3	2
Juridische aspecten	1	3	1	1
Totaal punten	39	32	23	35
Score t.o.v. totale punten	100%	82%	59%	90%

De scores van de huidige monitoring en voertuigdata ter vervanging komen overeen met de tabellen die in de bijlage beschreven zijn. Voertuigdata als indicatie scoort het beste. Zelfs als de weging wordt aangepast door alleen de CROW-normen zwaarder te wegen (2) komen hier soortgelijke resultaten uit. Voertuigdata als indicatie scoort dan gelijk aan de huidige monitoring. De scores van voertuigdata als indicatie zijn een combinatie van de huidige monitoring samen met voertuigdata ter vervanging. Door afwijkingen in voertuigdata op de wegen te analyseren kan hierop gestuurd worden bij de huidige monitoring. Op deze manier is het technisch nog steeds mogelijk om te voldoen aan de huidige CROW-normen. Deze manier van monitoren brengt een financiële aantrekkelijkheid met zich mee. Het gebruiken van voertuigdata geeft namelijk een indicatie van waar gemeten moet worden. Dit kan de kosten van de huidige dure meetmethoden drukken (Provincie Noord-Brabant, 2019) (Provincie Overijssel, 2019).

Niet meegenomen in de afweging zijn de extra mogelijkheden van voertuigdata ten opzichte van de huidige monitoring. Met voertuigdata is het ook mogelijk om te monitoren op verkeersborden en de belijning. Hier zijn al een paar proeven mee uitgevoerd. Met deze toevoeging kan voertuigdata als indicatie een goede toevoeging zijn op de huidige monitoringswijze.

4.3.3.3 Voorbeeld toepassing voertuigdata in beheer- en onderhoudsprocessen

De deelvraag van hoofdstuk 4 is: Hoe verhoudt de kwaliteit/nauwkeurigheid van de verwerkte voertuigdata zich tot de huidige (monitoring)processen voor beheer en onderhoud? Uit de voorgaande paragrafen is gebleken dat voertuigdata als indicatie van afwijkingen/verstoringen een waardevolle toevoeging kan zijn voor de huidige monitoringsprocessen. Voertuigdata moeten dus (nog) niet als een losstaand middel gezien worden om de wegkwaliteit aan te tonen. De kwaliteit/nauwkeurigheid van de verwerkte voertuigdata beperkt zich tot het indicatief kunnen weergeven van afwijkingen. Echter is het dan nog steeds noodzakelijk om een locatiegerichte monitoring te houden.

In deze deelparagraaf zal een voorbeeld beschreven worden van een mogelijke manier om voertuigdata in te passen in beheer- en onderhoudsprocessen. Na een expertsessie met verschillende adviseurs van Royal HaskoningDHV is gebleken dat voertuigdata samen met andere monitoringen onderdeel kan worden van een interactief dashboard (Otter, 2019). Denk hierbij aan data over ongevallen, huidige meetmethoden en verkeersdata. Deze data kunnen in een interactief dashboard weergegeven worden.

Met dit te ontwikkelen interactief online dashboard worden ongevalscijfers, verkeersdata (huidige monitoring asfaltschades, verkeersintensiteiten en rijnsnelheden), beeldherkenning, voertuigdata en historische (of actuele) weergegevens in een database verzameld en verwerkt tot bruikbare informatie. Uit dit online dashboard kan de wegbeheerder informatie lezen. Naast deze informatie kan ook op een kaart inzichtelijk gemaakt worden wat de wegdekkwaliteit is, of er sprake is van asfaltschades, of er alarmeringen (veel ongelukken) zijn, wordt er een veiligheidsscore aan een wegvak gekoppeld en een verwachting voor het beheer en onderhoud gevisualiseerd. In Figuur 15 is een schematische weergave te zien van dit interactieve online dashboard als voorbeeld van een mogelijke toepassing van voertuigdata voor beheer- en onderhoudsprocessen.



Figuur 15 Schets interactief online dashboard

In de kaart zijn op verschillende wegvakken fictieve situaties getekend. De gekleurde lijnen tonen bijvoorbeeld de wegdekkwaliteit van een weg. De groene kleur staat voor een goede wegdekkwaliteit. Op plaatsen waar de wegdekkwaliteit onvoldoende is, is deze kleur rood of oranje. Met een alarmering wordt duidelijk gemaakt wat er aan de hand is (een ongeval, slecht comfort of een asfaltschade). In het geval van het vraagteken is dit niet te herleiden uit voertuigdata of de aanvullende data en zal de weginspecteur moeten kijken wat er aan de hand is. Het is voor de wegbeheerder zelf mogelijk om aanvullende informatie in het interactieve online dashboard in- of uit te schakelen.

5 Voertuigdata gebruiken om afwijkingen aan te tonen

Ruwe data zijn erg complex. Het vergt veel kennis, kunde en tijd om voertuigdata te vertalen naar relevante informatie over de weginfrastructuur. Het verkrijgen van kennis en kunde van voertuigdata duurt jaren (Beijer Automotive, 2019). Beijer Automotive is al sinds 1998 bezig met het verzamelen van signalen uit de CAN-bus en heeft zich gespecialiseerd in de vertaling en verwerking van deze data.

Voorafgaand aan het onderzoek is een onderzoeksplan opgesteld. Volgens het onderzoeksplan zou er ook een praktische test uitgevoerd worden met voertuigdata. Het belangrijkste doel hierbij was het vinden van een werkwijze en methode om afwijkingen uit voertuigdata te halen. Deze afwijkingen zouden dan kunnen leiden tot het detecteren van asfaltschades. Het is echter niet mogelijk gebleken om deze uitgebreide data tijdig ter beschikking te krijgen. Dit heeft te maken met de vertraging van het project in Overijssel en de complexiteit van de voertuigdata. In de discussie (paragraaf 7.3) wordt hier verder op in gegaan. Om toch een werkwijze te kunnen schetsen hoe voertuigdata verwerkt kan worden tot bruikbare informatie en ervaringen op te doen, is er zelf data verzameld over de snelheid van een voertuig.

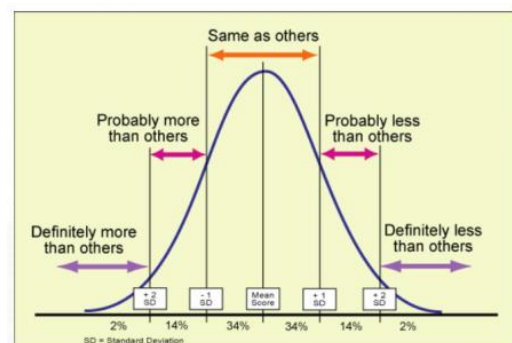
Deze data zijn verzameld tijdens testritten in Noord-Holland. Deze testritten werden gehouden in het kader van een andere opdracht⁶. De testritten zijn tegelijkertijd gereden door twee voertuigen in een periode van twee weken. Beide voertuigen waren uitgerust met camera's en een gps-logger⁷. De voertuigen hebben gezamenlijk 4.000 kilometer over provinciale wegen afgelegd. Uit de gps-logger is informatie gehaald over de gereden snelheden. Deze data is omgezet naar meter per seconde vertraging en geanalyseerd met behulp van de camerabeelden.

In dit hoofdstuk zal de werkwijze geschetst worden die gebruikt kan worden om van voertuigdata bruikbare informatie te maken. Dit gebeurt aan de hand van het voorbeeld met de remvertragingen. Hierbij moet wel nadrukkelijk de kanttekening geplaatst worden dat remvertragingen op zichzelf nietszeggend zijn voor beheer- en onderhoudsprocessen. In paragraaf 4.3.2 is al gebleken dat remvertraging wel in combinatie met andere voertuigdata indicatief afwijkingen aan kan tonen. Losstaande remvertragingen kunnen de wegbeheerder wel helpen voor het beleidsdoel verkeersveiligheid door gevaarlijke punten in kaart te brengen (een bocht waar veel auto's hard remmen is misschien niet goed ontworpen).

5.1 Een noemenswaardige afwijking

Een noemenswaardige afwijking of vermeldingswaardige afwijking in het rijgedrag van voertuigen wil de wegbeheerder graag weten. Deze noemenswaardige afwijking kan namelijk een indicatie zijn voor een gevaarlijke situatie door bijvoorbeeld een slecht onderhouden weg. Als er eind 2019 100.000 voertuigen realtime ontsloten zijn komt er een gigantische hoeveelheid data beschikbaar (Felici E., 2019). Er wordt dan bijvoorbeeld heel veel informatie over uitslagen van de schokdempers verzameld. De vraag is dan echter wanneer de uitslag van de schokdempers zodanig groot is dat er ook daadwerkelijk vastgesteld kan worden dat er zich een incidentele afwijking plaats heeft gevonden (Bijv. het rijden door een gat).

Om dit uit te sluiten behoort de normale uitwijking van schokdempers geanalyseerd te worden (hoe slaan de schokdempers uit onder normale omstandigheden en zit hier per wegtype verschil in?) Vervolgens kunnen de waarden die hoger dan deze normale uitwijking liggen geanalyseerd



Figuur 16 Normaalverdeling (Depoy, 2007)

⁶ Een test naar de kwaliteit van de belijning in de provincie Noord-Holland

⁷ Eenzelfde gps-logger bleek te correleren met de geijkte voertuigsnelheid

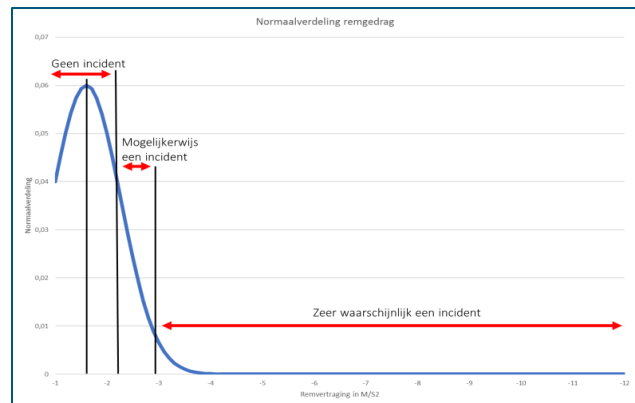
worden. Door het berekenen van het gemiddelde en de standaarddeviatie kan er een normaalverdeling opgesteld worden. Deze normaalverdeling geeft inzicht in waarden die zeer waarschijnlijk noemenswaardige afwijkingen zijn.

5.1.1 Remvertragingen, *voorbeeldcase*

Tijdens de dataverzameling in Noord-Holland is er in totaal ruim 31 uur aan data over vertragingen verzameld (gemeten in m/s^2). Onder deze 31 uur aan gegevens vallen ook minimale snelheidsverschillen die veroorzaakt worden door het loslaten van gas en het niet op een constante snelheid kunnen rijden (de cruise control stond tijdens de test uit). Met een kleine test is vastgesteld welke vertraging normaal is bij het loslaten van het gaspedaal. Deze kleine test is uitgevoerd op een afgesloten industrieterrein bij de snelheden 50 en 80 kilometer per uur. Testen met 100 kilometer per uur werd onveilig bevonden. Tijdens deze test was het voertuig uitgerust met een camera en een gps-logger. Met deze test is uitgesloten dat vertragingen onder de $1 m/s^2$ veroorzaakt werden door remmen. Alle vertragingen onder de $1 m/s^2$ zijn dan ook uit de resultaten gefilterd (het gaat hierbij immers om het loslaten van gas.)

Van alle vertragingen boven de $1 m/s^2$ is een normaalverdeling gemaakt aan de hand van het gemiddelde en de standaarddeviatie. De normaalverdeling is zichtbaar in Figuur 17 Een incident moet niet verward worden met een ongeval. Een incident is een incidentele afwijking ten opzichte van de normale remacties.

Volgens deze normaalverdeling zouden alle vertragingen boven de $2,9 m/s^2$ zeer waarschijnlijk een incidentele afwijking⁸ aan kunnen tonen. Uit literatuuronderzoek is echter gebleken dat vertragingen boven de $4,76 m/s^2$ genoteerd worden als harde en oncomfortabele remacties (GEOTAB, 2015). Uit een ander onderzoek op Europese schaal naar in-car voertuigsystemen bleek dat een vertraging groter dan $4 m/s^2$ een harde en oncomfortabele remactie is (Kessler, et al., 2012).



