

Project Talking Traffic op de Slimste Weg

Projectrapportage



Project: Talking Traffic
In opdracht van Proeftuin Nettelhorst
Kwartiel 8, leerjaar 2
Versie: 1
Enschede
24-6-2019

Projectgroep Safety Talk

Project: Talking Traffic op de Slimste Weg

Rapportage

Opdrachtgever:

Proeftuin Nettelhorst

Contactpersonen:

De heer H. Leeftang

De heer P. Post

De heer W. Schroer

De heer R. Goossens

Projectgroep Safety Talk

Projectgroep 7

Groepsleden:

Bonte, Ruben	(R)	437746
Jeunink, Rick	(R)	418753
Lange de, Steff	(S)	440515
Scheele, Boudewijn	(B)	450574
Zutphen van, Coen	(C)	452132

Plaats: Enschede

Versie: 1

24-6-2019

Academie BBT Saxion

Opleiding Civiele Techniek

Kwartiel 8, leerjaar 2, 2018/2019

Hoofdfase

M.H. Tromplaan 28

7513 AB

Enschede

Nederland

Project Talking Traffic

Proeftuin Nettelhorst

Projectgroep Safety Talk

24-6-2019

1 Voorwoord

Dit document bevat het onderzoeksrapport dat in opdracht van Proeftuin Nettelhorst, in het kader van de Slimste Weg, is gemaakt door de projectgroep Safety Talk bestaande uit studenten Civiele Techniek van het Saxion in Enschede. De opdracht omvat het veiliger maken van de N825-Nettelhorsterweg, specifiek gericht op bepaalde knelpunten met het oog op de toekomst en de hier bij horende innovatiemogelijkheden.

De projectgroep Safety Talk wil graag de heer R. Goossens bedanken voor het begeleiden van het project. Verder wil de projectgroep Proeftuin Nettelhorst bedanken voor het verstrekken van de opdracht, met name de heer H. Leeftang, de heer P. Post en de heer W. Schroer. Zij hebben de projectgroep verder geholpen en waren het aanspreekpunt namens Proeftuin Nettelhorst.

Daarnaast willen wij de heer W.J. Mensonides en R Goossens, docenten Civiele Techniek aan het Saxion, de heer K. van der Neut, gemeente Enschede, en de heer W. Schroer, van Gelder Telecom bedanken voor het verstrekken van nieuwe inzichten en informatie om de projectgroep verder te helpen het onderzoek.

2	Inhoudsopgave	
1	Voorwoord	2
2	Inhoudsopgave	3
3	Inleiding	6
4	Samenvatting	7
5	Projectomschrijving Talking Traffic op de Slimste Weg	8
5.1	Probleemstelling	8
5.2	Doelstelling	8
5.3	Oplossingsmethodiek	9
5.4	Hoofd- en deelvragen	9
6	Analyse	10
6.1	Talking Traffic	10
6.1.1	Algemeen	10
6.1.2	Toepassingen Talking Traffic	10
6.1.2.1	Voorbeelden Connected	10
6.1.2.2	Voorbeelden Coöperatief	12
6.1.2.3	Voorbeelden Automatisch	13
6.2	5G-netwerk	14
6.3	Situatieschets	14
7	Mogelijke oplossingen	18
7.1	Oplossing 1: BikeScout	18
7.1.1	Kwetsbaarheid	19
7.1.2	Toepassing BikeScout	19
7.2	Oplossing 2: Virtual Emission Monitoring	19
7.2.1	Voordelen VEM	19
7.3	Oplossing 3: iVRI	19
7.3.1	Toepassing iVRI	20
7.3.2	Werking iVRI	20
7.4	Oplossing 4: Applicatie	20
7.4.1	Toepassing applicatie	21
7.4.2	Beloning	21
7.5	Oplossing 5: Platooning	21
7.5.1	Voordelen	21
7.5.2	Toepassing Truck Platooning	22
7.6	Oplossing 6: VECOM	22

7.6.1	Toepassing VECOM	22
7.7	CrossWalk	23
7.7.1	Werking CrossWalk	23
7.8	Morfologische kaart	24
7.8.1	Beschrijving functies	24
7.8.1.1	Opmerken	24
7.8.1.2	Signaleren	24
7.8.1.3	Scheiden	24
7.8.1.4	Verbinden	24
7.8.2	Beschrijving keuzes	24
8	Multi Criteria Analyse	26
8.1	Uitkomsten	26
8.2	Onderbouwing	26
8.2.1	Criteria	26
8.2.1.1	Veiligheidsverbetering	27
8.2.1.2	Onderhoud	29
8.2.1.3	Innovatie	30
8.2.1.4	Geluidshinder	31
8.2.1.5	Uitvoering	32
8.2.1.6	Toepasbaarheid	33
8.2.1.7	Prijs	34
8.2.2	Uitslag	35
8.2.3	Combineren	35
9	Tijddlijn	36
9.1	Nu	36
9.2	2030	36
9.3	2050	36
10	Conclusie	37
11	Aanbeveling	39
12	Discussie	41
12.1	De betrokken partijen	41
12.2	MCA	41
12.2.1	Veiligheid	41
12.2.2	Toepasbaarheid	41
12.3	Toekomstmuziek	42

12.4	Platooning	42
13	Begrippenlijst	43
14	Bibliografie	44
15	Figurenlijst	46
16	Tabellenlijst	47
17	Bijlagen	48
17.1	Bijlage 1: Onderzoek naar stimuleren zuiniger rijden	49
17.1.1	Brandstof besparende toepassingen voor vrachtwagens	50

3 Inleiding

Deze rapportage is geschreven in opdracht van Proeftuin Nettelhorst. Dit is een burgerinitiatief, gestart door de gemeenten Lochem en Berkelland, tijdens een bijeenkomst over de toekomst van het dorp Geesteren, Gelderland. Proeftuin Nettelhorst heeft de projectgroep “Safety Talk” gevraagd een project uit te voeren en hierover een rapportage te schrijven. De projectgroep bestaat uit vijf studenten van de opleiding Civiele Techniek aan het Saxion te Enschede.

Het burgerinitiatief is gestart omdat een aantal omwonenden van de lokale regionaalweg N825 – lokaal ook wel bekend als de Nettelhorsterweg – de weg niet veilig genoeg vonden. Daarbij ondervonden zij ook veel geluidsoverlast van de weg. De heer H. Leeflang is, samen met verschillende inwoners, het initiatief gestart om de weg stiller en veiliger te maken. Om dit doel te bereiken in het initiatief onderverdeeld in enkele onderdelen. Deze onderdelen dienen onderzocht te worden om uit te zoeken of deze haalbaar zijn en iets toe kunnen voegen aan de weg. Het onderdeel waar de projectgroep onderzoek naar gaat doen, is Talking Traffic*.

In deze rapportage wordt duidelijk gemaakt welke mogelijke oplossingen zijn en beschreven hoe deze werken. Daarnaast wordt literatuuronderzoek gedaan naar de voor- en nadelen hiervan. Verder wordt ook met een blik op de toekomst naar de oplossingen gekeken. Uiteindelijk worden de beste oplossingen aangedragen.

* = zie begrippenlijst

4 Samenvatting

Dit rapport beschrijft verschillende oplossingen voor het veiliger maken van de N825-Nettelhorsterweg. Deze weg is gevaarlijk omdat veel vrachtwagens en auto's hier rijden, vaak ook te hard. Dit geeft geen gevoel van veiligheid bij de fietsers en lopers die de weg over willen steken. Verder zit naast de N825 een basisschool, aan de Broekstraat. Dit zorgt ervoor dat het kruispunt van de Nettelhorsterweg met de Broekstraat onveilig is voor alle kinderen die hier over willen steken. De projectgroep Safety Talk zal zich focussen op het verbeteren van de veiligheid op specifiek dit kruispunt.

Allereerst is een projectomschrijving en een analyse gemaakt. Hierin staan alle details over het project in. De projectomschrijving bestaat uit een probleemstelling en de oplossingsmethodiek die de projectgroep heeft gebruikt voor dit project. In de analyse staat als eerst een beschrijving wat Talking Traffic nou precies is, samen met een aantal voorbeelden om de lezer een duidelijk beeld te geven. Daarna een kopje met informatie over 5G, 5G zorgt voor snelle informatie-uitwisseling. Dit maakt het mogelijk voor twee voertuigen die uitgerust zijn met 5G om snel met elkaar te communiceren. Als laatste bevat de analyse een situatieschets om inzicht te geven in de huidige situatie op de N825-Nettelhorsterweg.

Het doel van het project is het creëren van een veilig kruispunt. Dit moet gerealiseerd worden door middel van Talking Traffic. Hierbij is innovatie erg belangrijk. De opdrachtgever wil graag weten wat in de toekomst allemaal mogelijk is. Daarom maakt de projectgroep niet alleen een veilig kruispunt voor deze tijd maar wordt ook gekeken naar de toekomst. Namelijk wat allemaal mogelijk kan zijn in het jaar 2030 en 2050.

De onderzochte oplossingen worden getest op geschiktheid in een Multi Criteria Analyse (MCA). Dit geldt echter alleen voor de oplossingen die zijn gevonden in de huidige situatie. Voor de toekomst is het moeilijk te bepalen welke criteria welke waarden krijgt omdat het allemaal giswerk is. Daarom heeft de projectgroep ervoor gekozen om alleen voor de huidige oplossingen een MCA te maken, dit kan concreet gemaakt worden door middel van een goede onderbouwing. Als laatste is een conclusie met een daarop aansluitende aanbeveling.

Verder is een hoofdstuk discussie toegevoegd om duidelijk te maken hoe de projectgroep om is gegaan met ontbrekende informatie en wat de valkuilen en moeilijkheden waren in dit project.

5 Projectomschrijving Talking Traffic op de Slimste Weg

In dit hoofdstuk van de rapportage wordt nogmaals duidelijk uitgelegd wat het probleem is. Daar zijn verschillende oorzaken voor, welke eveneens genoemd zullen worden. Daarna wordt de door het adviesbureau bedachte oplossingsmethodiek beschreven.

Proeftuin Nettelhorst is een burgerinitiatief van enkele burgers uit Geesteren, gemeente Borculo, Gelderland. Het initiatief ontstond nadat enkele burgers de regionale weg, de N825 ook wel Nettelhorstweg, niet veilig genoeg vonden. Daarnaast is langs de weg sprake van geluidsoverlast, doordat vrachtverkeer van de Friesland Campina en For Farmers gebruik maken van de weg. Daarom is besloten om een initiatief te starten met als doel de weg veiliger en stiller te maken door middel van een aantal onderdelen. Enkele van deze onderdelen zijn onder andere geluids-reducerend asfalt, geluids-reducerende vangrails en “Talking Traffic”. Talking Traffic is het onderdeel waar de projectgroep zich bezig zal gaan houden. Het concept van Talking Traffic is dat deelnemers van het verkeer met elkaar communiceren. Dit kan onder andere via mobiele telefoons die zijn aangesloten op het GPS-netwerk of het mobiele datanetwerk, of via verkeerslussen in de weg, die bijvoorbeeld waarschuwingssignalen af laten gaan. Op deze manier staan de gebruikers van de weg met elkaar in verbinding. Het doel hiervan is het gedrag van de weggebruiker zo te beïnvloeden dat deze keuzes gaan maken of voertuigen zelf in laten grijpen om de veiligheid van de weg te verbeteren en de geluidsoverlast te verminderen. Het initiatief wordt gesteund door de provincie Gelderland, die de weg als proeftuin wil gebruiken om aan de hand van de resultaten van de onderzoeken te oriënteren of de toegepaste experimenten eventueel elders ook toegepast kunnen worden.

5.1 Probleemstelling

De Nettelhorsterweg is een provinciale weg, waar de toegestane snelheid 80 kilometer per uur is. Echter wordt deze snelheid regelmatig overschreden, met groot gevaar voor omwonenden en andere verkeersdeelnemers. Daarnaast leven ook herten in het gebied wat de Nettelhorsterweg doorkruist, wat ook een gevaar vormt voor de bestuurder van het voertuig.

De opdrachtgever ziet graag innovatieve oplossingen op het gebied van Talking Traffic toegepast worden op de Nettelhorsterweg. Daarnaast wenst de opdrachtgever ook dat de projectgroep een oplossing aandraagt voor het kruispunt Nettelhorsterweg – Broekstraat, wat een kruispunt is waar veel (zware) ongelukken plaatsvinden.

De probleemstelling is als volgt:

“Bij de opdrachtgever is weinig kennis beschikbaar over Talking Traffic en hoe dit toegepast kan worden”

De opdrachtgever wenst de N825 veiliger en stiller te maken door middel van Talking Traffic, echter heeft de opdrachtgever niet de benodigde informatie om dit toe te kunnen passen.

5.2 Doelstelling

Het doel van de opdracht is volgt:

“De opdrachtgever dient inzicht krijgen in de mogelijkheden van Talking Traffic en hoe deze kunnen worden toegepast om de N825 veiliger en stiller te maken”

De opdrachtgever is zich op dit moment aan het oriënteren over de mogelijkheden die haalbaar zijn. Hiermee wordt bedoeld dat een eventuele aanpassingen op de weg iets toe moeten voegen aan de weg. Om dit te toetsen dient een onderzoek naar de mogelijkheden plaats te vinden en dienen deze mogelijkheden getoetst te worden. Daarbij dient zowel gekeken te worden naar toepassingen die al Project Talking Traffic

Proeftuin Nettelhorst

Projectgroep Safety Talk

24-6-2019

ontwikkeld zijn, maar ook naar toepassingen die eventueel in de toekomst kunnen worden toegepast.

5.3 Oplossingsmethodiek

De projectgroep Safety Talk heeft eerst onderzoek gedaan naar de daadwerkelijke situatie. Dit is beschreven in hoofdstuk 6 van deze rapportage. Vervolgens zal de projectgroep onderzoeken welke toepassingen rondom het oplossen van verkeersproblemen mogelijk zijn en in hoeverre dit gezien kan worden als “Talking Traffic”. Daarbij is de mogelijkheid dat de projectgroep zelf aanpassingen doet in bestaande systemen om dit toepasbaar te maken in de huidige situatie. De onderzochte toepassingen worden vervolgens verwerkt in een Multi Criteria Analyse (MCA). Dit MCA scoort de verschillende toepassingen aan de hand van diverse criteria om zo te achterhalen welke toepassingen meer geschikt zijn dan de rest. Verder wil de projectgroep interviews houden met verschillende experts en/of partners van Proeftuin Nettelhorst, bij de partners van Proeftuin Nettelhorst is veel kennis aanwezig en deze is goed te gebruiken voor het onderzoek.

5.4 Hoofd- en deelvragen

Om een gewenst resultaat te behalen en aan de doelstelling te voldoen, dient antwoord verkregen te worden op de volgende hoofdvraag:

- Welke toepassingen, die binnen het kader van “Talking Traffic” vallen, kunnen worden ingezet om de N825 stiller en veiliger te maken?
 - Welke toepassingen vallen binnen het kader van Talking Traffic?
 - Welke toepassingen werken geluidsreducerend?
 - Welke toepassingen zorgen voor verhoogde veiligheid?
 - Welke toepassingen kunnen direct worden toegepast op de N825?
 - Welke toepassingen kunnen in de toekomst worden toegepast op de N825?
 - Wat zijn de precieze knelpunten van de weg?
 - Waarom zijn de knelpunten onveilig?
 - Welk soort verkeer maakt gebruik van de knelpunten?
 - Wat zijn de verkeersintensiteiten?

