



# BIVV

## Zijn de snelheidslimieten op autosnelwegen nog relevant?

Effecten van de aanpassing van de snelheidslimieten op de Belgische autosnelwegen op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu

## Dankwoord

De auteurs van dit rapport en het Belgisch Instituut Voor de Verkeersveiligheid willen graag de volgende personen en organisaties danken voor hun bijdrage aan deze studie:

- het Brusselse, Vlaamse en Waalse Gewest voor hun medewerking;
- mevr. Caroline Pourtois (Centre Perex) voor de medewerking bij het verwerven van de verkeersgegevens van het Centre Perex;
- dhr. Stefaan Hoornaert (MOW) voor de medewerking bij het verwerven van de verkeersgegevens van het Vlaams Verkeercentrum;
- de firma Stratec voor haar modelleringen;
- de firma NSI voor het extraheren van de verkeersgegevens;
- dhr. Gregory Vandenbulcke-Plasschaert (Federale Politie), externe reviewer;
- dhr. Philip Temmerman (BIVV), dhr. Ludo Kluppels (BIVV), mevr. Annelies Develtere (BIVV), dhr. Stijn Daniels (BIVV), dhr. Peter Silverans (BIVV), dhr. Jean-François Gaillet (BIVV) en dhr. Wouter Van den Berghe (BIVV), interne reviewers
- het vertaalbureau Dynamics en mevr. Véronique Verhoeven (BIVV), voor de vertaling van het document.

## Zijn de snelheidslimieten op autosnelwegen nog relevant?

### Effecten van de aanpassing van de snelheidslimieten op de Belgische autosnelwegen op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu

Onderzoeksrapport nr. 2017 - R - 04 - NL  
D/2017/0779/26

Auteurs: Julien Leblud, Quentin Lequeux, Freya Slootmans, Marc Broeckaert, Julie Maes en Marie Trotta.

Verantwoordelijk uitgever: Karin Genoe

Uitgever: Belgisch Instituut Voor de Verkeersveiligheid – Kenniscentrum Verkeersveiligheid

Datum van publicatie: 18/05/2017

Gelieve als volgt naar dit document te verwijzen: Leblud J., Lequeux Q., Slootmans F., Broeckaert M., Maes J. en Trotta M. (2017) Zijn de snelheidslimieten op autosnelwegen nog relevant? Effecten van de aanpassing van de snelheidslimieten op de Belgische autosnelwegen op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu. Brussel, België: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid – Kenniscentrum Verkeersveiligheid

Ce rapport est également disponible en français sous le titre: Les limitations de vitesses sur autoroutes sont-elles encore pertinentes ? Effets de l'adaptation des limites de vitesse sur les autoroutes belges sur la mobilité, la sécurité routière et l'environnement.

A summary of this report is also available in English under the title: Are Speed limits on motorways still relevant? Study on the effects of speed limits changes on Belgian motorways on mobility, road safety and environment.

*Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt dankzij de financiële steun van de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer.*

## INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Context van deze studie	7
1.2 Methodologie	7
1.3 Structuur van het rapport	7
1.4 Beperkingen van de studie	8
2 Huidige situatie in België	9
2.1 De autosnelwegen	9
2.1.1 Het concept ‘autosnelweg’ in de wegcode.	9
2.1.2 Overzicht van de Belgische autosnelwegen	9
2.2 Regelgeving per gewest	11
2.2.1 Vlaams Gewest	11
2.2.2 Waals Gewest	12
2.2.3 Brussels Hoofdstedelijk Gewest	13
2.3 Belgische snelweginfrastructuur en -technologie	13
2.3.1 Infrastructuur	13
2.3.2 Technologie	13
2.4 Huidig verkeer op de autosnelwegen	14
2.5 Aantal ongevallen op autosnelwegen	16
2.6 Het snelheidsgedrag op de autosnelwegen	16
2.6.1 Resultaten van de snelheidsmeting van het BIVV in 2011	16
2.6.2 Resultaten van de snelheidsmeting van 2015	19
2.6.3 Evolutie van het gedrag in het kader van een wijziging van de snelheidslimiet	20
2.7 Samenvatting	20
3 Stand van zaken: synthese van de internationale literatuur	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Principes en definities	21
3.3 Variabele snelheidslimieten	22
3.4 Effecten van snelheid en de homogeniteit van snelheid op de mobiliteit	23
3.5 Effecten van de snelheid en de homogeniteit van de snelheid op de verkeersveiligheid	26
3.5.1 Effecten van snelheid	26
3.5.2 Effecten van de variabiliteit van de snelheden	30
3.6 Effecten van de snelheid en de homogeniteit van de snelheid op het milieu	32
3.6.1 Inleiding	32
3.6.2 Impact van de snelheid op de uitstoot van CO <sub>2</sub> en luchtverontreinigende stoffen	32
3.6.3 Impact van de snelheid op de geluidshinder	35

3.7	Effect van de dynamische variabele snelheden op de veiligheid, de mobiliteit en het milieu	35
3.8	Samenvatting	37
4	Snelheid en aanpassing van de snelheden in Europa	38
4.1	Totaalbeeld	38
4.2	Technologie om de snelheid aan te passen in Europa	40
4.3	Situatie in enkele Europese landen	42
4.3.1	Nederland	42
4.3.2	Duitsland	42
4.3.3	Oostenrijk	43
4.3.4	Frankrijk	43
4.3.5	Samenvatting	44
4.4	Overdraagbaarheid van de Europese principes op de Belgische wegen	45
4.4.1	Vergelijking van de snelweginfrastructuur en de ongevallencijfers tussen de Europese landen	45
4.4.2	Vergelijking van de attitudes tussen Europese landen.	48
4.4.3	Samenvatting	51
5	Simulatie van de hypothesen voor de verandering van de snelheidslimieten	53
5.1	Inleiding tot de modellering van het verkeer	53
5.2	Modellering van het autoverkeer	54
5.2.1	Basisprincipes	54
5.2.2	Curve snelheid-debiet	54
5.2.3	Kalibrering en validering van een model	55
5.3	UitgangsvARIABLEN van de gebruikte modellen	55
5.3.1	Mobiliteit	55
5.3.2	Verkeersveiligheid	56
5.3.3	Milieu	56
5.3.4	Referentiemodel en scenario	56
5.4	Beperkingen van de simulaties	58
5.5	Resultaten van de simulaties	58
5.5.1	Mobiliteit	58
5.5.2	Verkeersveiligheid	64
5.5.3	Milieu	66
5.6	Samenvatting van de modelleringen	67
6	Conclusie en aanbevelingen	70
6.1	België in de Europese context	70
6.2	Snelheid in verkeersveiligheid, milieu en mobiliteit	70
6.3	Infrastructuur die nodig is voor de dynamische wijziging van de snelheidslimiet	71
6.4	Effecten van de snelheidswijzigingen in België	72

6.5	Aanvaardbaarheid en invoering van de snelheidswijziging in België	73
6.6	Aanbevelingen	73
	Lijst van de tabellen en figuren	75
	Referenties	78

## SAMENVATTING

### Doel en methode

Deze studie heeft tot doel na te gaan of het mogelijk en wenselijk is de snelheidslimieten op de Belgische autosnelwegen te wijzigen. Daarom werden deze wijzigingen getoetst aan hun impact op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu.

De studie is onderverdeeld als volgt: het eerste deel schetst de situatie op de autosnelwegen in België. Het beschrijft eerst de huidige snelheidsregels op federaal en gewestelijk niveau en de technologie van de weginfrastructuur die toelaat de gereden snelheid te controleren en deze aan te passen aan de verkeersomstandigheden. Vervolgens wordt er een stand van zaken opgemaakt van het verkeer en de verkeersongevallen op de Belgische autosnelwegen vandaag. Daarna wordt de regelgeving getoetst aan de snelheden waaraan de Belgen werkelijk rijden door te kijken naar de resultaten van de gedragsmeting snelheid.

In het tweede deel wordt er, via een analyse van de Belgische en internationale literatuur, dieper ingegaan op de effecten van snelheid in het algemeen, de toepassing van variabele snelheidslimieten en een wijziging van de limiet op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het leefmilieu.

Het Belgische autosnelwegennet maakt deel uit van een ruimer Europees net. De regelgeving verschilt van land tot land en evolueert voortdurend. De analyse van de wijziging van de snelheidslimieten in andere Europese landen leert ons dus welke de goede praktijken zijn en helpt ons de studie te verrijken met de ervaring van internationale experts die zich met de snelheidsproblematiek bezighouden. Daarnaast willen we nagaan hoe Belgen omgaan met snelheid en het naleven van de snelheidslimieten en hoe ze zich verhouden tot de andere Europese bestuurders.

Op basis van deze eerste informatie maakten we een synthese om na te gaan of dit overdraagbaar is op het Belgische snelwegennet. Er werden hypothesen geselecteerd voor de snelheidswijzigingen op het Belgische autosnelwegennet.

De firma Stratec werd gevraagd een model op te stellen van het Belgische autosnelwegennet om de werkhypothesen te kunnen simuleren en hun effecten op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het leefmilieu aan te tonen.

### Belangrijkste resultaten

Deze studie heeft in eerste instantie aangetoond dat dynamische snelheidslimieten volgens heel wat studies bijdragen tot een vlotter verkeer met een gunstige invloed op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu. We vonden in deze literatuurstudie geen enkel tastbaar voordeel van de verhoging van de maximumsnelheid op onze autosnelwegen. Een hogere snelheid zou namelijk het risico op en de ernst van ongevallen doen toenemen, een hogere uitstoot van vervuilende gassen veroorzaken en ten slotte slechts een beperkte tijdswinst op de trajecten opleveren (zeker in landen met dezelfde oppervlakte als België).

De simulaties hebben aangetoond dat een progressieve verlaging van de snelheidslimieten een significante verbetering kan teweegbrengen van de totale trajectduur op het Belgische autosnelwegennet (tot 25%), de verkeersveiligheid (-6% dodelijke verkeersslachtoffers) en het milieu (verminderde uitstoot van CO, CO<sub>2</sub>, fijn stof en vluchtige organische stoffen). De studie heeft ook bevestigd dat de overgang naar een maximumsnelheid van 130 km/u slechts een beperkt effect zou hebben op de mobiliteit. Door een verschuiving van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen zou het zelfs helemaal geen effect hebben op de verkeersveiligheid. Daarnaast heeft de verhoging tot 130 km/u een negatieve impact op de uitstoot van vervuilende gassen. Een deel van de bevolking zou overigens geneigd zijn de snelheid op de autosnelweg op te voeren en opnieuw de toegelaten maximumsnelheid te overschrijden. Dat wil zeggen sneller dan 130 km/u, wat het risico op en de ernst van ongevallen doet toenemen.

Ten slotte heeft dit onderzoeksproject aan het licht gebracht dat de huidige ontwikkeling van de technologie op het Belgische wegen- en snelwegennet nieuwe studies over de dynamische snelheidslimieten alleen maar kan aanmoedigen.

## **Voornaamste aanbevelingen**

Deze studie over de mogelijkheid en de voordelen van een aanpassing van de snelheidslimieten in België heeft aangetoond dat dergelijke wijzigingen significante effecten hebben op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu.

De geleidelijke verlaging van de snelheidslimieten in de gecongestioneerde zones lijkt de verkeersstroom en de homogeniteit ervan efficiënt te verbeteren. Het resultaat is een betere gemiddelde snelheid, een aanzienlijke tijdswinst, veiliger verkeer (minder interacties tussen voertuigen) en minder vervuiling. Deze maatregel verdient dus aanbeveling, te meer omdat hij in het buitenland zijn sporen reeds heeft verdiend. Het zou interessant zijn om de effecten van deze wijzigingen op de voornaamste gecongestioneerde zones van het Belgische grondgebied grondiger te onderzoeken (bijvoorbeeld door de homogeniteit van het verkeer tijdens de SMOG-alarmen te bestuderen). Bovendien zouden we de gebruikers moeten informeren over de collectieve winst van dergelijke maatregelen, die niet per sé individueel voelbaar is.

Bovendien zou het mogelijk zijn de toegelaten maximumsnelheid op te voeren tot 130 km/u op weiniggecongestioneerde autosnelwegen waar tussen 22 en 6 uur vaak snelheden van meer dan 120 km/u worden waargenomen. Het enige voordeel zou een kleine verbetering zijn van de mobiliteit gedurende deze periode. Met sensibiliseringscampagnes moeten we de bestuurders nog meer aanmoedigen om hun gedrag te veranderen. De Belgen hebben namelijk de neiging om de snelheidslimieten aan hun laars te lappen en de risico's van snelheid te onderschatten (zie ESRA-studies). De sensibilisering moet bovendien gepaard gaan met trajectcontroles: strenge controles zijn noodzakelijk om zeker te zijn dat de (hogere) snelheden worden gerespecteerd. Toch wegen de voordelen van deze maatregel niet op tegen de nadelen: een hoger risico (een ongeval aan hogere snelheid is vaak ernstiger) en meer vervuiling.

Het is ook interessant te weten dat de geleidelijke verlaging van de snelheid en de verhoging van de snelheid in weinig gecongestioneerde zones elkaar niet uitsluiten. Beide kunnen perfect samen worden toegepast, aangezien ze betrekking hebben op totaal verschillende zones.

Deze wijzigingen (naar boven of beneden) moeten ongetwijfeld gepaard gaan met informatie aan de weggebruikers. Zij moeten namelijk begrijpen waarom ze hun snelheid moeten aanpassen en de beperkingen strikt naleven. We moeten ze dus vertellen wat iedereen bij deze maatregelen te winnen heeft en hoe groot de collectieve winst is wanneer iedereen de opgelegde snelheden naleeft.

Tot slot helpt de studie het debat op gang te trekken over de invoering van een wijziging van de snelheidslimieten in België en ondersteunt ze de inspanningen van de gewesten om de infrastructuur te moderniseren. Uiteraard is de studie slechts een modelvorming en moet ze dus met de nodige omzichtigheid worden geïnterpreteerd. Nu dringen andere studies zich op die zich toespitsen op de meest gecongestioneerde en/of ongevalsgevoelige zones (bijvoorbeeld wegenwerken, zones waar onaangepaste snelheden vaak ongevallen veroorzaken) om de winst van de invoering van deze maatregelen te maximaliseren.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Context van deze studie

In februari 2016 vroeg de federale minister van Mobiliteit het BIVV een studie uit te voeren naar (1) de mogelijkheid en wenselijkheid om de snelheidslimieten op de autosnelwegen te wijzigen en (2) te bepalen wanneer deze wijzigingen opportuun zouden zijn. Om precies te zijn, heeft deze studie tot doel te bepalen of de aanpassing van de snelheid op de autosnelwegen kan helpen de mobiliteit en verkeersveiligheid te verbeteren en de impact van het verkeer op het milieu te verminderen.

De wettelijke maximumsnelheid voor voertuigen van minder dan 3,5 t bedraagt momenteel 120 km/u, met enkele uitzonderingen zoals een verlaging van de maximumsnelheid op bepaalde ringwegen (Antwerpen, Brussel), sommige stukken weg (bijvoorbeeld in de bochten) maar ook in bijzondere omstandigheden (bij SMOG-alarm bijvoorbeeld). De limiet van 120 km/u werd ingevoerd in 1972 om het brandstofverbruik gedurende de eerste oliecrisis te beperken.

De aanpassing van de snelheden in functie van de verkeersomstandigheden is geen nieuw fenomeen. In Nederland geldt op sommige stukken autosnelweg bijvoorbeeld een beperking tot 130 km/u, op andere 120 of 100 km/u. Op sommige stukken geldt de snelheidslimiet van 100 km/u 's nachts niet. Frankrijk past verschillende maximumsnelheden toe naargelang het weer (110 km/u tegenover 130 km/u). Heel wat andere landen passen reeds verschillende snelheidslimieten toe naargelang de toestand van het verkeer, enz. (zie volgende hoofdstukken). Het lijkt dus interessant om te onderzoeken wat de impact van dergelijke maatregelen hier in België zou zijn.

De effecten van snelheid op de verkeersveiligheid, de mobiliteit en het milieu zijn over het algemeen goed gedocumenteerd in de wetenschappelijke literatuur. Kort samengevat brengt een hogere snelheid een verhoging teweeg van het risico op en de ernst van ongevallen, van de milieuvervuiling door uitlaatgassen en een vermindering van de verkeersstroom (en dus een vermindering van de mobiliteit) omdat de veiligheidsafstanden (afstand tussen de voertuigen) bij een hogere snelheid groter moeten zijn.

Dynamische snelheidslimieten (d.w.z. aangepast aan de reële verkeersomstandigheden) lijken meteen een denkbare oplossing om de snelheden te optimaliseren.

Dit soort installaties vergt uiteraard een moderne technologie die gekoppeld is aan de snelweginfrastructuur: berekening van de verkeersstromen, snelheidswaarschuwingen voor de weggebruikers, intelligente transportsystemen (*Intelligent Transportation Systems* - ITS) zoals variabele informatieborden, definiëring van de weersomstandigheden enz. Op dat gebied maakt België een heuse transformatie door die deze wijzigingen doenbaar maakt: ANPR-camera's (Automatic Number Plate Recognition) voor de kilometerheffing voor vrachtwagens, het Vlaams Verkeerscentrum, centre PEREX 4.0 in Wallonië enz.).

### 1.2 Methodologie

Het rapport steunt op 3 pijlers die elkaar aanvullen. We beginnen met een grondig literatuuronderzoek om de kennis over de effecten van snelheid en de wijziging ervan op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu samen te vatten. Daarna geven we een samenvatting van de methodes die in andere Europese landen toegepast worden en van een aantal interviews met buitenlandse experts. Zo kunnen we iets leren uit de ervaringen van deze landen hieromtrent. Dankzij een partnership met de firma Stratec konden we aan de hand van een computersimulatie van het Belgische snelwegennet, de werkhypothesen voor de wijziging van de snelheidslimieten testen en de effecten ervan op de drie thema's bestuderen.

### 1.3 Structuur van het rapport

Het rapport bestaat uit verschillende luiken. In de eerste plaats vatten we ter herinnering kort de wetgeving in verband met autosnelwegen samen en schetsen we een stand van zaken van de grote Belgische verkeersaders. Ook de gewestelijke regelgeving en de bevoegde organen komen aan bod.



Vervolgens hebben we een literatuurstudie uitgevoerd om de gekende effecten van snelheid, snelheidsvariëaties en dynamische snelheidslimieten op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu te onderstrepen. Daarnaast keken we ook naar best practices in de andere landen van Europa.

Aan de hand van deze resultaten maakten we een synthese van de methodes die haalbaar kunnen zijn in België en die de gunstige effecten op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu moeten maximaliseren. Zo konden we werkhypothesen opstellen.

Aangezien het voor België een baanbrekende studie betreft en de wil er is om te innoveren en de kwestie grondig te bestuderen, gingen we een samenwerking aan met de firma Stratec. Zij stelden een model op van het Belgische autosnelwegennet zodat we de verschillende werkhypothesen op het vlak van snelheidswijzigingen konden testen, en de impact ervan op de verkeersveiligheid, de mobiliteit en het milieu bestuderen.

Het rapport bespreekt vervolgens de resultaten van deze oefeningen en toetst deze aan de literatuur om te bepalen welke snelheidswijzigingen het meest efficiënt zouden zijn, maar ook wat haalbaar zou zijn zonder al te grote wijzigingen aan de huidige infrastructuur.

Aan de hand daarvan hebben we enkele aanbevelingen geformuleerd.

#### **1.4 Beperkingen van de studie**

Deze eerste studie heeft tot doel de voornaamste tendensen te schetsen en de deur te openen naar andere, meer doelgerichte onderzoeksprojecten ter zake.

Dit rapport behandelt België in het algemeen. Het zou interessant zijn om in tweede instantie te focussen op meer afgebakende zones die op basis van deze eerste resultaten worden bepaald. De wijzigingen van de snelheidslimieten zullen uiteraard de meest voordelige effecten hebben in sterk gecongestioneerde zones.

Bovendien moeten we in het achterhoofd houden dat de simulaties per definitie een voorstelling blijven van de realiteit, en niet de realiteit zelf zijn. Ze houden rekening met het verkeer van 2016 en de huidige verplaatsingstendens. Het spreekt dus voor zich dat de waargenomen resultaten niet identiek zullen zijn voor het volledige Belgische snelwegennet. Toch kunnen we aan de hand van deze simulaties balansen opmaken en de grote tendensen aantonen die, gezien het grote aantal factoren dat meespeelt, anders onmogelijk te voorspellen zouden zijn.

Dit rapport is dus een eerste stap naar andere studies om de effecten van een snelheidswijziging op het Belgische autosnelwegennet te meten.

## 2 HUIDIGE SITUATIE IN BELGIË

### 2.1 De autosnelwegen

#### 2.1.1 Het concept 'autosnelweg' in de wegcode.

De term **'autosnelweg'** staat voor de openbare weg waarvan het begin of de oprit aangeduid is met het verkeersbord F5 en het einde met het verkeersbord F7.



**Figuur 1: verkeersbord dat het begin (F5) en het einde (F7) van een autosnelweg in België aanduidt.**

De wegcode bepaalt de gedragsregels voor alle weggebruikers. De code dient als referentiekader voor de vaststelling en bestraffing van overtredingen. De wegcode bevat een reeks gedragsregels die op het hele Belgische grondgebied gelden. Daarnaast beschrijft ze de verkeerstekens (verkeerslichten, verkeersborden en markeringen op de weg) die bovendien lokaal worden gepreciseerd. De gewesten mogen hun lokale verkeersregels opstellen (bijvoorbeeld een lagere snelheidslimiet op ringwegen, of bij een concentratie van verontreinigende stoffen enz.).

De wegcode bepaalt de algemene regels op de snelheidslimieten; deze bevoegdheden werden onlangs aan de gewesten overgedragen. Sinds de zesde staats hervorming beperkt de bevoegdheid van het federale niveau zich namelijk tot de bepaling van de snelheidslimieten op de autosnelwegen.

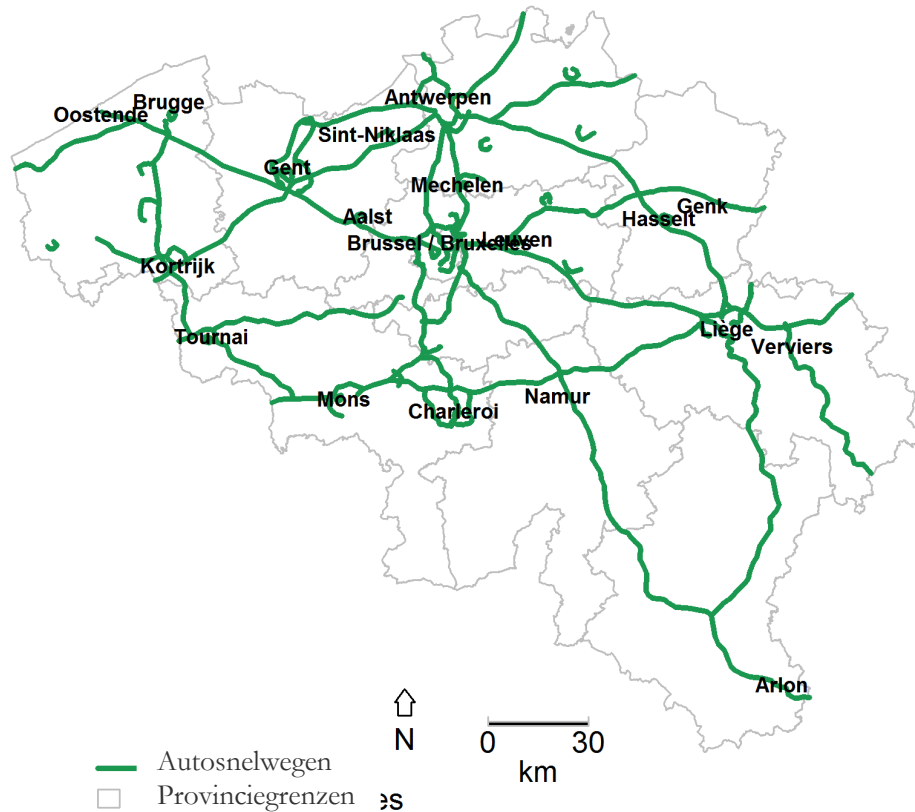
Overeenkomstig het schema van de verkeerswetgeving, mogen de wegenautoriteiten “lokaal lagere snelheidslimieten dan gebruikelijk instellen”. Wat de algemene limieten betreft, stellen we vast dat op de autosnelwegen een algemene snelheidslimiet van 120 km/u geldt. We zien ook een specifieke beperking voor bepaalde voertuigen. Voertuigen van meer dan 3,5 ton, bussen en touringcars mogen op de autosnelwegen niet sneller rijden dan 90 km/u. Daarnaast bestaat er een algemene regel over de toegelaten minimumsnelheid op de autosnelweg: deze bedraagt 70 km/u voor lichte voertuigen.