Figuur 17 Normaalverdeling remgedrag

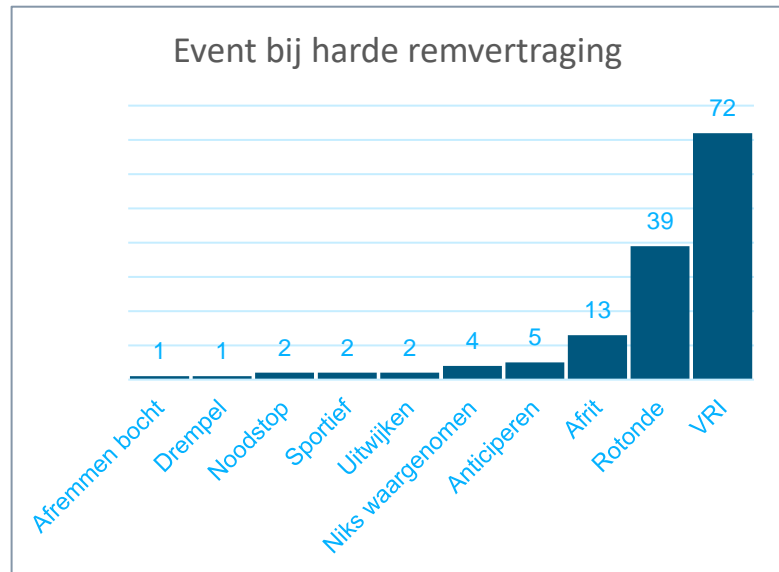
5.2 Oorzaken bepalen

Nadat middels het maken van een normaalverdeling bepaald is wat een sterke afwijking is, kan er gekeken worden naar de oorzaken van deze afwijking. Een sterke afwijking in de schokdemperuitslag hoeft namelijk niet te zeggen dat er een groot gat in de weg zit. De schokdempers kunnen namelijk ook uitslaan wanneer een voertuig over bijvoorbeeld een tak rijdt. Om dit uit te sluiten dienen alle afwijkingen boven de norm (in het geval van de voorbeeldcase de $2,9 m/s^2$) onderzocht te worden op de oorzaken om hier uiteindelijk een algoritme van te kunnen maken. Om de oorzaken te kunnen bepalen kan er gebruik worden gemaakt van camerabeelden. Daarnaast is het vrij zeker dat zodra de afwijking op een locatie maar één keer voorkomt het geen structurele afwijking is. Indien er dus meerdere afwijkingen op eenzelfde locatie zijn vereist dit verder onderzoek.

⁸ Een incidentele afwijking is een afwijking die incidenteel is t.o.v. het normaalgedrag

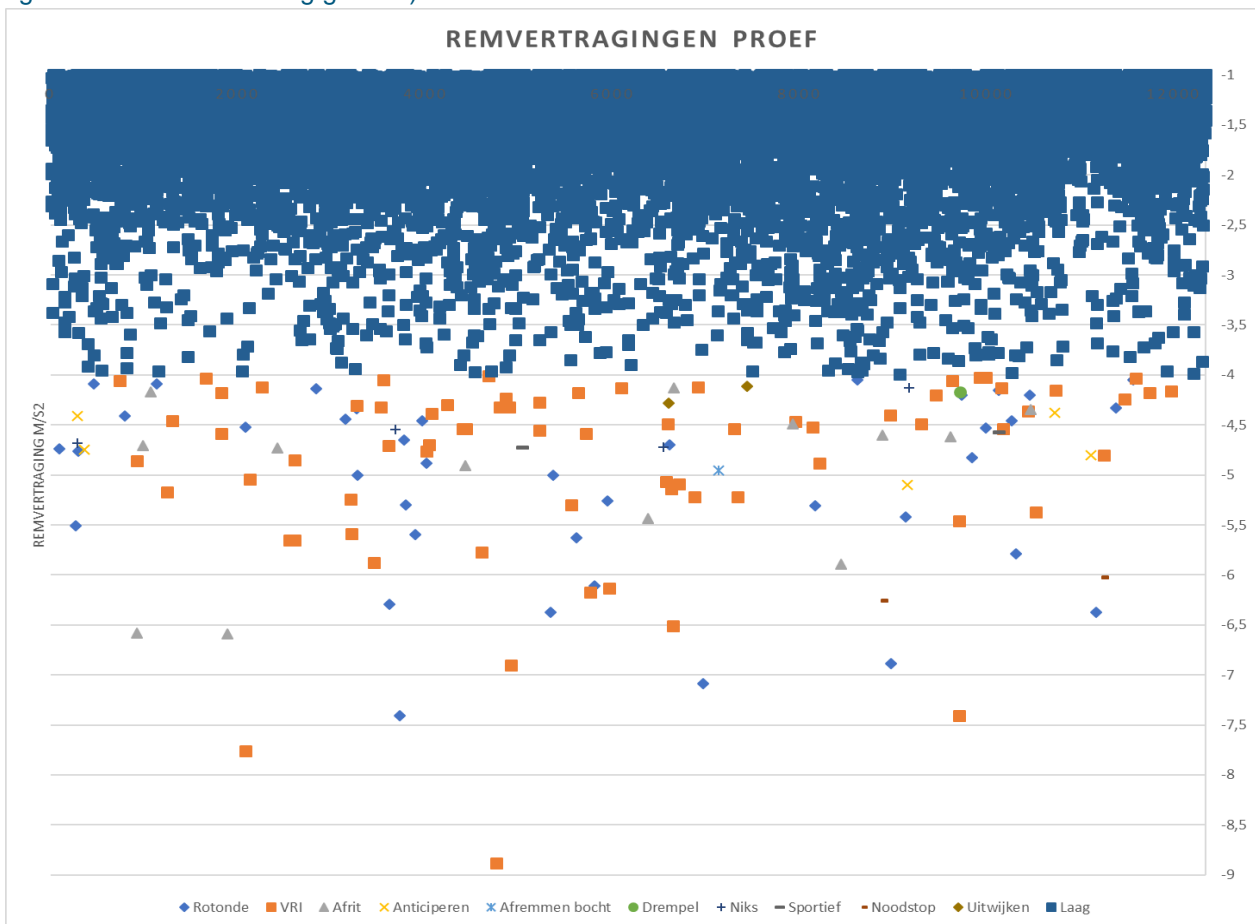
5.2.1 Remvertragingen, voorbeeldcase

In de voorbeeldcase is besloten alle vertragingen boven de 4m/s² te onderzoeken op oorzaken. Het gaat hierbij om 140 vertragingen. Het grootste aandeel van deze oorzaken is te betrekken op de infrastructuur. Vertragingen die zijn veroorzaakt door kruispunten zoals rotondes en verkeersregelinstallaties. De hardste remactie van 12 m/s² is waargenomen bij het remmen voor het gele verkeerslicht. Ongeveer tien situaties hadden ook echt betrekking op remmen om gevaar te voorkomen. In Figuur 18 zijn de oorzaken van de remvertragingen te zien.



Figuur 18 Oorzaken harde remvertragingen

Indien alle vertragingen boven de 1m/s² in beeld worden gebracht (zie Figuur 19) dan is goed te zien dat vertragingen boven de 4 m/s² slechts incidenteel voorkomen (de hoogste vertraging van 12 m/s² is in dit figuur buiten beschouwing gelaten).



Figuur 19 Remvertragingen proef

De grootste remvertragingen worden allemaal veroorzaakt vóór rotondes of verkeersregelininstallaties. De losstaande remvertraging kan dus niets zeggen over de kwaliteit van het wegdek. Om dit te kunnen doen is andere data van bijvoorbeeld wielspin of stuurwieluitslag ook noodzakelijk.

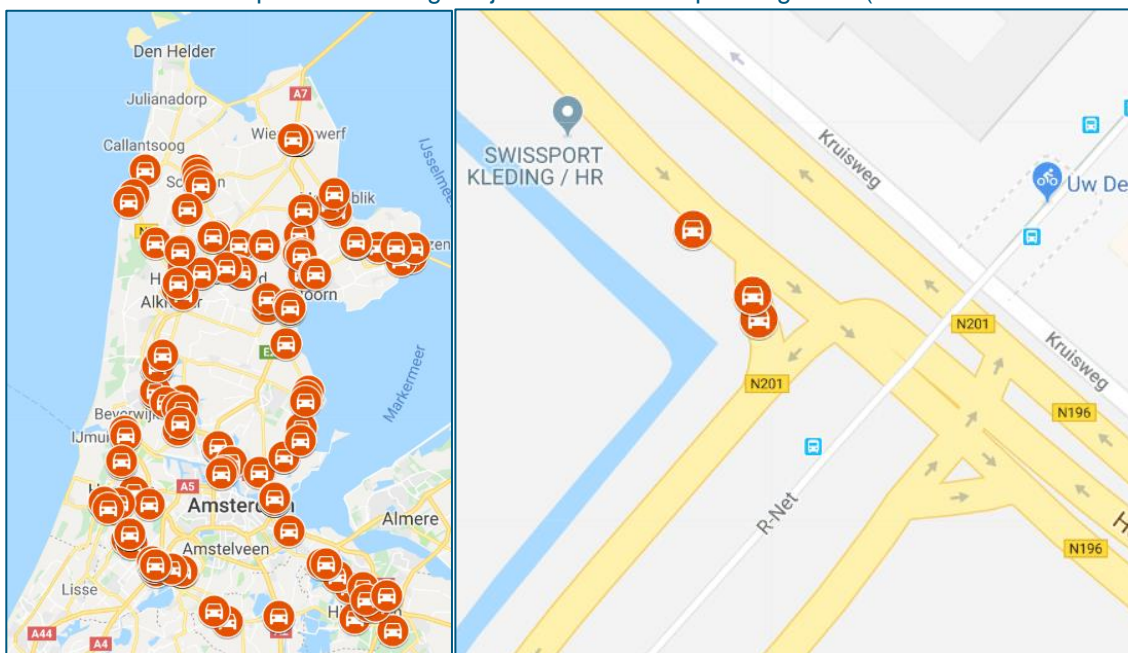
5.3 Interactief online dashboard

Nadat er oorzaken bepaald zijn kan nogmaals naar de afwijkingen gekeken worden. Een belangrijke vraag hierbij is wat belangrijk is voor de wegbeheerder. De wegbeheerder zou het in het geval van beheer- en onderhoudsprocessen niet interessant vinden om te zien dat er een tak op de weg heeft gelegen. De relevante afwijkingen kunnen in een interactief online dashboard geplaatst worden. Zo wordt het voor de wegbeheerder duidelijk waar grote afwijkingen in de uitslagen van de schokdempers zijn geweest. Dit kan voor de wegbeheerder een aanleiding zijn om een gerichte meting te houden of om een weginspecteur te laten schouwen.

5.3.1 Remvertragingen, voorbeeldcase

Zoals beschreven kunnen losstaande remvertragingen niets zeggen over de kwaliteit van het wegdek. Om wel iets te kunnen beweren over het wegdekkwaliteit zijn andere data van bijvoorbeeld wielspin of stuurwieluitslag nodig. Voor de beheer- en onderhoudsprocessen zijn de uitkomsten van de remvertragingen niet relevant. Er kwam namelijk alleen informatie naar voren dat er hard geremd is voor rotondes en verkeerslichten. Dit hoeft echter niet te betekenen dat deze data waardeloos zijn en dus niet gebruikt kunnen worden. De remvertragingen kunnen wel gebruikt worden om de verkeersregelininstallatie te toetsen. Hoge en frequente remvertragingen bij een VRI wekken namelijk de suggestie dat de geeltijd onvoldoende is. Dit heeft voornamelijk te maken met het beleidsdoel verkeersveiligheid en valt dus officieel niet in dit onderzoek. Om toch een toepassing van het online dashboard te laten zien is er wel voor gekozen dit als voorbeeld te nemen.

Alle remvertragingen boven de 4 m/s² zijn in een online dashboard visueel gemaakt, zie Figuur 21. Remvertragingen kunnen bij verkeerslichten wel een indicatie zijn van een onveilige situatie. In Figuur 20 is een voorbeeld te zien van meerdere remvertragingen over meerdere dagen bij eenzelfde verkeerslicht. Dit duidt misschien wel op een te korte geeltijd of een te scherpe boogstraal (dit is echter niet onderzocht).



Figuur 21 Overzicht harde remacties

Figuur 20 Gedetailleerd overzicht op kruispuntniveau

5.4 **Blik op de toekomst**

Losstaande voertuigdata zijn momenteel nog niet bruikbaar om de kwaliteit van het wegennet aan te tonen. Dit heeft te maken met de complexiteit en het niet beschikbaar zijn van de data. Wel is er een werkmethode opgesteld die gebruikt kan worden om vanuit voertuigdata bruikbare informatie te maken.

Voor dit onderzoek was alleen beschikking over snelheidsdata. Het wordt echter interessanter als er ook gebruik gemaakt kan worden van andere voertuigdata over onder andere wielspin, stuurwieluitslag en schokdempers. Met deze data zal het mogelijk worden om met de hierboven genoemde methodiek afwijkingen in de wegdekkwaliteit aan te kunnen tonen. Voor nu is het echter nog niet zo ver en moet er actie ondernomen worden. Concreet betekent dit dat deze voertuigdata beschikbaar zou moeten komen. Zowel V-Tron als Beijer Automotive geven aan dat zij deze data kunnen ontsluiten. Deze data zouden echter lastig te begrijpen zijn. Hier is nog veel kennis over nodig. Momenteel is nog erg onduidelijk hoe deze data er uit ziet en of deze data ook daadwerkelijk toepasbaar is. Er is vertrouwen nodig dat deze data betrouwbaar is en de wegbeheerder kan helpen.

Daarnaast zal voertuigdata niet kunnen voldoen aan de richtlijnen van het CROW. Deze richtlijnen zijn voor de wegbeheerder ontzettend belangrijk. Met deze richtlijnen kan de wegbeheerder immers aantonen te voldoen aan de norm en niet aansprakelijk is voor eventuele ongevallen. De verwachting is echter dat deze richtlijnen losgelaten worden. Er moet een discussie gevoerd worden over deze normen. De normen beperken en belemmeren namelijk de wegbeheerder in het slimmer beheren en onderhouden. Geopperd wordt om de ernst en omvang los te laten, de vraag wordt dan of er onderhoud gepleegd moet worden; ja of nee. Daarnaast zal voertuigdata geen 100% zekerheid en informatie geven. Dit is echter niet erg, meerdere meetmethoden met een betrouwbaarheid van 50 procent zullen meer zekerheid geven dan een meting van 70 procent (Otter, 2019).