6 Analyse

In dit hoofdstuk wordt de situatie geanalyseerd. Eveneens wordt hier aanvullende informatie gegeven wat voor het adviesbureau Talking Traffic inhoudt, wat dit voor de toekomst betekent, hoe dit eventueel gecombineerd kan worden met het nieuwe 5G-netwerk en de verkeersdeelnemers. Daarnaast wordt een situatieschets gegeven.

6.1 Talking Traffic

6.1.1 Algemeen

Wanneer de term “Talking Traffic” in een zoekmachine als Google ingevoerd wordt, volgt het volgende resultaat: “Talking Traffic is een programma met als doelstelling om door middel van intelligente en innovatieve toepassingen de mobiliteit in Nederland sterk te verbeteren”. (Brouwer, 2019)

Voor de projectgroep betekent dit een samenwerking van verschillende verkeerssystemen, zowel on- als off-board, welke samen de verkeersveiligheid en doorstroming verbeteren en tegelijkertijd de milieubelasting verlagen.

Voor de opdrachtgever, Proeftuin Nettelhorst, betekent dit, geïnterpreteerd door de projectgroep, het volgende: het ontwikkelen van een innovatief verkeerssysteem, eventueel gecombineerd met andere systemen, wat zorgt voor een grotere verkeersveiligheid en minder geluidsoverlast, Daarnaast verbetert het systeem de verkeersveiligheid op het kruispunt Nettelhorsterweg – Broekstraat.

6.1.2 Toepassingen Talking Traffic

Talking Traffic is een vrij breed begrip. De toepassingen zijn onder te verdelen in drie verschillende onderdelen:

- Connected
Dit onderdeel van Talking Traffic omvat elk soort systeem dat gebruikers door middel van internetdiensten, apps en websites met elkaar verbindt. Bij dit onderdeel is het voornamelijk de persoon die gebruik maakt van een weg die door middel van data beïnvloed wordt bepaalde acties te ondernemen.
- Coöperatief
Dit onderdeel van Talking Traffic omvat elk soort systeem dat op korte afstand voertuigen met elkaar verbindt. Daarbij moet gedacht worden aan bijvoorbeeld een 3^e remlicht en data-uitwisseling tussen voertuigen die dicht bij elkaar rijden. Bij dit onderdeel is het voornamelijk het verkeer als geheel dat samen werkt om een veiligere omgeving te maken.
- Automatisch
Onder dit onderdeel van Talking Traffic vallen systemen die via kunstmatige intelligentie acties uitvoeren door middel van automatisering en sensoren. Voorbeelden hiervan zijn (adaptive) cruise control en park-assist. Bij dit onderdeel is het voornamelijk het voertuig dat bepaalde acties uitvoert om de veiligheid te verbeteren.

6.1.2.1 Voorbeelden Connected

GPS:

Een Global Positioning System (GPS) is een wereldwijd satellietplaatsbepalingssysteem. Dit betekent dat indien iemand een apparaat bezit dat gebruikt maakt van GPS via een satelliet kan bepalen waar hij/zij zich bevindt. Het systeem is in 1967 ontwikkeld door de Verenigde Staten, met als doel de strijdkrachten te ondersteunen.

Men kent twee soorten GPS-nauwkeurighedsniveaus: de Standard Positioning System (SPS) is de standaard die ook op mobiele telefoons wordt gebruikt. De nauwkeurigheid hiervan is ongeveer 20 meter. Het leger maakt gebruik van een nauwkeurigere variant hier van. Door de relatief lage nauwkeurigheid van dit systeem ten opzichte van het mobiele datanetwerk is dit systeem niet zo goed geschikt voor Talking Traffic.

Datanetwerk:

Veel bestuurders van motorvoertuigen maken al gebruik van netwerksystemen tijdens een rit. Hierbij kan gedacht worden aan navigatiesystemen die de gebruiker op de hoogte brengt van eventuele verkeerscongestie (file) of flitsers. Dit soort communicatiesystemen adviseren de weggebruiker om bijvoorbeeld via een omleidingsroute te nemen of zijn/haar snelheid aan te passen. Met name het systeem dat wordt gebruikt door Google Maps is zeer interessant: Elke weggebruiker die in het bezit is van een Android Smartphone wordt door Google “gezien”. Hierdoor kan vrij nauwkeurig vastgesteld worden of het druk is op een weg of gedeelte hiervan. Een dergelijk systeem zou eventueel naar een nieuw niveau getild kunnen worden, waarbij informatie aan een weggebruiker verschaft kan worden over bijvoorbeeld het soort verkeer dat zich in de nabijheid van de weg bevindt. Op deze manier kan in het geval van een onbewaakt kruispunt de weggebruiker op de hoogte gebracht worden dat een voertuig of voetganger zich in de nabijheid van het kruispunt bevindt, met als doel dat de gebruiker geadviseerd wordt zijn/haar snelheid te verminderen, of in het geval van een voetganger/fietser deze geattendeerd wordt dat een auto zijn/haar kant op komt.

Echter is niet elke bestuurder in het bezit van een voertuig in het bezit van een dergelijk systeem. Hierdoor brengt het brengen van dit soort informatiesystemen naar een nieuw niveau waarbij mensen afhankelijk worden van dit soort systemen risico's met zich mee. Indien een weggebruiker niet in het bezit is van een systeem met een dergelijke verbinding zullen de andere weggebruikers niet geattendeerd worden op de aanwezigheid van de gebruiker zonder systeem.

App:

Een manier om weggebruikers te verbinden is door middel van een app. Apps kunnen zo worden ingericht dat ieder die deze app gebruikt op de hoogte is van een ander die deze app gebruikt. Deze data kan vervolgens worden gebruikt om een situatie in te schatten. In Enschede worden apps al gebruikt om het leven van de fietser te vergemakkelijken. Zo worden bepaalde Verkeersregelininstallaties* (VRI) eerder groen indien een fietser met een telefoon die deze app bevat de VRI nadert. Een app kan ook op een bepaalde manier worden ingericht om verkeersgebruikers op de hoogte te brengen van elkaar. Stel een vrachtwagen nadert een kruispunt waar ook een voetganger over wil steken. Zowel de chauffeur als de voetganger maakt gebruik van eenzelfde app. De voetganger krijgt nu op zijn/haar mobiel een notificatie die hem/haar waarschuwt dat een vrachtwagen het kruispunt nadert en de chauffeur krijgt in de vrachtwagen via de radio (indien de telefoon van de chauffeur hiermee is verbonden) te horen dat zich nabij het kruispunt een fietser/voetganger bevindt. Een nadeel hierbij is dat men gaat adapteren: indien de voetganger weer over wil steken, maar dit keer nadert een vrachtwagen met een chauffeur die deze app niet bezit. Omdat de voetganger dit keer niet de notificatie krijgt kan deze door gemakzucht over steken, terwijl dit niet veilig is. Apps kunnen naast op telefoons ook in de on-board systemen van voertuigen worden gebouwd of zelfs worden verbonden aan micro-luidsprekers die bijvoorbeeld aan een fiets of jas kunnen worden bevestigd.

6.1.2.2 Voorbeelden Coöperatief

Detectielus:

Een detectielus is een koperen draad die zit verzonken in het wegdek. Op deze draad wordt gebruikt als een elektrische spoel. Dus wanneer een metaalhoudend voertuig over de lus rijdt wordt het magnetische veld verstoord en dit wordt gemeten en gedetecteerd. Zo wordt gemeten wanneer een voertuig over de weg rijdt. Dit idee is echter al erg oud en wordt al veel gebruikt. Aangezien dit project draait om innovatie en de toekomst, zal dit idee niet worden uitgevoerd.

Magnetometer:

Een magnetometer is een sensor die in de weg geplaatst kan worden. De sensor meet verschillen in het magnetische veld op de aarde rondom de sensor. Zo een verschil ontstaat namelijk als een auto de sensor passeert. De magnetometer zelf is al vrij oud, om een magnetometer toe te passen in het verkeer is nog niet zo oud. De meter kan vrij eenvoudig geplaatst worden door een gat in het asfalt te boren en de meter hierin te plaatsen. De meter werkt op een batterij en daardoor dient geen kabel aangelegd te worden. De meter kan verbinding maken door middel van Wifi met een kastje dat bijvoorbeeld aan een lantaarnpaal kan worden gemonteerd. In dit kastje kan de data worden verwerkt en verder worden gedistribueerd.

On-Board systemen:

Een andere manier om verkeer met elkaar te laten communiceren is door een systeem in een voertuig te bouwen. Veel transportbedrijven hebben al een dergelijk systeem om het rijgedrag van een chauffeur uit te kunnen lezen, om zo hem/haar op verbeterpunten te wijzen. Dergelijke systemen kunnen worden toegepast om de locatie van een voertuig te bepalen en met deze informatie andere weggebruikers te informeren over de aanwezigheid van het voertuig. De chauffeur van het voertuig kan via een on-board systeem vervolgens op de hoogte gebracht worden van de nabijheid van ander verkeer. Dit kan al het verkeer zijn, maar is veel effectiever wanneer het specifiek wordt toegepast bij fiets-voetgangerskruisingen. De fietser en met name de voetganger heeft geen dergelijk on-board systeem. Wel kunnen andere detectiesystemen het voertuig alsnog op de hoogte brengen van de aanwezigheid van de fietser/voetganger.

Detectiesensor:

Een detectiesensor kan voertuigen in de nabijheid van de sensor detecteren. Op deze manier kan vrij nauwkeurig worden bepaald of een voertuig en zelfs wat voor voertuig gebruik maakt van een weg. Deze data kan vervolgens verwerkt worden, om dit vervolgens dit met andere gebruikers uit te wisselen. Dat kan via Wifi met een kastje in de buurt of via het data-netwerk naar een app of on-board systeem.

Signalering:

De meest primitieve vorm van signalering is via bebording. Een weggebruiker kan op verschillende andere manieren op de hoogte gebracht worden van andere voertuigen. Dit kan met een verkeerslicht die begint te knipperen wanneer ander verkeer zich in de buurt van een kruispunt bevindt. Eenzelfde soort idee kan worden toegepast met geluid. Een derde systeem is het afzetten van een verkeersrichting, zoals bij een bewaakte spoorwegovergang. Dit noemt men scheiden van verkeer. Naast signalering op de weg kan een weggebruiker ook gesignaleerd worden op een mobiele telefoon of ander gadget, of een on-board systeem.

6.1.2.3 Voorbeelden Automatisch

Sensoren in voertuig:

Sensoren in een voertuig kunnen gebruikt worden om te bepalen hoeveel ruimte een voertuig ergens heeft. Dit kan helpen bij bijvoorbeeld het inparkeren, het afstand bewaren tussen het voertuig voor het voertuig of op te merken wanneer een voertuig op of buiten de belijning komt.

Adaptive cruise control:

Een principe dat gebruikt maakt van de data van deze sensoren is adaptive cruise control. De sensoren meten continu de afstand tot de voorganger en past hierop de snelheid van de auto aan, terwijl het tegelijkertijd een veilige afstand tot de voorganger bewaard. Indien de voorganger op de rem trapt, zal de auto ook automatisch afremmen.

Platooning:

De meest primitieve vorm van platooning is een geavanceerde versie van adaptive cruise control. Het systeem laat vrachtwagens in een konvooi achter elkaar aan rijden. In plaats van sensoren worden echter andere methoden van communicatie gebruikt, namelijk wifi, radio en GPS. De achterste vrachtwagens volgen de voorste, die de route, snelheid en positie van het konvooi bepaald. De vrachtwagens rijden op een afstand achter elkaar waarop het brandstofverbruik zo veel mogelijk wordt gereduceerd, zonder hierbij een onveilige situatie te gebruiken. Daarnaast maakt een dergelijk konvooi beter gebruik van de weg en kan tijd worden bespaard. De bestuurder blijft te allen tijde in controle van de vrachtwagen om veiligheid te garanderen.

Platooning kan eventueel nog doorontwikkeld worden tot een punt waarop de veiligheid van zelfrijdende “volgvoertuigen” kan worden gegarandeerd. Het concept hierbij is dat enkel in de voorste vrachtwagen zich een chauffeur bevindt en de transportvoertuigen achter deze vrachtwagen volgen door middel van platooning, zonder chauffeur, de voorste vrachtwagen.

Zelfrijdende voertuigen:

De mensheid is langzaam naar zelfrijdende voertuigen toe aan het werken. Dit gaat echter niet in een keer, maar stap voor stap. Het laagste niveau is volledig afhankelijk van de bestuurder. Het tweede niveau maakt gebruik van systemen als cruise-control om de snelheid te automatiseren.

Langzamerhand worden steeds meer taken overgenomen door het voertuig zelf om uiteindelijk bij een volledig zelfrijdend voertuig uit te komen. Bij een dergelijk systeem staat het voertuig in verbinding met alle andere weggebruikers en wordt allerlei data uitgewisseld tussen de voertuigen. Deze data zijn onder andere locatie, snelheid, de omvang van het voertuig en de route. Indien alle voertuigen op de hoogte zijn van alle informatie die nodig is om bepaalde keuzes te maken, kan een zelfrijdend geheel gevormd gaan worden. In dit geval zullen de voertuigen zelf gaan bepalen welke acties ondernomen dienen te worden. Dit kan zijn een zijwaartse beweging op het moment dat het kan, een aanpassing in de snelheid of een afremming.

Een aantal weggebruikers zullen nooit zelfrijdend kunnen worden. Dit zijn bijvoorbeeld voetgangers en fietsers. Daarom moet bij zelfrijdende auto's hier rekening mee gehouden worden. Deze weggebruikers kunnen wel worden voorzien van locatiebepalende systemen, die de voetganger of fietser alsnog in verbinding brengt met het geautomatiseerde verkeer.

Voor dat dit echter bereikt kan worden dient eerst gebruik gemaakt te worden van andere mogelijkheden zoals coöperatieve systemen, waarbij de weggebruiker zelf gestimuleerd wordt bepaalde acties te ondernemen.

6.2 5G-netwerk

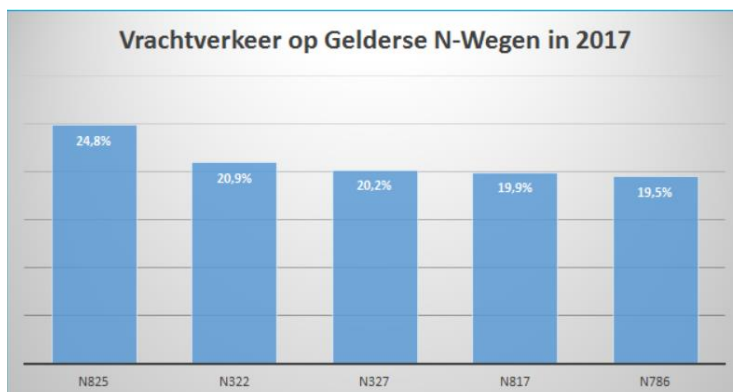
Het nieuwe 5G netwerk is de opvolger van het 4G netwerk. 5G wordt vooral gekenmerkt door zijn snelle snelheid en zijn lage latentie. Latentie is de snelheid tussen de zender en ontvanger en met het 5G netwerk is deze tijd korter dan met het 4G netwerk. Hoe lager deze latentie is, hoe sneller kan worden gecommuniceerd tussen gebruikers. Door de lage latentie van het 5G netwerk kan sneller gecommuniceerd worden tussen zelfrijdende auto's en de omgeving, hierdoor wordt het in de toekomst steeds veiliger om zelfrijdende auto's te gaan gebruiken. De lage latentie in combinatie met de hoge snelheid zijn de vertragingen tussen het gegevens uitwisselen zeer klein.