Op een autosnelweg met drie of meer rijstroken moeten vrachtwagens van meer dan 3,5 ton of meer dan 7 meter lang op de eerste of tweede rijstrook blijven. Aan de grens moet een bord aanwezig zijn met een overzicht van de algemene snelheidslimieten: op wegen, in de bebouwde kom, op landelijke wegen en autosnelwegen.

#### 2.1.2 Overzicht van de Belgische autosnelwegen

Figuur 2 toont de autosnelwegen die het Belgische grondgebied doorkruisen. De totale lengte (autosnelwegen en ringwegen aan de standsranden) bedraagt 1763 km.

## Autosnel- en ringwegen in België



**Figuur 2: Autosnel- en ringwegen die het Belgische grondgebied doorkruisen (aan de hand van het Stratec-netwerk, 2016)**

Bijna alle Belgische autosnelwegen maken deel uit van het Europese E-wegennet (dezelfde nomenclatuur voor heel Europa). De E-wegen zijn niet altijd autosnelwegen, maar in België wel.

Figuur 2 toont alle autosnelwegen die België doorkruisen.

**Tabel 1: autosnelwegen die het Belgische grondgebied doorkruisen**

Belgische benaming	Europese benaming	Voornaamste steden
A3	E40	Calais – Oostende – Gent – Brussel – Liège – Aachen - ... - Ridder
A21	E34	Zeebrugge – Antwerpen – Eindhoven -

		... - Bad Oeynhausen
<b>A15 –A16</b>	<b>E42</b>	Dunkerque – Lille – Mons – Charleroi – Namur – Liège – Sankt-Vith – Wittlich - ... - Aschaffenburg
<b>A25-A26</b>	<b>E25</b>	Hoek van Holland - ... - Maastricht – Liège – Bastogne – Arlon – Luxembourg - ... - Palermo
<b>A14</b>	<b>E17</b>	Antwerpen – Gent – Kortrijk – Cambrai – Reims – Beaune
<b>A1</b>	<b>E19</b>	Amsterdam - ... - Breda – Antwerpen – Brussel – Mons – Valenciennes – Paris
<b>A13</b>	<b>E313</b>	Antwerpen – Liège
<b>A2</b>	<b>E314</b>	Leuven – Hasselt – Heerlen – Aachen
<b>A17</b>	<b>E403</b>	Zeebrugge – Brugge – Kortrijk – Tournai
<b>A17</b>	<b>E404</b>	Jabbeke – Zeebrugge
<b>A28</b>	<b>E411</b>	Brussel – Namur – Arlon – Longwy – Metz
<b>A54</b>	<b>E420</b>	Nivelles – Charleroi – Reims
<b>A27</b>	<b>E421</b>	Aachen – Sankt-Vith – Luxembourg
<b>A8</b>	<b>E429</b>	Tournai - Halle

## 2.2 Regelgeving per gewest

De beslissingen over autosnelwegen worden niet rechtstreeks gecontroleerd door internationale akkoorden of door het EU-beleid. Toch houdt Europa door middel van audits een oogje in het zeil op het autosnelwegennet van haar lidstaten<sup>1</sup>.

In België worden de algemene snelheidslimieten bepaald door de federale minister van Mobiliteit. In de zesde staatshervorming zijn de algemene bevoegdheden inzake de reglementering op autosnelwegen federaal gebleven. Elk gewest mag echter de snelheid verminderen op basis van bepaalde criteria (zoals vervuiling, verkeer, enz.).

### 2.2.1 Vlaams Gewest

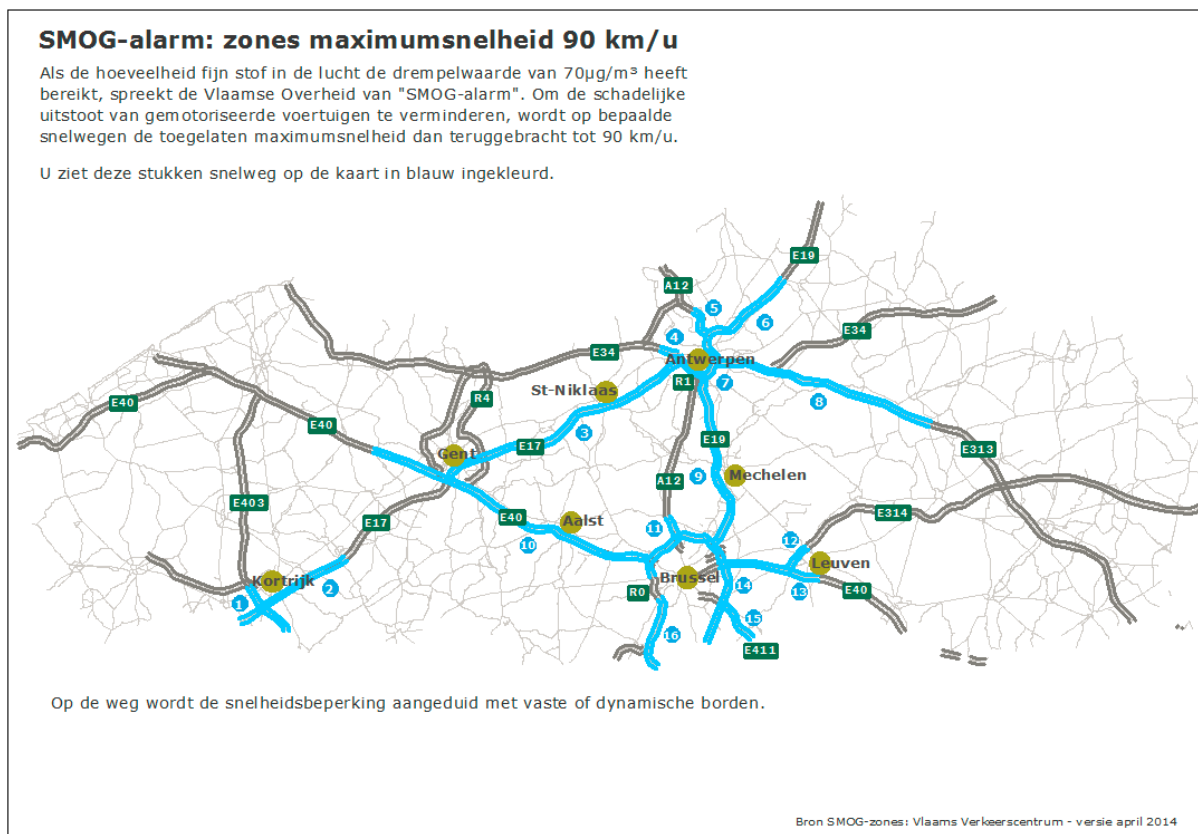
Het Vlaamse Gewest telt 883 km autosnelweg. Een aantal openbare diensten zijn bevoegd voor de snelheid op de autosnelwegen: het departement Mobiliteit en Openbaar Vervoer (MOW), het Vlaams Verkeerscentrum (VVC) en het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV).

Het Vlaamse beleid focust op dynamisch verkeersmanagement. De operationele doelstelling “OOD2-Uitbouw van Dynamisch Verkeersmanagement” in het beheer van het Agentschap Wegen en Verkeer

<sup>1</sup> [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/infrastructure\\_nl](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/infrastructure_nl)

(AWV) voor 2011 tot 2015 voorziet in de ontwikkeling van dynamische verkeersborden boven de weg en in variabele informatie. De doelstelling wordt vastgelegd in het beleidsdocument "Uitbouw van dynamisch verkeersmanagement op het Vlaamse autowegennet", dat het VVC in 2008 opstelde.

In het Vlaamse Gewest gelden verlaagde snelheidslimieten bij een te hoge luchtverontreiniging. Deze zogenaamde SMOG-alarmen worden beheerd door de Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu. Wanneer de gemiddelde deeltjesconcentratie gedurende twee opeenvolgende dagen meer dan  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bedraagt, wordt het SMOG-alarm geactiveerd: dat betekent een vermindering van de toegelaten maximumsnelheid tot 90 km/u (Figuur 3)



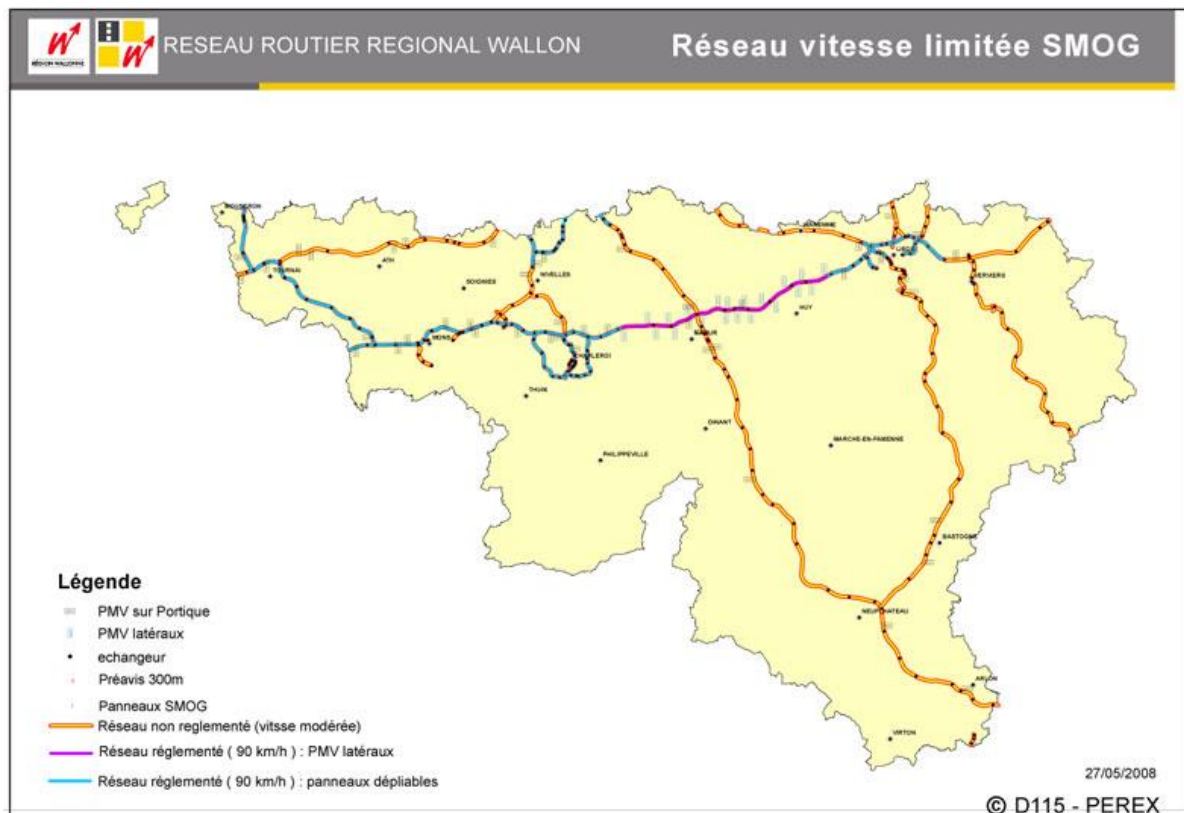
**Figuur 3: zones met smogbeperkingen in het Vlaamse Gewest. Bron: Vlaams Verkeerscentrum**

### 2.2.2 Waals Gewest

Wallonië telt 869 km autosnelweg. De openbare diensten die bevoegd zijn voor de snelheid zijn samengebracht in DGO1, de Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments.

Wallonië volgt over het algemeen de federale wetgeving die de maximumsnelheid op 120 km/u vastlegt. De gewestelijke minister voor Mobiliteit is de bevoegde overheid voor een eventuele afwijking van deze regel.

Net als in Vlaanderen kunnen bijzondere luchtverontreinigingsomstandigheden bijvoorbeeld tot een verlaging van de toegelaten maximumsnelheid leiden. Deze SMOG-alarmen maakten hun intrede in Wallonië in 2007 om de toename van schadelijke gassen in de lucht tegen te gaan. De SMOG-alarmen gelden slechts op bepaalde stukken autosnelweg (Figuur 4). Op dat moment wordt de maximumsnelheid beperkt tot 90 km/u.



Figuur 4: Waals snelwegennet waar SMOG-alarmen gelden<sup>2</sup>.

### 2.2.3 Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest telt slechts 11,3 km autosnelweg. In deze context volgt het voornamelijk de algemene regels inzake autosnelwegen en heeft het geen bijzondere voorschriften voor dit wegennet.

## 2.3 Belgische snelweginfrastructuur en -technologie

### 2.3.1 Infrastructuur

De voorgaande hoofdstukken beschrijven de autosnelwegen in België. De snelweginfrastructuur wordt aangelegd volgens de voorschriften van de Europese Commissie, die in heel Europa toeziet op de goede staat ervan (Adminaite et al., 2015). De Belgische infrastructuur is geen uitzondering op deze regel.

### 2.3.2 Technologie

Sommige technologie om informatie door te geven aan de weggebruikers is al jaren aanwezig. Zo bestaan er RDS/TMC-systemen die gekoppeld zijn aan autoradio's of ingebouwde GPS-systemen die kunnen waarschuwen voor wegenwerken, grote files enz.

<sup>2</sup> <http://routes.wallonie.be/listeFiche.do?action=1&origine=1&shortId=1270&axeSec=5>

Langs de autosnelwegen zijn er ook weerstations om moeilijke weersomstandigheden te monitoren. Zo kunnen de snelheidslimieten worden aangepast aan de weersomstandigheden in de zones waar er weerstations zijn.

Het verkeer op de autosnelwegen in België wordt gevolgd en deels beheerd op gewestelijke schaal door het centre Perex in Wallonië, het VVC (Vlaams Verkeerscentrum) in Vlaanderen en Mobiris (Brussel Mobiliteit) in het Brusselse gewest.

In Vlaanderen monitort het VVC het verkeer dankzij camerabewaking, tellussen en extra bronnen. Zoals we op Figuur 5 kunnen zien, is het Vlaamse net goed voorzien van tellussen, vooral ter hoogte van drukke verkeersaders op de verbinding Antwerpen-Brussel, Gent-Brussel, Antwerpen-Gent en de R0 rond Brussel.

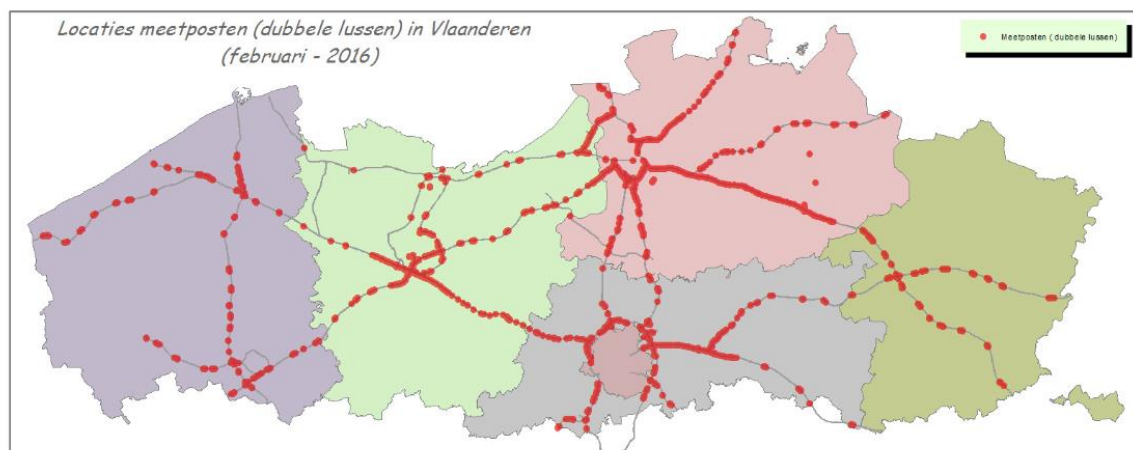
Het Waalse Gewest streeft naar een moderner verkeersmanagement met het centre Perex 4.0 dat een aanzienlijke vernieuwing voorziet van de uitrusting op de wegennetten. Deze zou in 2017 van start moeten gaan en de volgende elementen omvatten:

- een toename van het aantal tellussen om de verkeersstromen te berekenen;
- een modernisering van het park van dynamische verkeersborden, nieuwe variabele informatieborden voor een betere communicatie naar de weggebruikers;
- de plaatsing van dynamische verkeersborden voor de toewijzing van rijstroken wanneer een rijstrook voor de veiligheid moet worden afgesloten bij een ongeval of wegenwerken (zoals momenteel op de verbinding E25-E40);
- de installatie van extra bewakingscamera's.

Het doel is het verkeer op de Waalse autosnelwegen in real time te beheren.

De federale regering heeft ook de beslissing genomen om ANPR-camera's op het autosnelwegennet te installeren, in de eerste plaats in de strijd tegen het terrorisme. De installatie van deze camera's kan ook informatie verstrekken over de verkeersomstandigheden.

Al deze initiatieven tonen aan dat in alle gewesten de politieke wil bestaat om een intelligent transportsysteem te installeren dat een dynamisch verkeersmanagement mogelijk maakt.

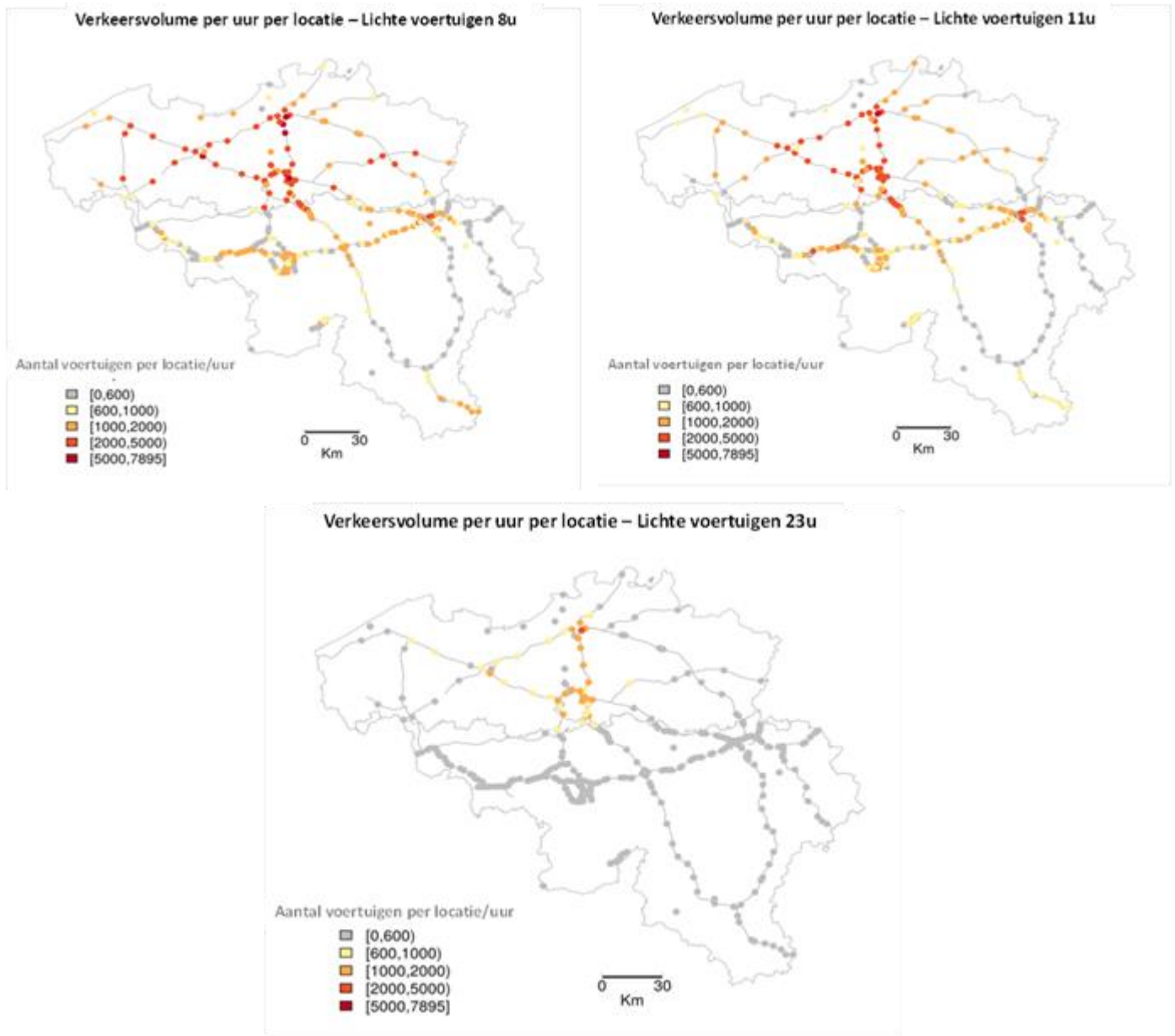


**Figuur 5: locatie van de tellussen (met dubbele inductie) op het Vlaamse grondgebied.**

## 2.4 Huidig verkeer op de autosnelwegen

Dankzij de tellussen van Centre Perex en het Vlaams Verkeerscentrum hebben we gegevens over het verkeer van 2016 op het Belgische autosnelwegennet. Figuur 6 illustreert de resultaten op verschillende uren van de dag. Meer dan 2000 voertuigen per uur wordt als druk verkeer beschouwd. We stellen vast dat

het wegennet in België (en in Vlaanderen in het bijzonder) niet alleen in het spitsuur maar ook in de daluren verzadigd is. 's Nachts wordt het verkeer pas echt vloeiend.



Figuur 6: gemiddeld verkeer geteld met tellus (in voertuigen per uur) A: gedurende het spitsuur (8 uur 's ochtends); B: gedurende een daluur (11 uur 's ochtends) en C: 's nachts (23 uur).



## 2.5 Aantal ongevallen op autosnelwegen

Het aantal ongevallen op de autosnelwegen is over het algemeen niet zeer hoog (dat geldt trouwens voor alle Europese landen; zie Tabel 7; EU CARE database). Zo is het aandeel van letselongevallen op de autosnelwegen vooral klein in vergelijking met het aantal voertuigkilometers dat op dit soort wegen wordt afgelegd (Tabel 7). Het vertegenwoordigt maar 9% van het totale aantal letselongevallen terwijl 38% van de voertuigkilometers op de autosnelweg wordt afgelegd. Voor 2014 en 2015 werden in totaal 158 dodelijke ongevallen op de autosnelwegen geteld. In deze ongevallen lieten 182 mensen het leven, werden 59 personen zwaargewond en 102 lichtgewond.