Tenslotte is het ook de vraag wat de toevoeging van voertuigdata zijn voor de wegbeheerder. De huidige gehanteerde werkwijze maakt de kwaliteit van het wegennet ook zichtbaar. Door het gebruiken van voertuigdata zullen gevaarlijke situaties eerder zichtbaar worden. De wegbeheerder moet hier dan ook op monitoren, gelet op haar zorgplicht. De wegbeheerder moet immers ingrijpen bij gevaarlijke situaties (ANWB, 2008). Daarnaast staat nog dat, zodra met voertuigdata oneffenheden (gaten in de weg bijv.) aangetoond kunnen worden, het gat al snel zodanig groot is dat weggebruikers zelf de wegbeheerder of politie gaan bellen. Tenslotte is het ook mogelijk dat het gebruiken van voertuigdata de wegbeheerder juist meer geld gaat kosten. Als afwijkingen in voertuiggedrag zichtbaar worden moet er een weginspecteur ter plaatse komen. Wegen deze kosten wel op tegen de baten? Er moet immers namelijk nog steeds een jaarlijkse monitoring plaatsvinden.

6 Conclusie

Dit onderzoek naar het gebruik van voertuigdata voor beter beheer en onderhoud van wegen is uitgevoerd met het doel om met voertuigdata bij te kunnen dragen aan de verkeersveiligheid door wegbeheerders inzicht te geven in realtime areaalinformatie. Om bij te dragen aan dit doel is gekeken naar de werking van voertuigdata, de werkprocessen van wegbeheerders en of het al dan niet mogelijk is huidige monitoringsmethoden te vervangen door voertuigdata. Aan de hand van de beantwoording van deelvragen is het mogelijk geweest om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag die als volgt luidt:



VRAAGSTELLING:

In welke mate kan voertuigdata bijdragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen?

6.1 Beantwoording deelvragen

Wat zijn voertuigdata en hoe betrouwbaar zijn de data om verwerkt te worden tot bruikbare data?

Voertuigdata zijn alle data die verzameld worden door het voertuig (denk aan snelheid en wielspin). Voertuigdata zijn zeer complex en ook erg uitgebreid. De verwerking van voertuigdata naar bruikbare data is door de complexiteit erg lastig. Beijer Automotive (leverancier van voertuigdata) raadt dit zelfs ten sterksten af in een interview. Om de voertuigdata goed te kunnen begrijpen moet de voertuigdata ook goed geïnterpreteerd kunnen worden.

Hoe verhoudt de kwaliteit/nauwkeurigheid van de verwerkte voertuigdata zich tot de huidige (monitoring)processen voor beheer en onderhoud?

Uit literatuurstudie en interviews bleek dat voertuigdata zich niet kunnen meten aan de door het CROW gestelde normen in de richtlijnen. De wegbeheerders moeten op het niveau van deze richtlijnen hun kwaliteit van het wegennet aan kunnen tonen. De nauwkeurigheid van voertuigdata is alleen getoetst op snelheidsgegevens. Uit deze test bleek dat de in-car snelheidsinformatie (voertuigdata) overeenkomt met de verzamelde snelheidsinformatie vanuit een gps-logger (smartphone). Er kan dus gezegd worden dat de snelheidsgegevens van een voertuig overeenkomen met die van een smartphoneapp en dus betrouwbaar zijn.

De gps-systemen kunnen niet op rijstrookniveau aantonen waar de afwijking zich bevindt waardoor de wegbeheerder nog steeds op de locatie moet kijken waar de schade zich bevindt. Ook kan met voertuigdata niet aangetoond worden aan welke asfaltschade de afwijkingen in het rijgedrag te wijten zijn. Voertuigdata kunnen de huidige monitoringsprocessen daarom ook niet vervangen. Echter is het wel mogelijk om voertuigdata als indicator voor afwijkingen te gebruiken in de werkprocessen zodat er gerichter gemeten kan worden.

Daarnaast staat nog dat zodra met voertuigdata oneffenheden (gaten in de weg bijv.) aangetoond kunnen worden, het gat al snel zodanig groot is dat weggebruikers zelf eerder de wegbeheerder of politie gaan bellen. Tenslotte is het ook mogelijk dat het gebruiken van voertuigdata de wegbeheerder juist meer geld gaat kosten. Als afwijkingen in voertuiggedrag zichtbaar worden moet er een weginspecteur ter plaatse komen. Wegen deze kosten wel op tegen de baten? Er moet immers namelijk nog steeds een jaarlijkse monitoring plaatsvinden. Kortom; wat is de toegevoegde waarde van voertuigdata op dit moment?



Figuur 23 Schematisch interactief online dashboard

6.2 Beantwoording hoofdvraag

Om tot een antwoord te komen op deze hoofdvraag is er een kwantitatief en kwalitatief onderzoek uitgevoerd naar voertuigdata. De hoofdvraag luidt als volgt:



VRAAGSTELLING:

In welke mate kan voertuigdata bijdragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen?

Uit de resultaten van het onderzoek naar voertuigdata is gebleken dat de verwachtingen van wegbeheerders en experts over voertuigdata hoog zijn. Wegbeheerders zijn zoekende naar nieuwe manieren van monitoringen aangezien de huidige methode duur is en mede vanwege de kosten slechts eenmaal per jaar wordt uitgevoerd.

Voertuigdata zijn niet alleen erg complex maar ook erg uitgebreid. Er kan veel informatie uit een voertuig worden ingewonnen. De potentie van voertuigdata is door de complexiteit van de data in samenhang met de strenge normen in de richtlijnen (om de kwaliteit van het wegennet aan te tonen) laag. Losstaande voertuigdata kunnen de huidige monitoringsprocessen van de wegbeheerder niet vervangen. Wel is het mogelijk om voertuigdata te gebruiken als indicator voor afwijkend voertuiggedrag op locaties van het wegennet.

Om terug te komen op de hoofdvraag kan de conclusie getrokken worden dat voertuigdata bij kunnen dragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen als indicatie. Voertuigdata kunnen indicaties geven van punten waar afwijkend rijgedrag vertoond wordt door meerdere automobilisten. Deze indicatie kan dan voor de weginspecteur een reden zijn om te kijken wat er aan de hand is of dat verdere gedetailleerde monitoring noodzakelijk is. Door voertuigdata op deze manier te gebruiken ontstaat de mogelijkheid een actueler inzicht te krijgen in de kwaliteit van het wegennet.

7 Aanbevelingen

Door het uitgevoerde onderzoek is er veel kennis verzameld over de werking van voertuigdata en de mogelijkheden van deze data voor de monitoringsprocessen van de wegbeheerders. In dit hoofdstuk wordt deze kennis gedeeld als advies om voertuigdata als monitoring naar een hoger niveau te tillen. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk ook de discussie beschreven.

7.1 Advies

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat voertuigdata in zekere mate bij kunnen dragen aan een efficiënter en effectiever beheer en onderhoud van wegen. Voordat het zover is moeten er echter nog wel een aantal zaken geregeld worden. Hiertoe zijn drie punten van advies genoteerd die hieronder per aanbeveling toegelicht worden;

1. Meer kennis vergaren van voertuigdata;
2. Vertrouwen in voertuigdata genereren;
3. Heroriënteren richtlijnen van het CROW.

Meer kennis vergaren van voertuigdata

Voertuigdata zijn erg complex en lastig te begrijpen. Als Royal HaskoningDHV met voertuigdata een dashboard wil ontwikkelen moeten de experts van RHDHV de taal van voertuigdata leren. Het leren van deze taal is erg lastig. Dit blijkt wel uit de marktpositie van Beijer Automotive die gespecialiseerd zijn in CAN-data. Het uitlezen van de CAN-data gebeurt ook via software en apparatuur van Beijer.

Naast het begrijpen van voertuigdata moet er ook nagedacht worden over de verschillende parameters die in combinatie met elkaar afwijkingen aan de weginfrastructuur aan kunnen tonen. Dit onderzoek is momenteel alleen uitgevoerd voor remvertraging. Een losstaande (en dus nietszeggende) parameter uit de bak met voertuigdata. De andere voertuigdata over bijvoorbeeld wielspin, ruitenwissers en verlichting moet ook geanalyseerd worden.

Vertrouwen in voertuigdata genereren

Er zijn momenteel hooggespannen verwachtingen van de mogelijkheden van voertuigdata onder wegbeheerders. Voertuigdata hebben zeker potentie maar zal niet kunnen voldoen aan deze hooggespannen verwachtingen. Aanbevolen wordt om een realistisch vertrouwensbeeld in voertuigdata onder wegbeheerders te kweken. Het is goed om de wegbeheerder te laten zien wat nu mogelijk is met voertuigdata en hoe voertuigdata naar een hoger niveau gebracht kan worden om relevante informatie te verzamelen voor het beheer en onderhoud. Het is van belang om de wegbeheerder inzicht te geven in de huidige resultaten en de plannen voor de toekomst.

Heroriënteren richtlijnen van het CROW

De huidige gestelde richtlijnen vanuit het CROW zijn voor de wegbeheerders leidraad bij het vaststellen van hun beheer en onderhoudsplan. De wegbeheerder moet voldoen aan deze richtlijnen, anders kan de wegbeheerder namelijk aansprakelijk worden gesteld als er ongevallen gebeuren. De gestelde richtlijnen zijn oud, net zoals de monitoringsprocessen hiervan. Om innovatief schades te meten en te indiceren is het van belang deze richtlijnen te herzien. Immers, indien deze richtlijnen niet versoepelen zal de wegbeheerder voertuigdata niet willen gebruiken. Daarbij staat dat voertuigdata het mogelijk maakt een 24/7 inzicht te geven in de gesignaleerde afwijkingen/incidenten op de weg. Afhankelijk van de ernst en omvang van deze afwijking kan er besloten worden om een weginspecteur de weg te laten inspecteren. Het is dan niet meer noodzakelijk om jaarlijks elk wegvak te meten volgens de huidige monitoringsprocessen. De wegbeheerder kan dan locatiegericht monitoren. Hiervoor zijn echter wel nieuwe beleidsplannen nodig.

7.2 Vervolgonderzoek

Voertuigdata kunnen in zekere mate bijdragen aan het slimmer beheren en onderhouden van wegen. Dit onderzoek heeft daarvoor veel kennis opgeleverd. Aangezien er tijdens het doen van onderzoek altijd aandachtspunten naar voren komen die nader uitgezocht dienen te worden, maar er sprake is van een beperkte te besteden tijd, is het van belang nog verder onderzoek te doen. Royal HaskoningDHV wordt aangeraden verder onderzoek te doen naar de overige parameters van voertuigdata en wat de gevolgen zijn van de versoepelde richtlijnen van het CROW.

Het onderzoeken van de overige parameters

Voertuigdata zijn complex en losstaand weinig zeggend. Om te kunnen werken met deze data is meer kennis nodig. Het wordt dan ook aanbevolen om meer onderzoek te doen naar voertuigdata en hier kennis van te verzamelen. In dit onderzoek is er alleen onderzocht wat de minimumwaardes zijn van losstaande remvertraging. Aangezien deze data losstaand zijn, zijn deze data nietszeggend en niet bruikbaar. Het wordt dan ook aanbevolen om in volgende onderzoeken te kijken naar de overige parameters. Het verzamelen van meer en uitgebreidere voertuigdata zal veel tijd in beslag nemen, hier moet dan ook rekening mee gehouden worden. Een interessant onderzoek is om te kijken of er verbanden zijn tussen verschillende parameters. Denk hierbij aan een mogelijk verband tussen wielspin, stuurwieluitslag en snelheid om een niet voldoende stroef wegdek aan te tonen.

Daarnaast is het niet onbelangrijk om te onderzoeken hoe Royal HaskoningDHV de voertuigdata uit voertuigen wil ontsluiten. Gezien de monopolypositie van Beijer Automotive is dit een belangrijk aandachtspunt. Er is geen andere marktspeler in Nederland aanwezig die deze data kan ontsluiten.

Wat zijn de gevolgen van de soepele richtlijnen?

Aanbevolen wordt om de richtlijnen te versoepelen terwijl er niet onderzocht is of dit verstandig is. Het wordt dan ook aanbevolen om onderzoek te doen naar de gewenste frequentie van monitoring van het wegennet. Het onderzoek is uitgevoerd met het doel om de verkeersveiligheid te vergroten door het beter beheren en onderhouden van wegen. Het mag dan ook niet zo zijn dat voertuigdata juist meer verkeersonveiligheid veroorzaakt.

7.3 Discussie

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van literatuur en zijn er interviews gehouden. Alle bronnen zijn genoteerd in de bibliografie wat het mogelijk maakt de literatuur nogmaals door te nemen. Dit komt de betrouwbaarheid van het onderzoek ten goede. De interviews zijn gehouden met een vooraf opgestelde vragenlijst. Aangezien de interviews semigestructureerd uitgevoerd zijn is er sprake van externe en ecologische validiteit. Op basis van deze vragenlijst kunnen bij vervolgonderzoek onder andere wegbeheerders dezelfde vragen gesteld worden wat de validiteit ten goede komt. De validiteit is daarnaast vergroot door het maken van gespreksverslagen. De werkwijze van het verwerken van data is genoteerd en de data zijn opgeslagen. Het is dan ook mogelijk om op een later moment hetzelfde onderzoek nogmaals uit te voeren.