Het 5G netwerk heeft een grotere capaciteit, waardoor de doorvoer van gegevens nauwelijks wordt verstoord bij drukbezochte gebieden. Omdat 5G een grotere capaciteit heeft, kan de data beter worden versleuteld. Hierdoor kunnen hackers moeilijker bij gegevens komen. De grotere capaciteit van 5G komt, omdat 5G netwerk op een andere frequentie gaat draaien. Deze frequentie is nog niet eerder gebruikt en hierdoor is meer ruimte beschikbaar voor alle apparaten dat verbonden is met 5G.

Kortom, 5G maakt het mogelijk om Talking Traffic te realiseren. Voertuigen die met elkaar kunnen communiceren met een hoedanige snelheid dat het veilig is. Een 5G netwerk is dus snel, betrouwbaar, moeilijk te hacken en heeft genoeg capaciteit om Talking Traffic in uit te voeren omdat 5G op een andere frequentie zit. (TNO, sd) (Iculture, sd) (Rader, sd)

6.3 Situatieschets

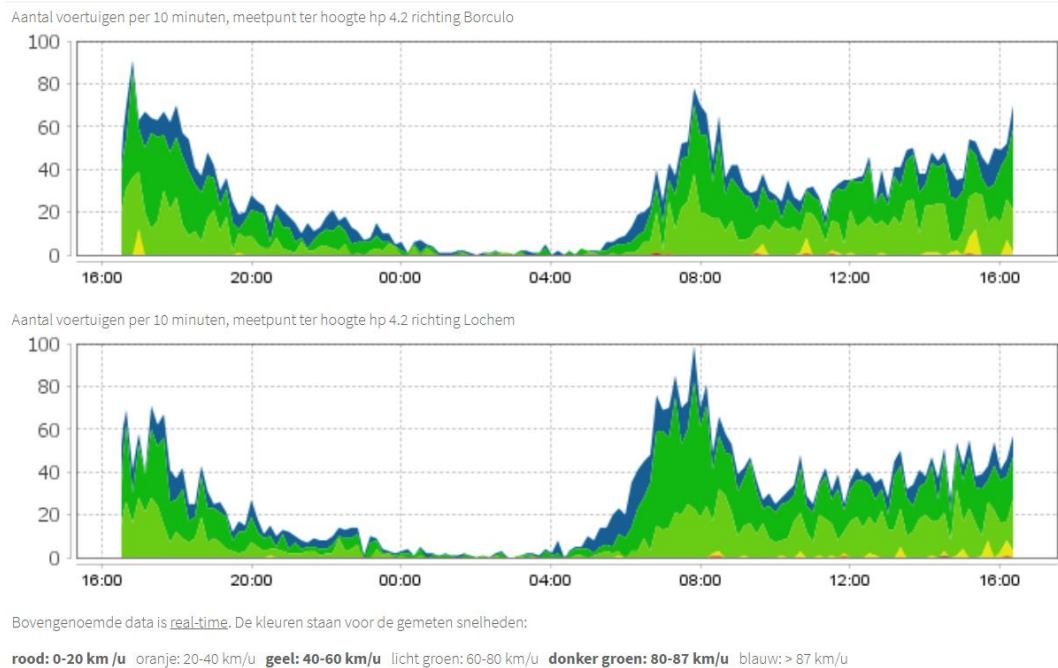
De Nettelhorsterweg (N825) bevindt zich in de Provincie Gelderland en verbindt Lochem met Borculo. Over de N825 rijdt veel vrachtverkeer. In Lochem is een fabriek van Friesland Campinagevestigd. Dit is een van de redenen voor het vele vrachtverkeer over de N825. In Figuur 1 is te zien dat de N825 de drukste N-weg is in de Provincie Gelderland omtrent vrachtverkeer.



Figuur 1 Intensiteit vrachtverkeer N-wegen (SlimsteWeg, sd)

Op de N825 mag 80km/h worden gereden, maar omdat dit een weg is zonder scherpe bochten wordt hier over het algemeen veel harder gereden. Met name in de avonden wordt harder gereden dan toegestaan. Over de N825 komt ook veel landbouwverkeer en dit landbouwverkeer gaat minder snel dan de automobilisten. Hierdoor wordt veel ingehaald door de automobilisten wat weer gevaarlijke situaties oplevert. Het inhalen is namelijk niet toegestaan over de gehele lengte van de Nettelhorsterweg.

De weg is in de spitsuren drukker dan buiten de spitsuren. Hierdoor gebeuren dan ook meer ongelukken. De intensiteit is in Figuur 2 zichtbaar gemaakt. Hieruit is duidelijk te zien dat de intensiteit hoger is rond 16:00 uur. In de afbeelding is ook te zien dat de snelheid vaak 80km/h of hoger is.



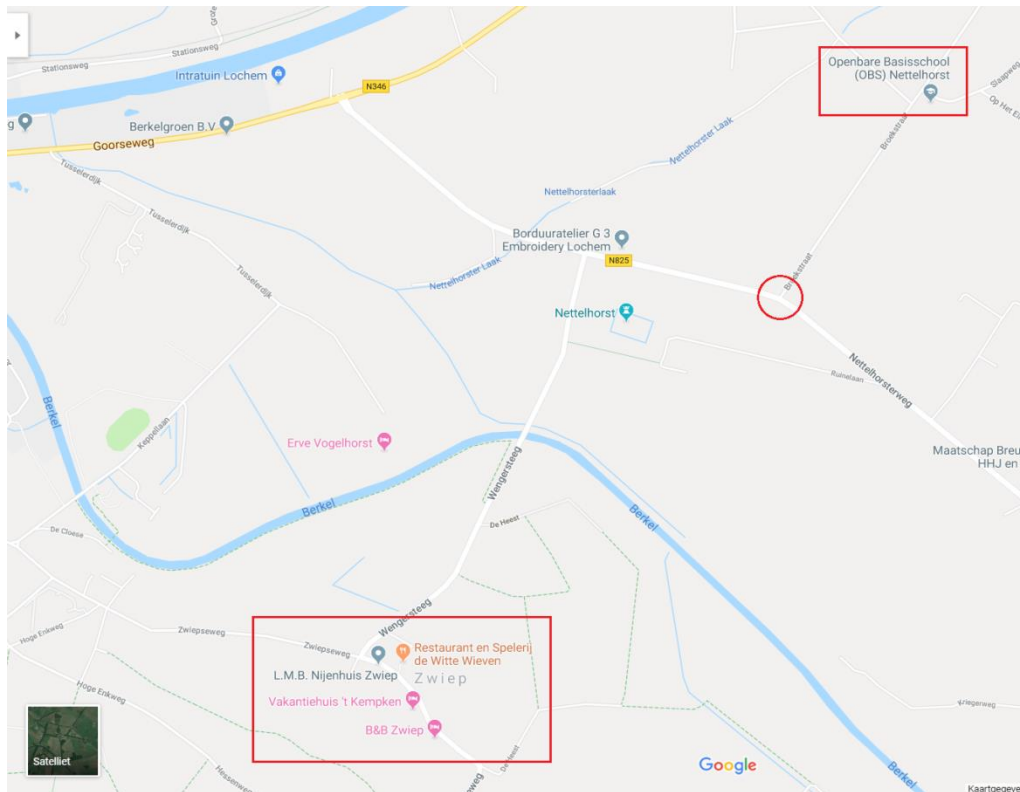
Figuur 2 Intensiteit over de N825 per 24 uur

Aan de N825 zit een kruispunt met de Broekstraat. Veel toeristen en basisschoolkinderen maken gebruik van dit kruispunt. Echter is het kruispunt niet goed zichtbaar vanuit de Nettelhorsterweg waardoor veel automobilisten dit over het hoofd zien. Hierdoor ontstaan gevaarlijke situaties. In Figuur 3 is het kruispunt vanaf de N825 te zien. Momenteel zijn al plannen om een middengeleider te maken ter hoogte van het kruispunt aanwezig. Echter blijft het hierdoor nog een gevaarlijk kruispunt omdat nog steeds veel fietsers oversteken en in contact komen met weggebruikers.



Figuur 3 Kruispunt Broekstraat

De basisschoolkinderen moeten de N825 oversteken om van het naastgelegen dorp Zwiep naar de basisschool te gaan. Hierbij ontstaan niet alleen gevaarlijke situaties voor de kinderen maar ook voor de weggebruikers. In de onderstaande afbeelding staat aangegeven waar de basisschool ligt en waar het dorp Zwiep ligt. Het rode cirkeltje is het kruispunt waar de gevaarlijke situaties ontstaan.



Figuur 4 Bovenaanzicht Zwiep/basisschool (Google, sd)

De N825 ligt gelegen tussen veel weilanden. Hierdoor steekt veel wild de straat over. Dit in combinatie met het snelle rijden zorgt voor veel aanrijdingen. Veel automobilisten zijn zich niet van bewust dat wild over steekt. In Figuur 5 staan de geregistreerde aanrijdingen met reewild over de N825 in de jaren 2015, 2016 en 2017.



Figuur 5 Geregistreerde aanrijdingen met wild

Aan de weg zijn veel opritten naar boerenerven. Veel verkeer kan, met name in de spitsuren, de andere weghelft oversteken. Hierdoor staat het verkeer stil waardoor files ontstaan. Deze files zorgen ervoor dat automobilisten sluiproutes gaan nemen. Deze sluiproutes worden dan ook gevaarlijke wegen, omdat de automobilisten hier vaak te hard rijden. In Figuur 6 is zo'n sluiproute te zien. De automobilisten gebruiken deze route om aan de drukte te ontkomen en nemen deze sluiproute.



Figuur 6 T-splitsing vaak gebruikt door sluipverkeer

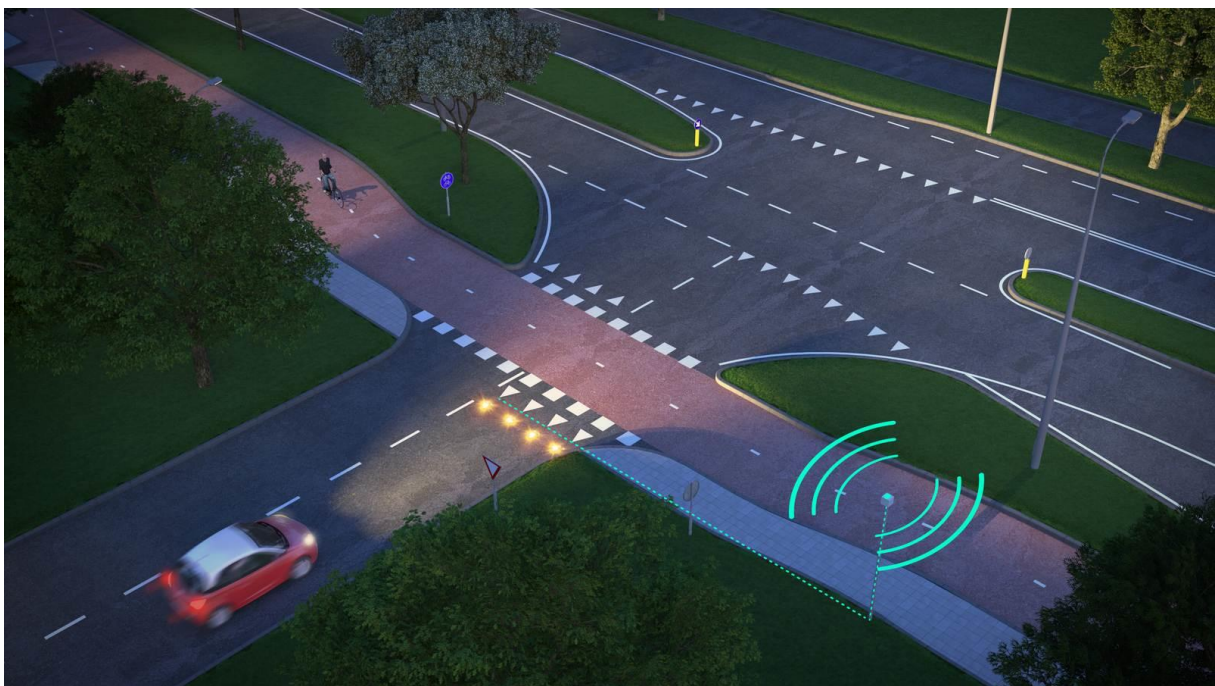
7 Mogelijke oplossingen

In dit hoofdstuk worden diverse mogelijke oplossingen aangedragen welke de verkeersveiligheid op de Nettelhorsterweg, middels Talking Traffic, verbeteren. Daarbij hoort een uitgebreide beschrijving hoe het systeem werkt, wat de voor- en nadelen van het systeem zijn, op welke termijn dit toegepast kan worden, in hoeverre dit op mondiale schaal toegepast kan worden gerealiseerd, in hoeverre de veiligheid van de verkeersdeelnemers verbeterd wordt en welke aanpassingen nodig zijn voordat dit systeem in gebruik genomen kan worden.

7.1 Oplossing 1: BikeScout

Heijmans heeft het programma “BikeScout” opgezet om de veiligheid van fietsers en snorfietzers bij oversteekplaatsen te verbeteren. Met name plotseling opduikende snor- of fietsers vormen een onverwacht gevaar. Vaak worden ze te laat of helemaal over het hoofd gezien door automobilisten. Daarnaast zijn de snor- en fietsers zichzelf vaak niet bewust van hun kwetsbaarheid. Door het in het leven roepen van de BikeScout moet de veiligheid verbeterd worden.

BikeScout is ontworpen om de fietsers in een vroeg stadium te detecteren bij oversteekplaatsen. Vanuit hier worden automobilisten op tijd gewaarschuwd middels LED verlichting in het wegdek. In Figuur 7 is afgebeeld hoe dit in de praktijk werkt.



Figuur 7 BikeScout in de praktijk

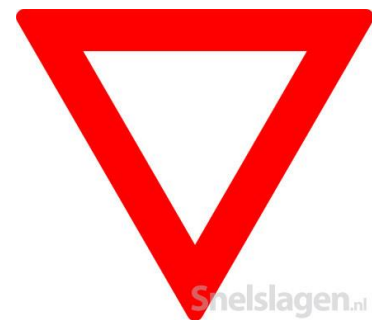
Door constant de snelheid en afstand van de naderende fietser te meten, kan het intelligente systeem de aankomsttijd van de snor- en/of fietser bepalen. Op basis van de aankomsttijd kan het systeem de LED verlichting in het wegdek laten knipperen en op deze manier de naderende automobilist waarschuwen voor het kruisende verkeer. BikeScout biedt de wegbeheerders, als aanvulling op het systeem, inzage in data van de fietspassages, zoals bijvoorbeeld telgegevens, gemiddelde snelheid en maximale snelheid.