De provinciale en gewestwegen laten ongeveer evenveel verkeer optekenen als de autosnelwegen (43%). Het aandeel van de ongevallen op deze secundaire wegen is echter veel groter, met 33% van de letselongevallen (tegenover 9% op de autosnelweg) en tot 53% van de dodelijke ongevallen (tegenover 15% op de autosnelweg). Deze cijfers zijn belangrijk want een verschuiving van verkeer naar de autosnelwegen zou het aantal ernstige ongevallen buiten de bebouwde kom kunnen doen verminderen.

**Tabel 2: belangrijke cijfers over de ongevallen op de autosnelwegen 2015**

	Doden 30 dagen		Gewonden		Letselongevallen		Ernst
<b>2015</b>							
Autosnelwegen	102	15%	4 879	11%	3 211	9%	32
Buiten de bebouwde kom	370	53%	16 463	35%	11 816	33%	31
Binnen de bebouwde kom	224	32%	25 333	54%	20 920	58%	11
Onbekend	36		5 164		4 356		
Totaal	732	100%	51 839	100%	40 303	100%	18

Bron: Federale politie/DGR/DRI/BIPOL

Voor de periode 2014-2015 reed 15% van de betrokken bestuurders op het ogenblik van het ongeval aan een overdreven of **onaangepaste snelheid**<sup>3</sup>. Dit percentage is lager dan het aantal bestuurders dat aan een overdreven of onaangepaste snelheid reed gedurende 2009-2013 (toen ging het om 27% van de betrokken weggebruikers), maar snelheid blijft een aandachtspunt.

## 2.6 Het snelheidsgedrag op de autosnelwegen

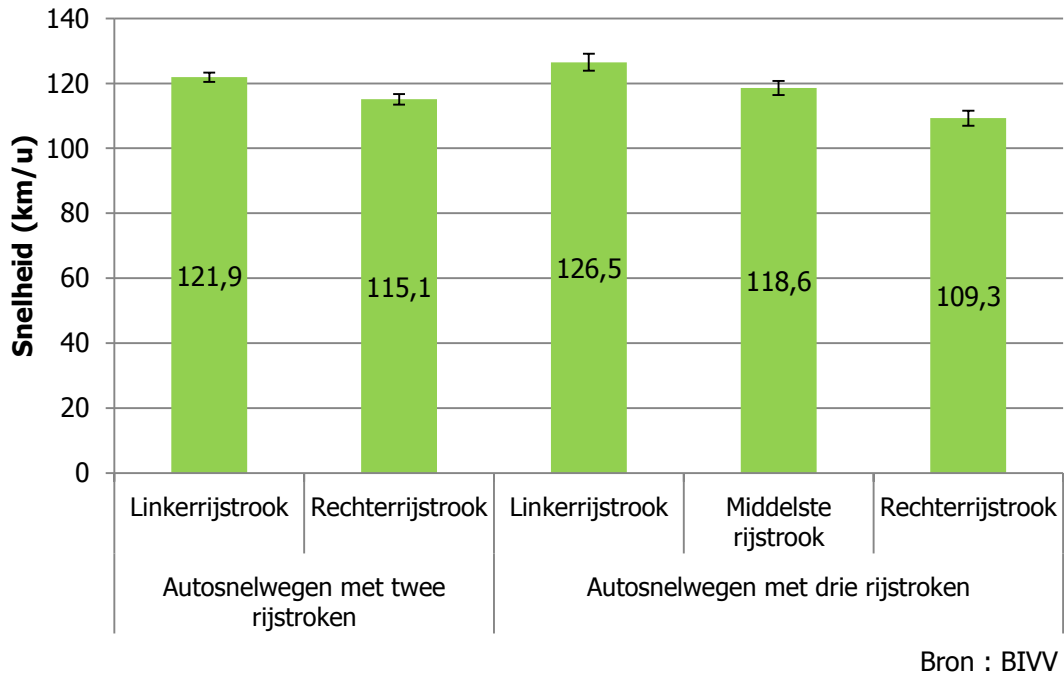
### 2.6.1 Resultaten van de snelheidsmeting van het BIVV in 2011

De laatste studie die het BIVV publiceerde, maakte gebruik van de gegevens van radarcontroles op autosnelwegen in 2011 (Riguelle, 2011). Daarbij werd vastgesteld dat de gemiddelde snelheid op de autosnelwegen in omstandigheden waarin de bestuurder zijn snelheid vrij kan kiezen ('vrije snelheid') 117,9 km/u bedraagt, met een algemene spreiding van de snelheid tussen 70 en 200 km/u. Het percentiel 85 (V85) bedraagt 131 km/u. Dat betekent dat 15% van de geregistreerde lichte voertuigen sneller reed dan dat. Op alle registraties voor lichte voertuigen bij vrije snelheid, was 40% in overtreding, verdeeld over 25% overtredingen met minder dan 10 km/u en 15% met meer dan 10 km/u.

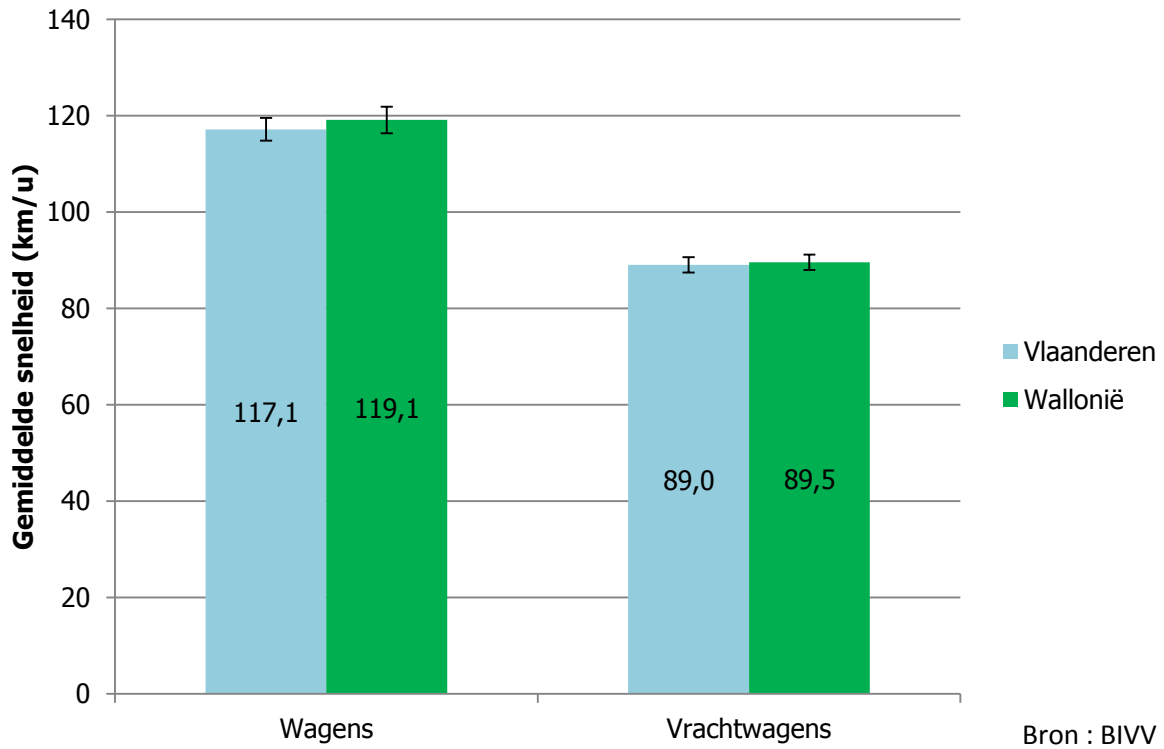
De gemiddelde snelheid op de autosnelwegen is het resultaat van uiteenlopende situaties in tijd én ruimte. In de eerste plaats verschilt de snelheid op autosnelwegen met twee rijstroken van die met drie rijstroken. Hetzelfde geldt voor de geregistreerde gemiddelde snelheden per rijstrook (Figuur 7). Volgens Riguelle

<sup>3</sup> Dit is ongetwijfeld een onderschatting omdat deze factor na afloop van het ongeval moeilijk vast te stellen is.

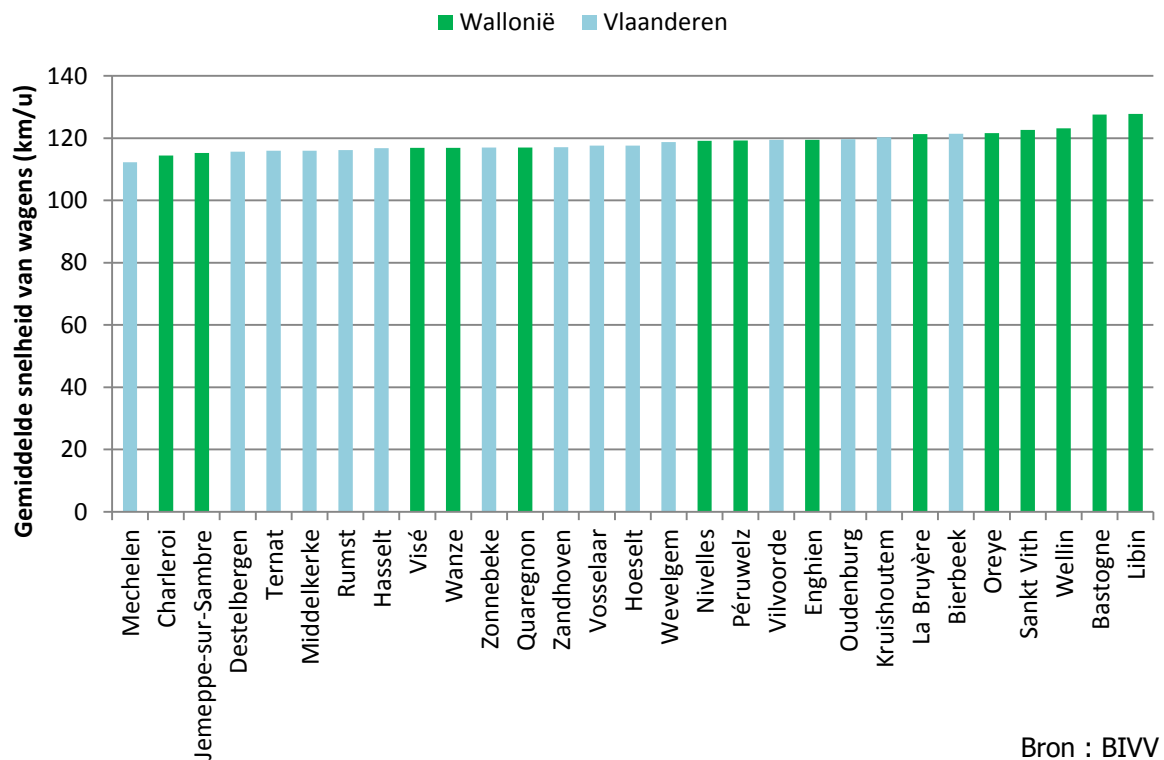
(2011) vertonen Vlaanderen en Wallonië geen significante verschillen op het vlak van snelheid (Figuur 7). De gewesten blijken dus niet het relevantste geografische element om de verschillen in snelheid te onderscheiden. Sommige plekken (Figuur 9) vertonen daarentegen toch significant hogere snelheden dan andere. De samenstelling van het verkeer, qua hoeveelheid maar vooral qua type verplaatsing, lijkt de gereden snelheden te beïnvloeden.



**Figuur 7: gemiddelde snelheid op de autosnelweg per rijstrook in 2011 voor lichte voertuigen (Riguelle, 2012)**



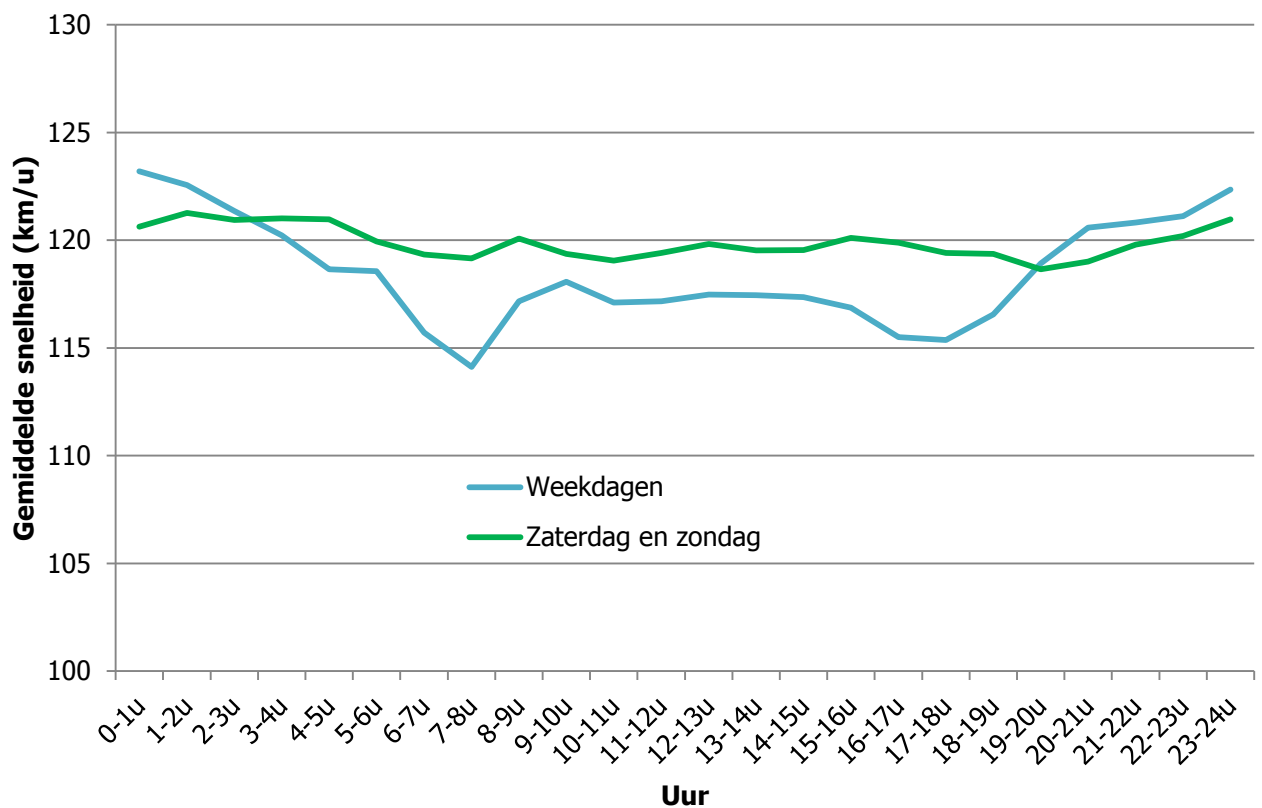
Figuur 8: gemiddelde snelheid op autosnelwegen per type voertuig en per gewest (Riguelle, 2012)



Figuur 9: gemiddelde snelheid op de autosnelweg per locatie

Tijdsgewijs zijn de gemeten vrije snelheden ‘s nachts of in het weekend hoger dan op weekdays (Figuur 10). Tussen 22 uur en 4 uur ‘s ochtends is de gemiddelde vrije snelheid is hoger dan de toegelaten

maximumsnelheid van 120 km/u, ongeacht de dag van de week. Van maandag tot vrijdag zien we een duidelijke afname van de gemiddelde snelheid gedurende de ochtend- (7-8 uur) en avondspits (16-8 uur).



Bron : BIVV

**Figuur 10: gemiddelde snelheid op autosnelwegen naargelang het uur van de dag (Riguelle, 2012)**

Snelheid moet ook worden gerelateerd aan een ander gedrag: het respecteren van de veiligheidsafstanden. Een verhoging of verlaging van de snelheid wijzigt de minimale veiligheidsafstand tussen twee voertuigen. Uit de snelheidsmeting van 2011 blijkt dat bijna 41% van de bestuurders van lichte voertuigen de veiligheidsafstanden niet respecteerde.

### 2.6.2 Resultaten van de snelheidsmeting van 2015

In 2015 werden de snelheidsindicatoren op de autosnelwegen (Trotta, 2016) berekend aan de hand van een nieuwe informatiebron: de floating car data (FCD). De FCD zijn gegevens die werden verzameld op basis van 'vlottende' meetsystemen, dat wil zeggen voertuigen die in de verkeersstroom meerijden. Door deze voertuigen uit te rusten met localisatiemodules en communicatiesystemen die verbonden zijn met een centraal systeem dat in verbinding kan treden met de tracerende voertuigen, kunnen de gegevens over de positie en andere kenmerken van deze voertuigen worden verzameld met kortere intervallen (vaak in real time).

Wij kunnen de resultaten van de meting van 2015 niet gebruiken om conclusies te trekken over het algemene gedrag van de Belgen omdat de floating car data slechts 4 tot 5% van het verkeer vertegenwoordigen. Bovendien waren de meetpunten niet voldoende representatief om heel België te bestrijken. In de laatste gedragsmeting snelheid buiten de bebouwde kom, toont Trotta (2016) aan dat de in 2015 berekende snelheden duidelijk hoger zijn dan in 2011 (123 km/u tegenover 117 km/u in 2011 op de autosnelweg). Dat leidt haar tot de hypothese dat de snelle bestuurders oververtegenwoordigd zijn in

het staal van de floating car data. Een interne studie van het BIVV heeft deze vertekening kunnen nagaan door de spreiding van de snelheden van de FCD te vergelijken met deze die de tellussen hebben geregistreerd.

### 2.6.3 Evolutie van het gedrag in het kader van een wijziging van de snelheidslimiet

In het kader van deze studie werden 1000 Belgen tijdens een online-enquête bevroegd over hun zelfgerapporteerd gedrag op het vlak van snelheid op de autosnelweg. Er werd gevraagd welke snelheid ze zouden aanhouden als de limiet zou worden opgetrokken van 120 naar 130 km/u, ervan uitgaande dat de controlemaatregelen dezelfde blijven. De resultaten worden geïllustreerd in Tabel 3.

We stelden vast dat voor de huidige snelheden van 100, 110 en 120 km/u een groot aandeel van de ondervraagden hun snelheid met 10 km/u zou verhogen in overeenstemming met de nieuwe snelheidslimiet. Anderzijds zou meer dan 20% van de personen die gewoonlijk 130 km/rijden, naar een snelheid van 140 km/u overschakelen.

**Tabel 3: verandering van zelfgerapporteerd gedrag van de Belgen op vlak van snelheid als de snelheidslimiet op de autosnelweg zou worden opgetrokken van 120 naar 130 km/u (N = 1000; online-enquête in samenwerking met iVOX). De tabel stemt overeen met percentages. De getallen in vet zwart geven het aandeel aan van personen die hun gedrag niet veranderen; de getallen in rood geven het aandeel aan van personen die hun snelheid met 10 km/u zouden verhogen.**

		Gereden snelheid indien de limiet wordt opgetrokken naar 130 km/u									
		70 km/u	80 km/u	90 km/u	100 km/u	110 km/u	120 km/u	130 km/u	140 km/u	150 km/u of meer	Totaal
<b>Huidige gereden snelheid (limiet = 120 km/u)</b>	70 km/u	<b>0</b>	<b>100 %</b>	0	0	0	0	0	0	0	100
	80 km/u.	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
	90 km/u	0	0	<b>82 %</b>	<b>18 %</b>	0	0	0	0	0	100
	100 km/u	0	0	1	<b>50 %</b>	<b>43 %</b>	5	0	0	0	100
	110 km/u	0	0	0	0	<b>54 %</b>	<b>46 %</b>	0	0	0	100
	120 km/u	0	0	0	0	0	<b>18 %</b>	<b>82 %</b>	0	0	100
	130 km/u	1	0	0	0	0	0	<b>77 %</b>	<b>22 %</b>	0	100
	140 km/u	0	0	0	0	0	0	13	<b>79 %</b>	<b>8 %</b>	100
	150 km/u of meer	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>100 %</b>	100

## 2.7 Samenvatting

Uit dit hoofdstuk leren we dat de Belgische infrastructuur goed op peil is en voortdurend wordt gemoderniseerd op technologisch vlak. De gewesten lijken bereid om telkens weer de meest recente monitoring- en verkeersmanagementtechnologie aan te wenden. België kent momenteel een zeer intens verkeer. In het spitsuur is het wegennet namelijk op heel wat plekken verzadigd. Zelfs in de daluren haalt de vrije snelheid op sommige stukken autosnelweg nooit de 120 km/u. Gelukkig wordt het 's nachts rustiger.

Automobilisten hebben de neiging snel te rijden en zien er geen graten in om 10 of zelfs 20 km/u sneller te rijden dan toegelaten. Bovendien onderschatten ze de gevaren van te snel rijden. Een groot deel van de bevolking zou dan ook sneller gaan rijden als de snelheidslimiet wordt opgetrokken van 120 naar 130 km/u.

Dit aspect moeten we dus in het achterhoofd houden: een verhoging van de wettelijke snelheidslimiet op de autosnelwegen kan gepaard gaan met een verhoging van de gemiddelde snelheid.

### 3 STAND VAN ZAKEN: SYNTHESE VAN DE INTERNATIONALE LITERATUUR

#### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is vooral gewijd aan de studie van de impact van snelheid en de homogeniteit van snelheid op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu.

Wanneer we het over verkeer hebben, wordt **snelheid** vaak geassocieerd met het ongevalrisico. Wat dit betreft tonen heel wat studies aan dat het ongevalrisico significant toeneemt met de snelheid waarmee de voertuigen zich verplaatsen. Andere veiligheidsgerelateerde aspecten, zoals de snelheid of de gemiddelde snelheid van de verkeersstromen, worden ook gebruikt om bepaalde problemen aan te kaarten die betrekking hebben op de mobiliteit én het milieu. In de context van de studie van de impact van de voertuigsnelheid op de verkeersveiligheid, de mobiliteit en het milieu maakt de literatuur ook vaak gebruik van de termen **verkeersvolume** (of verkeersdebiet), **snelheidsvariatie** en **optimale snelheid**, die we hierna zullen definiëren.

Voordat we overgaan tot een gedetailleerde studie van de impact van snelheid en de homogeniteit van snelheid op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu, moeten we een definitie geven van de terminologie die doorgaans in de literatuur wordt gebruikt en enkele gerelateerde principes kort aanhalen. De systemen met betrekking tot de **variabele snelheidslimieten** komen ook aan bod gezien hun vernieuwende rol in het beheer van de verkeersstromen.