Uit het onderzoek is gebleken dat voertuigdata een minder grote potentie heeft voor beheer- en onderhoudsprocessen dan vooraf werd gedacht. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat met voertuigdata nu al asfaltschades aangetoond kunnen worden. Het uitblijven van resultaten, de onduidelijkheid over de nauwkeurigheid, het niet kunnen verkrijgen van data en vertraagde processen hebben deze verwachtingen getemperd. Daarnaast staat dat de strenge richtlijnen in de normen die door het CROW gesteld zijn, de wegbeheerders kunnen belemmeren in de afweging om gebruik te maken van innovatieve monitoringsmethoden. Door deze strenge en nauwkeurige richtlijnen hebben voertuigdata minder potentie.

Aan het resultaat ligt mogelijk ook ten grondslag dat de data erg complex en lastig te begrijpen zijn. De bedrijven die gespecialiseerd zijn in voertuigdata houden deze kennis liever voor hunzelf. Net zoals dat autofabrikanten huiverig zijn dat er misbruik wordt gemaakt van hun data en hun voertuigen het liefst afsluiten voor buitenstaanders. De dataverzameling voor dit onderzoek verliep erg stroef. In eerste instantie was er een afspraak met V-Tron om de data te leveren. Door vertragingen in het project, de tegenvallende data die V-Tron kon leveren en de termijn waarop de data geleverd kon worden is besloten hiervan af te zien. Er is nog gekeken of het mogelijk was om oudere data van de praktijkproef van het NDW te gebruiken, helaas bleek dit ook niet tijdig mogelijk te zijn. Om deze reden is besloten van het onderzoeksplan af te wijken. Er is meer tijd geïnvesteerd in het kijken naar de strenge richtlijnen en de kwaliteit van voertuigdata dan in het analyseren van data. Als alternatief op de data-analyse is er nagedacht over een werkwijze die gehanteerd kan worden om van voertuigdata bruikbare informatie te maken voor de wegbeheerder.

Het huidige onderzoek is een aanvulling geweest op bestaande literatuur en praktijkproeven over voertuigdata. Omdat eerdere studies zich niet hebben verdiept in de richtlijnen van het CROW was het nog onduidelijk wat de mogelijkheden van deze data zijn voor de wegbeheerder. Op basis van dit onderzoek zouden wegbeheerders en het CROW samen in overleg moeten gaan om te bepalen of er ruimte is in het heroriënteren van de richtlijnen. Het is namelijk zo dat er door voertuigdata een continue stroom aan informatie beschikbaar komt. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de jaarlijkse stroefheidsmetingen. Door deze continue stroom aan informatie kan de ontwikkeling van de schades beter gemonitord worden in tegenstelling tot een jaarlijkse meting. Bij deze jaarlijkse meting is de ontwikkeling van een schade gedurende het volgende jaar onbekend. Het vermoeden is dan ook dat de strenge normen in de richtlijnen opgesteld zijn om rekening te houden met de ontwikkeling van een schade door het jaar heen. Indien er gebruik gemaakt kan worden van voertuigdata zouden dan dus ook de richtlijnen geheroriënteerd moeten worden. De richtlijnen kunnen mogelijk soepeler gemaakt worden doordat er meer en actuelere informatie beschikbaar is.

Momenteel kunnen voertuigdata de monitoringsmethoden niet vervangen. De vraag is zelfs of dit in de toekomst wel mogelijk gaat worden. Het aantal auto's verbonden met het internet stijgt. De data die deze auto's gaan uitleveren aan het NDW zijn echter beperkt en niet bruikbaar voor beheers- en onderhoudsprocessen. Voertuigen zouden dan ook uitgerust moeten worden met extra geavanceerder apparatuur om data over onder andere schokdempers in te winnen. Indien een voertuig uitgerust wordt met apparatuur begint het voertuig de functies van een meetvoertuig zoals we die nu kennen over te nemen. Wat zijn dan nog de voordelen van voertuigdata?

Het advies voor vervolgonderzoek is dan ook om een soortgelijk onderzoek uit te voeren. Allereerst moet goed onderzocht worden of het mogelijk is om op grote schaal nuttige en bruikbare data uit voertuigen in te winnen. Daarbij is het belangrijk om te achterhalen hoe de overige parameters van voertuigdata zich gedragen om zo de huidige potentie van voertuigdata te beschrijven. Daarnaast wordt geadviseerd om in vervolgonderzoek ook te focussen op de technische aspecten van de CROW-richtlijnen. Het is belangrijk om te kijken of deze oude richtlijnen herzien kunnen worden omdat er met voertuigdata een constantere monitoring is.

8 Bibliografie

- ANWB. (2008). *Aansprakelijkheid in het algemeen en meer specifiek aansprakelijkheid van de wegbeheerder*. ANWB.
- Auto en vervoer. (2017). *Tien redenen waardoor verkeersongevallen worden veroorzaakt*. Alephschrijft.
- Beijer Automotive. (2019, April 24). Verkennd gesprek kansen/mogelijkheden Beijer. (P. Plas, & E. Klem, Interviewers)
- Carglass. (sd). *Carglass*. Opgeroepen op Maart 11, 2019, van ADAS: Advanced Driver Assistance Systems: <https://www.carglass.nl/expert-in-autoruit-technologie/advanced-driver-assistance-systems-adas/>
- CBS. (2019). *11 procent meer verkeersdoden in 2018*. Heerlen\): CBS.
- Clahsen, A. (2017, Juni 19). Gebrekkig wegenonderhoud leidt tot forse. *Financieel dagblad*, p. 5.
- Coremans, J. (2007). *Langsonvlakheid van wegen*. Delft: TU Delft.
- CROW. (2011). *Handboek visuele inspectie 2011*. Ede: CROW.
- CROW. (2011). *Wegbeheer 2011*. Ede: CROW.
- CROW. (2016). *Onderbouwing en differentiatie onderhoudsniveaus wegverhardingen*. Ede: Kennisplatform CROW.
- CROW. (2017). *Stroefheid van (weg)verhardingen*. Ede: CROW.
- Depoy, E. (2007). *The Bell-Shaped Curve: Alive, Well and Living in Diversity Rhetoric*. Diversity-Journal.
- Europese Commissie. (2013). *Gedelegeerde verordening EU nr 886/2013 van de commissie*. Brussel: Europese Commissie.
- Felici, E. (2019, Februari 26). Interview NDW Voertuigdata. (Pieter, Interviewer)
- Felici, E. (2019, Februari 26). Voertuigdata en toepassing Assetmanagement na aanleiding van praktijkproef 1. (P. Plas, Interviewer)
- Flex Automotive. (2015, September 8). *Automotive Applications*. Opgehaald van Flex Automotive: <http://www.flexautomotive.net/EMCFLEXBLOG/post/2015/09/08/can-bus-for-controller-area-network>
- GEOTAB. (2015). *Management by Measurement*. GEOTAB.
- Hermesen, R. (2019, April 10). Geautomatiseerd wegdekmeten (Prov. Gelderland). (P. Plas, Interviewer)
- Hoge Raad. (2018). *nr. S 17/04929 CW*. Den Haag: Hoge Raad.
- Kessler, C., Etemad, A., Alessandretti, G., Heinig, K., Selpi, R., & Brouwer, A. (2012). *EuroFOT-European Large-Scale Field Operational Test on In-Vehicle Systems. EuroFOT DL11.3*. Kessli.
- KIWA. (2019). *Wegmetingen*. Opgeroepen op Maart 29, 2019, van KIWA: <https://www.kiwa.com/nl/nl/over-kiwa/specialistische-services/kiwa-koac/introductie-blokken/wegmetingen/>
- Klem, E. (2018, Oktober 11). Voorbereidend afstudeergesprek. (P. Plas, Interviewer)
- Klem, E. (2019, Maart 25). (P. Plas, Interviewer)
- KOAC-NPC. (2015). *Technisch Infoblad Stroefheidsmetingen 86% vertraagd wiel*. Apeldoorn: KOAC-NPC.
- Natuurkunde.nl. (2019). *Wrijvingskracht*. Opgeroepen op April 1, 2019, van Natuurkunde.nl: <https://www.natuurkunde.nl/opdrachten/827/wrijvingskracht>
- NDW. (2018). *Praktijkproef evaluatieverslag*. Utrecht: NDW.
- Otter, P. d. (2019, April 18). Voertuigdata en assetmanagement. (P. Plas, Interviewer)
- Overijssel. (2017). *Meerjarenprogramma verkeersveiligheid Overijssel 2017-2020*. Zwolle.
- Provincie Gelderland. (2019, Maart 25). Mogelijkheden voertuigdata provincie Gelderland. (P. Plas, & N. Prins, Interviewers)
- Provincie Noord-Brabant. (2019, April 3). Mogelijkheden voertuigdata in Noord-Brabant. (P. Plas, Interviewer)
- Provincie Overijssel. (2019, April 3). Mogelijkheden voertuigdata in de provincie Overijssel. (P. Plas, Interviewer)

- Provincie Utrecht. (2019, Maart 20). Mogelijkheden voertuigdata in de provincie Utrecht. (P. Plas, & N. Prins, Interviewers)
- Provincie Zeeland. (2019, April 10). Mogelijkheden voertuigdata in Zeeland. (P. Plas, Interviewer)
- Red mijn weg. (2018). *Bezweken plek / gat in de weg*. Opgeroepen op Maart 29, 2019, van Red mijn weg: <http://www.redmijnweg.nl/schadebeelden/bezweken-plek-gat-de-weg>
- Red mijn weg. (2019). *Craquelé*. Opgeroepen op April 1, 2019, van Red mijn weg: <http://www.redmijnweg.nl/schadebeelden/craquel%C3%A9>
- Red mijn weg. (2019). *Onvlakheid*. Opgeroepen op Maart 29, 2019, van Red mijn weg: <http://www.redmijnweg.nl/schadebeelden/onvlakheid>
- Red mijn weg. (2019). *Rafeling*. Opgeroepen op April 1, 2019, van Red mijn weg: <http://www.redmijnweg.nl/schadebeelden/rafeling>
- Ribru. (2019). *Randschade in asfalt*. Opgeroepen op April 1, 2019, van Ribru: <http://www.ribru.nl/gietasfalt/randschade-in-asfalt/>
- Rottier, J. (2018, Maart 21). *Noord-Brabant scant wegen voor HD-kaarten zelfrijdende auto*. Opgeroepen op Februari 15, 2019, van Zelfrijdendvervoer.nl: <https://www.zelfrijdendvervoer.nl/tests/2018/03/21/noord-brabant-scant-provinciale-wegen-voor-zelfrijdende-auto/?gdpr=accept>
- Royal HaskoningDHV. (2019). *PVA Data uit voertuigen*.
- Smeets solutions. (2019). *ADAS Advanced Driver Assistance System*. Opgeroepen op April 16, 2019, van Smeetsolutions: <https://diagnoseapparatuur.nl/adas>
- Strukton. (2018). *WegenWijs, monitoring van het wegdek met duizenden auto's*. Maarsse: Strukton.
- SWOV. (2018, November 19). *Verkeersongevallen Infrastructuur*. Den Haag, Zuid Holland, Nederland.
- V-tron. (2018). *Offerte CAN-Data Overijssel*. Deventer.
- V-Tron. (2019, Maart 6). *Gesprek start Overijssel*. (P. Plas, Interviewer)
- VVD. (sd).
- VVD, CDA, D66, & ChristenUnie. (2017). *Regerakkoord 2017 - 2021, vertrouwen in de toekomst*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Woerden.tv. (2017, Mei 15). *Oosteinde afgesloten door sinkhole*. Opgehaald van Woerden.TV: <https://woerden.tv/oosteinde-afgesloten-door-sinkhole/>

Figuren en tabellen

Alle figuren en tabellen zonder bronvermelding zijn zelf gemaakt!