7.1.1 Kwetsbaarheid

De Nederlandse overheid stimuleert het gebruik van de fiets door de aanleg van comfortabele fietspaden waarom fietsers zich veilig wanen. Mede door de groeiende populariteit van e-bikes worden de snelheidsverschillen op de fietspaden steeds hoger. Daarbij komt ook nog eens te toenemende vergrijzing, wat resulteert in meer e-bikes op de weg. De berijders van deze e-bikes, vaak ouderen, reageren over het algemeen minder alert. Ook lopen ze bij een ongeval sneller botbreuken en ernstige verwondingen op. Er kan gesteld worden dat de kwetsbaarheid van de fietser niet verminderd is, blijkt uit het aantal ongevallen op oversteekplaatsen. Een derde van alle dodelijke verkeersslachtoffers zijn fietsers. Door het in een vroeg stadium detecteren van de fietsers en automobilisten te waarschuwen wordt de verkeersveiligheid van alle fietsers bij oversteekplaatsen verbeterd.

7.1.2 Toepassing BikeScout

De door Heijmans ontwikkelde BikeScout maakt gebruik van innovatieve detectietechnologie die al enige tijd wordt toegepast in auto's en bestuurders waarschuwt voor andere weggebruikers. Het detectiesysteem meet en analyseert continu de veranderende positie van individuele weggebruikers, tot wel 50 meter van tevoren. Door de techniek ook beschikbaar te maken voor infrastructuur zoals wegen en fietspaden, ontstaan nieuwe mogelijkheden om de verkeersveiligheid te verhogen.



*Figuur 8 Verkeersbord B6
(Snelslagen, sd)*

De signalering kan op twee verschillende manieren plaatsvinden, namelijk:

- Via LED verlichting in het wegdek;
- Via verkeersborden met LED-indicatie, zoals in Figuur 8.

(Kuhn, 2019)

7.2 Oplossing 2: Virtual Emission Monitoring

Virtual Emission Monitoring, VEM, is een oplossing welke nauwkeurige informatie levert die gebruikt kan worden om te meten hoe voertuigemissies* bijdragen aan een slechte luchtkwaliteit op een wegennet. Door iedere minuut informatie te leveren rondom de locatie en bron van het voertuig, levert het analyse-instrument de nodige tools om operationele en strategische beslissingen te nemen om voertuigemissies te verminderen.

7.2.1 Voordelen VEM

Al vele jaren worden luchtkwaliteitsmonitoren ingezet om de luchtkwaliteit op en rond de Nederlandse wegennetten te bepalen. Echter is de nauwkeurigheid hiervan afhankelijk van een regelmatige kalibratie, welke in het geding kan komen door de windrichting. De analyses zijn goed te gebruiken om de lange termijn verwachting te bepalen in bijvoorbeeld een middelgrote stad. Daarentegen hebben ze wel een beperking als het aankomt op het rapporteren van de concentratie van een bepaalde stof. (Dynniq, 2019)

7.3 Oplossing 3: iVRI

iVRI staat voor Intelligente VerkeersregelInstallatie. Dit is de slimme variant van de normale VRI, Verkeersregelinstallatie. Deze verkeersregelinstallatie zenden niet alleen data uit naar voertuigen en fietsers maar zijn ook in staat data te ontvangen en daarop de verkeersregeling aan te passen.

7.3.1 Toepassing iVRI

Intelligente verkeersregelininstallaties weten niet alleen dat verkeer nadert maar 'zien' ook om wat voor type verkeer het gaat, welke bestemming deze heeft, welke hoeveelheid en welk tijdstip. De verkeerslichten zijn daarmee in staat om in te spelen op de actuele situatie. Deze techniek wordt door gemeenten toegepast om bepaalde verkeersstromen prioriteit te geven boven andere verkeersstromen. Zo krijgen bepaalde groepen weggebruikers voorrang of houden langer groen licht bij verkeerslichten.

Hiervoor is het nodig dat de voertuigen via een mobiel apparaat, bijvoorbeeld een smartphone, navigatiesysteem of on-board unit, continu verbonden zijn met aanwezige Intelligente verkeersregelininstallaties om het verzenden en ontvangen van real-time informatie mogelijk te maken.

7.3.2 Werking iVRI

In de kofferbak van de auto is elektronica ingebouwd wat communiceert met het verkeerslicht. Momenteel is deze elektronica nog erg uitgebreid maar verwacht wordt dat later gewoon een chip is ingebouwd in de auto. Op het display in de auto wordt een adviessnelheid weergegeven. Wanneer men zich aan deze adviessnelheid houdt kan men netjes doorrijden en hoeft niet gestopt te worden voor rood licht.

Het systeem kan ook toegepast worden bij het openbaar vervoer. Dan wordt gekeken of de bus op schema rijdt of hiervan afwijkt, zo kan het systeem hierop inspelen zodat de bus weer volgens het schema kan gaan rijden. Ook kan het systeem toegepast worden voor hulpdiensten absolute prioriteit te geven. Door de richting waarin het voertuig van de hulpdienst rijdt groen licht te geven en de rest van het kruispunt op rood licht te stellen, kan het hulpdienstvoertuig sneller op locatie arriveren.

Op het display in de auto wordt weergegeven met welke adviessnelheid doorgereden moet worden om groen licht te halen bij het stoplicht. Zo hoeft de automobilist zo min mogelijk van snelheid te veranderen. (Dylniq, 2019)

7.4 Oplossing 4: Applicatie

Ook kan gekozen worden voor ingebruikname van een applicatie. In deze applicatie kunnen verschillende toepassingen geïntroduceerd worden. Eveneens is een applicatie iets, wat na verscheidene updates, een prima oplossing is voor de verre toekomst. Een applicatie kan zonder problemen op een 5G-netwerk draaien.

De applicatie wordt gemaakt om de verkeersbewegingen van weggebruikers te detecteren en te verwerken. Op deze manier kan de snelheid, het verbruik, de doorstroming en de geluidsoverlast. Wanneer meerdere weggebruikers gebruik maken van deze applicatie, kan een competitie gestart worden. De competitie kan gebaseerd zijn op verschillende dingen, namelijk:

- Wie houdt zich het meest aan de snelheid?
- Wie rijdt het zuinigst?
- Wie houdt andere weggebruikers het minste op (landbouwvoertuigen)?
- Wie veroorzaakt de minste geluidsoverlast (rijgedrag)?

7.4.1 Toepassing applicatie

Binnen de applicatie kunnen verschillende toepassingen geïntroduceerd worden, zoals eerder aangegeven:

- Het meten van de snelheid en doorstroming kan gemeten worden op basis van GPS;
- Het verbruik kan bepaald worden aan de hand van de snelheid en het type auto;
- De geluidsoverlast kan zowel door de telefoon zelf als aan de hand van de snelheid en rijgedrag bepaald worden. Echter is via de telefoon zelf een fraudegevoelige manier, welke hoogstwaarschijnlijk uitgesloten zal worden;
- Het bepalen van het rijgedrag kan bepaald worden op basis van snelheid, stuurbewegingen en GPS. Hiervoor is echter wel een zeer specifieke GPS-bepaling noodzakelijk. In de toekomst zal de bepaling via GPS hoogstwaarschijnlijk specifieker worden.

De Nettelhorsterweg is een traject van ruim acht kilometer lang. In dit traject kan de gemiddelde snelheid vrij betrouwbaar gemeten worden. Vanuit hier is de bepaling naar data zoals het verbruik, de geluidsoverlast en het rijgedrag dus ook erg betrouwbare informatie.

7.4.2 Beloning

Door een geschikte beloning te stellen op de winnaar van de competitie, worden de weggebruikers positief gestimuleerd zich beter aan de verkeersregels te houden. Gevolg hiervan is dat de verkeersveiligheid verbeterd wordt. De winnaar van de competitie kan op verschillende manieren beloond worden, voorbeelden zijn: een dinercheque, tegemoetkoming in wegenbelasting, een boodschappenpakket, vrijkaartjes voor een evenement en korting op een recreatieve activiteit. Daarnaast zou ook ingesteld kunnen worden dat gebruikers meer punten krijgen des te hoger zij op de ranglijst eindigen, welke ze vervolgens weer ergens voor kunnen inwisselen.

7.5 Oplossing 5: Platooning

Bij platooning werken voertuigen coöperatief samen op korte afstand van elkaar, minder dan 1 seconde, op basis van de technologie van geautomatiseerd, autonoom*, rijden. Elk voertuig communiceert hierbij met andere voertuigen in het peloton. Er is een zogenaamde 'voorrijder' die de snelheid en richting bepaald. Alle andere voertuigen, waarvan het remmen en accelereren exact op elkaar is afgestemd, volgen de bewegingen van het eerste voertuig.

Originele ideeën voor auto-pelotons waren gebaseerd op een mechanische link, zoals in een trein. Echter maken moderne communicatie zoals Bluetooth en draadloze GPS-systemen samen met drive-by-wire besturing het mogelijk dat computers de controle over auto's nemen. (Boekraad)

7.5.1 Voordelen

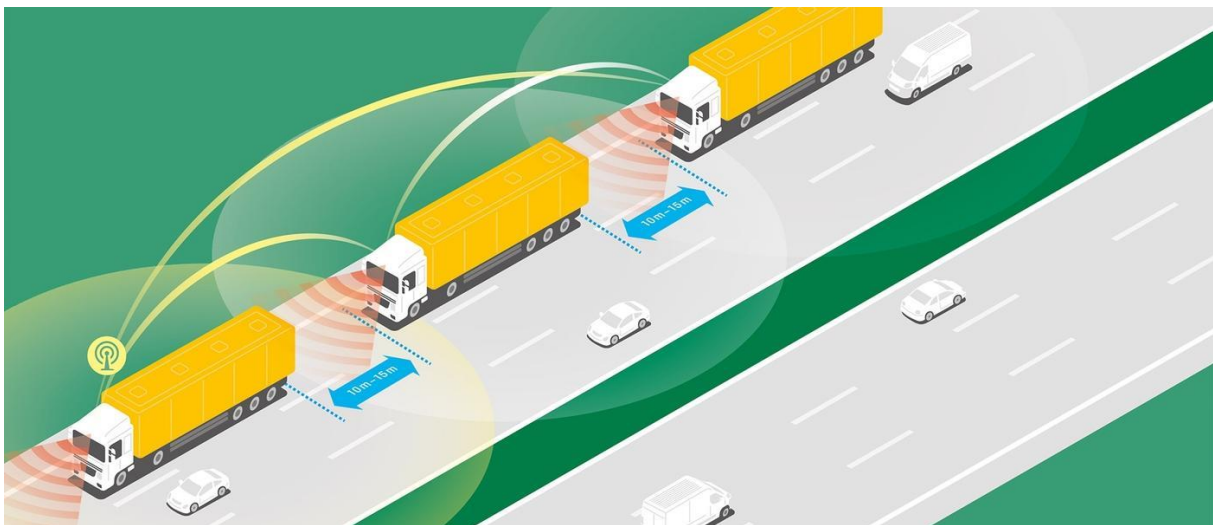
Het gebruik van platooning brengt voordelen met zich mee, welke hieronder zijn beschreven:

- Het verbetert de aerodynamische effectiviteit en prestaties;
- Het verhoogt de capaciteit van wegen en een meer geregelde stroom van verkeer;
- Het brandstofverbruik ligt lager omdat de voertuigen achter elkaar 'glijden', zo wordt efficiënter gereden wanneer auto's bijvoorbeeld optrekken bij een verkeerslicht;
- De kans op een ongeluk is kleiner waardoor het verkeer veiliger wordt;
- Eerst zal elk voertuig in het peloton nog een bestuurder hebben maar uiteindelijk zullen bestuurder loze auto's (zelfrijdend of autonoom) in staat zijn om zichzelf bij een peloton aan te sluiten. Die functioneren als lange treinen op de snelweg. Bestuurders zijn vrij om bijvoorbeeld te werken. (Boekraad)

7.5.2 Toepassing Truck Platooning

Truck platooning is een onderdeel van platooning wat op de Nettelhorsterweg toegepast kan worden. Het moet worden voor meer ruimte op de weg, waarvan een betere doorstroming van het verkeer een gevolg is. Door vrachtauto's dichter op elkaar te laten rijden zijn ook brandstof en CO₂ besparingen, tot 10 procent, mogelijk. Een voorbeeld van hoe dit in de praktijk zal verlopen is weergegeven in Figuur 9.

Dit is niet alleen goed voor het terugdringen van de uitstoot van CO₂ maar het kan ook interessante besparingen voor het bedrijfsleven opleveren. Als laatste zorgt truck platooning ook voor een veiliger wegtransport, is de overtuiging van de initiatiefnemers. (de Weerd, 2017)



Figuur 9 Truck platooning (RAPP)

7.6 Oplossing 6: VECOM

Wegbeheerders willen een instrument om voorrang te verlenen aan voorrangsvoertuigen zoals bussen, trams, brandweer-, ambulance en politiediensten, met veiligheid en doorstroming als hoogste prioriteit.

VECOM staat voor Vehicle Communication, oftewel voertuigcommunicatie. Hierbij wordt real-time informatie uitgewisseld tussen mobiele voertuigapparatuur en stationaire apparatuur langs de route/weg. Deze oplossing is specifiek ontwikkeld om rijdende voertuigen te identificeren om de veiligheid, de voorrang en de voorspelbaarheid te regelen.

7.6.1 Toepassing VECOM

Het grootste pluspunt van VECOM is de nauwkeurige plaatsbepaling van het voorrangsvoertuig. Het levert daarom zeer nauwkeurige informatie als input voor andere systemen, welke gegevens gebruiken om een voorrangsaanvraag te behandelen of om een bepaald onderdeel op het juiste moment in werking te stellen. Het onderdeel VECOM Roadside levert de noodzakelijke informatie voor het verkeersmanagementsysteem, waarbij gezorgd wordt dat een voorrangsvoertuig via de verkeersregelinstallatie selectief en voorwaardelijk voorrang krijgt. Dit onderdeel, VECOM Roadside, communiceert op dezelfde wijze met de systemen die de tramwissels besturen. (Dylniq, 2019)

De grootste voordelen aan VECOM Roadside is de uiterste precisie, hoge betrouwbaarheid en lage onderhoudskosten. Het systeem is wereldwijd toepasbaar. Enkele voorbeelden hiervan zijn Hong

Kong en Amsterdam. VECOM draagt bij aan de efficiënte exploitatie van het openbaar vervoer in San Francisco, Dublin, Dallas, Milaan, Hamburg en vele andere grote wereldsteden.

7.7 CrossWalk

Iedere verkeersdeelnemer doet zijn of haar best om in de steeds drukker wordende steden een plekje in de infrastructuur op te eisen. Hierbij dient een afweging gemaakt te worden tussen het belang en de bijbehorende prioriteit in de afwikkeling van het verkeer.

Met name op grote kruisingen en oversteekpunten is het nog wel eens lastig om de voetganger voldoende te faciliteren. De minder mobiele voetganger heeft het voornamelijk moeilijk om mee te kunnen komen in de drukte van de stad. Echter is investeren in wandelen en lopen niet alleen goed voor de veiligheid maar ook voor het economische plaatje, de mentale en lichamelijke gezondheid en het milieu.