#### 3.2 Principes en definities

- Het verkeersvolume kan worden gedefinieerd als het totale aantal voertuigen dat aan een bepaald punt (of over een rijstrook) voorbijkomt per tijdseenheid (TRB, 2000). We moeten opmerken dat het verkeersvolume volgens de auteurs ook vaak wordt uitgedrukt in termen van ‘verkeersstroom’ (*traffic flow*) of ‘verkeersdebiet’ (niet te verwarren met de verkeersdichtheid die op haar beurt het aantal voertuigen per lengte-eenheid van het wegennet vertegenwoordigt).
- De **snelheidsvariatie** kan worden geïnterpreteerd als de variatie van de snelheid van een voertuig of een stroom van voertuigen in de loop van de tijd of als de variatie van snelheden van de voertuigen binnen een verkeersstroom. In dit laatste geval stemt ze overeen met de spreiding van de gemiddelde snelheden van de bestuurders (Wang H. *et al.*, 2012). Naast de gemiddelde snelheid van de voertuigen wordt het begrip ‘snelheidsvariatie’ in de wetenschappelijke literatuur vaak gebruikt om de oorzaken van ongevallen te bepalen en de verkeerscongestieproblemen (met andere woorden, wanneer de snelheid van een wagen wordt bepaald door de voorligger) of milieuproblemen (uitstoot van vervuilende stoffen, enz.) te bestuderen. Er werd bijvoorbeeld aangetoond dat de snelheidsvariatie tussen voertuigen de kans op een ongeval doet toenemen (Garber & Ehrhart, 2000). Het fenomeen dat wordt gerelateerd aan een grote variatie van de snelheden in een verkeersstroom, waardoor voertuigen dichterbij elkaar komen (door dichterbij te komen rijden, elkaar te kruisen of in te halen) werd in meerdere studies vermeld (zie bijvoorbeeld Elvik *et al.*, 2004). De impact van de snelheidsvariatie op de verkeerscongestie werd aangetoond, meer bepaald door de vorming van opeenvolgende golven van stilstaand en vertrekkend verkeer (*stop-and-go*). Ten slotte is men van mening dat versnellingen (of vertragingen) ook een niet te verwaarlozen impact hebben op het brandstofverbruik en de uitstoot van gassen en fijn stof (Johnson & Pawar, 2005). Zoals we verder zullen zien, dalen bij een constante snelheid bijvoorbeeld het gemiddelde brandstofverbruik en de uitstoot van gassen zoals koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) (Garcia-Castro & Monzon, 2014) en stikstofdioxide (NO<sub>x</sub>) (Ahn *et al.*, 2002).
- Gezien hun significante invloed op de verkeersveiligheid, de mobiliteit en het milieu, zijn de gemiddelde snelheid en de snelheidsvariatie dus belangrijke elementen in het beheer van de verkeersstromen. Voor elk van de genoemde problemen moet de definitie van een **optimale snelheid** toelaten de ongewenste effecten van ‘onaangepaste’ snelheden op de weg te verminderen.

De vlotheid van het verkeer op de weg is niet alleen afhankelijk van het verkeersvolume, maar ook van de gemiddelde snelheid en de snelheidsvariaties binnen de verkeersstroom. Een goed beheer van de

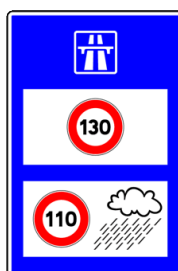
verkeersstromen is dus van cruciaal belang, te meer omdat de files de Europese Unie elk jaar naar schatting 1 tot 2% van haar BBP zouden kosten (van Essen *et al*, 2011). De geraamde kost van files op de autosnelwegen zou variëren van 0,11 euro/voertuigkilometer in landelijk gebied tot 0,56 euro/voertuigkilometer op de stedelijke autosnelwegen (van Essen *et al*, 2011). België blijft niet gespaard van fileproblemen: het land telt het grootste aantal verloren uren in files van alle Europese landen (gemiddeld 51 verloren uren in 2014) (INRIX, 2015). We merken op dat het snelwegverkeer rond Brussel en Antwerpen, vooral gedurende de ochtend- en avondspits, de meeste files vertoont (OESO, 2013).

Meer in het algemeen hebben meerdere studies geprobeerd om, naast de fileproblematiek, de sociale en milieukost te berekenen van de hinder die het wegverkeer veroorzaakt in termen van geld of de kosten en baten die een verandering van de snelheid op de autosnelwegen zou opleveren (zie bv. Vanhove F., 2009). Zo zou de kost van de geluidshinder op de autosnelwegen volgens een Frans ministerieel rapport €0,78/1000 voertuigkilometers tot €22,40/1000 voertuigkilometers bedragen (naargelang men zich in landelijk of zeer dichtbebouwd stedelijk gebied bevindt) (Croc & Le Maître, 2013). De socio-economische kosten van de files en de hinder van het wegverkeer zijn des te groter waar het snelwegennet zich vlakbij of in dichtbevolkte gebieden bevindt. Verkeersongevallen kunnen ook een grote sociale kost vertegenwoordigen. Bijvoorbeeld: de kost van ongevallen in Nederland werd voor 2009 geraamd op ongeveer 2,2% van het BBP van het land (SWOV, 2014; immateriële kosten inbegrepen).

Een aangepast beheer van de snelheid en de verkeersstromen op de autosnelwegen kan een invloed hebben op de ongewenste effecten van het wegverkeer. Terwijl de snelheid van de voertuigen grotendeels afhangt van de infrastructuur, de verkeersomstandigheden en het gedrag van de bestuurders, is de bepaling van een snelheidslimiet een van de meest toegepaste middelen om de snelheid van de voertuigen te controleren en de verkeersstromen te beheren. Deze snelheidslimieten kunnen worden bepaald op een vaste basis of variëren in de tijd: dit laatste is het geval bij variabele snelheidslimieten.

### 3.3 Variabele snelheidslimieten

De **variabele snelheidslimieten** (*Variable Speed Limits - VSL*) verwijzen naar de systemen om de toegelaten maximumsnelheid in de tijd te beheren. De snelheid beheren kan door middel van vooraf bepaalde snelheidslimieten of van dynamische systemen of algoritmes die toelaten een snelheidslimiet te bepalen op basis van verkeersdata die in real time worden vergaard om de verkeersstromen te optimaliseren. De optimalisering van de verkeersstromen is echter niet de enige doelstelling van dergelijke systemen. Naast een verbetering van de mobiliteit, werden de systemen om de snelheid op dynamische wijze te regelen, ook ontwikkeld om verontreinigingspieken op te vangen.

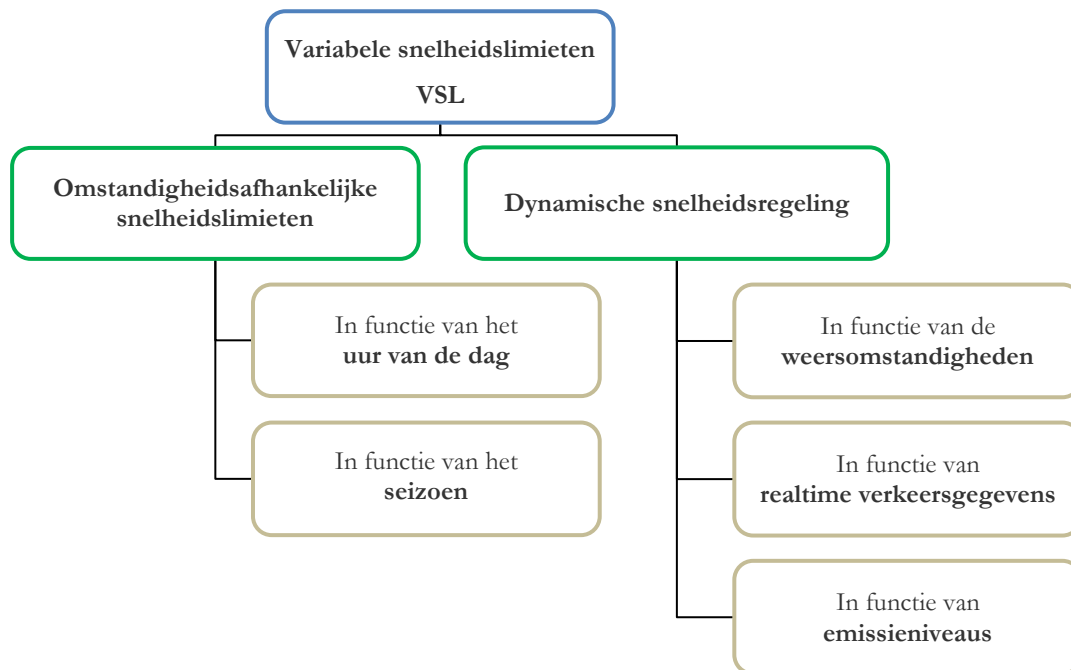


**Figuur 11: voorbeeld van een variabel snelheidsbord in Frankrijk (verkeersbord C25b)**

In de praktijk kunnen variabele snelheidslimieten worden aangegeven met verkeersborden langs de weg. Dat is bijvoorbeeld het geval met verkeersbord C25b (Figuur 11) dat op de Franse autosnelwegen wordt gebruikt en een verschillende snelheidslimiet oplegt bij mooi weer en bij regen. De variabele snelheidslimieten kunnen ook worden aangegeven door middel van **variabele informatieborden (VIB)** (*Variable Message Sign - VMS*). Variabele informatieborden werden officieel geïntroduceerd in het Verdrag van Wenen van 1968 inzake het Wegverkeer (EEG-VN, 2010) en zijn een efficiënt middel om weggebruikers in real time te informeren over de verkeersomstandigheden, ongevallen, het weer of vervuilingsspieken. Ze worden doorgaans met behulp van portalen boven de rijweg aangebracht en worden

ook gebruikt om de toegelaten maximumsnelheden mee te delen. Meerdere lidstaten van de EU passen al met succes de aanpassing van de snelheidslimieten en hun verspreiding via de VIB's toe, in het bijzonder op file- of ongevalgevoelige stukken autosnelweg (Europese Commissie, 2010).

Garcia-Castro & Monzon (2014) onderscheiden twee types systemen om de snelheid te regelen: geplande variabele snelheidslimieten en de **dynamische snelheidsregeling** (DSR). De geplande variabele snelheidslimieten zijn gebaseerd op een vooraf bepaalde kalender of uurrooster terwijl de dynamische snelheidsregeling de toegelaten maximumsnelheid in real time aanpast aan de verkeersomstandigheden, het weer en/of de luchtkwaliteit (zie Figuur 12).



**Figuur 12: rangschikking van de variabele snelheidslimieten (volgens Garcia-Castro & Monzon, 2014).**

Op verschillende autosnelwegen (of stukken autosnelweg) in Europa werden DSR geïnstalleerd (zie hoofdstuk 4). Deze hebben echter niet altijd hetzelfde doel: een verbetering van de mobiliteit van de voertuigen, de veiligheid van de weggebruikers of de luchtkwaliteit.

In het vervolg van dit hoofdstuk bestuderen we het effect van snelheid en de homogenisering van de snelheid op de mobiliteit, het ongevalrisico en het milieu. Vervolgens bestuderen we voor elk van deze problemen de impact van de invoering van variabele snelheidslimieten. Ten slotte worden de voor- en nadelen van de dynamische snelheidsregeling op autosnelwegen samengevat.

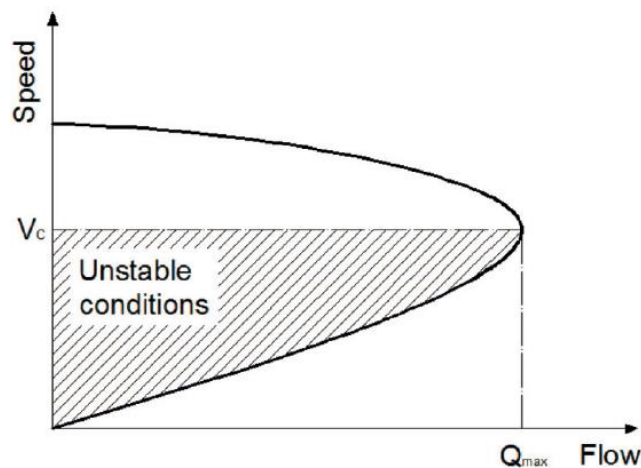
### 3.4 Effecten van snelheid en de homogeniteit van snelheid op de mobiliteit

Het verkeersdebiet is enerzijds afhankelijk van het aantal voertuigen in het verkeer en de capaciteit van het wegennet. De verkeersvraag varieert met de tijd (bijvoorbeeld naargelang het uur van de dag) en kan snel variëren binnen een relatief kort tijdsinterval. Wanneer de verkeersvraag de maximumcapaciteit van het wegennet nadert, steken de fileproblemen de kop op. Het verkeer vertraagt of komt zelfs stil te staan wanneer de verkeersvraag de maximumcapaciteit van het wegennet overschrijdt. Uit de verhouding tussen het verkeersvolume ( $V$ ) en de theoretische maximumcapaciteit van een rijstrook ( $C$ ) kunnen we het



congestieniveau afleiden. Hartgen & Fields (2006) definiëren verschillende congestieniveaus, gaande van een gunstige situatie van vrij verkeer wanneer de weggebruikers theoretisch gezien geen hinder ondervinden van de andere weggebruikers ( $V/C \leq 0,35$ ) tot ongunstige situaties die worden gekenmerkt door een onstabiele verkeersstroom die de verzadigingsdrempel van het net nadert ( $0,90 \leq V/C \leq 1$ ). Een eenvoudige verstoring in de verkeersstroom (zoals een ongeval) kan dus volstaan om een verkeersvraag te creëren die de capaciteit van de weg of rijstrook overschrijdt ( $V/C > 1$ ). De verkeersstroom kan dan met opeenvolgende golven van stilstaand en vertrekkend verkeer te maken krijgen, ook wel ‘stop-and-go’ genoemd.

Anderzijds is ook de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom bepalend voor een vlot verkeer. Meerdere studies (zie bv. U.S. Department of Transportation (2006), Akin *et al.* (2011)) hebben de snelheid vergeleken met de verkeersstroom op basis van experimentele methodes. De verhouding tussen gemiddelde snelheid en verkeersstroom (aantal voertuigen per uur) kan worden uitgedrukt in de vorm van een fundamenteel diagram<sup>4</sup> (zie Papageorgiou *et al.*, 2008). Dit fundamentele diagram, geïllustreerd door Beneš & Přebyl (2014) (Figuur 13) laat toe onder andere de stabiele en onstabiele (wanneer het verkeer vertraagt) verkeersomstandigheden te identificeren.



**Figuur 13: relatie tussen snelheid en verkeersstroom ( $V_c$ = kritieke snelheid en  $Q_{max}$  = maximumverkeersdebiet) en definitie van de instabiele zone van de verkeersomstandigheden (volgens Beneš & Přebyl, 2014).**

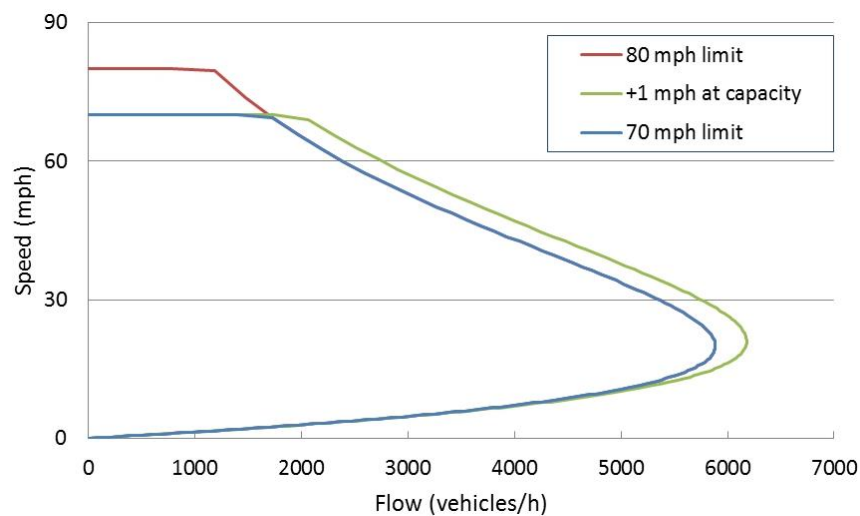
De in Figuur 13 weergegeven curve drukt de relatie uit tussen de verkeersstroom en de rijnsnelheid (in de veronderstelling dat de verkeersomstandigheden niet fundamenteel veranderen in de ruimte en de tijd). Om de relatie tussen de snelheid ( $V$ ) en de verkeersstroom ( $Q$ ) beter te begrijpen, vertrekken we vanuit het punt bovenaan de curve, waar het verkeersdebiet ( $Q$ ) de 0 benadert. In dit precieze geval, zijn de verkeersomstandigheden stabiel. De verkeersdichtheid is laag en de voertuigen passen hun snelheid vrij aan (naargelang de snelheidslimieten). De snelheid van het verkeer is dus maximaal ( $V = V_{max}$ ). Naarmate het verkeersvolume toeneemt, wordt de snelheid van de voertuigen meer en meer bepaald door de aanwezigheid van andere voertuigen op de weg. Voor een zekere verkeersdichtheid en een zekere verkeerssnelheid ( $V_c$ ) bereikt het verkeersdebiet een maximumwaarde ( $Q = Q_{max}$ ). De voertuigen rijden dus aan een zekere snelheid ( $V_c$ ) waarbij de verkeersomstandigheden ‘onstabiel’ worden genoemd omdat het verkeersvolume te groot is en de meeste voertuigen verplicht zijn hun snelheid aan de snelheid van het verkeer aan te passen. Het verkeersdebiet ( $Q$ ) begint dus te verminderen tot het een waarde van bijna 0 bereikt. Op dat moment is het wegennet verzadigd (vertrekpunt).

<sup>4</sup> De relaties tussen snelheid en stroom, snelheid en dichtheid en stroom en dichtheid maken deel uit van de fundamentele diagrammen die in de studie van de verkeersstromen worden gebruikt.

Deze relatie toont aan dat voor een bepaald verkeersdebiet ( $Q$ ) twee verkeerssnelheden mogelijk zijn naargelang de verkeersomstandigheden. We merken op dat de optimalisering van het verkeersdebiet ( $Q_{\max}$ ) slechts wordt bereikt voor één enkele bepaalde verkeerssnelheid ( $V_c$ ). De kritieke snelheid ( $V_c$ ) op de autosnelweg is afhankelijk van talloze parameters zoals het aantal rijstroken, de toegelaten maximumsnelheid of de weersomstandigheden. We merken ten slotte op dat het maximale verkeersdebiet ( $Q_{\max}$ ) afhankelijk is van de capaciteit van het wegennet om een zeker verkeersvolume te absorberen. Een capaciteitsuitbreiding van het wegennet kan dus bijdragen tot betere verkeersomstandigheden. De mobiliteitsomstandigheden worden echter ook bepaald door de toegelaten maximumsnelheid.

In een casestudy in het Verenigd Koninkrijk beweert Heydecker (2011) hierover dat de gunstige effecten van een verhoging van de snelheidslimiet van 70 mph (of ongeveer 113 km/u) naar 80 mph (of bijna 130 km/u) slechts voelbaar zouden zijn qua trajecttijd bij een niet al te dicht verkeer en een zwakke verkeersstroom. Dat kan worden verklaard door het feit dat, buiten deze bijzondere verkeersomstandigheden, de snelheid van voertuigen niet meer wordt bepaald door de toegelaten maximumsnelheid maar door de verkeersomstandigheden. Dit principe wordt geïllustreerd in Figuur 14. Op basis van de relatie tussen snelheid en verkeersstroom zoals beschreven in het fundamentele diagram, toont Figuur 14 wat het effect zou zijn van een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid (rode curve) en wat het verwachte effect zou zijn van een capaciteitsuitbreiding van het wegennet (groene curve).

Hieruit blijkt dat de gunstige effecten van een verhoging van de snelheidslimieten zeer beperkt zijn en geen enkele impact hebben bij een grote verkeersstroom. Als we er echter in slagen de maximumcapaciteit van het wegennet op te trekken, laat dit niet alleen toe de snelheid van de voertuigen in dicht verkeer lichtjes te verbeteren, maar ook de filefenomenen deels te verminderen.



**Figuur 14: relatie tussen snelheid en verkeersstroom (in het geval van een autosnelweg met een snelheidslimiet van 70 mph) en verwachte effecten van een verhoging van de snelheidslimiet en een capaciteitsuitbreiding van het wegennet (Heydecker, 2011).**

Zo betreft Heydecker (2011) dat een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid de fileproblemen niet kan oplossen of de trajecttijd niet kan verbeteren buiten specifieke verkeersomstandigheden (dat wil zeggen bij een zwakke verkeersdichtheid) terwijl ze het ongevalrisico verhoogt<sup>5</sup>.

Een capaciteitsuitbreiding van het wegennet kan dus bijdragen tot betere verkeersomstandigheden. We moeten echter opmerken dat de verkeersvraag, die zich aan een uitgebreide capaciteit van het wegennet

<sup>5</sup> We merken op dat het verband tussen de verkeersveiligheid en de files op de autosnelwegen meermaals werd bestudeerd in de literatuur (zie Marchesini & Weijermars, 2010).

zou kunnen aanpassen, de positieve effecten van deze maatregel op lange termijn kan doen vervagen (Maerivoet S. & Yperman I., 2008). Het gebruik van gegevens over de verkeersomstandigheden in real time en de invoering van een dynamische snelheidsregeling kan de capaciteit van het snelwegennet doen toenemen zonder wegenwerken te vergen (OESO, 2010). We merken op dat slecht weer daarentegen bijdraagt tot een vermindering van de capaciteit (zie Chin SM *et al.*, 2004).

In werkelijkheid is een van de functies van de dynamische snelheidsregeling de vermindering van de snelheidsverschillen tussen de voertuigen in een verkeersstroom. Een maatregel om het aantal voertuigen dat te snel rijdt te beperken laat bijvoorbeeld toe deze snelheidsvariëaties in het verkeer terug te dringen. Deze snelheidsvariëaties zijn echter afhankelijk van talloze factoren zoals het weer of het percentage vrachtwagens in het verkeer (Johnson & Pawar, 2005).

De relatie tussen de variabiliteit van de snelheden (of typeverschil tussen de snelheden) en de gemiddelde snelheid van de verkeersstromen is vrij complex. Golob *et al.* (2004) definiëren naast de curve van het fundamentele diagram (zie Figuur 13) verschillende verkeersregimes. Voor elk van deze regimes wordt de variabiliteit van de snelheden gemeten. Hieruit blijkt dat de variabiliteit van de snelheden bijzonder belangrijk is in onstabiele verkeersomstandigheden (uitgezonderd de uiterste congestiegraad waarbij het verkeer zo goed als stil staat). Bovendien tonen Shankar & Mannering (1998) in hun studie naar de snelheid van voertuigen op de autosnelweg aan dat de variabiliteit van de snelheden op een rijstrook in werkelijkheid enerzijds wordt beïnvloed door de variabiliteit van de snelheden van de naburige rijstroken en anderzijds door de gemiddelde snelheden die op de betrokken rijstrook en op de andere rijstroken worden opgetekend.

De complexiteit van de relaties tussen de harmonisering van de snelheden in een verkeersstroom, de dichtheid van het verkeer en fileverschijnselen werd bijzonder goed geïllustreerd door Sugiyama *et al.* (2008). Deze nam in een voertuigstroom bij vrij verkeer op een ringweg, de overgang waar van een evenwichtige toestand waarin alle voertuigen tegen dezelfde snelheid rijden naar een onstabiele beweging van de voertuigen en het ontstaan van opstoppingen zelfs wanneer er geen enkele hindernis was. Een harmonisering van de snelheden op de weg is dus belangrijk en kan misschien worden bevorderd door een dynamische snelheidsregeling in te voeren.

Naast de capaciteitsuitbreiding van het wegennet, kan de dynamische snelheidsregeling de trajecttijd, de files en de lengte van de files doen afnemen, maar ook het aantal rijstrookwissels.

### **3.5 Effecten van de snelheid en de homogeniteit van de snelheid op de verkeersveiligheid**

#### **3.5.1 Effecten van snelheid**

Het ongevalrisico stijgt significant met de snelheid waarmee voertuigen zich verplaatsen (Aarts & van Schagen, 2006). De snelheid beïnvloedt niet alleen het ongevalrisico maar ook de ernst van de ongevallen. Op de autosnelwegen vormt een te hoge of onaangepaste snelheid bovendien een van de voornaamste oorzaken van dodelijke ongevallen (Slootmans & De Schrijver, 2015). Hoewel de Europese autosnelwegen de veiligste zijn qua ontwerp en regelgeving, verloren op Europese schaal de voorbije tien jaar bijna 27 500 personen het leven op de autosnelweg. Dat is ongeveer 7% van de dodelijke verkeersslachtoffers (ETSC, 2015). De snelheid is niet alleen de voornaamste oorzaak van ongevallen, maar vormt ook een van de belangrijkste factoren die verkeersongevallen ernstiger maken.