Figuren

Figuur 1 Interactief online dashboard	5
Figuur 2 Mogelijke parameters voertuigdata (NDW, 2018)	7
Figuur 3 Stappenplan onderzoeksmethoden	11
Figuur 4 Positie GPS-logger en camera	12
Figuur 5 Positie voertuigdatalezer	12
Figuur 6 Impressie beschikbare sensoren in een voertuig (Flex Automotive, 2015)	14
Figuur 7 Waarschuwingen verzameld door ADAS systemen (Smeets solutions, 2019)	17
Figuur 8 Schematische weergave betaalmethode	18
Figuur 9 Voorbeeld ruwe data (Beijer Automotive, 2019)	19
Figuur 10 Positie voertuigdatalezer	19
Figuur 11 Snelheidswaarden GPS-logger versus voertuigdata	20
Figuur 12 Bepaling wrijvingscoëfficiënt (KOAC-NPC, 2015)	28
Figuur 13 Seizoen correctie Wrijvingscoëfficiënt (KOAC-NPC, 2015)	29
Figuur 14 Stroomschema schade naar voertuigdata	30
Figuur 15 Schets interactief online dashboard	33
Figuur 16 Normaalverdeling (Depoy, 2007)	34
Figuur 17 Normaalverdeling remgedrag	35
Figuur 18 Oorzaken harde remvertragingen	36
Figuur 19 Remvertragingen proef	36
Figuur 20 Gedetailleerd overzicht op kruispuntniveau	37
Figuur 21 Overzicht harde remacties	37
Figuur 22 Schematische weergave schade naar voertuigdata (Klik voor groot schema!)	40
Figuur 23 Schematisch interactief online dashboard	41
Figuur 24 Berekening kwadratisch gemiddelde (Coremans, 2007)	58
Figuur 25 Toevoeging comfortlevels (Coremans, 2007)	58
Figuur 26 Vergelijking wrijvingscoëfficiënt (KOAC-NPC, 2015)	60
Figuur 27 Correctie voor seizoenen (KOAC-NPC, 2015)	60
Figuur 28 Sinkhole in Woerden (Woerden.tv, 2017)	64

Tabellen

Tabel 1 Contactpersonen onderzoek	13
Tabel 2 Verschillende levels data (Felici E. , 2019)	15
Tabel 3 Relatietabel asfaltschade en assetsysteemdoel (CROW, 2016)	22

Tabel 4 Asfaltschades zonder/met weging en op veiligheid	23
Tabel 5 Voorbeeld richtlijnen asfaltschade oneffenheden (CROW, 2011)	25
Tabel 6 Beschikbare voertuigdata (V-tron, 2018)	27
Tabel 7 Mogelijk te gebruiken voertuigdata voor stroefheid	28
Tabel 8 Voertuigdata als vervanging van huidige processen	32
Tabel 9 Asfaltschades met richtlijnen en waarschuwingsgrenzen (CROW, 2011)	52
Tabel 10 Asfaltschades met richtlijnen en waarschuwingsgrenzen (CROW, 2011)	52
Tabel 11 Asfaltschade Oneffenheden en voertuigdata	56
Tabel 12 Asfaltschade Spoorvorming/Dwarsonvlakheid en voertuigdata	57
Tabel 13 Asfaltschade Langsonvlakheid en voertuigdata	59
Tabel 14 Asfaltschade Stroefheid en voertuigdata	59
Tabel 15 Asfaltschade Randschade en voertuigdata	61
Tabel 16 Asfaltschade Rafeling en voertuigdata	62
Tabel 17 Oneffenheden; vervanging of aanvulling?	63
Tabel 18 Spoorvorming; vervanging of aanvulling?	65
Tabel 19 Langsonvlakheid; vervanging of aanvulling?	66
Tabel 20 Stroefheid; vervanging of aanvulling?	67
Tabel 21 Randschade; vervanging of aanvulling?	68
Tabel 22 Rafeling; vervanging of aanvulling?	68
Tabel 23 Voertuigdata; vervanging of aanvulling?	70

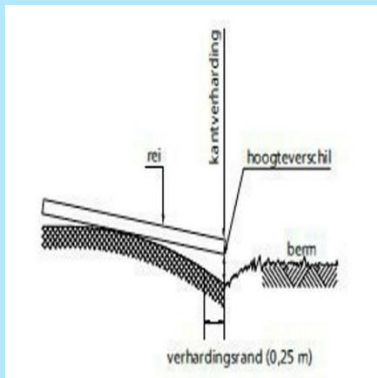
Bijlagen

- A1 Omschrijving asfaltschades
- A2 Richtlijnen asfaltschades
- A3 Asfaltschades en voertuigdata
- A4 Vervanging of aanvulling voertuigdata
- A5 Beeld bij incidenten
- A5.1 Correctie op verdrijvingsvlak
- A5.2 Remming verkeerslicht

A1 Omschrijving asfaltschades

Schade	Afbeelding	Omschrijving schade	Omschrijving
Rafeling		Rafeling is het verdwijnen van stenen (met een doorsnede > 2 mm) uit het oppervlak	Rafeling van zoab komt voor in de rijsporen, waar steenverlies ten gevolge van het wegverkeer optreedt. Ook ter plaatse van aanzetten en na het uitvoeren van reparaties op naast gelegen stroken komt vaak rafeling voor
Dwarsonvlakheid / Spoorvorming		Dwarsonvlakheid is een verticale vervorming van het dwarsprofiel van de verharding. Een vervorming met een lengte van minimaal 5 m wordt genoteerd bij dwarsonvlakheid.	Als gevolg van vervormingen in de ondergrond of in de constructie kan op den duur onvlakheid in het dwarsprofiel van de weg ontstaan. Voorbeelden van dwarsonvlakheid zijn: spoorvorming; Een sleuf in lengterichting ten gevolge van nazakken van een riolering.
Oneffenheden		Oneffenheden zijn, plaatselijk voorkomende, verticale vervormingen van de verharding met een oppervlakte van minder dan 5 m ² . De vervormingen treden zowel in lengte- als in dwarsrichting op.	Vaak bij bomen en putten.
Scheurvorming		Scheurvorming is schade die zich manifesteert in de vorm van scheuren in lengterichting en/of scheuren in lengte richting en dwarsrichting die onderling verbonden zijn.	Rijsporen, lengte- en dwarsrichting

Randschade



Randschade is de schade van de schadegroepen vlakheid (dwarsvlakheid en oneffenheden) en samenhang (scheurvorming), die voorkomt in de verhardingsrand (exclusief kantopsluiting).

Afhangende kanten van het dwarsprofiel van het wegvakonderdeel komen met name voor in de verhardingsrand van smalle buitenwegen.

Langsonvlakheid



Langsonvlakheid zijn afwijkingen in de lengterichting van het wegdek zoals golvingen of ribbels

Lengterichting van het wegdek. Over langere afstand.

Stroefheid



Stroefheid is de ruwheid van de weg. Hoeveel grip is er?

Gebrek aan stroefheid is meestal als eerste in de rij sporen waar te nemen

Bron: informatie: (CROW, 2011)

A2 Richtlijnen asfaltschades

Tabel 9 Asfaltschades met richtlijnen en waarschuwingsgrenzen (CROW, 2011)

Schade	Richtlijn	Waarschuwingsgrens	Strengere richtlijn	Strengere waarschuwingsgrens
Rafeling	M2		M1	
	M3		M2	
Dwarsonvlakheid	M2		M1	
	E1		M3	
Oneffenheden	M3	M2	M2	M1
Scheurvorming	M3		M2	
	E2		E1	
Randschade	M3	M2	M2	M1
	E2	E1	E1	M3
Spoorvorming	18 mm		15mm	
	25 mm		18 mm	
Langsonvlakheid	3.5		2.5	
	5.1		3.5	
Zetting	E	M2	M	
Stroefheid	0.38	0.45		

Tabel 10 Asfaltschades met richtlijnen en waarschuwingsgrenzen (CROW, 2011)

Schade	Richtlijn	Waarschuwingsgrens	Strengere richtlijn	Strengere waarschuwingsgrens
Rafeling	10 t/m 20 % van de representatieve m2 vertoont rafeling. 30% t/m 50% of groter dan 50% omvang ten opzichte van het totaal oppervlak van het wegvakonderdeel.		10 t/m 20 % van de representatieve m2 vertoont rafeling. 5% t/m 30% of 30% t/m 50% omvang ten opzichte van het totaal oppervlak van het wegvakonderdeel.	
Dwarsonvlakheid	De gemeten afstand is groter dan 20 mm en kleiner of gelijk aan 30mm. Dit is over een afstand van 15m t/m 35m op een wegvak van 100 m.		De gemeten afstand is groter dan 20 mm en kleiner of gelijk aan 30mm. Dit is over een afstand tussen de 5 en 15 meter op een wegvak van 100 meter	
	De gemeten afstand is groter dan 30mm.		De gemeten afstand is groter dan 20 mm en	

	Dit is over een afstand tussen de 5 en 15 meter op een wegvak van 100 meter		kleiner of gelijk aan 30mm. Dit is over een afstand van meer dan 35 meter op een wegvak van 100 meter.	
Oneffenheden	De gemeten afstand is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend naar 100 m wegvak is 15 stuks	De gemeten afstand is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend naar 100 m wegvak is 8 t/m 15 stuks	De gemeten afstand is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend naar 100 m wegvak is 8 t/m 15 stuks	De gemeten afstand is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend naar 100 m wegvak is 3 t/m 8 stuks
Scheurvorming	- scheuren in lengterichting met vertakkingen, bestaande uit vrije nog niet verbonden scheuren in dwars- en lengterichting - meerdere parallel aan elkaar lopende scheuren in lengterichting in het rijspoor van het wegvakonderdeel - Scheuren in lengterichting met een hoogteverschil tussen de scheurranden groter dan 10mm en kleiner dan of gelijk aan 15 mm - scheuren met een scheurwijdte groter dan 5 mm en kleiner dan of gelijk aan 10 mm. De omvang is 50 meter op wegvak van 100 meter.		- scheuren in lengterichting met vertakkingen, bestaande uit vrije nog niet verbonden scheuren in dwars- en lengterichting - meerdere parallel aan elkaar lopende scheuren in lengterichting in het rijspoor van het wegvakonderdeel - Scheuren in lengterichting met een hoogteverschil tussen de scheurranden groter dan 10mm en kleiner dan of gelijk aan 15 mm - scheuren met een scheurwijdte groter dan 5 mm en kleiner dan of gelijk aan 10 mm. De omvang is 25 t/m 50 meter op wegvak van 100 meter.	
	- Scheuren in dwars- en lenterichting, die		- Scheuren in dwars- en lenterichting, die met	

	met elkaar zijn verbonden in een doorlopend fijnmazig of grofmazig blokpatroon. - Scheuren in lengterichting met een hoogteverschil tussen de scheurranden groter dan 15 mm - scheuren met een scheurwijdte groter dan 10 mm. De omvang is 25 t/m 50 meter op wegvak van 100 meter.		elkaar zijn verbonden in een doorlopend fijnmazig of grofmazig blokpatroon. - Scheuren in lengterichting met een hoogteverschil tussen de scheurranden groter dan 15 mm - scheuren met een scheurwijdte groter dan 10 mm. De omvang is 5 t/m 25 meter op wegvak van 100 meter.	
Randschade	De ernst van minimaal een van de schades is matig en ernstige schade komt niet voor 50 meter op 100 meter wegvak	De ernst van minimaal een van de schades is matig en ernstige schade komt niet voor 25 t/m 50 meter op 100 meter wegvak	De ernst van minimaal een van de schades is matig en ernstige schade komt niet voor 25 t/m 50 meter op 100 meter wegvak	De ernst van minimaal een van de schades is matig en ernstige schade komt niet voor 5 t/m 25 meter op 100 meter wegvak
	De ernst van minimaal een van de schades is ernstig 25 t/m 50 m op 100 meter wegvak	De ernst van minimaal een van de schades is ernstig 5 t/m 25 m op 100 meter wegvak	De ernst van minimaal een van de schades is ernstig 5 t/m 25 m op 100 meter wegvak	De ernst van minimaal een van de schades is matig en ernstige schade komt niet voor 50 meter op 100 meter wegvak
Spoorvorming	18 mm		15mm	
	25 mm		18 mm	
Langsonvlakheid	3.5 m/100m		2.5 m/100m	
	5.1 m/100m		3.5 m/100m	
Zetting	Het hoogteverschil is groter dan 0,40 m	Het hoogteverschil is groter dan 0,20 m en kleiner dan of gelijk aan 0,40 m	Het hoogteverschil is groter dan 0,20 m en kleiner dan of gelijk aan 0,40 m	
Stroefheid	0.38	0.45		

A3 Asfaltschades en voertuigdata

Zoals eerder beschreven zijn er een aantal asfaltschades waar momenteel op gemonitord wordt en hoe dit gebeurt. Mogelijkerwijs kan voertuigdata de huidige monitoring van schades vervangen of aanvullen. Daartoe worden alle asfaltschades besproken in volgorde van grootste relatie met verkeersveiligheid tot de schade met de kleinste relatie tot verkeersveiligheid.

A3.1 Oneffenheden

Oneffenheden ofwel gaten en/of verzakkingen kunnen onder andere ontstaan door;

- Ernstige rafeling van deklagen;
- Afbrokkeling van scheurranden;
- Het uitrijden van stukken craqueté;
- Inhomogeniteiten in de deklaag;
- Een slechte verdichting van de deklaag;
- Een te grote korrelafmeting in relatie tot de laagdikte;
- Opdooi;
- Vermoeiing van asfalt;
- Overbelasting;
- Grondwater in combinatie met een lokale verzakking;
- Aanlegcondities;
- Hoge aslasten (vrachtverkeer) – of een combinatie van al deze factoren. (Red mijn weg, 2018)

Een drietal van deze oorzaken kunnen gemonitord worden door data. Zo kan opdooi (temperatuurschommelingen) uit weergegevens, maar ook uit voertuigen gehaald worden. Daarnaast gaat overbelasting en hoge aslasten over verkeersintensiteiten. Ook dit is mogelijk om uit de voertuigen/wegkantsystemen te halen.

Naast algemene data over temperatuurschommelingen en de verkeersintensiteiten kan er ook aanvullende voertuigdata gebruikt worden. Om te bepalen welke voertuigdata relevant is wordt vanuit het gedrag van de automobilist beredeneerd. Een gat in de weg valt pas op het laatste moment op, de weggebruiker moet dus uitwijken of door het gat rijden. In beide gevallen trapt de automobilist op de rem. Enkel het gegeven dat de automobilist op de rem trapt is niet voldoende om aan te tonen dat er een gat in de weg zit. Hier is data over uitwijkgedrag voor nodig. Helaas is het momenteel nog niet mogelijk om data over stuurwieluitslag te krijgen. Daarnaast is data over de schokdempers niet uit te lezen. Een mogelijk alternatief is het gebruiken van gravitatie-sensoren en een zeer exacte gps-meting waarmee ook de verticale positie van het voertuig uit te lezen is. Het is echter de vraag hoe nauwkeurig dit is. Dit moet blijken uit een onderzoek.