7.7.1 Werking CrossWalk

CrossWalk richt zich uitsluitend op voetgangers, waar een deel van een kwetsbare doelgroep vormt in het dagelijkse verkeer. Het gaat hierbij om mensen die, om wat voor reden dan ook, minder snel ter been zijn en/of moeite hebben om bij het oversteken in de beperkte groentijd* de overkant veilig te bereiken.

Een standaard verlenging van de groentijd heeft als nadeel dat dit altijd ten koste gaat van de doorstroming op de kruispunten. De ontwikkelde CrossWalk app biedt hiervoor een oplossing: alleen voetgangers die het echt nodig hebben, krijgen langer groen. De ontwikkelde technologie maakt het mogelijk de groentijd af te stemmen op de snelheid van de specifieke voetganger. Hoe langzamer de voetganger zich voortbeweegt, des te langere groentijd voor het oversteken. De app zorgt er voor dat alleen deze voetganger lang genoeg groen licht krijgt om over te kunnen steken, waardoor het andere verkeer niet onnodig vertraagd wordt.

Daarbij biedt CrossWalk ook een uitkomst tegen de geluidsoverlast van ratelklikkers. Deze worden alleen geactiveerd als de blinde of slechthorende in de buurt van het kruispunt komt. Voor de rest van de tijd is de ratelklikker uitgeschakeld, waardoor het geen overlast voor de omgeving vormt.

(Dynniq, 2019)

7.8 Morfologische kaart

Functie					
Opmerken	Verkeerslus	Magnetometer	Bewegingssensor	Data-netwerk	GPS
Signaleren	Verkeerslicht	Geluidssignaal	App	On-board systeem	Verkeersborden
Scheiden	Geen/ Optioneel	Tunnel	Brug	Slagboom	Middengeleide
Verbinden	Bluetooth	Data-netwerk	Wifi	VECOM	
Overig	Crosswalk	Verlichting			

Tabel 1 Morfologische kaart

7.8.1 Beschrijving functies

7.8.1.1 Opmerken

Met opmerken wordt bedoeld dat weggebruikers worden waargenomen door een bepaald systeem. Dit kan zijn met bijvoorbeeld een sensor, of via de data-netwerk verbinding op een mobiele telefoon.

7.8.1.2 Signaleren

Het is belangrijk dat andere weggebruikers op de hoogte gebracht worden van wat ze tegen gaan komen. Dit kan zijn door middel van bebording waarop staat aangegeven dat men een kruispunt nadert, of door middel van een notificatie op een app of on-board systeem.

7.8.1.3 Scheiden

Een ander belangrijke functie van kruispunten is het scheiden van het verkeer. Het moet voor het verkeer dat gebruik wil maken van het kruispunt duidelijk zijn waar hij/zij thuishoort.

7.8.1.4 Verbinden

Met verbinden wordt bedoeld hoe de weggebruikers met elkaar in verbinding staan.

7.8.2 Beschrijving keuzes

Toepassing 1(Groen): De eerste toepassing maakt gebruik van het connected principe van Talking Traffic. Door middel van het datanetwerk kan worden bepaald waar een persoon zich bevindt. Dit kan zowel met een app als met een on-board systeem dat in een voertuig is ingebouwd. Beide systemen dienen een verbinding te hebben met het datanetwerk. Door deze verbinding kunnen gebruikers van dit concept door het onderling uitwisselen van data worden gestimuleerd bepaalde acties te ondernemen. Deze acties hebben als doel het verbeteren van de veiligheid.

Voetgangers en fietsers die in het geval van het kruispunt N825 – Broekstraat het kruispunt naderen, kunnen zo op een app zien of het veilig is om over te steken. Elke bestuurder van een voertuig die in het bezit is van een mobiele telefoon of een on-board systeem kan worden waargenomen door de app. Een mogelijkheid bestaat om deze app bijvoorbeeld te koppelen aan een smartwatch-achtige gadget, die aan het stuur van een fiets, een tas of als armband gedragen kan worden. Deze geeft vervolgens een signaal af wanneer het niet veilig is over te steken.

Om bestuurders niet af te leiden van het besturen van een voertuig, zullen deze enkel een melding krijgen op een eventueel on-board systeem dat beschikt over de nodige software als zich voetgangers of fietsers in de buurt van het kruispunt bevinden. Ook dit kan optioneel zijn.

Toepassing 2(Blauw): De tweede toepassing maakt gebruik van het coöperatieve principe van Talking Traffic. Bij het kruispunt wordt een bewegingssensor geplaatst. De sensor staat in verbinding met een modem, die bijvoorbeeld in een kastje aan een lantaarnpaal in de buurt geplaatst wordt. Deze modem verwerkt vervolgens de data. De bewegingssensor kan onder andere bepalen wat de snelheid van een weggebruiker is, om wat voor weggebruiker het gaat (fietsers, automobilist) en de route die deze neemt. Aan de hand van deze gegevens kan vervolgens bepaald worden wat voor acties het kruispunt “onderneemt”. Bij het kruispunt kan dan signalering geplaatst worden, die weggebruikers informeert over andere aankomende weggebruikers. Deze signalering kan bestaan uit een geluidssignaal, een verkeerslicht of zelfs in de weg geplaatste lichten. Deze signalering gaat in werking indien de sensor “ziet” dat bijvoorbeeld een fietser gebruik wil gaan maken van het kruispunt. Via matrixborden kan dan een eventueel aan komen rijdende automobilist op de hoogte gebracht worden van de fietser. De fietser wordt op zijn/haar beurt weer via een ander matrixbord op de hoogte gebracht van de aankomende auto. Indien een ander soort voertuig, zoals een tractor nadert, zal het matrixbord dit voertuig weergeven. Het voordeel van deze toepassing is dat elke weggebruiker wordt waargenomen en dat het niet afhankelijk is van de aanwezigheid van een mobiele telefoon of ander dergelijk systeem.

De matrixborden zijn ook voor het verkeer dat voorrang heeft geplaatst. De projectgroep heeft hiervoor gekozen omdat gedacht wordt dat het wel invloed heeft op de alertheid van bestuurders van voertuigen over de N825.

Toepassing 3(Geel): De derde toepassing heeft in principe niets met Talking Traffic te maken. Echter heeft de projectgroep deze toepassing meegenomen in de rapportage, omdat het kruispunt vanuit civieltechnisch oogpunt kan worden verbeterd. Daarnaast valt deze toepassing goed te combineren met de blauwe toepassing. Dit is dan ook meegenomen in het ontwerp.

Het verkeer op de N825 wordt via verkeersborden op de hoogte gebracht dat het een kruispunt nadert. Dit samen met de middengeleider moet er voor zorgen dat het kruispunt wordt waargenomen en dat men alerter is. De middengeleider heeft naast deze functie ook de functie als haven voor het overstekende voet- en fietsverkeer. Op deze manier wordt vergevingsgezindheid gekweekt op het kruispunt. Dat houdt in dat indien een fietser of voetganger een inschattingsfout maakt, deze nog terecht kan op de middengeleider. Daarnaast is het belangrijk dat een kruispunt met een middengeleider goed is belicht. De verlichting zorgt voor betere waarneembaarheid van het kruispunt.

8 Multi Criteria Analyse

8.1 Uitkomsten

Criteria	Weegfactor	Oplossing 1	Oplossing 2	Oplossing 3	Oplossing 4	Oplossing 5	Oplossing 6
Veiligheidsverbetering	4	4	25	nvt	10	20	15
Onderhoud	2	8	8	4	6	8	10
Innovatie	3	9	9	12	15	15	3
Geluidshinder	2	6	2	10	6	6	6
Uitvoering	1	5	3	5	4	3	3
Toepasbaarheid	2	2	10	6	10	2	2
Prijs	2	8	6	nvt	6	8	10
Totaalscore		42	63	37	57	62	49

Tabel 2 Uitslag Multi Criteria Analyse

Oplossing 1: BikeScout

Oplossing 2: iVRI

Oplossing 3: Platooning

Oplossing 4: Blauwe oplossing (zie Morfologische kaart)

Oplossing 5: Groene oplossing (zie Morfologische kaart)

Oplossing 6: Gele oplossing (zie Morfologische kaart)

8.2 Onderbouwing

In dit hoofdstuk wordt de Multi Criteria Analyse (hierna: MCA) uitgelegd, bepaald en beschreven. Er is gekozen alleen een MCA te maken voor het jaar 2022. De jaren 2030 en 2050 is gissen naar mogelijke oplossingen waarbij echter wel rekening gehouden wordt met de toepasbaarheid van de weg. In onderstaande paragrafen is achtereenvolgens beschreven welke criteria er zijn, waarom die is gekozen, hoe de toedeling van punten is en waarom een bepaalde puntentoeiding gekozen is.

8.2.1 Criteria

Voor de MCA zijn verschillende criteria bedacht om de gevonden/bedachte oplossingen te toetsen. Deze criteria zijn als volgt:

- Veiligheidsverbetering;
- Onderhoud;
- Innovatie;
- Geluidshinder;
- Uitvoering;
- Toepasbaarheid;
- Prijs.

De criteria hebben allen een andere mate van belang. De mate van belang is meegenomen als een weegfactor, waarbij geldt dat een hoger belang een hogere weegfactor heeft. Op deze manier kan het belang van bepaalde criteria hoger gesteld worden dan anderen zodat voldaan kan worden aan wensen van de opdrachtgever. Bij het scoren van de toepassingen is elke keer de N825 als uitgangspunt genomen.

8.2.1.1 Veiligheidsverbetering

De opdrachtgever heeft aangegeven dat er een onveilig gevoel heerst bij de gebruikers van het kruispunt Nettelhorsterweg – Broekstraat. Mede door de plaatsgevonden ongevallen is het van belang om de veiligheid op het kruispunt te verbeteren. In het afgelopen jaar zijn er namelijk meerdere ongevallen gebeurd, waaronder één dodelijke. Daarnaast zijn er nog vele, ongeregistreerde, bijna-ongevallen gebeurd. Het verbeteren van de veiligheid is dan een belangrijk punt. Hierdoor is de weegfactor voor de veiligheidsverbetering gesteld op een factor 4.

Score	Toelichting
1	Het risico is minder dan 3
2	Het risico is 3 tot 6
3	Het risico is 6 tot 10
4	Het risico is 10 tot 15
5	Het risico is meer dan 15

Tabel 3 Toelichting scores risico MCA-criterium veiligheidsverbetering

Voor het scoren van de veiligheid is gekeken naar de kans dat een ongeval plaats kan vinden ten opzichte van de oude situatie en het gevolg van een eventueel ongeval ten opzichte van de oude situatie. Met oude situatie wordt bedoeld de huidige situatie op het kruispunt N825-Broekstraat.

Kans	
1	De kans dat een ongeval gebeurt is groter dan bij de oude situatie
2	De kans dat een ongeval gebeurt is even groot ten opzichte van de oude situatie
3	De kans dat een ongeval gebeurt is 15% verkleind ten opzichte van de oude situatie
4	De kans dat een ongeval gebeurt is de 30% kleiner ten opzichte van de oude situatie
5	De kans dat een ongeval gebeurt is met 50% of meer verkleind ten opzichte van de oude situatie
Gevolg	
1	Het gevolg bij een ongeval is even groot als bij de oude situatie (Dodelijk ongeval)
2	Het gevolg bij een ongeval is iets kleiner dan bij de oude situatie (Blijvend letsel)
3	Het gevolg bij een ongeval is kleiner dan bij de oude situatie (Zwaargewond)
4	Het gevolg bij een ongeval is een stuk kleiner dan bij de oude situatie (Gewond)
5	Het gevolg bij een ongeval is significant kleiner dan bij de oude situatie (Licht gewond)

Tabel 4 Kans en Gevolg MCA-criterium veiligheidsverbetering

Om nu de totale veiligheid te kunnen scoren, worden de kans en het gevolg met elkaar vermenigvuldigd. Zo ontstaat de volgende formule:

$$\text{Risico} = \text{Kans} * \text{Gevolg}$$

Toepassing 1, BikeScout:

Kans: 2

Omdat op de N825 80km/u of meer wordt gereden, zal de BikeScout de kans op een ongeval niet veel verkleinen. Dit is omdat voertuigen op de N825 voorrang hebben op het verkeer uit de zijweg. De toepassing is echter wel goed toepasbaar bij situaties binnen de bebouwde kom waarbij fietsers voorrang hebben op het gemotoriseerde verkeer.

Gevolg: 1

Het gevolg bij een ongeval zal even groot zijn bij een ongeval. Het kan wel zo zijn dat auto's af zullen gaan remmen bij het zien van een signalering. Maar dit zal niet voldoende en frequent om een dodelijk ongeval te kunnen voorkomen.

Risico: 2

Score: 1

Project Talking Traffic

Proeftuin Nettelhorst

Projectgroep Safety Talk

24-6-2019

Toepassing 2, iVRI:

Kans: 5

Aangezien een VRI gebruikers van een weg daadwerkelijk laat stoppen voor overstekend verkeer, zal de kans dat een ongeval plaats vindt zeer veel verkleind worden.

Gevolg: 3

Omdat gemotoriseerd verkeer in de nabijheid van een VRI minder snel zal rijden, zal het gevolg van een eventueel ongeval aanzienlijk verkleind kunnen worden.

Risico: 15

Score: 5

Oplossing 3, Platooning:

Deze oplossing verhoogt de veiligheid op een kruispunt niet.

Oplossing 4, Groene toepassing (App):

Kans: 4

De groene toepassing scoort geen 5 omdat een weggebruiker in bezit dient te zijn van een app of on-board systeem en niet iedereen zal hierover beschikken. Wel zal een dergelijke toepassing met name de veiligheid voor eenieder die frequent gebruik maakt van een kruispunt de veiligheid vergroten, omdat de weggebruiker op de hoogte wordt gebracht van het overige verkeer in zijn/haar buurt.

Gevolg: 1

Aangezien de app voornamelijk “zwakkere” weggebruikers zoals fietsers en voetgangers wil bedienen, zal het gevolg bij een eventueel ongeval vrijwel hetzelfde blijven. Dit komt doordat het verkeer over (in het geval van) de N825 niet af remt.

Risico: 4

Score: 2

Oplossing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

Kans: 5

Doordat bij deze toepassing elk voertuig wordt gedetecteerd, wordt het probleem dat zich voor doet bij oplossing 6 verholpen. Daarom scoort deze oplossing een 5.

Gevolg: 2

Ook bij deze oplossing wordt met name de “zwakkere” weggebruiker bediend. Echter zal de sensor ook het fiets- & voetverkeer detecteren en zal het motorverkeer op de N825 via matrixborden worden geïnformeerd over de nabijheid van een fietser of voetganger. Hierdoor zal een deel van het verkeer zijn/haar snelheid aanpassen en alerter zijn. Indien een ongeval plaats zal vinden, zal de kans dat dit een dodelijk ongeval is nog significant zijn, maar wel minder dan bij oplossing 7. Daarom heeft de groep gekozen voor een score van 2 voor gevolg.

Risico: 10

Score: 4

Oplossing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

Kans: 3

Door het toepassen van een middengeleider op het kruispunt, creëer je voor een voetganger of fietser vergevingsgezindheid. Dat wil zeggen dat weggebruikers een veilige “haven” hebben om naar uit te kijken indien een (inschatting)fout gemaakt wordt. Hierdoor wordt de kans op een ongeval verkleind.