De relatie tussen de snelheid en het ongevalrisico werd aangetoond in tal van experimentele studies. De meeste van deze studies stellen vast dat er een duidelijk verband is tussen de verhoging van de snelheid en de toename van het aantal en de ernst van ongevallen. Elvik (2005) heeft in een grote literatuurstudie bovendien het bestaan bevestigd van een oorzakelijk verband tussen snelheid en het ongevalrisico.

Het doorgaans gebruikte referentiemodel om dit verband te berekenen is het 'Power Model' van Nilsson. Het model beschrijft de relatie tussen een wijziging in de gemiddelde snelheid van het verkeer en een wijziging in de ongevallen- en verkeersslachtoffercijfers (Elvik, 2009). Deze kan als volgt worden samengevat: een verhoging van de gemiddelde snelheid van het verkeer met 1% brengt een toename teweeg van het aantal letselgevallen met 2%, ernstige ongevallen met 3% en dodelijke ongevallen met

4% (Elvik *et al.*, 2004). Dit empirische model werd getest en blijkt vooral van toepassing voor ongevallen op snelle wegen, in het bijzonder op de autosnelwegen (Cameron & Elvik, 2010). Tabel 4 illustreert dit principe naargelang de verschillende snelheden met een gemiddelde verhoging van de gemiddelde snelheid met 1 km/u.

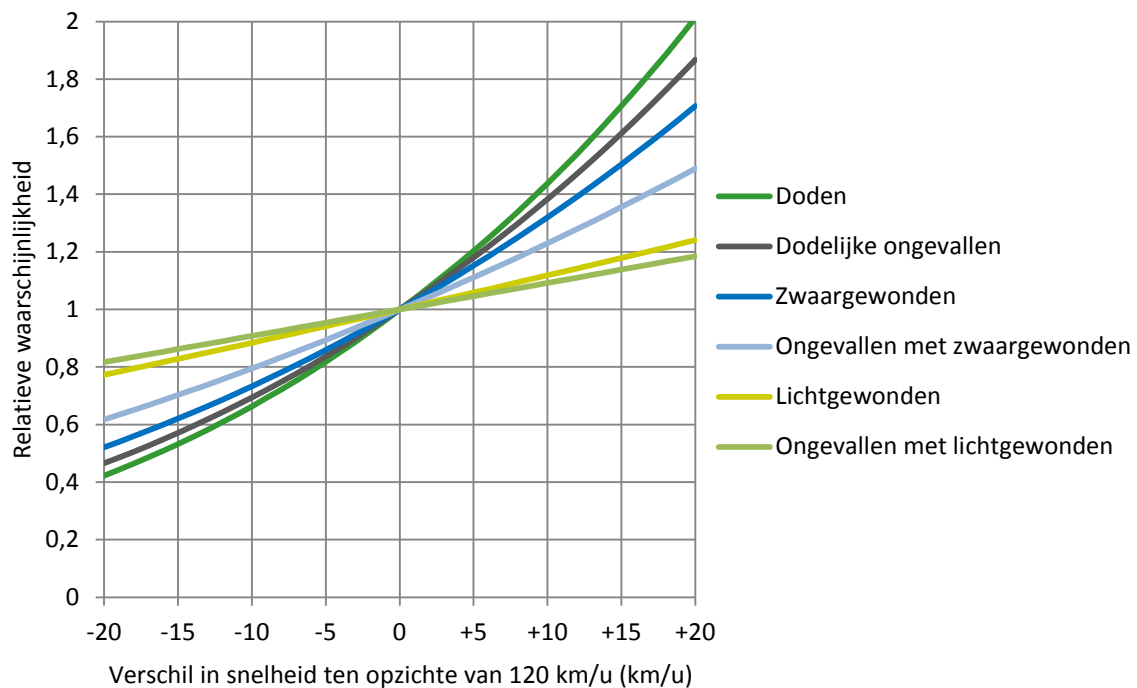
**Tabel 4: effect van de verhoging van de gemiddelde snelheid met 1 km/u op de ongevallencijfers volgens het model van Nilsson (Power Model).**

Referentiesnelheid:	50 km/u.	70 km/u.	80 km/u.	90 km/u.	100 km/u.	120 km/u.
<b>Letselongevallen</b>	4,0 %	2,9 %	2,5 %	2,2 %	2,0 %	1,7 %
<b>Ongevallen met doden en gewonden</b>	6,1 %	4,3 %	3,8 %	3,4 %	3,0 %	2,5 %
<b>Dodelijke ongevallen</b>	8,2 %	5,9 %	5,1 %	4,5 %	4,1 %	3,3 %

Bron: Aarts & van Schagen, 2006

Volgens Tabel 4 heeft de verhoging van de gemiddelde snelheid met 1 km/u dus minder effect op de ernst van ongevallen op de autosnelweg dan op wegen met een snelheidslimiet van 50 km/u. De overgang van een gemiddelde snelheid van 120 km/u naar een gemiddelde snelheid van 121 km/u op de autosnelweg doet het aantal dodelijke ongevallen echter met meer dan 3% toenemen. Dit percentage bedraagt 18% wanneer de snelheid met 5 km/u toeneemt.

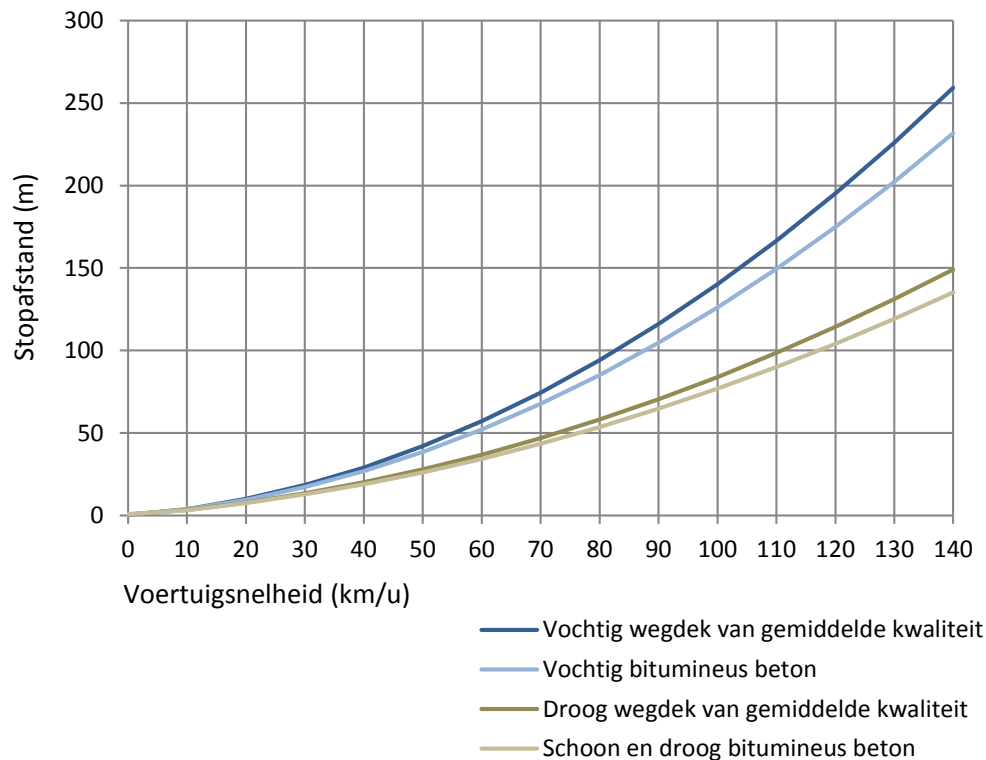
Aan de hand van het Power Model kunnen we dus het effect inschatten van een verhoging of verlaging van de snelheid op de autosnelweg op het vlak van risico op ongevallen, letsels en overlijden, ervan uitgaande dat de andere factoren constant blijven (kenmerken van de weg, verkeer, weer, enz.). Zo verhoogt een gemiddelde verkeerssnelheid van 130 km/u tegenover 120 km/u het risico op ongevallen met lichtgewonden met 9%, op ongevallen met zwaargewonden met 23%, op dodelijke ongevallen met 38% en het risico op overlijden met 44%. Dit wordt geïllustreerd in de grafiek in Figuur 15 die de impact van een snelheidsvariatie van het verkeer op het risico op ongevallen, letsels en overlijden vergelijkt met een referentiesnelheid van 120 km/u.



**Figuur 15: variatie van de kans op een ongeval, letsels en overlijden ten opzichte van een snelheid van 120 km/u (berekend volgens het Power Model).**

De snelheid is over het algemeen niet de enige factor die meespeelt in de kans op of ernst van een ongeval, maar is toch een van de voornaamste oorzaken of een verzwarende factor van ongevallen. Hiervoor worden talloze redenen geopperd. Een hogere snelheid verkleint namelijk enerzijds de gezichtshoek en vergroot anderzijds de totale stopafstand. Hoe groter de snelheid bij een ongeval, bovendien, hoe harder de klap en hoe ernstiger het ongeval. Meerdere studies hebben de snelheid in verband gebracht met de gezichtshoek en de totale stopafstand. Bij stilstand is de gezichtshoek van de bestuurder bijvoorbeeld optimaal, maar hij neemt af naarmate de snelheid toeneemt: bij 70 km/u bedraagt hij 75°, bij 100 km/u nog 45° en bij 130 km/u nog slechts 30° (DSCR, 2007).

Ook de totale stopafstand van een voertuig is afhankelijk van de snelheid. Hij wordt enerzijds bepaald door de reactietijd die de bestuurder nodig heeft om te beginnen remmen, en anderzijds door de remafstand. Hij is ook afhankelijk van factoren zoals de eigenschappen van de weg, de aandacht van de bestuurder en de kwaliteit en slijtage van de banden (Dabin *et al.*, 2013). Meerdere studies hebben toegelaten deze afstanden te vergelijken. Vetet & Giausserand (2006) gebruiken in hun studie naar de geometrische eigenschappen van de wegen de volgende empirische formule om de totale stopafstand van voertuigen te berekenen: totale stopafstand = reactieafstand + remafstand. Daarbij is de remafstand afhankelijk van de snelheid, de versnelling van de zwaartekracht en de longitudinale wrijvingscoëfficiënt van de weg (ook hechtingscoëfficiënt genoemd). Volgens deze formule en in de veronderstelling dat de reactietijd gelijk is aan 1 seconde, stelt Figuur 16 de relatie voor tussen snelheid en totale stopafstand volgens verschillende categorieën van wegdek.

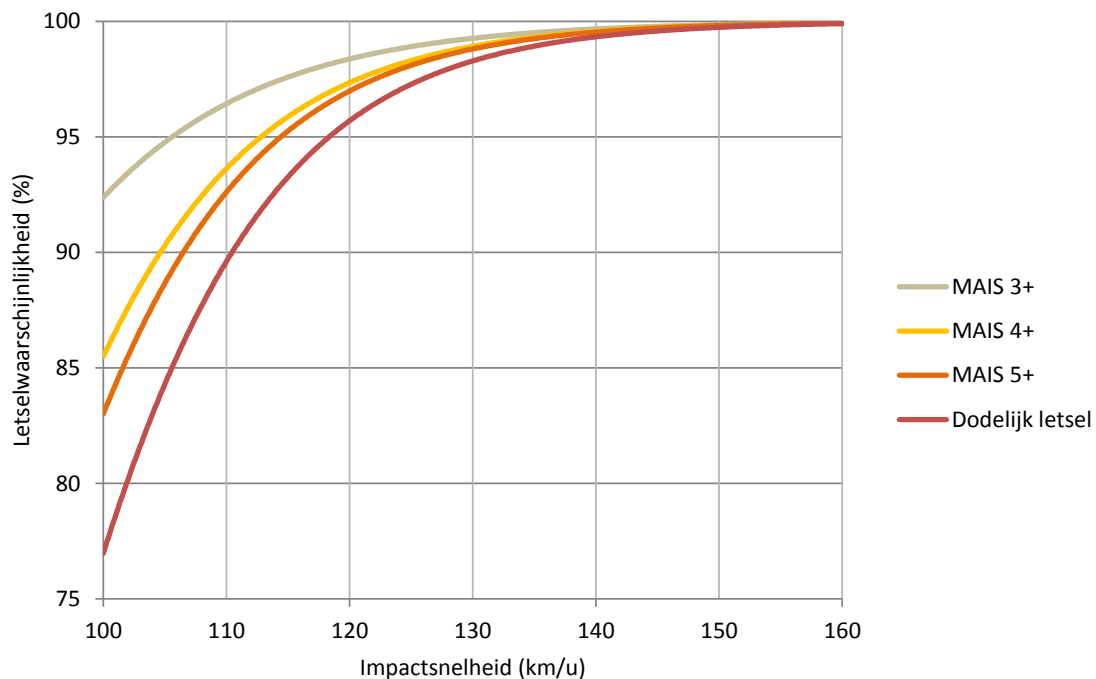


**Figuur 16: totale stopafstand naargelang de snelheid voor verschillende categorieën van wegdek, rekening houdend met een reactietijd van één seconde (naar Vertet & Giausserand, 2006).**

De relatie tussen snelheid en totale stopafstand geeft dus bijvoorbeeld aan dat de totale stopafstand bij een versnelling van 120 km/u naar 130 km/u met ongeveer 16 m toeneemt op een droog wegdek en met ongeveer 30 m op een nat wegdek. Op de autosnelweg is de afstand die nodig is om tot stilstand te komen dus 50% langer op een natte weg. Ongeacht het feit dat een beperkte zichtbaarheid het ongevalrisico bij regenweer kan doen toenemen (SWOV, 2012), kan deze vaststelling dus minstens gedeeltelijk een aanpassing van de snelheid naargelang de weersomstandigheden rechtvaardigen.

Hoe zit het met de ernst van de ongevallen bij een botsing? Zoals reeds eerder vermeld: hoe hoger de snelheid, hoe harder de klap en hoe ernstiger het eventuele ongeval. Recente studies zoals die van het U.S. Department of Transportation (2005), Rosén & Sander (2009) of Richards (2010) gebruiken logistische functies om de relatie tussen de botssnelheid en de ernst van de ongevallen te beschrijven. De logistische functies, waarvan de representatieve curve een S-vorm heeft, zijn bijzonder geschikt om deze relatie tussen de botssnelheid (in tegenstelling tot de verkeerssnelheid) en de ernst van ongevallen te beschrijven (Elvik, 2009).

Figuur 17 stelt volgens de logistische functies de waarschijnlijkheid van een letsel voor per ernstniveau in functie van een botssnelheid van meer dan 100 km/u (toppen van de S-curve). De ernstgraad van de verwondingen kan worden bepaald aan de hand van de AIS-schaal (*Abbreviated Injury Scale*). Deze telt 6 ernstniveaus gaande van lichte verwondingen (niveau 1) tot dodelijke letsels (niveau 6). De MAIS-score (*Maximum Abbreviated Injury Scale*) vertaalt de maximale AIS-score van een slachtoffer met een of meerdere letsels. De categorie MAIS 3+ bevat alle gewonden met een MAIS-score van minstens 3. De MAIS-niveaus 3, 4 en 5 die worden weergegeven in Figuur 17, komen respectievelijk overeen met ernstige, zware en kritieke letsels (Nuyttens & Van Belleghem, 2014).



**Figuur 17: waarschijnlijkheid van een letsel per ernstgraad in functie van de botssnelheid (naar de U.S. Department of Transportation, 2005).**

Figuur 17 leert ons dat een botssnelheid van 110 km/u een waarschijnlijkheid van overlijden van 90% inhoudt. Deze waarschijnlijkheid neemt toe tot 96% voor een botssnelheid van 120 km/u en benadert de 100% voor snelheden van meer dan 130 km/u.

Welke impact heeft een wijziging van de toegelaten maximumsnelheid op de veiligheid van de weggebruikers? Het effect van een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid vertaalt zich over het algemeen in een verhoging van de gemiddelde snelheid van de voertuigen. Omgekeerd leidt een verlaging van de toegelaten maximumsnelheid doorgaans tot een lagere gemiddelde voertuigsnelheid. In werkelijkheid is de gemiddelde snelheid op de autosnelweg niet alleen afhankelijk van de snelheidslimieten maar ook van andere factoren zoals het weer, de snelheidscontroles en het verkeersdebiet. We herinneren eraan dat deze laatste factor de mogelijkheid om aan een 'vrije' snelheid te rijden bepaalt of wordt beïnvloed door de verkeersomstandigheden. Deze relatie tussen gemiddelde snelheid en verkeersstroom werd overigens uitvoerig bestudeerd in de wetenschappelijke literatuur (zie bv. Papageorgiou *et al.* (2008), Duret (2014)).

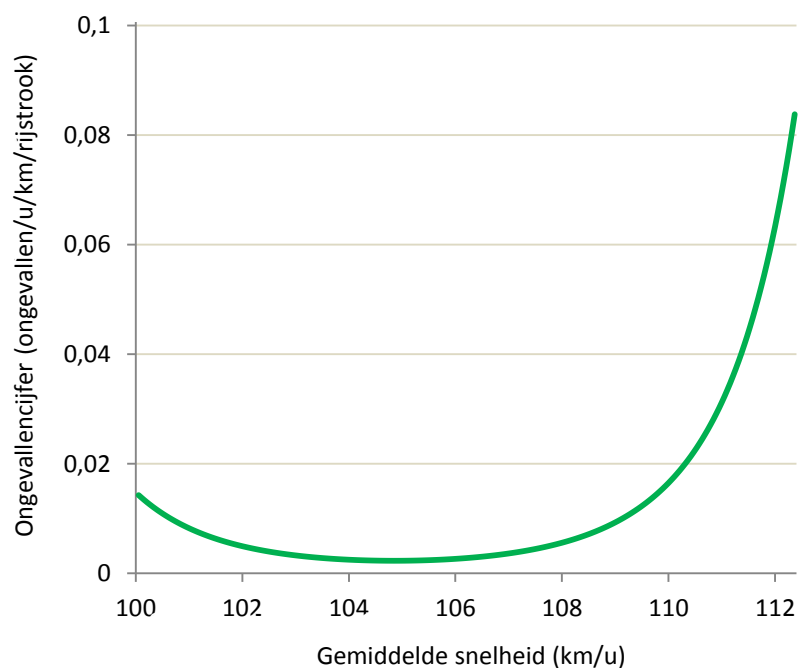
Een van de voornaamste eigenschappen van de verkeersstromen betreft de homogeniteit (of heterogeniteit) van de voertuigsnelheden. Voor een bepaald verkeersvolume en naargelang de gereden snelheden kan een verkeersstroom van stabiel naar onstabiel gaan. Dat kan de vlotheid van het verkeer wijzigen en vertragingen veroorzaken of zelfs het ongevalrisico doen toenemen.

### 3.5.2 Effecten van de variabiliteit van de snelheden

Heel wat studies opperen dat het aantal verkeersongevallen meer te maken heeft met de variabiliteit van de snelheden in de verkeersstroom dan met de snelheid zelf (zie Baruya A. (1997), Kloeden *et al.* (1997) en Elvik *et al.*, (2004)). Solomon (1964), Munden (1967) en Cirillo (1968) waren bij de eersten om dit fenomeen te beschrijven door de afwijking van de snelheden te vergelijken met een gemiddelde snelheid in een verkeersstroom (d.w.z. een typisch snelheidsverschil) en de ongevalcijfers. Zo kwamen ze tot een

U-curve die het volgende toont: hoe meer de snelheden van de gemiddelde voertuigsnelheid afwijken, hoe hoger het ongevalrisico. Dit fenomeen, dat Elvik (2009) recenter beschreef, kan ook worden verklaard aan de hand van de volgende formule: wanneer voertuigen tegen dezelfde snelheid in dezelfde richting rijden op een weg met meerdere rijstroken, is een botsing onmogelijk (de voertuigen die in de tegenovergestelde richting rijden buiten beschouwing gelaten). Alleen een variatie van de snelheden tussen de voertuigen kan een zekere toenadering tussen de voertuigen teweegbrengen en het risico op een botsing doen toenemen.

In hun studie naar het effect van de snelheid en de verkeersstromen op de ongevallencijfers op de autosnelwegen in Virginia (VS), vergelijken Garber & Ehrhart (2000) meerdere mathematische modellen die de ongevallencijfers kunnen vergelijken met meerdere parameters, waaronder de variabiliteit van de snelheden op de autosnelweg. Op basis van verslagen van ongevallen en snelheidsgegevens (gemiddelde snelheden, typische snelheidsafwijkingen en verkeersstromen) is het multivariate regressiemodel het model bij uitstek om de gezamenlijke effecten van de snelheidsvariaties en de verkeersstromen op de ongevallencijfers te beschrijven. Figuur 18 stelt volgens een multivariaat regressiemodel de relatie voor tussen de ongevallencijfers en de gemiddelde snelheid op een weg met een snelheidslimiet van 105 km/u, een typeafwijking van de snelheden ( $\sigma$ ) van 9,5 km/u en een verkeersstroom ( $\varphi$ ) van 790 voertuigen per uur.



**Figuur 18: aantal ongevallen in functie van de gemiddelde snelheid op een weg met een snelheidslimiet van 105 km/u (voor  $\sigma = 9,5$  km/u en  $\varphi = 790$  v/uur) (naar Garber & Ehrhart, 2000).**

De curve in Figuur 18 (U-vormige curve) geeft aan dat de ongevallencijfers eerst licht afnemen wanneer de gemiddelde snelheid toeneemt. Vervolgens stagneren de ongevallencijfers wanneer de gemiddelde snelheid de snelheidslimiet nadert en stijgen ze opnieuw voor hogere snelheden. Volgens het model<sup>6</sup> tonen Garber & Ehrhart (2000) dat bij een gelijke verkeersstroom ( $\varphi = 790$  v/uur), hoe hoger de variabiliteit ( $\sigma$ ) hoe meer de ongevallencijfers toenemen wanneer we naar hogere snelheden gaan dan

<sup>6</sup> Garber & Ehrhart (2000) vermelden dat de ongevallencijfers niet alleen afhankelijk zijn van elk van de onafhankelijke variabelen, maar wel van een complexe interactie tussen de onafhankelijke variabelen. Het model moet al deze variabelen in rekening brengen, in vergelijking met andere modellen die zijn gebaseerd op één enkele snelheidsparameter, zoals het model van Nilsson.



toegelaten (105 km/u). Hoe kleiner de variabiliteit van de snelheden in het verkeer, daarentegen, hoe minder snel de ongevallencijfers toenemen.

De relatie tussen voertuigsnelheid en ongevallencijfers zoals weergegeven in Figuur 18 is van toepassing in het precieze geval van een autosnelweg met een snelheidslimiet van 105 km/u en voor een wel bepaalde snelheidsvariabiliteit en verkeersdebiet. Deze relatie wordt door al deze parameters bepaald en kan dus min of meer variëren van autosnelweg tot autosnelweg (we merken op dat de snelheidslimieten zowel in Europa als in de Verenigde Staten soms verschillen van staat tot staat en voor sommige voertuigcategorieën zijn aangepast).

Deze relatie toont dus dat, naast de gereden gemiddelde snelheid, de graad van homogeniteit (of heterogeniteit) van de snelheden in de verkeersstroom een niet te verwaarlozen rol speelt in de ongevallencijfers. De homogenisering van de voertuigsnelheden op de autosnelweg laat dus toe het veiligheidsniveau van de weggebruikers te verbeteren.