In tabel 11 is te zien welke voertuigdata met aanvullende data gebruikt kan worden om oneffenheden in de weg aan te kunnen tonen. In het groen zijn de voertuigdata gemarkeerd die nu door leverancier V-Tron uit voertuigen gehaald kunnen worden. In het rood gemarkeerd staan variabelen die wel in de can-bus verzameld worden maar momenteel nog niet uit te lezen zijn. In oranje zijn de eventueel vervangende data te lezen. Het is echter nog niet bekend of dit daadwerkelijk uit het voertuig te halen valt.

Tabel 11 Asfaltschade Oneffenheden en voertuigdata

Oneffenheden	
Voertuigdata	Overige data
GPS	Intensiteiten
Snelheid	Weergegevens
Remvertraging	Aslasten
Wielspin	
Temperatuur	
G-sensoren	
Hoogteverschil in GPS	
Stuurwieluitslag	
Schokdempers	

Richtlijnen

De huidige gehanteerde richtlijn is: *Het gemeten gat is groter dan 15 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend naar 100 meter wegvak is 15 stuks.*

Het is onmogelijk om op basis van uitwijkgedrag iets te zeggen over de afmetingen van het gat. Hiervoor is een zeer nauwkeurig gps-signaal noodzakelijk. Het zou wel mogelijk moeten zijn om de omvang uit te drukken in het aantal gaten per 100 meter. Mogelijkerwijs kan de ernst bepaald worden door extreme uitwijkacties ten opzichte van normale uitwijkacties. Met de huidige beschikbare data kan niet voldaan worden aan de CROW-richtlijnen.

A3.2 Spoorvorming / Dwarsonvlakheid

Spoorvorming is een asfaltschade die gezien kan worden als een dwarsonvlakheid. Dwarsonvlakheid wordt veroorzaakt door:

- Verkeersbelasting**
- Veel sporend verkeer (dus steeds in een spoor rijdend);
- Zwakke stabiliteit van een of meer asfaltlagen;
- Zwakke fundering (Red mijn weg, 2019).

Als er sprake is van spoorvorming leidt dat in de meeste gevallen tot aquaplaning op een nat wegdek. Dit heeft invloed op de verkeersveiligheid (Red mijn weg, 2019). Van spoorvorming hebben vooral personenauto's erg veel last, omdat ze net niet in de sporen passen, wat invloed heeft op het stuurgedrag van de auto (KIWA, 2019). Momenteel wordt spoorvorming visueel gemonitord doormiddel van ARAN metingen (Provincie Utrecht, 2019).

De verkeersbelasting als oorzaak van spoorvorming valt te monitoren uit overige data. Mogelijkerwijs is het zelfs mogelijk om het sporende verkeer in combinatie met de aslasten in beeld te brengen door een exacte GPS locatie. Op deze manier kunnen de longitudinale positie van de voertuigen in beeld gebracht worden. Hiermee ontstaat dan de mogelijkheid om te kijken in hoeverre deze posities van elkaar afwijken en of de auto's dus in een spoor rijden.

Naast deze data kan voertuigdata ook gebruikt worden om spoorvorming te detecteren. Aangezien personenauto's net niet in de sporen passen heeft dit invloed op het stuurgedrag. Er zal een constante stuurwieluitslag zijn, zonder dat de automobilist in een bocht rijdt. Helaas is de stuurwieluitslag evenals de schokdempers niet beschikbaar. De schokdempers zouden een goede toevoeging zijn om aan de spoorvorming aan te tonen. Indien de automobilist uit het spoor wil om een auto in te halen zou dit de schokdempers kunnen activeren. Net zoals bij de oneffenheden is het misschien ook mogelijk om op basis van een zeer exacte gps-locatie de verticale positie van het voertuig uit te lezen.

Als het regent bestaat de kans dat de automobilist te maken krijgt met aquaplanning. Om regen te detecteren kan gebruik gemaakt worden van de data over de ruitenwissers, maar ook algemene actuele weergegevens van het KNMI. Temperatuur is ook een goede variabele aangezien daarmee uitgesloten kan worden dat het gaat om slippen door gladheid. Daarnaast kan het ABS (Anti Blokkeer Systeem) of het TRC (Tractie Controle Systeem) geactiveerd worden als het voertuig te maken heeft met spoorvorming om aquaplanning te voorkomen. Tenslotte is wielspin een goede variabele om aan te tonen dat een voertuig gespind heeft met als mogelijke oorzaak aquaplanning.

In Tabel 12 is te zien welke voertuigdata met aanvullende data gebruikt kan worden om oneffenheden in de weg aan te kunnen tonen. In het groen zijn de voertuigdata gemarkeerd die nu door leverancier V-Tron uit voertuigen gehaald kunnen worden. In het rood gemarkeerd staan variabelen die wel in de can-bus verzameld worden maar momenteel nog niet uit te lezen zijn. In oranje zijn de eventueel vervangende data te lezen. Het is echter nog niet bekend of dit daadwerkelijk uit het voertuig te halen valt.

Tabel 12 Asfaltschade Spoorvorming/Dwarsonvlakheid en voertuigdata

Spoorvorming / Dwarsonvlakheid	
Voertuigdata	Overige data
GPS	Intensiteiten
Snelheid	Weergegevens
Ruitenwischerstand	Aslasten
Wielspin	
ABS	
Tractie Controle Systeem	
Temperatuur	
G-sensoren	
Hoogteverschil in GPS	
Stuurwieluitslag	
Schokdempers	

Richtlijnen

De huidige gehanteerde richtlijn voor dwarsonvlakheid is: *De dwarsonvlakheid is groter dan 20 mm en kleiner dan of gelijk aan 30 mm. De omvang omgerekend naar 100 meter wegvak is over een afstand van 15 t/m 35 meter.*

De richtlijn als het specifiek om spoorvorming gaat is 18 – 25mm.

Het is onmogelijk om op basis van uitwijkgedrag iets te zeggen over de afmetingen van het gat. Hiervoor is een zeer nauwkeurige GPS-signaal noodzakelijk. Het is wel mogelijk om de omvang te noteren naar 100 meter wegvak en de afstand van de spoorvorming. Echter is de data redelijk beperkt en kan niet met zekerheid vastgesteld worden dat de afwijking om spoorvorming gaat.

A3.3 Langsonvlakheid

Er wordt veel aan gedaan om wegen zo comfortabel mogelijk aan te leggen en ook comfortabel te houden. Een belangrijke factor voor het bepalen van het comfort van de weg is de langsonvlakheid van een weg. De langsonvlakheid is in Nederland van belang aangezien de ondergrond op veel plaatsen zettingsgevoel is (Coremans, 2007). De provincie Utrecht heeft veel te maken met langsonvlakheid door de aanwezigheid van veel veengebieden (Provincie Utrecht, 2019). Langsonvlakheidschades zijn voor de provincie Utrecht geen prioriteit. In Utrecht krijgen ze weinig klachten over de langsonvlakheid, en er gebeuren geen ongelukken die te wijten zijn aan de langsonvlakheid (Provincie Utrecht, 2019).

Langsonvlakheid komt voor bij afwijkingen in de lengterichting van het wegdek zoals golvingen of ribbels (Red mijn weg, 2019). Langsonvlakheid heeft twee oorzaken:

- Ongelijkmatige zettingen in de ondergrond;
- De verkeersbelasting (Red mijn weg, 2019).

Om langsonvlakheid te bepalen is alleen nauwkeurige GPS-data noodzakelijk. Dit blijkt uit de richtlijn van het CROW. Het CROW stelt dat er over een afstand van 100 meter tussen de 3,5 en 5,1 meter hoogteverschil mag zijn. De hoogteverschillen worden over 100 meter bij elkaar opgeteld. Door informatie te verzamelen over de GPS (verticaal/horizontaal) is het mogelijk om met voertuigdata de langsonvlakheid van een weg te verzamelen.

Langsonvlakheid heeft dus invloed op het rijcomfort. J. Coremans heeft voor zijn afstudeerscriptie onderzoek gedaan naar de invloed van langsonvlakheid op comfort. J. Coremans heeft een nieuwe richtlijn geschreven om het wegvak te testen op comfort. Om het comfort te berekenen wordt er gebruik gemaakt van onderstaande formule (Coremans, 2007):

$$a_w = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Met: a_w = kwadratisch gemiddelde van de gewogen versnellingsuitvoer voor een wegvak [m/s^2];
 $a_w(t)$ = de gewogen verticale versnelling als functie van tijd [m/s^2];
 T = de duur van de meting [s];

Figuur 24 Berekening kwadratisch gemiddelde (Coremans, 2007)

Om een oordeel te geven over de waarde van het kwadratisch gemiddelde is er in de bijlage van ISO 2631-1 een richtlijn gegeven voor wat comfortabel is en wat niet.

Als a_w :	kleiner dan $0,315 m/s^2$: comfortabel,
	$0,315$ tot $0,63 m/s^2$: merkbaar,
	$0,5$ tot $1 m/s^2$: redelijk oncomfortabel,
	$0,8$ tot $1,6 m/s^2$: oncomfortabel,
	$1,25$ tot $2,5 m/s^2$: erg oncomfortabel,
	Groter dan $2 m/s^2$: extreem oncomfortabel.

Figuur 25 Toevoeging comfortlevels (Coremans, 2007)

De richtlijn die J. Coremans stelt als grenswaarde voor comfort is $0,5 m/s^2$. Het verzamelen van gps-data uit voertuigen maakt het dus mogelijk zowel de langsonvlakheid als het comfort van het wegvak in beeld te brengen. Hiervoor is geen overige data benodigd. In Tabel 13 is een overzicht te zien van de data die benodigd is voor langsonvlakheid.

Tabel 13 Asfaltschade Langsonvlakheid en voertuigdata

Langsonvlakheid	
Voertuigdata	Overige data
GPS (afstand + hoogte)	n.v.t.
Snelheid	
Tijd	

A3.4 Stroefheid

Een goede stroefheid van de weg is zeer belangrijk voor de verkeersveiligheid. Een weg behoort zowel in een droge als natte toestand stroef genoeg te zijn. Stroefheid vormt samen met de textuur de complete eigenschap van het wegdek die nodig is om een voertuig op een wegdek te kunnen sturen, versnellen, rijden en remmen (KIWA, 2019). Anders dan alle andere schades is stroefheid niet zichtbaar. Dit heeft als gevolg dat de weggebruiker zijn gedrag niet kan aanpassen. Ook kan de weggebruiker niet uitwijken voor de stroefheid.

De huidige metingen van stroefheid gebeuren op natte wegdekken. De kans op ongevallen op natte wegvakken is namelijk veel groter dan op droge wegdekken (KIWA, 2019). De metingen worden uitgevoerd met de volgens standaard bepalingen beschreven 86% vertraagd wielmethode. De meetsnelheid bedraagt 70 of 50 kilometer per uur. Door deze methode is het mogelijk om de remvertraging uit te rekenen. In de proef wordt een meetband zonder profiel in een aanhanger voortgetrokken over een nat wegdek. Het meetwiel wordt 86% geblokkeerd. Voor de meetband wordt een waterfilm gespoten om een nat wegdek te simuleren (CROW, 2017).

Door verschillen te meten in combinaties tussen wielspin en snelheid zou de asfaltkwaliteit op stroefheid beoordeeld kunnen worden (NDW, 2018). Hierbij moet ook data verzameld worden over het weertype en temperatuur. Een nat wegdek verlaagt de wrijving tussen het voertuig en het wegdek. Ook is het niet representatief om een glad wegdek (sneeuw/ijs) te meten voor het beheer en onderhoud. Mogelijke aanvullingen om te komen tot een nauwkeurige monitoring zijn data over de ABS, TCS, en gladheidsmeldingen vanuit het voertuig. In Tabel 14 is te zien welke data gebruikt kan worden om stroefheid van het wegdek te monitoren.

Tabel 14 Asfaltschade Stroefheid en voertuigdata

Stroefheid	
Voertuigdata	Overige data
GPS	Weergegevens
Snelheid	Gewicht voertuig
Wielspin	
ABS	
Tractie Controle Systeem	
Temperatuur	
Ruitenwischerstand	
Gladheidsmeldingen	

Richtlijnen

De huidige gestelde richtlijn is dat de wrijvingscoëfficiënt tussen de banden en het wegdek over een afstand van 100 meter gemiddeld 0,52 moet zijn. Een wrijvingscoëfficiënt van 0,45 is een waarschuwingsgrens en een waarde van 0,38 een drempelwaarde.