Gevolg: 2

De reden voor een score van 2 bij het gevolg is dat het gemotoriseerde verkeer aan een midden geleider en verkeersborden ziet dat hij/zij een kruispunt nadert. Hierdoor wordt de bestuurder gestimuleerd om alerter te zijn en snelheid te minderen.

Risico: 6

Score: 3

8.2.1.2 Onderhoud

Onderhoud is een aspect waar rekening mee moet gehouden bij het gebruik maken van toepassingen. Wanneer er onvolledig of incorrect onderhoud gepleegd wordt aan de toepassing, kan deze deels of zelfs compleet buiten werking geraken. Om dit te voorkomen dient eens in de zoveel tijd, afhankelijk van de toepassing, correct onderhoud gepleegd te worden. Gezien het belang van dit onderhoud, denkend aan de nodige verbetering van de veiligheid, is de weegfactor hiervan 2.

Score	Toelichting
1	Er dient wekelijks onderhoud gepleegd te worden aan de toepassing
2	Er dient maandelijks onderhoud gepleegd te worden aan de toepassing
3	Er dient halfjaarlijks onderhoud gepleegd te worden aan de toepassing
4	Er dient jaarlijks onderhoud gepleegd te worden aan de toepassing
5	Er dient geen onderhoud gepleegd te worden aan de toepassing

Tabel 5 Puntentoekenning MCA-criterium Onderhoud

Toepassing 1, BikeScout:

De BikeScout heeft in principe alleen onderhoud nodig zodra iets defect is of schoon gemaakt moet worden. We gaan uit van dat dit ongeveer een keer per jaar nodig is. De kosten hiervan zijn ongeveer €5000,--

Score: 4

Toepassing 2, iVRI:

Een VRI heeft eens per jaar onderhoud nodig. De onderhoudskosten van een VRI zijn €10.000,-- per jaar. Er is eens per jaar onderhoud nodig. (Neut, 2019)

Score: 4

Toepassing 3, Platooning:

Over platooning kan onderhoud technisch niet veel concreets gezegd worden. Dit komt doordat dit afhankelijk is van het soort systeem, het aantal voertuigen dat bij bijvoorbeeld een bedrijf gebruik maakt van platooning en eventuele defecten. Wel is het potentieel onderhoudsarm, maar dient het met name in het vroege stadium waarin het platooning concept zich bevindt, met oog op veiligheid, goed gemonitord te worden.

Score: 2

Toepassing 4, Groene toepassing (App):

De onderhoudskosten en in stand houding van een app is 10% tot 15% van de ontwikkelkosten per jaar. In het geval van de app die de projectgroep voor ogen heeft, is dit €7.500,-- per jaar. Wel dient de app te worden voorzien van regelmatige updates en behoeft het dus meerdere keren per jaar onderhoud. Echter dit onderhoud zal geen belemmering veroorzaken.

Score: 3

Toepassing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

De onderhoudskosten van een VRI zoals de projectgroep voor ogen heeft bedragen €10.000,-- per jaar. Dit onderhoud dient eens per jaar uitgevoerd te worden.

Score: 4

Toepassing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

De verbetering van het kruispunt heeft enkel de normale onderhoudskosten van een weg.

Score: 5

8.2.1.3 Innovatie

Om te voldoen aan het door de opdrachtgever gestelde, het Talking Traffic, is het noodzakelijk om innovatieve oplossingen aan te dragen. Vooral als het gaat om Talking Traffic in het jaar 2050 is dit van belang. De weegfactor voor de innovatie is gesteld op 3.

Score	Toelichting
1	De toepassing wordt al meer dan zeven jaar gebruikt in Nederland
2	De toepassing wordt al tussen de drie en zeven jaar gebruikt in Nederland
3	De toepassing wordt sinds drie jaar gebruikt in Nederland
4	De toepassing moet nog getest worden
5	De toepassing is nog niet ontwikkeld

Tabel 6 Puntentoekenning MCA-criterium Innovatie

Toepassing 1, BikeScout:

De BikeScout wordt al een aantal jaar toegepast in Nederland. In 2016 zijn de eerste tests met de BikeScout geweest. (Verkeersnet, 2016)

Score: 3

Toepassing 2, iVRI:

Ook de iVRI wordt al een aantal jaar toegepast in Nederland. Veel VRI's in Nederland worden al omgezet naar iVRI's. (Waes, 2016)

Score: 3

Toepassing 3, Platooning:

Het platooning concept is afgelopen jaar volop getest, maar is nog niet in daadwerkelijk gebruik genomen. (Weerd, 2018)

Score: 4

Toepassing 4, Groene toepassing (App):

Aangezien deze toepassing een concept is van de projectgroep, is de toepassing alleen nog maar een idee en dus nog niet in ontwikkeling.

Score: 5

Toepassing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

Voor deze toepassing geldt hetzelfde als voor toepassing 4.

Score: 5

Toepassing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

De ingezette middelen voor het verbeteren van het kruispunt zijn als jaren toegepast in Nederland.

Score: 1

8.2.1.4 Geluidshinder

De opdrachtgever heeft eveneens aangekaart dat omwonenden regelmatig overlast ondervinden van het geproduceerde geluid door de weggebruikers. Hierbij ligt de overlast voornamelijk bij de vrachtwagenchauffeurs die gebruik maken van de weg. Friesland Campina en ForFarmers maken veel gebruik van de Nettelhorsterweg. Deze vrachtwagens zijn dan ook de grootste bron van overlast. De weegfactor hiervan is 1. Hiervoor is gekozen omdat de projectgroep haar focus heeft gelegd op het verbeteren van de veiligheid rondom de kruispunten van de N825.

Score	Toelichting
1	Er ontstaat meer geluidsoverlast
2	Score niet toegepast
3	De geluidsoverlast blijft hetzelfde
4	Score niet toegepast
5	Er ontstaat meer geluidsoverlast

Tabel 7 Puntentoekenning MCA-criterium Geluidshinder

Toepassing 1, BikeScout:

De BikeScout zorgt niet voor geluidsoverlast, maar verminderd deze ook niet. Indien de fietsers voorrang krijgen op het andere verkeer, zal dit resulteren in verkeer dat zal moeten stoppen en weer weg moet rijden.

Score: 3

Toepassing 2, iVRI:

De iVRI zorgt voor meer verkeer dat stil komt te staan en dus ook weer weg moet rijden. Dit zorgt voor meer geluidsoverlast.

Score: 1

Toepassing 3, Platooning:

Het platooning concept zorgt voor konvooien van vrachtwagens. Dit betekent dat de overlast van vrachtwagens minder frequent is dan wanneer geen platooning wordt toegepast.

Score: 5

Toepassing 4, Groene toepassing (App):

Een app zal niet meer of minder geluidsoverlast tot gevolg hebben.

Score: 3

Toepassing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

Ook deze toepassing heeft niet of nauwelijks invloed op de geluidshinder.

Score: 3

Toepassing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

Door de middelgeleider kan het zijn dat het verkeer in de buurt hier van langzamer gaat rijden. Echter is dit maar op een enkele locatie, dus zal de invloed minimaal zijn.

Score: 3

8.2.1.5 Uitvoering

Voor het goed functioneren van de toepassing, is het nodig dat het op een correcte wijze geplaatst, gemonteerd en geïnstalleerd wordt. Daarnaast is het ook van belang dat dit uitvoeringsproces wel mogelijk is. Verwacht wordt dat er geen moeilijkheden zijn rondom de uitvoering van een toepassing, waarna gekozen is voor een weegfactor 1.

Score	Toelichting
1	De uitvoering duurt meer dan een half jaar
2	De uitvoering duurt twee maand tot een half jaar
3	De uitvoering duurt drie weken tot twee maand
4	De uitvoering duurt een tot drie weken
5	De uitvoering duurt een week of minder

Tabel 8 Puntentoekenning MCA-criterium Uitvoering

Toepassing 1, BikeScout:

De BikeScout is geen complex systeem. Als de omstandigheden mee zitten kan de toepassing binnen drie werkdagen geplaatst worden. Het hele project duurt ongeveer een half jaar.

Score: 5

Toepassing 2, iVRI:

De uitvoering van een VRI neemt ongeveer 4 weken in beslag. Het hele project duurt ongeveer een jaar, afhankelijk van de complexiteit van het kruispunt en de VRI. (Neut, 2019)

Score: 3

Toepassing 3, Platooning

Een on-board systeem kan binnen een dag geplaatst worden.

Score: 5

Toepassing 4, Groene toepassing (App):

Het ontwikkelen van een app duurt ongeveer twee tot zes maanden, afhankelijk van de soort en complexiteit van de app. Deze tijd wordt als uitvoeringstijd gerekend. Echter wordt wel een 4 gescoord omdat het hier niet gaat om het uitvoeren van werk. (Fire, 2015)

Score: 4

Toepassing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

De uitvoering van een detectiesysteem zoals de projectgroep voor ogen heeft neemt ongeveer 4 weken in beslag. Het hele project duurt ongeveer een jaar, afhankelijk van de complexiteit van het kruispunt en de VRI. (Neut, 2019)

Score: 3

Toepassing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

Het uitvoeren van een aanpassing op het kruispunt, zoals de projectgroep voor ogen heeft, duurt ongeveer 4 weken. Het gehele project duurt ongeveer 8 maanden. (GWW, 2019)

Score: 3

8.2.1.6 Toepasbaarheid

De opdrachtgever heeft aan het adviesbureau gevraagd toepassingen te bedenken, te ontwikkelen of op te zoeken welke min of meer getest kunnen worden op of aan de Nettelhorsterweg. Hierbij was het wel van belang er rekening mee te houden dat ze wilden fungeren als een zogeheten proeftuin, waar nieuwe, innovatieve systemen getest kunnen worden alvorens landelijk toegepast te worden. Gezien de nadruk die hierop werd gelegd is er een weegfactor 2 gesteld voor dit criterium.

Score	Toelichting
1	De toepassing is alleen op specifieke punten worden toegepast
2	Score niet toegepast
3	De toepassing is alleen toepasbaar binnen of buiten de bebouwde kom
4	Score niet toegepast
5	De toepassing is bij elk type kruispunt/overal toepasbaar

Tabel 9 Puntentoekenning MCA-criterium Toepasbaarheid

Toepassing 1, BikeScout:

De BikeScout kan zeer goed worden toegepast op plaatsen waar fietsers voorrang hebben op het andere verkeer. Indien dit niet het geval is, verliest de BikeScout haar nut.

Score: 1

Toepassing 2, iVRI:

Een iVRI is bij elk soort kruispunt toepasbaar. Echter is het niet noodzakelijk op elk kruispunt een VRI te plaatsen.

Score: 5

Toepassing 3, Platooning:

Platooning is bij elk soort vrachtverkeer toegepast. Het kan echter voornamelijk op snelwegen worden toegepast.

Score: 3

Toepassing 4, Groene toepassing (App):

De applicatie kan in principe door heel Nederland worden gebruikt.

Score: 5

Toepassing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

De toepassing met detectie is voornamelijk gericht op het kruispunt N825 – Broekstraat. Het is daarom voornamelijk geschikt voor dit soort kruispunten.

Score: 1

Toepassing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

Het verbeteren van het kruispunt N825 – Broekstraat is alleen bij dit kruispunt en vergelijkbare punten toepasbaar.

Score: 1

8.2.1.7 Prijs

De Nettelhorsterweg is een proeftuin, in samenwerking met verschillende partijen. De toepassingen die op deze weg geïnstalleerd worden, dienen gefinancierd te worden. Omdat we hier merendeel over gemeenschapsgeld praten en niet over eigen geld, dient er rekening gehouden te worden met de te maken kosten. Dit bij elkaar opgeteld is er gekozen voor een weegfactor 2. De scores zijn gebaseerd op de productkosten van de toepassingen.

Score	Toelichting
1	De prijs van de toepassing ligt boven de €250.000
2	De prijs van de toepassing ligt tussen de €100.000 en €250.000
3	De prijs van de toepassing ligt tussen de €50.000 en €100.000
4	De prijs van de toepassing ligt tussen de €25.000 en €50.000
5	De prijs van de toepassing is minder dan €25.000

Tabel 10 Puntentoekenning MCA-criterium Prijs

Toepassing 1, BikeScout:

De BikeScout kost ongeveer €40.000 euro. Omdat er voor de BikeScout meerdere opties zijn, is de prijs afhankelijk van het type systeem dat gekozen wordt. Maar dat zal maximaal op kunnen lopen tot ongeveer €50.000.

Score: 4

Toepassing 2, iVRI:

Een complete (intelligente) VRI kost ongeveer €50.000,-- tot €100.000,-- afhankelijk van de omvang en complexiteit van het kruispunt. Een installatie zoals de projectgroep bij het kruispunt N825 – Broekstraat voor ogen heeft is niet zeer omvangrijk en de kosten hiervoor worden geschat op €50.000.

Score: 3

Toepassing 3, Platooning:

Aangezien platooning iets is dat in voertuigen wordt toegepast kan deze niet met behulp van de MCA worden gecoördineerd. De kosten per voertuig zijn €800,--. Het levert vervolgens per voertuig €2700,-- per jaar op in het huidige stadium van het platooning principe. (Logistics, 2019)

Toepassing 4, Groene toepassing (App):

Een app kan variëren in kosten. Dit kan uiteenlopen van €2.500, voor zeer eenvoudige apps, tot €100.000 voor zeer geavanceerde apps. Aangezien de app best wel veel nauwkeurigheid en een goede programmering nodig heeft, met oog op veiligheid, zullen de kosten rond de €50.000 liggen voor alleen de app. (van der Loo, 2016)

Score: 3

Toepassing 5, Blauwe toepassing (Detectie):

Alle onderdelen van het detectiesysteem tezamen kosten ongeveer €30.000,--. (Schroer, 2019)

Score: 4

Toepassing 6, Gele toepassing (verbetering kruispunt):

De aanpassingen aan het kruispunt N825 – Broekstraat zoals de projectgroep voor ogen heeft kosten ongeveer €25.000. (GWW, 2019)

Score: 5

8.2.2 Uitslag

Uit het MCA is naar voren gekomen dat oplossing 2, de iVRI, het hoogst scoort. De toepassing scoort een punt hoger dan oplossing 5, de (groene) detectieoplossing. Dit heeft met name te maken met een hogere toepasbaarheid en veiligheidsverbetering. Echter blijkt uit de hoge score van oplossing 5 dat deze oplossing een zeer goede is en niet zomaar verworpen dient te worden. In gevallen waar men liever geen VRI toe past, is deze oplossing een zeer goede uitkomst.

Door het niet scoren van twee criteria bij oplossing 3(platooning), is deze uitslag niet zeer representatief voor deze toepassing. Deze toepassing is echter toch meegenomen in het MCA om toch een aantal sterke kanten van dit concept te belichten.

Ook oplossing 4 (app) scoort hoog. Het voordeel hierbij is dat het overal kan worden toegepast en dat nergens werk uitgevoerd dient te worden.