### 3.6 Effecten van de snelheid en de homogeniteit van de snelheid op het milieu

#### 3.6.1 Inleiding

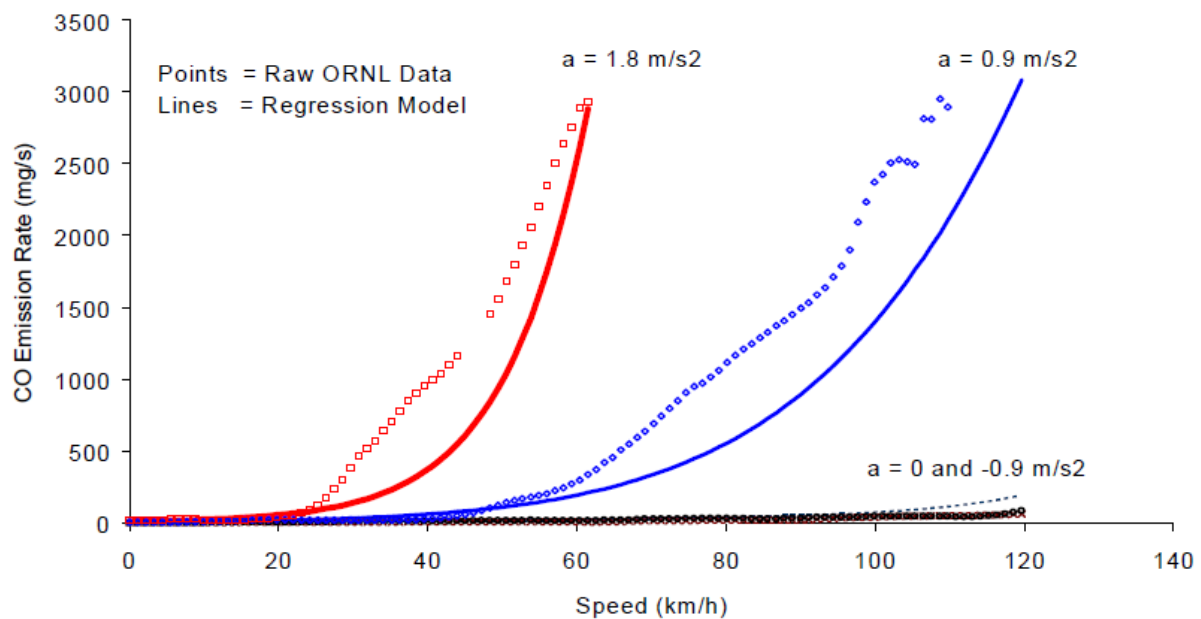
Het autoverkeer beïnvloedt het milieu op meerdere wijzen. Het autoverkeer veroorzaakt een ernstige luchtverontreiniging (door de uitstoot van koolstofmonoxide, stikstofoxide en fijn stof, bijvoorbeeld), stoot broeikasgassen uit (CO<sub>2</sub>) en vormt een belangrijke bron van geluidshinder.

De voertuigsnelheid is een van de factoren die de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen kunnen beïnvloeden. De geluidshinder die het verkeer veroorzaakt, is ook afhankelijk van de snelheid van de voertuigen op de weg. In de volgende punten proberen we de impact van de voertuigsnelheid op de verschillende vormen van verontreiniging te beschrijven.

#### 3.6.2 Impact van de snelheid op de uitstoot van CO<sub>2</sub> en luchtverontreinigende stoffen

De gemiddelde snelheden en de snelheidsvariaties van de voertuigen zijn twee factoren die het brandstofverbruik en dus ook de uitstoot van broeikasgassen en fijn stof kunnen beïnvloeden. De uitstoot van broeikasgassen en fijn stof stemt tot grote bezorgdheid. Het wegverkeer is namelijk verantwoordelijk voor ongeveer 10% van alle uitstoot van broeikasgassen in de wereld (IPCC, 2014). Bovendien behoren de verontreinigende stoffen zoals fijn stof, koolstofmonoxide en stikstofdioxide tot de meest schadelijke verontreinigende stoffen voor de gezondheid (WGO, 2016).

Ahn *et al.* (2002) hebben op basis van mathematische modellen het verbruik en de emissie van voertuigen bestudeerd in functie van de snelheid en de versnelling. Ongeacht de variabelen die de uitstoot van voertuigen kunnen beïnvloeden (motor, katalysator, airconditioning enz.), d.w.z. rekening houdend met een typevoertuig, toont het model dat Ahn *et al.* (2002) ontwikkelden, dat de uitstoot van koolwaterstoffen (HC) en koolstofmonoxides (CO) toeneemt met de snelheid. Bovendien is deze uitstoot van HC en CO voor een bepaalde voertuigsnelheid groter naarmate de versnelling (a) van de voertuigen groter wordt (zie Figuur 19). Deze onderlinge verbanden werden overigens ook vastgesteld voor de emissie van stikstofoxide (NO<sub>x</sub>) die snel toeneemt met de versnelling (Rakha *et al.*, 2000).



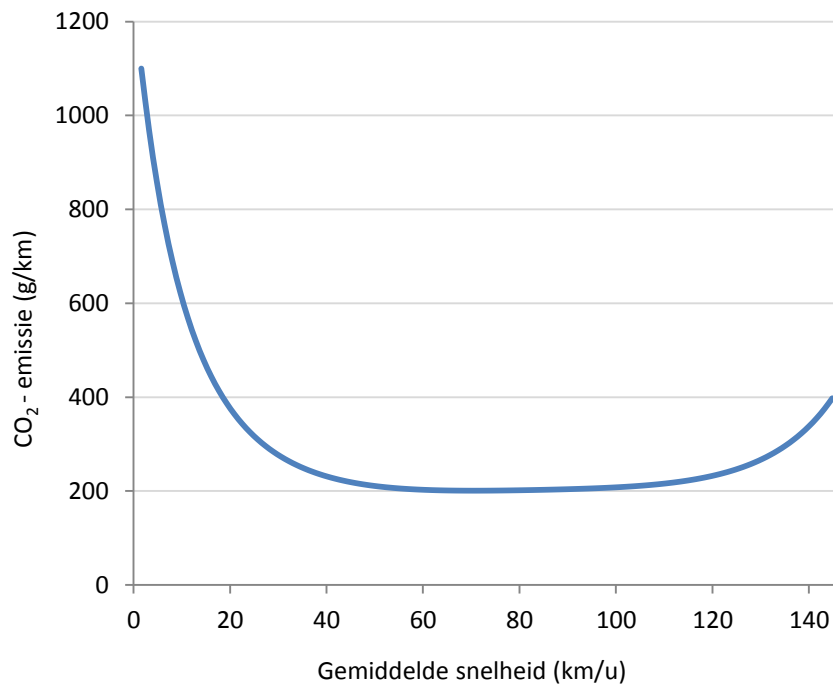
**Figuur 19: regressiecurve van de uitstoot van koolstofmonoxide (CO) in functie van de snelheid (km/u) en de versnelling van een voertuig (m/s<sup>2</sup>) (volgens Rakha *et al.*; 2000).**

Koolstofmonoxide (CO) blijkt de giftige verontreinigende stof die het overvloedigst aanwezig is in de uitlaatgassen van rijdende wagens (Ruidavets & Ferrières, 2007). Figuur 19 geeft aan dat bij een constante snelheid ( $a=0$ ), de CO-uitstoot ongeveer evenredig stijgt met de snelheid. Bij een snelheid van 120 km/u bereikt deze uitstoot bijna 200 mg/s. Als we de verschillende uitstootcurves bekijken, kunnen we vaststellen dat rijden aan een constante snelheid een veel lagere CO-uitstoot teweegbrengt dan rijden aan een onregelmatige snelheid.

De uitstoot van koolstofdioxides (CO<sub>2</sub>), die, in tegenstelling tot koolstofmonoxide van nature aanwezig zijn in de atmosfeer, stemt tot grote bezorgdheid gezien hun bijdrage aan de opwarming van het klimaat. CO<sub>2</sub> wordt gegenereerd door de motoren van voertuigen die zijn uitgerust met een katalysator: deze voorkomt de omzetting van schadelijke elementen zoals NO en CO die bij de onvolledige verbranding van de brandstoffen ontstaan. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die in de atmosfeer wordt uitgestoten is rechtstreeks verbonden met het brandstofverbruik (Woensel & de Kok, 2012).

Aan de hand van het model dat de versnelling en de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen met elkaar in verband brengt (zie Figuur 19) hebben we kunnen vaststellen dat de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen veel minder afhangt van de snelheid dan van de versnelling. Zo zal achtereenvolgens vertragen en versnellen de uitstoot van verontreinigende stoffen veel meer versterken dan de gemiddelde snelheid. Rijden met veel stop-and-go's vinden we vooral terug op wegen met veel files. Met andere woorden: op schaal van alle wegverkeer is de relatie tussen snelheid en de emissie van verontreinigende stoffen afhankelijk van de gemiddelde snelheden maar vooral van de opeenvolgende versnellingen en vertragingen.

Barth & Boriboonsomsin (2008) hebben aan de hand van modellen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te voorspellen op basis van reële verkeersomstandigheden, de hoeveelheid geproduceerde CO<sub>2</sub> per afstandseenheid berekend in functie van de gemiddelde snelheid van het verkeer (met de autosnelwegen in het zuiden van Californië, VSA, als voorbeeld). Deze relatie tussen de hoeveelheid uitgestoten koolstofdioxide en de gemiddelde voertuigsnelheid wordt weergegeven in Figuur 20.



**Figuur 20: relatie tussen de hoeveelheid uitgestoten koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) en de gemiddelde voertuigsnelheid (naar Barth & Boriboonsomsin, 2008).**

De curve is U-vormig en geeft aan dat de hoeveelheid uitgestoten CO<sub>2</sub> per kilometer hoog is bij lage én hoge gemiddelde snelheden. Bij lage snelheid, in de typische verkeersomstandigheden van een gecongestioneerde autosnelweg, zijn de hoge CO<sub>2</sub>-emissies (voor zover deze per eenheid van afgelegde afstand zijn uitgedrukt) niet alleen te verklaren door de opeenvolgende fasen van versnellen en afremmen, maar ook door het feit dat de voertuigen slechts een korte afstand afleggen: de CO<sub>2</sub>-uitstoot per kilometer bereikt dan zeer hoge waarden (aangezien deze theoretisch onbeperkt is wanneer de voertuigen stilstaan; er zou dus een onbepaalde tijd nodig zijn aan 0 km/u om 1 km af te leggen) (Barth & Boriboonsomsin, 2008). Wanneer de voertuigen daarentegen tegen veel hogere snelheden rijden, neemt de belasting van de motor toe. Dat doet het brandstofverbruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot per afgelegde afstand toenemen (Barth & Boriboonsomsin (2008), Woensel & de Kok (2012)).

Zo blijkt uit dit model een significante toename van de uitstoot van koolstofdioxide wanneer de weg gecongestioneerd is (zie snelheden van minder dan 20 km/u in Figuur 20). De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wordt uitgestoten wanneer de gemiddelde snelheid van het verkeer 10 of 20 km/u bedraagt, kan 2 tot 3 maal hoger zijn dan bij een gemiddelde snelheid van 90 km/u. Bovendien zou, nog steeds volgens de relatie die in Figuur 20 wordt uitgedrukt, de overgang van een gemiddelde snelheid van 120 naar 130 km/u de uitstoot van koolstofdioxide met 15% doen toenemen. Bij een verlaging van de gemiddelde verkeerssnelheid van 120 naar 90 km/u, daarentegen, zou de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 12% kunnen afnemen.

Volgens een studie van Degraeuwe *et al.* (2012) op een stuk autosnelweg tussen Luik en Antwerpen, zou een verlaging van de gemiddelde verkeerssnelheid van 120 naar 90 km/u de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 17,5 g/km doen afnemen (dat is een vermindering van 8,4% tegenover 12% volgens het model van Barth & Boriboonsomsin, 2008). De raming van de variaties in de CO<sub>2</sub>-uitstoot in functie van de snelheid varieert gevoelig van de ene studie tot de andere. Dat is te wijten aan de diversiteit aan parameters die in de verschillende studies in overweging worden genomen (type gebruiker, capaciteit van het wegennet enz.) en bepaalde regionale bijzonderheden (type infrastructuur, voertuigeigenschappen, aandeel zwaar verkeer<sup>7</sup>

<sup>7</sup> De CO<sub>2</sub>-uitstoot van zwaar verkeer wordt namelijk minder beïnvloed in geval van een vermindering van de toegelaten maximumsnelheid van 120 naar 90 km/u.

enz.) die in de modellen in rekening worden gebracht. Aangezien op onze autosnelwegen elk jaar ongeveer 38,5 miljard kilometers worden gereden<sup>8</sup> en met de verhoudingen die worden voorgesteld in Degraeuwe *et al.* (2012) zou de verlaging van de gemiddelde verkeerssnelheid van 120 naar 90 km een jaarlijkse vermindering van ongeveer 670 000 ton CO<sub>2</sub> teweegbrengen. Naast de vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot zou deze snelheidslimiet ook leiden tot een verminderde uitstoot van andere luchtverontreinigende stoffen zoals NO<sub>x</sub> (-26,9%) en fijn stof (PM<sub>10</sub>) (Degraeuwe *et al.*, 2012).

### 3.6.3 Impact van de snelheid op de geluidshinder

Naast de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen, vormt ook het geluid een belangrijke bron van hinder die met het autoverkeer in verband kan worden gebracht. De twee voornaamste bronnen van geluidshinder zijn enerzijds het geluid van de motor en anderzijds het geluid dat de banden voortbrengen in contact met de weg (Robertson *et al.*, 1998). Beide bronnen van geluidshinder worden beïnvloed door de snelheid en het type rijgedrag (maar ook door andere factoren, zoals de bekleding van het wegdek). De relatie tussen snelheid en de intensiteit van het geluid is vrij complex. Het motorgeluid wordt namelijk sterk beïnvloed door het schakelen (Robertson *et al.*, 1998), dat vooral bij lage snelheid domineert. Het geluid van het contact van de banden met de weg heerst dan weer bij hoge en middelmatige snelheden (FEHRL, 2006). Wanneer we deze twee effecten samenvoegen, neemt de geluidsintensiteit over het algemeen toe met de snelheid (met dien verstande dat de blootstellingstijd bij hogere snelheid korter is) en met de versnellingen (Robertson *et al.*, 1998).

## 3.7 Effect van de dynamische variabele snelheden op de veiligheid, de mobiliteit en het milieu

De modellen die in de wetenschappelijke literatuur worden beschreven en zijn ontwikkeld om de effecten van de snelheid of van de snelheidsvariaties te meten op de veiligheid, de mobiliteit of het milieu, zijn doorgaans complex en nemen meestal meerdere parameters in overweging (zie bv. Ligterink *et al.* (2016), Ahn K. (2002), Geistefeldt J. (2011), Barlow T.J. & Boulter P.G. (2009), Duret, A. (2014)). Deze parameters verschillen van aard en vergen gegevens over de snelweginfrastructuur (bv.: aantal rijstroken, aanwezigheid van op- of afritten enz.), het autoverkeer (bv.: type gebruikers en voertuigen, spreiding van de voertuigen over het wegennet, niveau van brandstofverbruik enz.) of de geldende wetgeving (toegelaten maximumsnelheid).

De meeste modellen tonen aan dat naast de gemiddelde snelheid, de snelheidsvariatie binnen een verkeersstroom een doorslaggevende rol speelt, zowel qua veiligheid van de weggebruikers als qua mobiliteit en milieu. De analyse van de effecten van de snelheid en de snelheidsvariaties op deze aspecten benadrukt het belang om een homogene snelheid van de voertuigen in het verkeer op de autosnelwegen te bevorderen (te meer bij zeer intens verkeer). De homogenisering van de snelheden kan mogelijk worden gemaakt door variabele snelheidslimieten (VSL) (Garcia-Castro & Monzon, 2014), in het bijzonder door de dynamische snelheidsregeling die toelaat de snelheid van de voertuigen aan te passen aan de reële verkeersomstandigheden. Deze systemen voor een dynamische snelheidsregeling kunnen bijdragen tot een vlotter verkeer door de gebruikers aan te zetten tot meer homogene snelheden die beter aangepast zijn aan het beoogde doel. De analyse van de effecten van snelheid en de homogeniteit van de snelheden op de eerder beschreven aspecten van veiligheid, mobiliteit en milieu, leren ons het volgende:

- Op het vlak van mobiliteit heeft een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid slechts weinig invloed op de verkeersomstandigheden (tenminste bij een hoge verkeersdichtheid en een voldoende groot verkeersdebiet) en biedt ze geen efficiënte oplossing voor het fileprobleem. Een verhoging van de snelheidslimiet kan echter wel een gunstig effect hebben op de vermindering

---

<sup>8</sup> In 2015 werden op de Belgische autosnelwegen 38,5 miljard kilometers gereden (volgens de FOD Mobiliteit en Vervoer, 2016) en dat aantal neemt nog steeds toe.

van de trajecttijden<sup>9</sup>, maar alleen bij weinig verkeer en een laag verkeersdebiet. We herinneren echter aan de negatieve impact die deze maatregel heeft op de veiligheid van de weggebruikers. Een homogenisering van de snelheden zou wel bijdragen tot een betere verkeersstroom, een hogere capaciteit van het wegennet en dus tot de beperking van de fileproblemen.

- Een sneller autoverkeer verhoogt het risico op en de ernst van ongevallen. Een verlaging van de toegelaten maximumsnelheid en een homogenisering van de snelheden verminderen het ongevalrisico. Deze stelling werd bevestigd aan de hand van verschillende modellen, zoals we eerder beschreven. Want: hoe variabelere de snelheden in een verkeersstroom, hoe hoger de ongevalcijfers. En: hoe groter het verschil tussen de gemiddelde snelheid van de voertuigen en de snelheidslimiet, hoe meer ongevallen.
- Naast de veiligheids- en mobiliteitsaspecten, speelt de gemiddelde verkeerssnelheid ook een niet te verwaarlozen rol in de uitstoot van broeikasgassen en verontreinigende stoffen. Het verkeer op de autosnelweg beneden een bepaalde snelheidsdrempel zou de CO<sub>2</sub>-uitstoot tot een minimum herleiden (buiten de files). Bij snelheden die een bepaalde drempel overschrijden, stijgen de CO<sub>2</sub>-emissies exponentieel met de snelheid. De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen zoals NO<sub>2</sub> en fijn stof zouden op dezelfde wijze evolueren. Nog meer dan de gemiddelde snelheid is de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen vooral afhankelijk van het achtereenvolgens versnellen en afremmen van de voertuigen. Dat bewijst nogmaals het belang van een harmonisering van de voertuigsnelheden in de verkeersstroom.

Uit verschillende casestudies in Europa leiden Garcia-Castro & Monzon (2014) meerdere effecten af van de invoering van een dynamische snelheidsregeling op de autosnelwegen. Deze effecten betreffen meerdere variabelen die betrekking hebben op de veiligheid, de mobiliteit en het milieu (Tabel 5).

**Tabel 5: effecten van de invoering van een dynamische snelheidsregeling op de autosnelwegen (naar Garcia-Castro & Monzon, 2014).**

Referentie	Casestudie	Variabele(n)	Effecten
<b>Mobiliteit</b>			
Makarewicz & Galuszka, 2011	Simulatie	Typisch verschil van de gemiddelde snelheid	naargelang de scenario's
Zhicai <i>et al.</i> , 2004	Simulatie	Verkeersvolume Trajecttijd Lengte van de files Aantal stilstanden	variabel
Hegy <i>et al.</i> , 2005	Simulatie	Totale trajecttijd	-21,0%
Hoogendoorn, 1999	Simulatie	Capaciteit	+2%
Highways Agency, 2004	M25, Verenigd Koninkrijk	Debiet	+1,5%
Nissan & Bang, 2006	E4, Stockholm	Rijstrookwissels	-50%
ECMT, 2007	A7, Frankrijk	Congestie	tussen -16% en -40%
<b>Verkeersveiligheid</b>			
Lee <i>et al.</i> , 2007	Simulatie	Ongevalrisico	-25%
Robinson, 2000	Duitsland	Ongevalcijfers	-20%
Highways Agency, 2004	M25, Verenigd Koninkrijk	Schade	-20%
ECMT, 2007	A7, Frankrijk	Aantal ongevallen	tussen -10% en -20%
<b>Milieu</b>			

<sup>9</sup> Volgens de minister van Vervoer in Nederland zou een verhoging van de snelheidslimiet van 120 naar 130 km/u de totale trajecttijd met 8% doen afnemen (van Benthem, 2015).

Zegeye <i>et al.</i> , 2010	Simulatie	Totale uitstoot	-35%
Highways Agency, 2004	M25, Verenigd Koninkrijk	Uitstootniveau	tussen -2% en -8%
Highways Agency, 2004	M25, Verenigd Koninkrijk	Geluidsniveau	tussen -0,7 en -2,3 dB
Land Tirol, 2012	A12, Oostenrijk	NO <sub>2</sub> -niveau	-3,6%

De voorbeelden in Tabel 5 tonen de positieve effecten van het gebruik van variabele snelheidslimieten aan. Bovendien zien we dat de invoering van een dynamische snelheidsregeling op de M25-autosnelweg in het Verenigd Koninkrijk gunstige effecten heeft gehad op de veiligheid (vermindering van de schade), de mobiliteit (relatieve verbetering van de verkeersdebieten) én het milieu (vermindering van de geluidshinder en de luchtverontreiniging) (Highways Agency, 2004).

In Europa komen we deze systemen met variabele snelheidslimieten almaar vaker tegen op de autosnelwegen en hun invoering varieert van land tot land (CEDR, 2009). VIB's zijn een efficiënt middel om de toegelaten maximumsnelheid te communiceren naargelang de gegevens die in real time worden verzameld. Er zijn echter andere middelen: zo zijn er op een voertuig geplaatste units (of 'voertuigunits') die worden gebruikt om verkeersinformatie weer te geven (CEDR, 2009) maar ook de eerder beschreven intelligente snelheidsaanpassers (ISA).

Elk land heeft zijn eigen specifieke snelweginfrastructuur en wetgeving rond snelheidslimieten. Ook de eigenschappen van het autoverkeer zelf kunnen variëren (intensiteit van het verkeer, aandeel zwaar vervoer, types voertuigen enz.). De verwachte effecten van een invoering van variabele snelheidslimieten zijn dus niet noodzakelijk voor elke autosnelweg gelijk. De studie van Degraeuwe *et al.* (2012) op de E313-autosnelweg tussen Antwerpen en Luik heeft bijvoorbeeld aangetoond dat de invoering van variabele snelheidslimieten slechts een beperkt effect heeft op de geluidshinder en de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Deze laatste zouden een minimumdrempel bereiken bij snelheden van om en bij de 90 km/u (Degraeuwe *et al.*, 2012).

### 3.8 Samenvatting

Dit hoofdstuk toont aan dat de snelheid en de snelheidsvariaties een grote impact hebben op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu.

Op het vlak van mobiliteit zorgt vooral een homogene snelheid tussen voertuigen voor een regelmatige verkeersstroom en dus voor een maximale capaciteit van de weg in kwestie. Dynamische snelheidswijzigingen in zones met een zeer druk verkeer lijken dus te zorgen voor een vlotter verkeer en blijken de vorming van files te vertragen.