De wrijvingscoëfficiënt wordt als volgt bepaald (KOAC-NPC, 2015):

$$f_{\text{gemeten}} = \frac{F_w + c_w}{F_N}$$

waarbij

f_{gemeten}	=	wrijvingscoëfficiënt (-)
F_w	=	wrijvingskracht tussen verharding en meetwiel (N)
c_w	=	correctie in verband met de stand van het voertuig (N)
F_N	=	normaalkracht (N)

Figuur 26 Vergelijking wrijvingscoëfficiënt (KOAC-NPC, 2015)

De uitkomst van de wrijvingscoëfficiënt wordt vervolgens gecorrigeerd. Er is namelijk een afwijking te zien door het jaar heen. Het effect van het meetseizoen op de wrijvingscoëfficiënt wordt in rekening gebracht via de volgende formule (KOAC-NPC, 2015):

$$f = f_{\text{gemeten}} - 0,022 \times \sin((360/365) \times (\text{meetdag} + 60))$$

De meetdag is het aantal dagen sinds 1 januari van het jaar van de meting (meetdag = 1 op 1 januari)

Figuur 27 Correctie voor seizoenen (KOAC-NPC, 2015)

Het is lastig om de voertuigdata om te zetten naar een wrijvingscoëfficiënt. Voornamelijk de wrijvingskracht is lastig te bepalen. De wrijvingskracht wordt nu namelijk uit de meting gehaald. Mogelijkerwijs is er een wrijving uit de wielspin en de verharding te halen.

Wrijvingskracht tussen verharding en meetwiel

$F_w = ?$

Correctie in verband met de stand van het voertuig

De c_w waarde van een auto is tussen de 0,30 en 0,45 (Natuurkunde.nl, 2019).

$c_w = 0,30 \sim 0,45$

De normaalkracht (Wielbelasting)

Indien op een recht wegvak:

Normaalkracht (Newton) = Massa (Kg) * Zwaartekrachtversnelling (M/S²)

$F_n = m * g$

$F_n = m * 9,8$

Indien op een helling:

Normaalkracht (Newton) = Massa (Kg) * Zwaartekrachtversnelling (M/S²) * Cosinus (hoek of helling)

$F_n = m * g * \text{Cos}(\text{Horizontale verplaatsing} / \text{Verticale verplaatsing})$

$F_n = m * 9,8 * \text{Cos}(x)$

De wrijvingskracht is niet te berekenen vanuit voertuigdata. Hierom moet er een andere waarde of aspect gevonden worden wat de wrijving tussen de verharding en het wiel kan aantonen. Dit is echter niet mogelijk. Wielspin zou een indicatie kunnen zijn, zij het niet zo dat wielspin ook te wijden is aan bijvoorbeeld een slecht bandenprofiel en niet bekwaam rijgedrag (slippen bij wegrijden).

A3.5 Randschade

Bij oudere wegen of wegen met een hoge verkeersbelasting kan het asfalt aan de rand van de weg scheuren en/of afbrokkelen (Ribru, 2019). Randschade is de schade van de schadegroepen vlakheid (dwarsonvlakheid, oneffenheden en scheurvorming) die voorkomt in de verhardingsrand (25cm exclusief kantopsluiting (CROW, 2011). De gevolgen van randschade zijn: minder vlakheid op termijn, minder stroefheid, minder comfort voor de weggebruikers, hoogteverschillen in de deklaag, losliggende delen, meer geluidshinder en uiteindelijk destructie van het totale weglichaam (Red mijn weg, 2019).

De monitoring op randschades gebeurt middels een globale visuele inspectie. Randschade komt voor in de verhardingsrand. In deze verhardingsrand wordt de markering ook aangebracht. ADAS voertuigdata over de herkenning van de belijning kan dan ook helpen om randschade te detecteren. Als de belijning niet herkend wordt kan dit mogelijkwijs aan de randschade liggen. Dit werkt alleen bij gebiedsontsluitingswegen en stroomwegen aangezien er op erftoegangswegen geen belijning is aangebracht.

Tabel 15 Asfaltschade Randschade en voertuigdata

Randschade	
Voertuigdata	Overige data
GPS	
Status Lane Keeping System (ADAS)	

Richtlijnen

De huidige gestelde richtlijn is dat de ernst van minimaal een van de schades matig is en ernstige schades niet voorkomen. Dit op een afstand van 50 meter op 100 meter wegvak.

Het is waarschijnlijk niet mogelijk om alleen op basis van de Lane Keeping assist iets te zeggen over randschades. Als de markering namelijk niet herkend wordt kan dit ook liggen aan de kwaliteit van de belijning. Het is met deze methode dan ook nog steeds noodzakelijk om een visuele inspectie te houden.

A3.6 Rafeling / scheurvorming

Als de hechting tussen bitumen en steen/mineralen minder wordt ontstaat er steenverlies aan het wegdekoppervlak. Het wegdek krijgt dan een pokdalig uiterlijk wat rafeling genoemd wordt. Rafeling kan meerdere oorzaken hebben (Red mijn weg, Rafeling, 2019);

- Verkeersbelasting;
- Het aanzetten van asfaltstroken;
- Plekken die vaak nat blijven in het rijspoor;
- Veroudering van het bindmiddel.

De gevolgen van rafeling zijn (Red mijn weg, Rafeling, 2019);

- Minder vlakheid in het spoor waar het verkeer rijdt;
- Minder stroefheid;
- Minder comfort;
- Meer geluidshinder.

Rafeling is dus onder andere een oorzaak van andere asfaltschades. Rafeling is lastig om momenteel te meten. De Provincie Gelderland heeft aangegeven hier veel moeite mee te hebben. Ook de Provincie Utrecht zoekt een andere manier om textuurschades zoals rafeling in beeld te brengen (Provincie Utrecht, 2019).

Er is minder vlakheid in het spoor waar het verkeer rijdt en minder comfort. Beide factoren kunnen gemeten worden met G-sensoren die trillingen van het voertuig kunnen waarnemen. Om uit te sluiten dat het niet om een dwarsonvlakheidschade of oneffenheden gaat kan er gebruik gemaakt worden van beeldherkenning. Met deze beeldherkenning is rafeling wellicht te herkennen. Met beeldherkenning wordt echter wel een toevoeging gedaan aan voertuigdata. Een voertuig is dan al bijna een meetvoertuig. Daarnaast resulteert rafeling in een versterkte geluidsproductie wat geluidshinder oplevert. Het is dus ook mogelijk om ter bevestiging van de rafelingsschade gebruik te maken van geluidsmeeptunten. In Tabel 16 is zichtbaar welke data gebruikt kan worden om rafeling aan te tonen.

Tabel 16 Asfaltschade Rafeling en voertuigdata

Rafeling	
Voertuigdata	Overige data
GPS	Intensiteiten
Snelheid	Aslasten
Ruitenwisserstand	Aanleginformatie
Wielspin	Beeldherkenning
ABS	Geluidsmetingen
Tractie Controle Systeem	
Temperatuur	
G-sensoren	
Stuurwieluitslag	
Schokdempers	

Richtlijnen

De huidige gestelde richtlijn is dat 10 t/m 20% van de representatieve vierkante meter rafeling vertoont. Dit op basis van 30 t/m 50% of groter dan 50% omvang ten opzichte van het totale oppervlakte van het wegvakonderdeel.

Het is lastig om op basis van beeldherkenning vierkante meters vast te kunnen stellen. Een camera moet dan allereerst gekalibreerd worden. Daarbij moet er dan extra software in de auto aangebracht worden. Met het gebruik van voertuigdata moeten er andere richtlijnen gesteld worden.

A4 Vervanging of aanvulling voertuigdata

Met voertuigdata kunnen afwijkingen in het rijgedrag van automobilisten worden gesignaleerd. Deze afwijking kunnen mogelijkwerwijs een basis zijn voor de vervanging van huidige (dure) meetprocessen als het gaat om het beheer en onderhoud van wegen. Wel moeten er allereerst een aantal randzaken geregeld zijn. Zo moet gewaarborgd worden dat de richtlijnen van het CROW ook gehandhaafd zijn. Het kan niet zo zijn dat er juist meer verkeersonveiligheid ontstaat door het gebruik van voertuigdata (Provincie Utrecht, 2019). Hierom is het goed om te bepalen wat voor rol voertuigdata kan hebben als het gaat om de huidige meetprocessen. De vraag hierbij is of voertuigdata een vervanging kan zijn, of juist een aanvulling is. Dit om te voorkomen dat de richtlijnen niet meer gewaarborgd worden en de verkeersveiligheid dus juist achteruit gaat.

Er is gekozen om te vergelijken op basis van de haalbaarheid van CROW-normen, Frequentie van monitoring, de technologische haalbaarheid, de financiële aantrekkelijkheid en de juridische aspecten (privacy). De haalbaarheid van de CROW-normen en technologische haalbaarheid is per asfaltschade verschillend. De overige aspecten zijn wel gelijk per asfaltschade. Er is voor gekozen om per asfaltschade een tabel op te stellen waaruit de potentie blijkt van voertuigdata. Hierbij is een weging vastgesteld. Besloten is dat het meest belangrijke is dat de CROW-normen gewaarborgd kunnen worden. Deze hebben dan ook een weging van 4 meegekregen. De frequentie van de monitoring en de technologische haalbaarheid zijn hier ondergeschikt aan en hebben een weging van 3 meegekregen. Tenslotte heeft de financiële aantrekkelijkheid een weging van 2 gekregen en de juridische aspecten een 1. Onder juridische aspecten vallen de privacy gevoeligheid en de wettelijke verplichting van de wegbeheerder om te kunnen voldoen aan de normen (Provincie Noord-Brabant, 2019).

In de tabellen komen drie scores terug. Dit zijn:

1. Niet goed
2. Redelijk
3. Goed

Er is voor deze systematiek gekozen om een simpele vergelijking te kunnen maken tussen voertuigdata en de huidige monitoring.

A4.1 Oneffenheden

Tabel 17 Oneffenheden; vervanging of aanvulling?

Oneffenheden	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata
Haalbaarheid CROW-normen	4	3	1
Frequentie van monitoring	3	2	3
Technologische haalbaarheid	3	3	1
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	2
Juridische aspecten	1	3	1
Score		82%	54%

Voertuigdata zijn ondergeschikt aan de huidige monitoring. Met een score van 54% tegenover 82% kan er beter aan de huidige monitoring vastgehouden worden. Momenteel is voertuigdata nog niet toereikend om te kunnen voldoen aan de gestelde wensen van de wegbeheerders.

Haalbaarheid Normen:

Er zijn strenge normen gesteld door het CROW als het gaat om het beheer en onderhoud van gaten in de weg. De richtlijnen zijn hierbij zo streng dat gaten van 15mm al genoteerd moeten worden. Het is niet mogelijk om met voertuigdata te voldoen aan deze normen. Een automobilist zal namelijk gewoon over dit gat heenrijden. Dit valt dan niet te herleiden uit de data. De score van voertuigdata is dan ook niet goed. De waardering van de huidige monitoring is wel goed, daar de provincies nu voldoen aan de normen met hun monitoring.

Frequentie:

Voertuigdata kan 24/7 verzameld en verwerkt worden. De huidige monitoring van oneffenheden is ook goed, de richtlijnen worden immers gehaald door een jaarlijkse meting. Wel kan het voorkomen dat grote gaten in de weg ontstaan nadat er gemeten is. Hiervoor zou de frequente verzameling van voertuigdata voor gebruikt kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is het ontstaan van een sinkhole (zinkgat). Om een sinkhole op te merken uit voertuigdata zijn meerdere afwijkingen nodig. Nadat deze afwijkingen verzameld zijn moet er nog steeds een weginspecteur ter plaatse gaan om te kijken wat er aan de hand is. Hiernaast staat dat weggebruikers momenteel ook de politie bellen als er een groot gat in de weg zit. Dit bericht zal de wegbeheerder eerder bereiken dan de voertuigdata zodat er snel actie ondernomen kan worden (zie foto). De waardering van de huidige monitoring is redelijk. Een jaarlijkse monitoring voldoet aan de gestelde normen en eisen. Het is echter wel mogelijk dat er tussen de metingen gebreken veroorzaakt worden. Indien dit het geval is biedt voertuigdata een kans door een 24/7 beschikbaarheid. Echter worden urgente schades ook gemeld door weggebruikers aan de politie.



Figuur 28 Sinkhole in Woerden (Woerden.tv, 2017)

Technische haalbaarheid:

De technische haalbaarheid van de huidige monitoring is goed. Met deze monitoring valt namelijk op zeer nauwkeurige wijze aan te tonen waar gaten in de weg zijn. De haalbaarheid van voertuigdata niet. Het is mogelijk om oneffenheden aan te tonen op basis van voertuigdata. Echter kan deze data niet nauwkeurig genoeg zijn om aan de normen te voldoen. De gaten moeten groter zijn dan 15mm om aan te kunnen tonen.

Financiële aantrekkelijkheid:

De kosten van de huidige monitoring zijn veel geld. Dit is gemeenschapsgeld/belastinggeld wat duurzaam besteed moet worden (Provincie Utrecht, 2019). Voertuigdata zijn goedkoper en zal een ander prijsbeleid hebben. Echter moet er nog steeds voor betaald worden. Dit is het argument om de financiële aantrekkelijkheid voor voertuigdata met een 2 te beoordelen.

Juridische aspecten:

De huidige monitoring is juridisch goed. Er is geen sprake van privacygevoelige informatie en ook wordt er voldaan aan de gestelde wetten voor de wegbeheerders als het gaat om de aansprakelijkheid. Bij voertuigdata is het echter nog de vraag hoe het is gesteld met de privacy gevoeligheid. Hier wordt momenteel nog onderzoek naar gedaan bij het NDW (BRON). De wegbeheerder heeft hier niets mee te doen daar zij de data inkoopt bij het NDW.