8.2.3 Combineren

Om uiteindelijk de robuustheid van de veiligheid van het specifieke kruispunt N825 - Broekstraat te garanderen, kunnen het beste meerdere oplossingen worden ingepast. De lage kosten en eenvoud van oplossing 6 kan al zorgen voor een verhoogde veiligheid van de weg. De toepassing is zeer goed te combineren oplossing 5 (detectie), aangezien de middengeleider de weggebruiker al de nodige alertheid en een verhoogd gevoel van veiligheid geeft, terwijl het detectiesysteem de weggebruiker informeert over eventueel aankomend verkeer.

9 Tijdlijn

Voor dit project hebben wij onderzoek gedaan naar innovatieve oplossingen binnen de verkeerskunde. Hierbij hebben wij bepaald dat we dit in drie stappen gaan doen. Die stappen zijn: wat nu toegepast kan worden, wat in 2030 toegepast kan worden en wat wij denken dat in 2050 zal worden toegepast. Over dit tijdsbestek hebben wij onderzoek gedaan naar nieuwe innovaties en hebben we een uiteindelijke gedachte en ontwerp gecreëerd.

9.1 Nu

Wat kan tegenwoordig worden toegepast? Na het onderzoek en een MCA zijn twee toepassingen geselecteerd om toegepast te worden. Dit zijn de bewegingssensor en een app. Deze app is voor gebruikers die dagelijks gebruik maken van dit kruispunt. Deze app zal de locatie uitzenden naar het de andere app gebruikers die in de buurt zijn en hierdoor zullen de overstekende weggebruikers worden geïnformeerd wanneer een passerend voertuig aankomt. Dit zal ook omgekeerd werken, namelijk de overstekende weggebruikers hebben ook deze app en zal hetzelfde signaal uitzenden naar de passerende weggebruikers. Voor de weggebruikers die deze app niet hebben is een extra zekerheid bedacht. Dit is namelijk de bewegingssensor. Wanneer een voertuig passeert of iemand gaat oversteken, zal een bord met verlichting gaan knipperen. Dit is om mensen te attenderen en ze zullen beter opletten bij het kruispunt. Dit zal de snelheid ook verlagen rondom het kruispunt.

9.2 2030

Wat is mogelijk in 2030? Vanuit de app die in al geprogrammeerd was, kan deze worden geüpdatete naar een “nieuwe” versie. Deze geüpdatete app zal dan werken op 5G. 5G zorgt ervoor dat alle weggebruikers met elkaar communiceren. Dit is mogelijk, omdat met de vooruitgangen die er tegenwoordig zijn, iedereen in 2030 technologie bij zich heeft kan communiceren met de weggebruikers in de buurt. Ook zal deze app in 2030 als standaard app op een mobiele telefoon in Nederland gedownload zijn. Dit zorgt ervoor dat iedereen die een mobiele telefoon in bezit heeft wordt opgemerkt wanneer die in de buurt van andere weggebruikers komen. Dit zorgt dan gelijk dat dit niet op alleen één kruispunt toepasbaar is, maar dat het op veel grotere gebieden met elkaar kan worden gecommuniceerd. Ook zal in 2030 het zo zijn dat de vrachtwagens aan platooning kunnen doen en er door de bedrijven (For Farmers, Campina etc.) die veel gebruik maken van de weg de rijschema's worden aangepast, zodat de vrachtwagens zoveel mogelijk achter elkaar kunnen rijden. Hierbij zijn nog wel chauffeurs nodig, omdat de vrachtwagens nog niet volledig zelfstandig kunnen rijden. Wanneer de vrachtwagens meer samen rijden over deze weg, zal de geluidsoverlast voor bewoners ook minder worden.

9.3 2050

Wat is mogelijk in 2050? In 2050 zal al het verkeer volledig automatisch rijden. Dit betekent dat in de vrachtwagens geen chauffeurs meer nodig zijn. Alleen op de eindbestemmingen zal iemand nodig zijn die als opzichter functioneert. Deze persoon hoeft geen taken meer uit te voeren, want dit zal ook automatisch gaan. Ook zal in de fietsen altijd een communicatiemiddel aanwezig zijn waardoor deze ook met de andere voertuigen kan communiceren. Ook voetgangers met een mobiele telefoon kunnen blijven communiceren.

10 Conclusie

Het onderzoek dat is verricht heeft als doel de opdrachtgever, Proeftuin Nettelhorst, te informeren over de mogelijkheden van “Talking Traffic” en inzicht te bieden in hoe deze het best kunnen worden toegepast op de N825 om de weg stiller te maken en met name de veiligheid te vergroten. De projectgroep heeft gekozen om zich te focussen om de veiligheid te verbeteren op het kruispunt N825 – Broekstraat. Deze focus is gelegd zodat de toepassingen specifiekere gemeten kunnen worden. Hierbij is wel rekening gehouden met de toepasbaarheid van de toepassingen. Dit is ook terug te vinden in het MCA. Andere knelpunten op de weg zijn de kruispunten met de Molenweg en de Wengersteeg. De keuze voor de Broekstraat is genomen omdat hier al enkele dodelijke ongevallen, ontzettend veel bijna-ongevallen hebben plaatsgevonden en de nabijheid van de basisschool OBS Nettelhorst.

Het concept “Talking Traffic” bestaat uit drie onderdelen:

- Connected
- Coöperatief
- Automatisch

Deze drie onderdelen hebben elk een aantal kenmerkende aspecten. Connected maakt gebruik van het mobiele netwerk en is daardoor minder robuust dan bijvoorbeeld coöperatief, maar kan wel ingezet worden op veel bredere schaal dan coöperatieve oplossingen, die voornamelijk specifiek gericht zijn op een bepaald punt met een bepaald doel. Automatisering is voor de N825 nog niet van toepassing omdat het hierbij gaat om de zelfstandigheid van het voertuig zelf.

Het uiteindelijke streven is om van deze drie onderdelen een enkel, dynamisch geheel te maken. Daarbij wordt data uit alle drie de onderdelen gebruikt. Uiteindelijk gaat een voertuig zelf zo “slim” zijn dat het andere weggebruikers waarneemt. Het staat bijvoorbeeld in verbinding met allerlei sensoren die op een weg geplaatst zijn, de mobiele telefoon van de voetganger die in de buurt zijn/haar hond uit laat en met alle andere voertuigen in de buurt. Deze data kan het voertuig vervolgens gebruiken om zelf te gaan rijden. Zo ver is het echter nog langer niet en dus dienen andere oplossingen onderzocht te worden.

De projectgroep heeft een aantal toepassingen gevonden die al op de markt zijn, zoals de bike-scout en platooning. Met name het concept van de bike-scout heeft de projectgroep geïnspireerd iets soortgelijks te bedenken, gericht op plaatsen die vergelijkbaar zijn op de N825. Omdat dergelijke systemen vaak uit meerdere onderdelen bestaan en zelfs op meerdere manieren kan worden toegepast, is een morfologische kaart gehanteerd om tot een toepassing te komen die kan voldoen aan het doel: het vergroten van de veiligheid.

De eerste toepassing maakt gebruik van een sensor die zowel de route, het soort verkeer, de richting als de snelheid van een weggebruiker waarneemt. Deze data kan vervolgens om worden gezet in bepaalde acties, zoals het oplichten van een matrixbord en lampen in de weg voor het kruispunt.

Een tweede systeem dat de veiligheid kan vergroten is via app. De app staat in verbinding met het datanetwerk en kan dus de locatie van alle andere systemen die in verbinding staan met het netwerk waarnemen.

Een derde oplossing is het plaatsen van een iVRI. Een iVRI is een verkeersregelininstallatie (VRI), in de volksmond beter bekend als stoplicht maar dan een intelligente variant hier van. Door sensoriek kan de VRI betere keuzes maken op basis van de data die is waargenomen door deze sensoren.

De enige toepassing die geluidsreducerend werkt is platooning. Platooning is een concept dat vrachtwagens door middel van on-board systemen in konvooien laat rijden. Het voordeel hier van is dat vrachtwagens geconcentreerder gaan rijden. In plaats van elke vijf minuten een vrachtwagen zullen dan elk kwartier drie vrachtwagens voorbij komen rijden. Daarnaast zorgt platooning voor brandstofbesparing, wat voordelig is voor de gebruikende bedrijven.

De Bike Scout is een zeer geschikte toepassing indien fietsers voorrang hebben. De bestuurder van een voertuig dat een kruising met een fietspad nadert wordt door sensoriek dat in verbinding staat met verlichting en/of borden dat een fietser de kruising nadert.

Tot slot heeft de projectgroep gekeken naar hoe het kruispunt beter kan worden ingericht. Dit kan het best worden gedaan met een middengeleider, want deze verhoogd de veiligheid.

De projectgroep heeft de door de groep geschikt geachte toepassingen gescoord middels een MCA. In dit MCA zijn een aantal criteria opgesteld. Aan deze criteria zijn vervolgens wegingsfactoren geplaatst. Uit het MCA is gebleken dat de iVRI het hoogst scoort, met name op veiligheid. Indien liever niet voor een VRI gekozen wordt, kan de toepassing met de sensor en het matrixbord het best worden toegepast.

11 Aanbeveling

De projectgroep verwacht dat de toepassing met de sensor, die matrixborden en andere lampen doet oplichten indien een voertuig het kruispunt N825 – Broekstraat nadert (blauwe toepassing) het best kan worden ingepast, ondanks dat deze niet als hoogste uit het MCA is gekomen.

Het verkeer op de N825 heeft voorrang op het verkeer vanuit de zijstraten en daarom is niet gekozen voor een VRI. Het plaatsen van een VRI zorgt voor meer emissies en meer geluidsoverlast en is niet goed voor het doorstromen van het verkeer. De tweede keuze is dan de hierboven genoemde toepassing. Deze toepassing sluit ook beter aan bij het “Talking Traffic” principe.

Ook acht de projectgroep het noodzakelijk het kruispunt anders in te richten. Dit kan door het plaatsen van een middengeleider, verlichting en een betere aansluiting van het fietspad. Dit kan ook uitstekend gecombineerd worden met de blauwe toepassing.



Figuur 10: Ontwerp kruispunt N825 – Broekstraat, aanrijden vanuit westelijke kant (Jeunink)



Figuur 11 Ontwerp kruispunt N825 - Broekstraat, voetgangersoversteek (Jeunink)



Figuur 12: Bovenaanzicht ontwerp kruispunt N825 - Broekstraat (Jeunink)

12 Discussie

In dit hoofdstuk wordt beschreven waar in het project onduidelijkheden waren en hoe de projectgroep hiermee om is gegaan en wordt ons eigen onderzoek door onszelf weerlegd. Tijdens dit project hebben we niet alle benodigde informatie kunnen krijgen, hierdoor zijn aannames en inschattingen gemaakt. Hieronder wordt duidelijk gemaakt hoe de projectgroep hier mee om is gegaan en welke invloed dit heeft gehad op de uiteindelijke uitkomsten en betrouwbaarheid van het eindproduct.

12.1 De betrokken partijen

Tijdens het onderzoek is geprobeerd contact te leggen met verschillende bedrijven die vaak over de weg rijden met vrachtwagens om te vragen welke aanpassingen ze bereid zijn te maken om de veiligheid te verbeteren. Dus welke toepassingen van Talking Traffic zij geschikt achten om te installeren in hun voertuigen. Echter is het niet gelukt om contact te leggen met deze bedrijven. Er was geen animo om ons te woord te staan. Via de contactpersonen bij Proeftuin Nettelhorst hebben we geprobeerd een contactpersoon bij deze bedrijven te vinden, dit is echter wederom niet gelukt. Het is dus niet duidelijk voor ons welke toepassingen in de smaak vallen bij bedrijven en welke niet. Wat we echter wel kunnen zeggen is dat bij bedrijven de drijfveer geld is, dit betekent dat wanneer een financieel voordeel aan een toepassing hangt het waarschijnlijker is dat bedrijven deze toepassing gaan gebruiken. In de bijlagen staat een kort onderzoek naar de mogelijkheden om financieel voordeel te halen voor bedrijven.

12.2 MCA

Het MCA is ingericht op het kruispunt van de Nettelhorstweg met de Broekstraat. Voor sommige oplossingen is het dus niet mogelijk om gescoord te worden op bepaalde criteria. Aan de hand van het kruispunt een score toedelen niet mogelijk omdat het niet getoetst kan worden. Daarom is ervoor gekozen om op deze criteria niet te storen.

De uitslag van het MCA voor deze specifieke kruising is geen goede referentie voor andere kruispunten. Door bepaalde factoren is dit kruispunt onveilig, maar dat zou bij veel andere onveilige kruispunten aan andere factoren liggen. Per kruispunt moet gekeken worden naar de mogelijkheden en zal het MCA verschillen van het MCA voor de kruising Nettelhorstweg - Broekstraat.

12.2.1 Veiligheid

Voor het criterium veiligheid is uitgegaan van de statistieken. Iedereen ervaart gevaar en angst op een andere manier. Het is dus per persoon anders of diegene zich veilig voelt als hij of zij wandelt/fietst over de weg. Veiligheid is dus een relatief begrip, om een zo goed mogelijk beeld te geven van de daadwerkelijke veiligheid is uitgegaan van de Kans x Gevolg, dus de kans dat een ongeluk gebeurt maal de ernst van de gevolgen van dit ongeluk. Hierbij is echter geen rekening gehouden met onregelmatigheden zoals bijvoorbeeld iemand die door rood rijdt.

12.2.2 Toepasbaarheid

De projectgroep heeft onderzoek gedaan en oplossingen uitgewerkt voor specifiek het kruispunt van de Nettelhorstweg en de Broekstraat. Dit betekent dat het eventueel mogelijk is dat de oplossingen niet geschikt zijn voor andere kruispunten. Per situatie moet bekeken worden welke oplossingen geschikt zijn en welke niet.

12.3 Toekomstmuziek

Dit project draait allemaal om innovatie en het verkennen en ontdekken van nieuwe ideeën en toepassingen. Het probleem dat hierbij komt kijken is dat bij nieuwe producten het moeilijk is om uitspraken te doen aangezien nog veel onbekend is. Het is dus voor de projectgroep lastig om definitief een uitspraak te doen simpelweg omdat nog veel onbekend is en nog veel onderzocht kan worden. Tevens kan over een aantal jaar ook veel veranderen, toepassingen kunnen goedkoper worden, beter toepasbaar. Onderbouwing is zwak omdat er geen bewijs is om op te bouwen. Dit betekent dat het mogelijk is dat over een aantal jaar een hele andere kijk is op bepaalde toepassingen.

12.4 Platooning

Platooning kan alleen werken indien meerdere vrachtwagens zijn voorzien van een on-board systeem en ook tegelijkertijd op dezelfde plaats zijn. Op een weg als de N825 zal dit moeizaam worden, gezien het relatief korte tracé van de weg. Dit kan alleen slagen indien planners van de bedrijven die frequent gebruik maken van de weg de voertuigen tegelijkertijd over de weg heen sturen.

13 Begrippenlijst

Talking Traffic = zie H6 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

Pagina 9:

Verkeersregelininstallaties = een verzameling van losse elementen die nodig zijn om één of meerdere verkeersstromen te regelen middels het geven van optische signalen aan weggebruikers. De VRI moet zorgdragen voor een zo goed mogelijke afwikkeling van het verkeer op conflictvlakken (stoplichten). (Encyclo, sd)

Pagina 17:

Voertuigemissie: uitstoot van schadelijke broeikasgassen door voertuigen

Pagina 19:

Autonoom rijden = de gradatie van (volledig) geautomatiseerd rijden, verdeeld in 5 niveaus. Niveau 1 verricht de bestuurder de meeste handelingen, niveau 5 rijdt de auto onder alle omstandigheden volledig geautomatiseerd.