Wat de verkeersveiligheid betreft, toont de literatuur dat een verhoging van de snelheid een verhoging teweegbrengt van het risico op en de ernst van ongevallen. De rem- en veiligheidsafstanden worden namelijk langer. Een efficiënt beheer van de snelheden van automobilisten dat, zoals eerder beschreven, een meer homogene voertuigenstroom teweegbrengt, is daarentegen zeer positief voor de verkeersveiligheid. Dit soort homogene verplaatsing vermindert het aantal interacties tussen voertuigen en dus het ongevallenrisico.

Ten slotte blijkt snelheid over het algemeen slecht voor het milieu. Een verhoging van de snelheid leidt onvermijdelijk tot een hoger brandstofverbruik en dus een verhoging van de schadelijke uitstoot. Een verlaging en homogenisering van de snelheden laat daarentegen toe de emissies te verlagen door het achtereenvolgens remmen en versnellen te vermijden.

## 4 SNELHEID EN AANPASSING VAN DE SNELHEDEN IN EUROPA

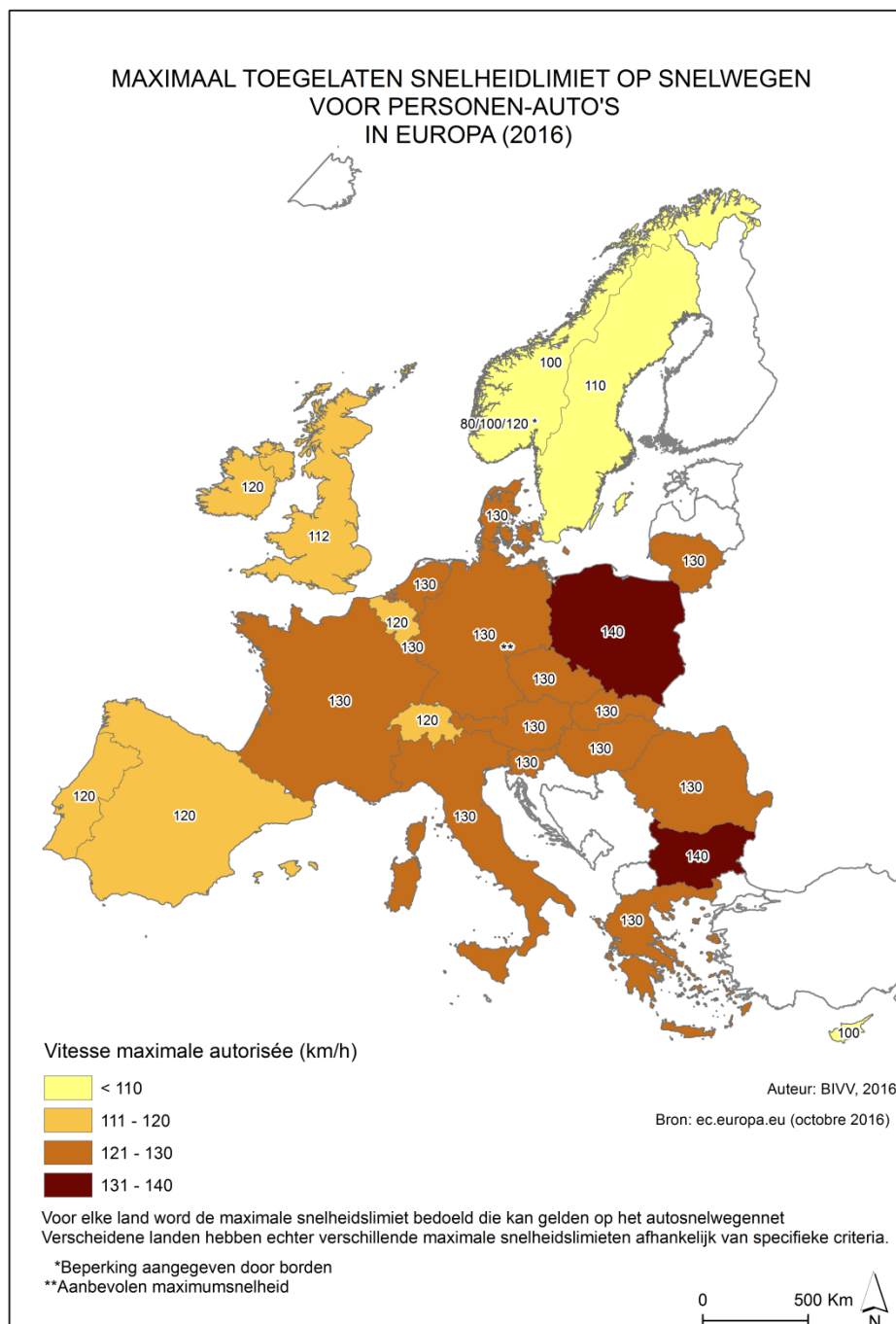
In dit hoofdstuk buigen we ons over de snelheidslimieten in verschillende Europese landen. Daarnaast beschrijven we de systemen die worden gebruikt om de snelheden op de autosnelwegen aan te passen.

### 4.1 Totaalbeeld

De snelheidsbeperkingen op de autosnelwegen in Europa verschillen van land tot land. Ze gaan van 100 km/u in de Scandinavische landen tot 140 km/u in Polen en Bulgarije. Tal van Europese landen passen ook een andere snelheidslimiet toe voor vrachtwagens van meer dan 3,5 t. Al deze resultaten worden weergegeven in Tabel 6 en Figuur 21. Er is één uitzondering: in Duitsland geldt op een derde van de autosnelwegen geen enkele snelheidslimiet<sup>10</sup>; het is echter aanbevolen niet sneller dan 130 km/u te rijden.

---

<sup>10</sup> [www.zeit.de](http://www.zeit.de)



**Figuur 21: algemene snelheidsbeperkingen op de autosnelwegen in Europa**

In België ligt de maximale limiet 10 km/uur lager dan in de buurlanden. In Frankrijk en Nederland worden de limieten ook vaak aangepast naar een lagere limiet. Zo betreffen de uitzonderingen in Nederland bijna 40% van het wegennet<sup>11</sup>. Op veel stukken weg bleef de limiet van 120 km/u gehandhaafd en er zijn ook zones met een maximumsnelheid van 100 of 80 km per uur rond de agglomeraties, met het

<sup>11</sup> [www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl)



oog op de luchtkwaliteit of om de geluidshinder te beperken. Bovendien kunnen de limieten ook alleen overdag (6-19 uur) gelden en is 's nachts 130 km/u toegelaten. In Frankrijk beïnvloeden ook de weersomstandigheden de snelheden (110 km/u bij neerslag en 50 km/u bij mist). Op het grootste deel van het snelwegennet geldt echter een snelheidslimiet van 130 km/u.

**Tabel 6: snelheidslimieten op de autosnelwegen in Europa voor personenwagens en vrachtwagens. Bron: <http://ec.europa.eu>**

Land	Limiet wagens	Limiet vrachtwagens
<b>Duitsland</b>	130 km/u. (aanbevolen maximumsnelheid)	80 km/u.
<b>Oostenrijk</b>	130 km/u.	80 km/u.
<b>België</b>	120 km/u.	90 km/u.
<b>Bulgarije</b>	140 km/u.	90 km/u.
<b>Cyprus</b>	100 km/u.	80 km/u.
<b>Denemarken</b>	130 km/u.	80 km/u.
<b>Verenigd Koninkrijk</b>	113 km/u. (70 mph)	96 km/u. (60 mph)
<b>Griekenland</b>	130 km/u.	80 km/u.
<b>Hongarije</b>	130 km/u.	80 km/u.
<b>Ierland</b>	120 km/u.	80 km/u.
<b>Malta</b>	Geen autosnelwegen	Geen autosnelwegen
<b>Tsjechië</b>	130 km/u.	80 km/u.
<b>Roemenië</b>	130 km/u.	110 km/u.
<b>Slowakije</b>	130 km/u.	90 km/u.
<b>Slovenië</b>	130 km/u.	90 km/u.
<b>Zweden</b>	110 km/u.	70, 80 of 90 km/u. naargelang het type vrachtwagen

## 4.2 Technologie om de snelheid aan te passen in Europa

In dit deel maken we een beknopte stand van zaken op van aan de infrastructuur gekoppelde technologieën om de snelheden op de Europese autosnelwegen aan te passen en te controleren. In de eerste plaats bestaan er specifieke systemen die zijn aangepast aan de invoering van variabele snelheidslimieten. De controle van de variabele snelheden vindt meestal plaats door een synergie tussen de systemen die de gegevens over het verkeer en het weer in real time verzamelen, de systemen waarmee deze gegevens worden verwerkt en ten slotte de dynamische snelheidsborden (Sisiopiku, 2001).

Voor het verzamelen van gegevens en de overdracht van informatie in real time staat een *intelligent transportsysteem* in (ITS voor intelligent transport system in het Engels; ISO 14813-1:2015). Binnen het ITS bestaan er verschillende diensten die zijn onderverdeeld in domeinen, waaronder operaties en verkeersmanagement (Traffic management and operations), monitoring van weer en milieu (Weather and environmental conditions monitoring) die betrekking hebben op de snelweginfrastructuur of de voertuiggerelateerde diensten zoals de operaties rond zelfrijdende wagens. Niet alle autosnelwegen zijn

met alle systemen uitgerust, maar we geven hier een algemeen overzicht van de meetsystemen die nuttig kunnen zijn voor de aanpassing van de snelheden.

Het verkeer wordt beheerd en gecontroleerd via een monitoring van de verkeersomstandigheden. De verkeersgegevens worden doorgaans verzameld door de enkele of dubbele inductietellussen die informatie verschaffen over de hoeveelheid verkeer, de bezetting en de snelheid (alleen voor de dubbele lussen). Er zijn ook virtuele tellussen die zich ongeveer hetzelfde gedragen als de standaardinductielussen. Behalve dat ze geen metalen massa meer detecteren maar de aanwezigheid van groepen pixels.

In sommige landen, zoals Engeland, maken ze gebruik van opritdosering om de verkeersstroom op de autosnelwegen te controleren (Papegeorgiou & Kostsialos, 2002). Deze techniek bestaat in de installatie van verkeerslichten op de toegangswegen naar de autosnelwegen. Wanneer een begin van congestie wordt waargenomen (vaak te wijten aan het verkeer dat vanaf de oprit op de autosnelweg invoegt), gaat het licht even op rood om het verkeer op de betrokken autosnelweg weer vlot te krijgen. Daarna wordt de toegang opnieuw vrijgegeven.

Naast het verkeersvolume, kan de snelheid ook worden gemeten door systemen die de gemiddelde en niet de momentane snelheid berekenen. Trajectmetingen zijn uitgerust met een reeks camera's langs een deel van een autosnelweg. Voor elk voertuig wordt bij het binnen- en buitenrijden van het segment een beeld van de nummerplaat en/of het voertuig geregistreerd alsook het precieze uur van elke doorgang (Soole, Watson & Fleiter, 2013). Aangezien de precieze afstand van het stuk weg gekend is, wordt de gemiddelde snelheid berekend op basis van het verschil tussen de tijd waarop het voertuig het stuk weg binnen- en buitenreed. De trajecten zijn uitgerust met camera's die gebruik maken van ANPR- (Automatic Number Plate Recognition) en OCR-technologie (Optical Character Recognition). Dit soort systemen heeft nog andere toepassingen zoals de detectie van rijstrookwissels, het opsporen van gestolen voertuigen of in de strijd tegen het terrorisme.

De gegevens over het weer worden op hun beurt verzameld door informatiesystemen langs de wegen (deze systemen worden in het Engels doorgaans road-weather information systems (RWIS) genoemd). De volgende omstandigheden worden gemeten: de intensiteit en de richting van de wind, de zichtbaarheid, de relatieve vochtigheid, de intensiteit van de regen of de totale neerslag. Daarnaast is het mogelijk de toestand op het wegdek te monitoren zoals droogte, de aanwezigheid van sneeuw, ijs of zout.

In de automobiellindustrie voltrekt zich echter een revolutie met de ontwikkeling van technologieën voor communicatie tussen voertuigen (V2V) en tussen voertuigen en de infrastructuur (V2I). Het intelligente transportsysteem zal in de toekomst dus waarschijnlijk evolueren om de informatie die van de voertuigen komt te integreren maar ook om de infrastructuur in staat te stellen de boordsystemen van de voertuigen beter te waarschuwen. Zo stelt Wang (2016) een geconnecteerd systeem voor om de variabele snelheidslimieten te controleren gekoppeld aan een 'car-following control' en een communicatie tussen voertuig en infrastructuur om de 'stop and go waves' op te lossen.

De mogelijkheden die deze boordcommunicatietechnologieën bieden zijn legio. Zo kan de verkeersinformatie ook worden verzameld via smartphoneapps die het transportsysteem rechtstreeks van informatie kunnen voorzien. Een dergelijke toepassing werd met name getest in Nederland met het ZOOF-project<sup>12</sup>.

Al deze technologieën bieden ons vandaag een nauwkeurige kennis van het verkeer en het weer. Verschillende Europese landen hebben deze technologieën benut om lokaal systemen met variabele snelheidslimieten in te voeren. In het volgende deel analyseren we in detail de regelgeving inzake snelheidslimieten in verscheidene Europese landen. Daarbij identificeren we de elementen die leiden tot de invoering van een variabel snelheidssysteem of een andere lokale snelheidslimiet.

---

<sup>12</sup> <http://www.zoof.nu/home.html>

### 4.3 Situatie in enkele Europese landen

In de volgende delen komt de ervaring van enkele landen met snelheid op autosnelwegen meer uitvoerig aan bod. Ze werden verzameld dankzij interviews met experts voor elk bestudeerd land, om enkele meningen van ‘mensen van het terrein’ te sprokkelen.

#### 4.3.1 Nederland

In Nederland is de *Rijkswaterstaat*, het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, verantwoordelijk voor de autosnelwegen. Alles wordt geregeld door de nationale wetgeving. Op de autosnelwegen geldt een algemene snelheidslimiet van 130 km/u voor lichte voertuigen en 80 km/u voor voertuigen van meer dan 3,5 ton. Er zijn twee uitzonderingen:

- Wanneer de weg in slechte staat is, is vertragen noodzakelijk;
- Op sommige wegen bedraagt de limiet 80 km/u overeenkomstig de milieuwetgeving (voornamelijk voor geluidshinder).

Op de autosnelwegen zijn er over het algemeen vier verschillende snelheidslimieten: 80 km/u, 100 km/u, 120 km/u en 130 km/u (Ligterink, 2016). Deze laatste snelheidslimiet is zeer recent (2012). Deze segmenten moeten aan strenge eisen voldoen: er mogen geen obstakels zijn, de weg en de pechstrook moeten een zekere breedte hebben, de verlichting moet aan bepaalde voorwaarden voldoen, enz. Momenteel is de limiet van 130 km/u van toepassing op 62% van het Nederlandse snelwegennet (1496 km) (RWS, 2017). Het ministerie evalueert momenteel de verhoging naar 130 km/u (Ligterink, 2016). Er lopen ook studies om na te gaan of de limieten moeten worden verlaagd bij slecht weer (mist, regen, beperkt zicht). Er wordt momenteel overigens een test op ware grootte uitgevoerd.

Voor de monitoring van het verkeer op de autosnelwegen bestaan in Nederland verschillende systemen. 80% van het net is uitgerust met tellussen en camera's om de voertuigenstroom te monitoren. Er zijn vaste flitspalen maar deze zijn meer op het secundaire wegennet geconcentreerd.

Wat de signalisatie betreft, worden voornamelijk vaste of dynamische verkeersborden langs de weg gebruikt. Ze staan gemiddeld om de 500 m.

Met de wijziging van de snelheidslimieten heeft Nederland ook zijn infrastructuur grondig veranderd. Momenteel is het dus moeilijk om het effect van deze variaties te bestuderen.

#### 4.3.2 Duitsland

De wetgeving inzake snelheidslimieten in Duitsland bestaat al jaren. In werkelijkheid zijn er geen wettelijke snelheidslimieten voor auto's op de Duitse autosnelwegen. Er is enkel een aanbeveling om de snelheid te beperken tot 130 km/u. De regulering is in handen van de verzekeringen. Wanneer een persoon in fout is bij een ongeval en bewezen is dat zijn overdreven snelheid een impact heeft op het ongeval, kan de verzekeraar verhaal halen bij zijn verzekerde. De reglementen zijn anders voor vrachtwagens (80 km/u), auto's die iets trekken (80 km/u) of lichte trolleys (100 km/u).

Ongeveer een derde van de Duitse autosnelwegen houden het bij deze aanbeveling. Voor de overige twee derde bestaan er plaatselijke snelheidslimieten van 130 km/u of minder. De bevoegdheid voor het snelheidsregime ligt bij de Länder (16 in Duitsland).

Deze limieten zijn doorgaans gerelateerd aan bijzondere rijomstandigheden (tunnel, nadering van een risiczone, aquaplaning bij regenweer enz.). Het is interessant om weten dat er 's nachts (van 22 tot 6 uur) snelheidslimieten kunnen bestaan vanwege de geluidshinder aan de stadsranden (bv. rond Keulen).

Officieel zijn er geen toekomstige ontwikkelingen gepland voor de wijziging (creatie) van snelheidslimieten op de autosnelwegen.

Voor een deel van de bevolking is de invoering van snelheidslimieten bespreekbaar (ongeveer 56% van de bevolking<sup>13</sup>). De meest aangehaalde reden is de bescherming van het milieu maar ook de angst op de autosnelweg die sommige snel inhalende auto's op de derde rijstrook veroorzaken.

### 4.3.3 Oostenrijk

In Oostenrijk ligt de algemene snelheidslimiet op de autosnelwegen vast op 130 km/u voor auto's, 80 km/u voor vrachtwagens en bussen, 100 km/u voor auto's met aanhangwagen (> 750 kg) of met een gecombineerd gewicht (auto + aanhangwagen) van minder dan 3,5 ton, 80 km/u voor andere auto's met een aanhangwagen. De minister van Vervoer is bevoegd voor het bepalen van de snelheidslimieten op de autosnelwegen (behalve voor tijdelijke snelheidslimieten bij wegenwerken). Er zijn over het algemeen dus geen regionale verschillen tussen de snelheidsregimes.

Er is echter één uitzondering: sommige regio's leggen in sommige zones lagere snelheidslimieten op om hun doelstellingen op het vlak van de vermindering van fijnstofemissies te halen. Dat is het geval voor meerdere stukken in Tirol waar de limiet 100 km/u bedraagt of ter hoogte van de autosnelweg die langs Salzburg voorbijkomt waar de snelheid is beperkt tot 80 km/u. Met deze maatregelen hebben ze vooral de vermindering van NO<sub>x</sub>-deeltjes voor ogen. Op de autosnelweg rond Wenen is de snelheid beperkt tot 80 km/u voor auto's en 60 km/u voor vrachtwagens (milieu / vlot verkeer).

Bovendien is het Oostenrijkse snelwegennet goed uitgerust met sensoren die de toestand van het verkeer en de snelheden op het wegennet vastleggen maar ook de weersomstandigheden op de wegen monitoren: temperatuur- (met name voor de detectie van vorst) en neerslagsensoren. Zo zijn er lokale snelheidslimieten die rekening houden met de volgende elementen: staat van de weg, verkeers- en weersomstandigheden, aanwezigheid van wegenwerken, vermindering van de geluidshinder, verontreiniging en ongevalrisico. Deze verschillende aspecten kunnen worden gekruist om een tijdelijke limiet in te voeren. Een stuk van de weg waar meer ongevallen werden geregistreerd bij regenweer, bijvoorbeeld.

Oostenrijk heeft in het verleden ook geëxperimenteerd met een snelheidsverhoging op een stuk autosnelweg van 12 km. De snelheidslimiet werd verhoogd naar 160 km/u maar deze verhoging gold alleen bij zeer goede weers- en verkeersomstandigheden. Deze beslissing werd onder de volgende regering ingetrokken en een volledige evaluatie van de impact van deze maatregel bleef uit. Andere landen, zoals Polen of de Tsjechische Republiek bespreken momenteel echter de mogelijkheid om de snelheidslimieten in hun land op te trekken naar 160 km/u op sommige stukken autosnelweg en gebruiken het Oostenrijkse experiment om hun beslissing te rechtvaardigen of te ondersteunen.

Qua controle heeft Oostenrijk trajectmetingen ingevoerd, voornamelijk in de tunnels maar ook op stukken met een hoog ongevalrisico. Om privacyredenen zijn trajectmetingen in Oostenrijk alleen toegelaten als de veiligheid van de bestuurders in gevaar is. De beelden van de ANPR-camera's worden onmiddellijk vernietigd en alleen de overdreven snelheden worden in het systeem geregistreerd. Ook bij wegenwerken waarvoor de snelheidslimiet naar beneden moet, worden systematisch trajectcontroles geïnstalleerd. Op wegen waar ze aan het werken waren, werden namelijk talloze ongevallen vastgesteld. Dat aantal is met de installatie van trajectcontroles verminderd.

### 4.3.4 Frankrijk

In Frankrijk bedraagt de toegelaten maximumsnelheid op de autosnelwegen 130 km/u (sinds 1974). Bij regenweer (of andere neerslag) wordt de snelheid beperkt tot 110 km/u (sinds 1982). Wanneer de zichtbaarheid minder dan 50 meter bedraagt, is de maximumsnelheid beperkt tot 50 km/u (deze regel is van toepassing sinds 1992 voor het hele snelwegennet).

---

<sup>13</sup> Enquête YouGov

Voor sommige types voertuigen die op de autosnelwegen rijden, gelden echter uitzonderingen. Dat is het geval voor vrachtwagens (> 3,5 t) die niet sneller mogen rijden dan 90 km/u. Vrachtwagens die gevaarlijke stoffen vervoeren (en die meer dan 12 t wegen) moeten zich houden aan een maximumsnelheid van 80 km/u. Autobussen en touringcars, ten slotte, mogen tot 100 km/u rijden, tenzij ze zijn uitgerust met ABS en meer dan 10 ton wegen (dan is hun maximumsnelheid beperkt tot 90 km/u).

In sommige gevallen wordt een permanente lagere snelheidslimiet vastgelegd naargelang de geometrische kenmerken van het stuk autosnelweg: bijvoorbeeld bij steile hellingen, korte bochten, smalle rijstroken of bermen, tunnels enz. Bovendien werden de voorbije jaren tijdelijke snelheidslimieten ingevoerd op meerdere stedelijke autosnelwegen om de uitstoot van voertuigen tijdens verontreinigingspieken te verminderen. Anderzijds worden dynamische snelheidsregelingssystemen gebruikt om de capaciteit te verhogen en de congestie van het wegennet te vertragen of te vermijden. Bovendien zijn nieuwe dynamische snelheidsregelingssystemen voorzien op de A6-autosnelweg (tussen Parijs en Lyon) en op meerdere stedelijke autosnelwegen in de buurt van Rijsel (A1, A22, A23, A25) en in de buurt van Nancy (A33).

De veralgemening van detectielussen en magnetometers op het Franse autosnelwegennet laat een nauw toezicht op de verkeersomstandigheden toe. Andere technologieën zoals videobewakingscamera's worden ook ingezet om ongevallen (AOO - *automatische opsporing van ongevallen*) of files (AOF - *automatische opsporing van files*) op te sporen. Automatische nummerplaatlezers en *floating car data* worden minder courant ingezet om het verkeer te beheren. De weggebruikers worden over de verkeersomstandigheden ingelicht aan de hand van variabele informatieborden (boven de autosnelweg of in de bermen aangebracht) of door radiobERICHTEN die aangeven of een specifieke regelgeving geactiveerd is. Onlangs werd bovendien een project opgestart met geconnecteerde voertuigen en voertuigen met sensoren<sup>14</sup>. Boordtechnologie laat toe gegevens over de verplaatsingsomstandigheden te verzamelen om de verkeersveiligheid te verbeteren of de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

De snelheidscontrole (gereguleerd door de permanente of tijdelijke snelheidslimieten) is gebaseerd op een netwerk van ongeveer 2 500 vaste camera's, 500 mobiele radars die de politie inzet, 200 mobiele camera's die tijdelijk worden gebruikt (bij wegenwerken) en 380 voertuigen met mobiele camera's die de snelheid van andere voertuigen kunnen meten. Om wettelijke redenen worden de variabele snelheidslimieten die worden bepaald op basis van dynamische systemen niet door de vaste flitscamera's gecontroleerd.