Een belangrijke kanttekening bij het gebruik van voertuigdata voor oneffenheden en de strenge normen is dat de normen streng gesteld zijn omdat er een jaarlijkse meting is. Deze kleine gaten van 15mm kunnen in een jaar groeien tot grote gaten wat de verkeersveiligheid ten slechte komt. Indien er naar een constante monitoring wordt gegaan door voertuigdata kunnen deze normen versoepeld worden. Grote gaten worden namelijk wel door voertuigdata opgemerkt. Echter is het dan nog de vraag of deze informatie ook niet spoedig vanuit weggebruikers bij de wegbeheerder terecht komt.

A4.2 Spoorvorming

Tabel 18 Spoorvorming; vervanging of aanvulling?

Spoorvorming	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata
Haalbaarheid CROW-normen	4	3	1
Frequentie van monitoring	3	2	3
Technologische haalbaarheid	3	3	1
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	2
Juridische aspecten	1	3	1
Score		82%	54%

De waardering van de asfaltschade spoorvorming is hetzelfde beoordeeld als de beoordeling van oneffenheden. Voertuigdata is ongeschikt aan de huidige monitoring. Er is gekozen om de argumentering dan ook niet te herhalen. Kort samengevat komt het bij spoorvorming er ook op neer dat:

- De gestelde normen zijn niet meetbaar met voertuigdata, de richtlijnen zijn immers te streng en nauwkeurig;
- Met voertuigdata kan een constante monitoring gehouden worden; zij het niet dat dit niet noodzakelijk is aangezien de jaarlijkse meting ook volstaat.

- Het is niet mogelijk om spoorvorming te monitoren met voertuigdata. Hiervoor zijn erg veel factoren nodig die niet alleen aan spoorvorming kunnen liggen. De huidige monitoring is technisch wel haalbaar;
- De huidige monitoring kost veel geld, voertuigdata is goedkoper;
- De huidige monitoring brengt geen extra uitdagingen met zich mee als het gaat om de privacy gevoeligheid en de aansprakelijkheid van de wegbeheerder, er wordt immers voldaan aan de richtlijnen. Dit in tegenstelling tot voertuigdata waarbij de juridische kaders nog onderzocht moeten worden.

A4.3 Langsonvlakheid

Tabel 19 Langsonvlakheid; vervanging of aanvulling?

Langsonvlakheid	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata
Haalbaarheid CROW-normen	4	3	3
Frequentie van monitoring	3	2	3
Technologische haalbaarheid	3	3	3
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	2
Juridische aspecten	1	3	1
Score		82%	90%

Langsonvlakheid is de enige asfaltschade waarbij voertuigdata een betere score heeft dan de huidige monitoring. Het is echter wel zo dat dit ook de schade is die de minste prioriteit van de wegbeheerders heeft (Provincie Utrecht, 2019) (Provincie Noord-Brabant, 2019) (Provincie Gelderland, 2019). Daarbij geeft de provincie Utrecht ook aan dat langsonvlakheid geen invloed heeft op de verkeersveiligheid (Provincie Utrecht, 2019).

Haalbaarheid normen:

Het CROW stelt als norm dat over een afstand van 100 meter er een hoogteverschil mag zijn tussen de 3,5 en 5,1 meter. Door informatie te verzamelen over de gps (verticaal/horizontaal) is het mogelijk om met voertuigdata de langsonvlakheid van een weg te verzamelen. Zowel de huidige monitoring en voertuigdata scoren een goed op dit onderdeel aangezien de normen gewaarborgd worden.

Frequentie:

De frequentie van de huidige monitoring is redelijk te noemen. Volgens de wettelijke eisen hoeft er maar eenmaal per jaar gemonitord te worden. Het kan echter voorkomen dat er vlak na het monitoren langsonvlakheid ontstaat. Om deze reden is voertuigdata ook als goed geclassificeerd. Met voertuigdata is het immers mogelijk om 24/7 inzicht te hebben in de langsonvlakheid van het wegennet.

Technische haalbaarheid:

De technische haalbaarheid van beide meetmethodes is geclassificeerd als goed. Het is namelijk goed mogelijk om met deze manier van monitoren de juiste informatie te kunnen genereren. Daarbij heeft voertuigdata nog de toevoeging dat er op de basis van voertuigdata informatie gegeven kan worden over het rijcomfort van de weg.

Financiële aantrekkelijkheid:

De financiële aantrekkelijkheid wijkt niet af van de beargumentering bij oneffenheden.

Juridische aspecten:

De financiële aantrekkelijkheid wijkt niet af van de beargumentering bij oneffenheden.

A4.4 Stroefheid

Tabel 20 Stroefheid; vervanging of aanvulling?

Stroefheid	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata
Haalbaarheid CROW-normen	4	3	1
Frequentie van monitoring	3	2	3
Technologische haalbaarheid	3	3	1
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	2
Juridische aspecten	1	3	1
Score		82%	54%

De waardering van de asfaltschade stroefheid is hetzelfde beoordeeld als de beoordeling van oneffenheden en spoorvorming. Voertuigdata is ondergeschikt aan de huidige monitoring. Er is gekozen om de argumentering dan ook niet te herhalen. Kort samengevat komt het bij stroefheid er ook op neer dat:

- De gestelde normen zijn niet meetbaar met voertuigdata, de richtlijnen zijn immers te streng en nauwkeurig. Het is niet mogelijk de bestaande formule te ontleden naar voertuigdata. Of een andere variabele toe te voegen;
- Met voertuigdata kan een constante monitoring gehouden worden; zij het niet dat dit niet noodzakelijk is aangezien de jaarlijkse meting ook volstaat;
- Het is niet mogelijk om stroefheid te kunnen monitoren met voertuigdata. Hiervoor zijn erg veel factoren nodig die niet alleen aan de stroefheid kunnen liggen. Wielspin hoeft namelijk niets te zeggen over de gladheid van een weg. Wielspin kan ook iets zeggen over het rijgedrag van de chauffeur of over het bandenprofiel van de auto. De huidige monitoring met het vertragend wiel is technisch wel haalbaar;
- De huidige monitoring kost veel geld, voertuigdata is goedkoper;
- De huidige monitoring brengt geen extra uitdagingen met zich mee als het gaat om de privacy gevoeligheid en de aansprakelijkheid van de wegbeheerder, er wordt immers voldaan aan de richtlijnen. Dit in tegenstelling tot voertuigdata waarbij de juridische kaders nog onderzocht moeten worden.

A4.5 Randschade

Tabel 21 Randschade; vervanging of aanvulling?

Randschade	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata
Haalbaarheid CROW-normen	4	3	1
Frequentie van monitoring	3	2	3
Technologische haalbaarheid	3	3	1
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	2
Juridische aspecten	1	3	1
Score		82%	54%

Naast de waardering van de asfaltschade stroefheid heeft asfaltschade randschade dezelfde beoordeling gekregen. Voertuigdata is ondergeschikt aan de huidige monitoring. Er is gekozen om de argumentering dan ook niet te herhalen. Kort samengevat komt het bij randschade er ook op neer dat:

- De gestelde normen zijn niet meetbaar met voertuigdata, de richtlijnen zijn immers te streng en nauwkeurig;
- Met voertuigdata kan een constante monitoring gehouden worden; zij het niet dat dit niet noodzakelijk is aangezien de jaarlijkse meting ook volstaat;
- Het is niet mogelijk om randschade te meten. Wellicht zou er iets gedaan kunnen worden met ADAS-systemen en de herkenning van belijning als rand;
- De huidige monitoring kost veel geld, voertuigdata is goedkoper;
- De huidige monitoring brengt geen extra uitdagingen met zich mee als het gaat om de privacy gevoeligheid en de aansprakelijkheid van de wegbeheerder, er wordt immers voldaan aan de richtlijnen. Dit in tegenstelling tot voertuigdata waarbij de juridische kaders nog onderzocht moeten worden.

A4.6 Rafeling/scheurvorming

Tabel 22 Rafeling; vervanging of aanvulling?

Rafeling/scheurvorming	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata
Haalbaarheid CROW-normen	4	3	1
Frequentie van monitoring	3	2	3
Technologische haalbaarheid	3	2	1
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	2
Juridische aspecten	1	3	1
Score		74%	54%

Als laatste asfaltschade valt op dat voertuigdata bij rafeling en/of scheurvorming ook ondergeschikt zijn aan de huidige monitoring. Wat echter wel opvalt, is dat de huidige monitoring lager scoort dan bij de andere asfaltschades. Dit is te verklaren aan de slechte ervaringen van verschillende wegbeheerders met de

huidige monitoring. Het blijkt lastig te zijn om de rafeling en scheurvorming goed in kaart te brengen (Provincie Gelderland, 2019).

Haalbaarheid normen:

De haalbaarheid van de huidige monitoring wordt beoordeeld met een goed ondanks de klachten van verschillende wegbeheerders. Tijdens de gesprekken leek het probleem van het inwinnen van goede data vooral te liggen bij de technische haalbaarheid van verschillende leveranciers. Het is echter wel zo dat de gewenste data wel ingewonnen wordt en past volgens de CROW-normen. Met voertuigdata is dit niet het geval. Voertuigdata is dan ook beoordeeld met een niet goed. Met voertuigdata kan niet voldaan worden aan de richtlijnen van het CROW.

Frequentie:

De rafeling/scheurvorming wordt over het algemeen genomen eenmaal per jaar gedaan volgens de huidige monitoring. Het gebruiken van voertuigdata geeft echter de mogelijkheid om een constante monitoring te realiseren. Dit is dan ook de reden om de huidige monitoring te beoordelen met een redelijk en voertuigdata met een goed.

Technische haalbaarheid:

De technische haalbaarheid bij zowel de huidige monitoring als bij voertuigdata is lastig. Verschillende wegbeheerders geven aan moeite te hebben met het vinden van een goede monitoringswijze. Echter kan er wel voldaan worden aan de richtlijnen. Om deze reden is dan ook gekozen om de haalbaarheid te beoordelen met een redelijk; het is niet volgens wens, echter levert het wel de gewenste resultaten. Met voertuigdata is het niet mogelijk om data te genereren die passend is bij de CROW-normen of een vervanging hiervan.

Financiële aantrekkelijkheid:

De financiële aantrekkelijkheid wijkt niet af van de beargumentering bij oneffenheden.

Juridische aspecten:

De financiële aantrekkelijkheid wijkt niet af van de beargumentering bij oneffenheden.

A4.7 Conclusie

Samenvattend heeft alleen de asfaltschade langsonvlakheid de potentie om vervangen te worden door voertuigdata. Dat hoeft echter niet te betekenen dat voertuigdata niets kan betekenen voor het detecteren van de andere asfaltschades. Het is wel mogelijk om op basis van voertuigdata afwijkingen te zien in het rijgedrag van automobilisten (hard remmen en wielspin bijvoorbeeld). Mogelijkerwijs kan deze informatie over afwijkingen een trigger zijn voor de wegbeheerder om locatiegericht te gaan meten. Indicatief kan voertuigdata dus misschien nog wel een rol spelen.

Er is een afweging gemaakt met dezelfde methodiek als bij de asfaltschades om de potenties van de verschillende mogelijkheden te bekijken. Dit zijn:

1. Huidige monitoring: *Geen gebruik voertuigdata;*
2. Voertuigdata ter vervanging: *Geen gebruik huidige monitoring;*
3. Voertuigdata als indicatie: *Afwijkingen uit voertuigdata kunnen een trigger te zijn om locatie specifiek te gaan monitoren.*

Deze mogelijkheden zijn in Tabel 23 gevisualiseerd met de bijpassende scores.

Tabel 23 Voertuigdata; vervanging of aanvulling?

	Weging	Huidige monitoring	Voertuigdata ter vervanging	Voertuigdata als indicatie
Haalbaarheid CROW Normen	4	3	1	3
Frequentie van monitoring	3	2	3	3
Technologische haalbaarheid	3	3	1	3
Financiële aantrekkelijkheid	2	1	3	2
Juridische aspecten	1	3	1	1
Score		82%	54%	90%

De scores van de huidige monitoring en voertuigdata ter vervanging komen overeen met de tabellen die eerder beschreven zijn. De scores van voertuigdata als indicatie zijn echter een combinatie van de huidige monitoring en voertuigdata ter vervanging. Door afwijkingen in voertuigdata op de wegen te analyseren kan hierop gestuurd worden bij de huidige monitoring. Op deze manier is het technisch nog steeds mogelijk om te voldoen aan de huidige CROW-normen. Deze manier van monitoren brengt een financiële aantrekkelijkheid met zich mee. Het gebruiken van voertuigdata geeft namelijk een indicatie van waar gemeten moet worden. Dit kan de kosten drukken (Provincie Noord-Brabant, 2019) (Provincie Overijssel, 2019).

Niet meegenomen in de afweging zijn de extra mogelijkheden van voertuigdata ten opzichte van de huidige monitoring. Met voertuigdata is het ook mogelijk om te monitoren op verkeersborden en de belijning. Hier zijn al een paar proeven mee uitgevoerd. Met deze toevoeging kan voertuigdata als indicatie een goede toevoeging zijn op de huidige monitoringswijze.

A5 Beeld bij incidenten

Alle afwijkingen uit de lijst met alle remvertragingen boven de 4m/s^2 zijn bekeken zodat er een oorzaak te wijten viel aan de afwijking. In deze bijlage zijn frames uit de filmpjes te zien als voorbeeld van deze analyse.

A5.1 Correctie op verdrijvingsvlak

Van links naar rechts, van boven naar onder. Maximale vertraging $4,11\text{ m/s}^2$.





A5.2 Remming verkeerslicht







With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.