Pagina 21:

Groentijd: de tijd, in seconden, dat het verkeerslicht groen is en men de mogelijkheid heeft om over te steken.

14 Bibliografie

- Boekraad, M. (sd). *Wat is platooning?* Opgehaald van De zelfrijdende auto:
<https://zelfrijdendeauto.com/wat-is-platooning/>
- Brouwer, J. (2019). *Talking traffic en smart traffic maken mobiliteit in Nederland toekomstbestendig*. Opgehaald van SWECO: <https://www.sweco.nl/projecten/talking-traffic-en-smart-traffic-maken-mobiliteit-in-nederland-toekomstbestendig/>
- de Weerd, P. (2017, Maart 22). *Wat is platooning?* Opgehaald van PTV Group:
<https://www.logistiek.nl/distributie/artikel/2017/03/wat-is-platooning-101153746>
- Duurzaam MKB. (sd). *Stichting Stimular*. Opgehaald van Duurzaam MKB:
<http://www.duurzaammkb.nl/tips/tip/584/schone-en-zuinige-vrachtautos/>
- Duurzaam MKB. (sd). *Stichting Stimular*. Opgehaald van Duurzaam MKB:
<http://www.duurzaammkb.nl/tips/tip/486/brandstofbesparende-apparatuur/>
- Dynniq. (2019). *CrossWalk*. Opgehaald van Dynniq: <https://dynniq.com/nl/producten-en-services/mobility/crosswalk/>
- Dynniq. (2019). *Partnership Talking Traffic*. Opgehaald van Dynniq:
https://dynniq.com/nl/producten-en-services/mobility/talking-traffic/?gclid=EAlalQobChMIo6_DqOnW4gIVDc53Ch3o-QiDEAAAYAiAAEgIYm_D_BwE
- Dynniq. (2019). *VECOM voor het openbaar vervoer*. Opgehaald van Dynniq:
<https://dynniq.com/nl/producten-en-services/mobility/vecom-for-public-transport/>
- Dynniq. (2019). *Virtual Emission Monitoring*. Opgehaald van Dynniq:
<https://dynniq.com/nl/producten-en-services/mobility/virtual-emission-monitoring/>
- Encyclo. (sd). Opgehaald van <http://www.encyclo.nl/begrip/verkeersregelininstallatie>
- Fire, F. o. (2015, April). Opgehaald van Fishonfire: <https://www.fishonfire.nl/blog/de-2-meest-gestelde-vragen-over-app-ontwikkeling>
- Google. (sd).
<https://www.google.nl/maps/place/N825/@52.1570721,6.4623252,15z/data=!4m5!3m4!1s0x47c78afecc92eb39:0xb195fc7f68ec1573!8m2!3d52.1222147!4d6.5420777>. Opgeroepen op Mei 16, 2019, van
<https://www.google.nl/maps/place/N825/@52.1570721,6.4623252,15z/data=!4m5!3m4!1s0x47c78afecc92eb39:0xb195fc7f68ec1573!8m2!3d52.1222147!4d6.5420777>:
<https://www.google.nl/maps/place/N825/@52.1570721,6.4623252,15z/data=!4m5!3m4!1s0x47c78afecc92eb39:0xb195fc7f68ec1573!8m2!3d52.1222147!4d6.5420777>
- GWW. (2019). *GWW Kosten*. Opgehaald van
<http://www.gwwkosten.nl/zoeken.aspx?question=Verkeersregel>
- Iculture. (sd). <https://www.iculture.nl/uitleg/5g-netwerk/>. Opgeroepen op Juni 20, 2019, van
<https://www.iculture.nl/uitleg/5g-netwerk/>: <https://www.iculture.nl/uitleg/5g-netwerk/>
- Jeunink, R. (sd).
- Kuhn, H. (2019). *Heijmans BikeScout*. Opgehaald van Heijmans:
<https://www.googleadservices.com/pagead/acik?sa=L&ai=DChcSEwi9jumD2dTiaHVS53cKHS>
- Project Talking Traffic
Proeftuin Nettelhorst
Projectgroep Safety Talk

1OCLEYABAAGgJlZg&ohost=www.google.com&cid=CAASE-Roo6W hruxJf6leO0dRQTPOIUc&sig=AOD64_02g4gnS810apugOu4h8EK n553b8Q&q=&ved=2a hUKEwjvseSD2dT iAhWEI1AKHXdrCVQQ0Qx6BAgMEAE&adurl=

Logistics, D. W. (2019). Opgehaald van De Winter Logistics: <https://www.dewinterlogistics.nl/nl/over-ons/nieuws/platooning-kan-transportbedrijf-jaarlijks-miljoen-euro-opleveren/>

Neut, K. v. (2019, Juni). Telefoongesprek gemeente Enschede. (S. d. Lange, Interviewer)

Rader. (sd). <https://radar.avrotros.nl/hulp-tips/hulpartikelen/item/wat-is-5g-en-hoe-gaat-de-ontwikkeling/>. Opgeroepen op Juni 20, 2019, van <https://radar.avrotros.nl/hulp-tips/hulpartikelen/item/wat-is-5g-en-hoe-gaat-de-ontwikkeling/>: <https://radar.avrotros.nl/hulp-tips/hulpartikelen/item/wat-is-5g-en-hoe-gaat-de-ontwikkeling/>

RAPP. (sd). *Truck Platooning*. Opgehaald van RAPP: <https://www.rapp.ch/de/stories/truck-platooning>

Schroer, W. (2019, Juni). Vragen VRI. (S. d. Lange, Interviewer)

SlimsteWeg. (sd). <http://slimsteweg.nl/data/>. Opgeroepen op Mei 14, 2019, van <http://slimsteweg.nl/data/>: <http://slimsteweg.nl/data/>

Snelslagen. (sd). *Hoofdstuk 13 Kruispunt*. Opgehaald van Snelslagen.nl: <https://www.snelslagen.nl/oefen-gratis-theorie/auto-theorie/18/kruispunt.aspx>

TNO. (sd). <https://www.tno.nl/nl/over-tno/agenda/2018/het-nieuwe-5g-netwerk-de-kansen-en-mogelijkheden/>. Opgeroepen op Juni 20, 2019, van <https://www.tno.nl/nl/over-tno/agenda/2018/het-nieuwe-5g-netwerk-de-kansen-en-mogelijkheden/>: <https://www.tno.nl/nl/over-tno/agenda/2018/het-nieuwe-5g-netwerk-de-kansen-en-mogelijkheden/>

van der Loo, D. (2016, September). Opgehaald van App Specialisten: <https://www.appspecialisten.nl/kennisbank/app-ontwikkelen-kosten-overzicht-van-nederlandse-apps>

Verkeersnet. (2016, Februari). *Verkeersnet*. Opgehaald van <https://www.verkeersnet.nl/fiets/18368/bikescout-op-proef-in-eindhoven/>

Waes, F. v. (2016). Opgehaald van nm-magazine: <https://www.nm-magazine.nl/artikelen/talking-traffic-applicaties-voor-de-ivri/>

Weerd, P. d. (2018). Opgehaald van Logistiek.nl: <https://www.logistiek.nl/distributie/nieuws/2018/10/platooning-rotterdamse-haven-test-de-impact-101165317>

15 Figurenlijst

Figuur 1 Intensiteit vrachtverkeer N-wegen (SlimsteWeg, sd)	14
Figuur 2 Intensiteit over de N825 per 24 uur	15
Figuur 3 Kruispunt Broekstraat	15
Figuur 4 Bovenaanzicht Zwiep/basisschool (Google, sd)	16
Figuur 5 Geregistreerde aanrijdingen met wild	16
Figuur 6 T-splitsing vaak gebruikt door sluipverkeer	17
Figuur 7 BikeScout in de praktijk	18
Figuur 8 Verkeersbord B6 (Snelslagen, sd)	19
Figuur 9 Truck platooning (RAPP)	22
Figuur 11: Ontwerp kruispunt N825 – Broekstraat, aanrijden vanuit westelijke kant (Jeunink)	39
Figuur 12 Ontwerp kruispunt N825 - Broekstraat, voetgangersoversteek (Jeunink)	39
Figuur 13: Bovenaanzicht ontwerp kruispunt N825 - Broekstraat (Jeunink)	40

16 Tabellenlijst

Tabel 1 Morfologische kaart	24
Tabel 2 Uitslag Multi Criteria Analyse	26
Tabel 3 Toelichting scores risico MCA-criterium veiligheidsverbetering	27
Tabel 4 Kans en Gevolg MCA-criterium veiligheidsverbetering	27
Tabel 5 Puntentoekenning MCA-criterium Onderhoud	29
Tabel 6 Puntentoekenning MCA-criterium Innovatie	30
Tabel 7 Puntentoekenning MCA-criterium Geluidshinder	31
Tabel 8 Puntentoekenning MCA-criterium Uitvoering	32
Tabel 9 Puntentoekenning MCA-criterium Toepasbaarheid	33
Tabel 10 Puntentoekenning MCA-criterium Prijs	34
Tabel 11 Indeling euronormen vrachtwagens (Wikipedia)	49

17 Bijlagen

17.1 Bijlage 1: Onderzoek naar stimuleren zuiniger rijden

In dit onderzoek komt naar voren welke mogelijkheden er zijn voor bedrijven om geld te besparen op hun voertuigen door zuiniger te rijden, dit kan gecombineerd worden met toepassingen voor Talking Traffic.

Algemene Informatie

“Sinds 2013 is Euro VI de wettelijke norm voor nieuwe voertuigen. Euro VI motoren stoten minder stikstofoxiden en fijnstof uit. Alle merken leveren dieselmotoren die voldoen aan deze normen.

Daarnaast is er een norm voor extra schone voertuigen (EEV = Enhanced Environmentally friendly Vehicles). Deze norm geeft tevens een grenswaarde voor geluid (77 dB(A)). Wanneer Euro V motoren worden voorzien van een roetfilter, wordt aan de EEV-normen voldaan.” (Duurzaam MKB, sd)

Hoe lichter het voertuig hoe minder brandstof er wordt gebruikt dus het is handig om per rit te kijken wat voor een zware vrachtwagen je nodig hebt.

#	datum	CO	NOx	PM
Euro I	1992	4.5	8.0	0.36
Euro II	1996	4.0	7.0	0.25
Euro III	2000	2.1	5.0	0.10
Euro IV	2005	1.5	3.5	0.02
Euro V	2008	1.5	2.0	0.02
Euro VI	2013	1.5	0.4	0.01

Tabel 11 Indeling euronormen vrachtwagens (Wikipedia)

CO: Koolstof

NOx: Stikstof

PM: Fijnstof

Huidige systeem

Dhr. Leo Brand van HST Enschede gaf aan dat zij bij een groot vervoersbedrijf als HST gebruikt maken van rijstijlanalyses. Dit wordt elke maand meegestuurd met het loonstrookje. Deze rijstijlanalyse omvat het complete rijgedrag van de chauffeur, dit wordt dus constant gemonitord. Hoe vaak hij remt, hoe vaak hij cruise control gebruikt, brandstofverbruik, snelheid et cetera. Wanneer een chauffeur met zijn analyse van de rest afwijkt dan wordt er een gesprek aangegaan. Zo wordt er over het algemeen gezorgd voor het reguleren van het brandstofverbruik/emissie.

Financieel voordeel

Voertuigen met een EURO VI of EEV motor krijgen korting bij tolsystemen. Ook verbruiken deze minder brandstof. Voor bedrijven met veel vrachtwagens is het dus eens stuk voordeliger om in de EURO VI norm te zitten.

Milieuzones

In een aantal grote Europese steden zijn milieuzones ingesteld. Voor Nederlandse steden met milieuzones geldt dat tot en met EURO III niet de milieuzone in mogen. Vanaf EURO IV mag dit wel.

17.1.1 Brandstof besparende toepassingen voor vrachtwagens

1. **Diesilverbruiksmeter of turbodrukmeter** Diesilverbruiksmeters geven de chauffeur inzicht in het brandstofverbruik tijdens het rijden. Door direct te zien hoe het rijgedrag het brandstofgebruik beïnvloedt, krijgt de chauffeur inzicht in de rijstijl die nodig is om het brandstofgebruik te verlagen. Een vergelijkbaar instrument is de turbodrukmeter. Deze verschaft inzicht in het brandstofverbruik en geeft bovendien precies het moment aan om door te schakelen naar een hogere versnelling.
2. **Boordcomputer** (ook wel black box genoemd). Een boordcomputer geeft tijdens het rijden feedback over het brandstofgebruik. De chauffeur ziet welk gedrag een positief of negatief effect heeft op het brandstofgebruik. Een boordcomputer of black box registreert van elke voertuig de rijtijden, snelheden, gemaakte toerentallen en het brandstofgebruik. Deze gegevens geven een beeld van het rijgedrag van de betreffende chauffeur.
3. **Snelheidsbegrenzer en/of toerenbegrenzer**. Snelheids- en toerenbegrenzers maken extreem rijgedrag onmogelijk. Dit bespaart brandstof en leidt tot minder schades, langere onderhoudskosten en minder snelheidsbekeuringen.
4. **Cruise control**. Zorgt voor gelijkmatige en lagere snelheden. Het resultaat is comfortabel en ontspannen rijden, een lager brandstofgebruik en minder snelheidsovertredingen.
5. **Start-Stopsysteem**. Een Start-Stopsysteem zorgt ervoor dat de bestuurder de motor van de vrachtwagen op afstand kan in- of uitschakelen. Hierdoor wordt brandstof bespaard en wordt minder geluidsoverlast veroorzaakt.

(Duurzaam MKB, sd)

Kosten van deze toepassingen:

1. Een toerenteller of schakelindicator kost ongeveer € 50,-.
2. De investering voor een cruise control bij koop van een nieuw voertuig bedraagt, inclusief inbouwen, € 150,- tot € 350,-. Achteraf inbouwen kost € 400,- tot € 700,-.
3. Een diesilverbruiksmeter voor vrachtwagens kost € 1.000,- tot € 3.500,-. Additioneel komt er een maandelijks bedrag van € 15 tot € 55 bij voor de rapportvoorziening en dataverzending. Deze systemen verdienen zich binnen 3 jaar terug.
4. Een snelheids- of toerenbegrenzer kost zo'n € 400,-. Een gecombineerde begrenzer van snelheid en toeren kost circa € 550,-.

Bij een vrachtwagen die 100.000 kilometer per jaar rijdt, gemiddeld 4 km op 1 liter diesel, bij een dieselprijs van is € 1,40 per liter (prijsspeil maart 2011), levert 5% brandstofbesparing € 1.750 per jaar op. (Duurzaam MKB, sd)

Weerstand

Voor het verlagen van het brandstofgebruik is het ook mogelijk om de lucht- en rolweerstand van de vrachtwagens te verlagen. Dit wordt gerealiseerd door onder andere het bijhouden van de bandenspanning, het type band, het uitlijnen van de voertuigen en het installeren van spoilers.