Er is geen sprake van een nationaal plan om de geldende regelgeving te wijzigen voor de permanente of tijdelijke snelheidslimieten. De invoering van bijzondere variabele snelheidslimieten op de autosnelweg valt onder de bevoegdheid van de prefect van het departement. Bij experimenten moeten de beheerders van het wegennet een evaluatie maken die rechtstreeks verband houdt met het doel dat ze met de nieuwe maatregel beogen.

#### 4.3.5 Samenvatting

De analyse van de situatie in het buitenland leert ons dat er nog geen consensus is over de optimale snelheid op autosnelwegen. Hoewel Nederland onlangs heeft beslist de maximumsnelheid op te trekken naar 130 km/u, is het experiment nog te recent om er conclusies uit te kunnen trekken voor de verkeersveiligheid.

Het ziet er echter naar uit dat in de meeste geïnterviewde landen de dynamische aanpassing van de snelheden een cruciaal element is van het verkeersmanagement dat tijdelijke aanpassingen mogelijk maakt tijdens ongunstige verkeers- of weersomstandigheden.

Hoewel de toegelaten maximumsnelheid in heel wat landen 130 km/u bedraagt, wordt deze beperking in de praktijk slechts op een beperkt deel van het grondgebied toegepast. Er worden ook snelheden gehanteerd van minder dan 120 km/u, met name rond de grote agglomeraties. We wijzen er in deze context op dat het grondgebied in België sterk verstedelijkt is en de afstanden tussen de steden kort zijn.

---

<sup>14</sup> Zie het onderzoeksproject SCOOP@F

#### **4.4 Overdraagbaarheid van de Europese principes op de Belgische wegen**

De vraag is of het mogelijk en nuttig is om de aanpak op het vlak van snelheidsbeperkingen en de aanpassing ervan over te brengen naar België. Het is niet altijd gemakkelijk om de overdraagbaarheid van een aanpak te bestuderen. De eigenschappen van het autosnelwegennet, de mobiliteit of de attitudes in het verkeer verschillen van land tot land. Om de overdraagbaarheid te bestuderen, moeten we beginnen met België te vergelijken met de andere Europese landen. In dit deel beginnen we met een vergelijking op het vlak van infrastructuur en het ongevalrisico. In tweede instantie vergelijken we het gedrag ten opzichte van snelheid op de autosnelweg aan de hand van de attitudes van de Belgische en Europese bestuurders.

##### **4.4.1 Vergelijking van de snelweginfrastructuur en de ongevalcijfers tussen de Europese landen**

Tabel 7 geeft de verhouding weer van de autosnelwegen in elk Europees land.

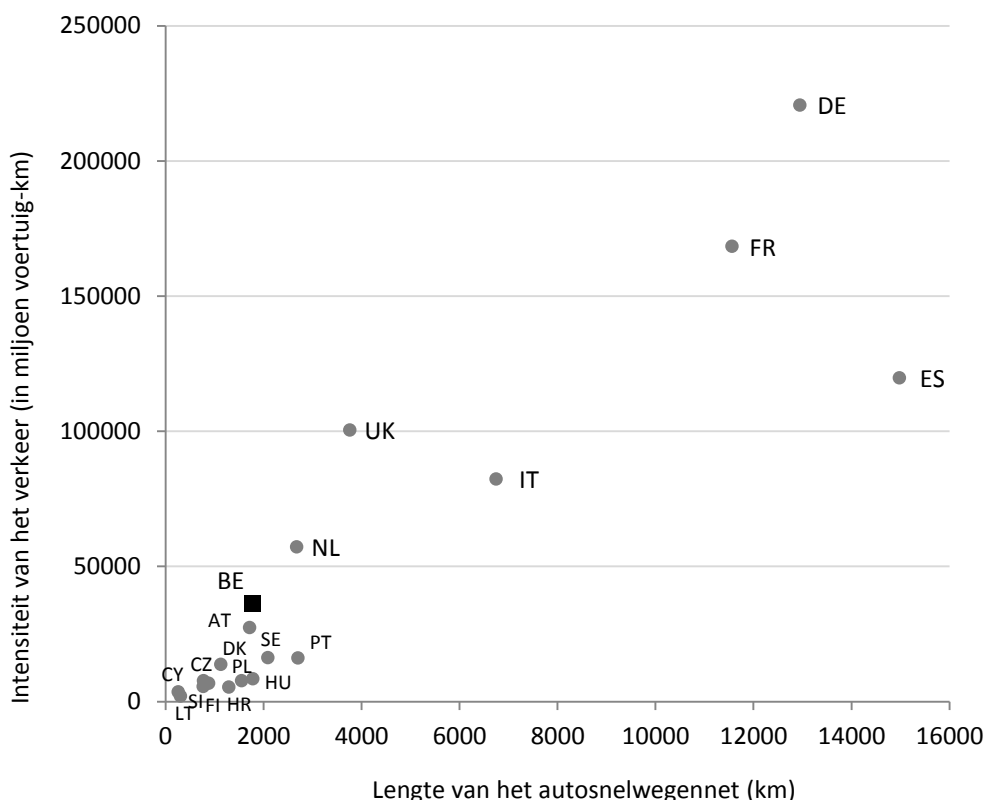
Tabel 7: vergelijking van de autosnelwegnetten en hun ongevallencijfers in verschillende landen van Europa

Landen-code	Land	Bevolking (in miljoen inwoners)	Doden op autosnelwegen in 2014	Lengte autosnelwegen (in km)	Aandeel autosnelwegen (%)	Verkeer op autosnelwegen (miljoen voertuig-km)	Overlijdens per miljoen inwoners	Overlijdens per miljard voertuig-km
AT	Oostenrijk	8,1	41	1719	1,9	27370	5,1	1,5
BE	België	11,3	108	1763	1,2	36153	9,6	3,0
CH	Zwitserland	7,1	21	1429	2,6	/	3,0	/
CY	Cyprus	1,1	6	257	/	3625	5,5	1,7
CZ	Tsjechië	10,5	32	776	/	7709	3,0	4,2
DE	Duitsland	82,5	414	12949	1,9	220667	5,0	1,9
DK	Denemarken	5,7	16	1128	1,4	13775	2,8	1,2
ES	Spanje	44	277	14981	7,8	119739	6,3	2,3
FI	Finland	5,2	6	881	/	6792	1,2	0,9
FR	Frankrijk	65	298	11560	1,2	168354	4,6	1,8
HR	Kroatië	4,2	18	1290	/	5300	4,3	3,4
HU	Hongarije	9,9	34	1781	/	8377	3,4	4,1
IT	Italië	57	305	6751	5,4	82320	5,4	3,7
LU	Luxemburg	0,5	3	152	/		6,0	/
NL	Nederland	16,2	81	2678	1,8	57224	5,0	1,4
PL	Polen	38,5	61	1556	/	7748	1,6	7,9
PT	Portugal	10,5	61	2705	/	16159	/	3,8
RO	Roemenië	20	19	683	/	/	1,0	/
SI	Slovenië	2	15	770	1,5	5569	7,5	2,7
UK	Verenigd Koninkrijk	59,6	111	3759	3,7	100435	1,9	1,1

Het aandeel aan autosnelwegen op het hele wegennet voor elk land, of in verhouding tot het aantal inwoners varieert sterk van land tot land. Er lijkt geen onderling verband te zijn tussen deze grote verschillen en de gebruikte verkeersmanagementtechnologie.

België bevindt zich in de middenmoot met zijn 14,5 km autosnelweg/1000 inwoners en 1% van de infrastructuur. Qua ongevallencijfers doet België het niet zo goed als we het aantal overlijdens per miljoen inwoners bekijken: in 2014 werden namelijk negen overlijdens per miljoen inwoners opgetekend. In verhouding tot het zeer drukke wegverkeer zit België echter rond het Europese gemiddelde. Een blik op de snelheidslimieten in de verschillende landen van Europa (Figuur 21) leert ons dat het feit dat onze snelheidslimiet de laagste is, niet betekent dat ook het aantal ongevallen het laagst is.

Figuur 22 vergelijkt de intensiteit van het verkeer met de lengte van het autosnelwegennet. We stellen vast dat de intensiteit van het verkeer hoger is dan in andere landen met hetzelfde snelwegennet (ongeveer 2000 km).



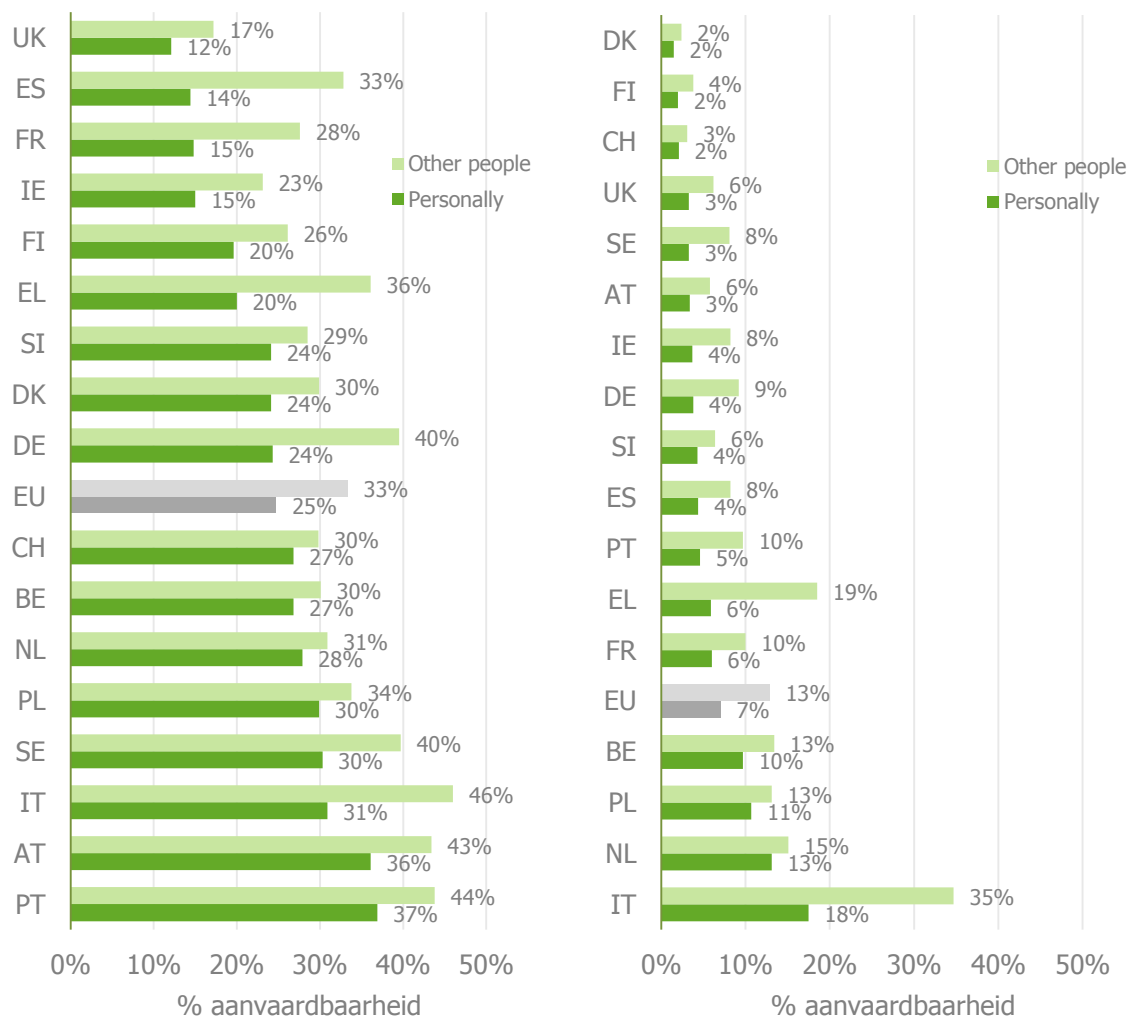
Bron: Eurostat (2017), ETSC (2015) | Infografie: BIVV

**Figuur 22: intensiteit van het verkeer in functie van de lengte van het autosnelwegennet in verschillende Europese landen**



#### 4.4.2 Vergelijking van de attitudes tussen Europese landen.

In 2015 peilde een grote Europese enquête, ESRA (European Survey of Road users' safety Attitude) bij de inwoners van 17 landen in Europa naar hun rijattitudes (voornaamste resultaten te raadplegen in Torfs et al., 2016). Eén van de thema's dat uitvoerig aan bod kwam in deze studie was snelheid.

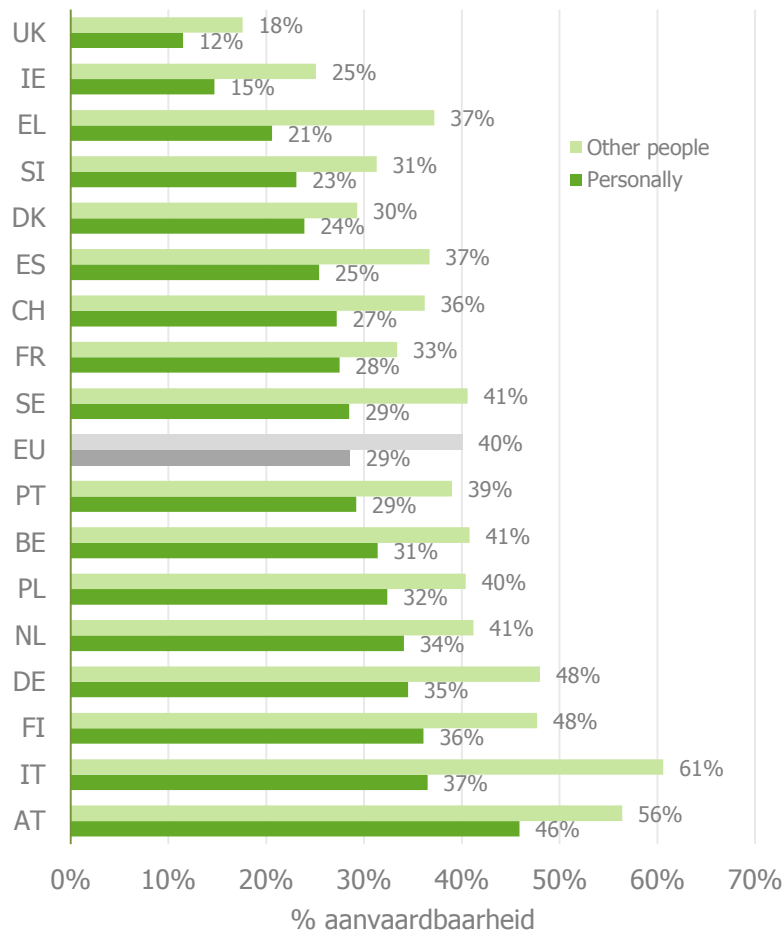


**Figuur 23: aanvaardbaarheid (voor zichzelf, 'personally' of voor andere bestuurders, 'other people') van 20 km/u sneller rijden dan toegelaten op de linkerrijstrook van de autosnelweg) en op een residentiële weg (rechts) per land (% aanvaardbaarheid: scores 4 en 5 op een Likert-schaal gaande van 1 (onaanvaardbaar) tot 5 (aanvaardbaar)). Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).**

24% van de Belgen vindt dat het aanvaardbaar is 20 km/sneller te rijden dan toegelaten op de autosnelweg (Figuur 23). Dit percentage is hoger dan het Europese gemiddelde. Bovendien is de aanvaardbaarheid van snelheidsovertredingen veel groter op autosnelwegen dan op andere types wegen.

We konden verwachten dat er een relatie is tussen het percentage van aanvaardbaarheid en de waarde van de snelheidslimiet per land. Niets is echter minder waar. Zo vinden in het Verenigd Koninkrijk slechts zeer weinig respondenten dat gedrag aanvaardbaar terwijl het een van de landen met de laagste snelheidslimieten is. Polen, Oostenrijk en Italië, daarentegen, hebben snelheidslimieten vanaf 130 km/u maar zijn ook de landen met de hoogste persoonlijke aanvaardbaarheid.

De persoonlijke aanvaardbaarheid, ongeacht het type weg, is nog hoger voor 10 km/u te snel rijden. 31% van de Belgen vindt dat namelijk aanvaardbaar (Figuur 24).



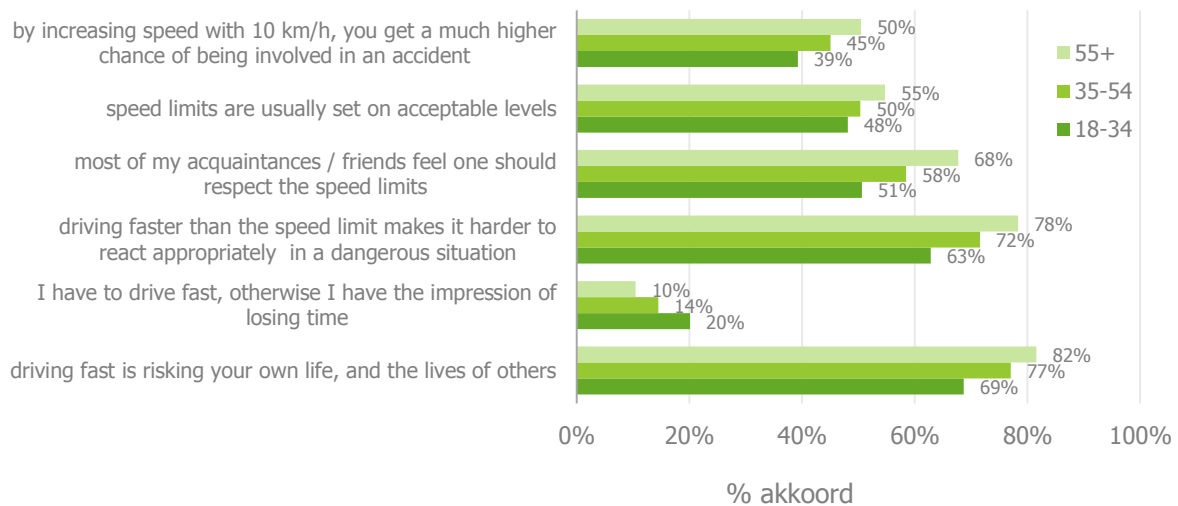
**Figuur 24: aanvaardbaarheid van tot 10 km/u sneller rijden dan toegelaten, per land (% aanvaardbaarheid: scores 4 en 5 op een Likert-schaal gaande van 1 (onaanvaardbaar) tot 5 (aanvaardbaar)). Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).**

Wat het zelfverklaarde gedrag betreft (Tabel 8), verklaart 74% van de Belgen de voorbije 12 maanden minstens één keer sneller te hebben gereden dan toegelaten op de autosnelweg. Dit resultaat stemt ongeveer overeen met het Europese gemiddelde (73%). Ook hier lijkt er geen verband tussen het naleven van de snelheidslimiet en het niveau ervan. Zo zijn Polen en het Verenigd Koninkrijk de twee landen met de laagste percentages terwijl de toegelaten maximumsnelheden op de autosnelwegen er respectievelijk 140 en 113 km/u bedragen. Er is geen fundamenteel verschil tussen de percentages bij onze burens: 64 % voor de Fransen tegenover 78% voor de Nederlanders.

**Tabel 8: zelfverklaarde overdreven snelheid gedurende de laatste 12 maanden in Europa en per land (% personen dat de voorbije drie maanden minstens eenmaal veel te snel heeft gereden). Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).**

Landencode	Rijden sneller dan toegelaten (% , minstens eenmaal) op snelle wegen/autosnelwegen
AT	81%
BE	74%
CH	80%
DE	80%
DK	81%
EL	71%
ES	74%
FI	84%
FR	68%
IE	61%
IT	76%
NL	78%
PL	57%
PT	81%
SE	83%
SI	73%
UK	66%
EU17	73%

Ten slotte zijn de Belgen, net als de Europeanen, zich weinig bewust van de risico's van een onaangepaste snelheid (Figuur 25). Zo is slechts 39% van de Europeanen tussen 18 en 34 jaar het eens met het feit dat 10 km/u sneller rijden het risico om betrokken te geraken bij een ongeval significant doet toenemen.



**Figuur 25: de meningen over snelheid in Europa en de invloed ervan op de verkeersveiligheid, per leeftijdsgroep. Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).**

Deze resultaten tonen ons dat snelheid slechts weinig wordt geducht als een risico- en verzwarende factor voor ongevallen in de Europese landen. De verkeersovertredingen zijn er talrijk en de aanvaardbaarheid ten opzichte van te snel rijden is hoog. Bovendien lijkt het aanvaardbaarheidsniveau niet gebonden te zijn aan de toegelaten maximumsnelheid. De Belgen vormen hierop geen uitzondering.

#### 4.4.3 Samenvatting

Uit dit hoofdstuk onthouden we de volgende elementen: in de eerste plaats variëren de snelheidslimieten tussen de Europese landen van 100 tot 140 km/u. De buurlanden van België (Frankrijk, Nederland, Luxemburg en Duitsland) hebben allemaal een limiet (of een geadviseerde maximumsnelheid) van 130 km/u.

Deze snelheden worden echter vaak verlaagd op bepaalde stukken autosnelweg omwille van de mobiliteit, de veiligheid of het milieu. In de praktijk kan een lagere snelheidslimiet dan de wettelijke bijna 40% van het snelwegennet betreffen (zoals in Nederland). Bovendien hebben heel wat Europese landen dynamische snelheidslimieten ingevoerd door middel van intelligente transportsystemen. Deze limieten zijn vaak gekoppeld aan snelheidscontrolemethodes (flitspalen, trajectmetingen) om de naleving van de opgelegde snelheden af te dwingen.

In België is, net als in Europa, de aanvaardbaarheid van kleine snelheidsovertredingen (van 10 tot 20 km/u) groot. Deze aanvaardbaarheid is niet gekoppeld aan de waarde van de snelheidslimiet en de Belgen zijn zich weinig bewust van de risico's van kleine snelheidsovertredingen (ESRA-studie). Het aandeel Europeanen per land dat snelheidsovertredingen begaat is ook niet gekoppeld aan de waarde van de limiet.

Ten slotte kan de infrastructuur, gezien de ontwikkeling van de V2V- en V2I-communicatietechnologie, in de toekomst een belangrijke rol gaan spelen in de regeling van de snelheid.

Op basis van deze elementen lijkt het belangrijk de effecten van een verhoging van de maximumsnelheid naar 130 km/u te testen en simuleren. We kunnen geen gedragswijzigingen voorspellen maar wel de impact van de invoering van een dergelijke maatregel beoordelen op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu in de veronderstelling dat deze nieuwe limiet wordt nageleefd. Deze wijziging zou ook de harmonisering met de buurlanden tot doel hebben.

Anderzijds kan België ook gebruik maken van de beschikbare technologie om de dynamische snelheidssystemen nog beter te benutten. Deze systemen kunnen een impact hebben op de aanvaardbaarheid. Bovendien verliezen de Belgen vele uren in de gecongestioneerde zones, terwijl een eerste doelstelling van de verhoging van de snelheidslimiet tijdwinst is. De toename van de dynamische

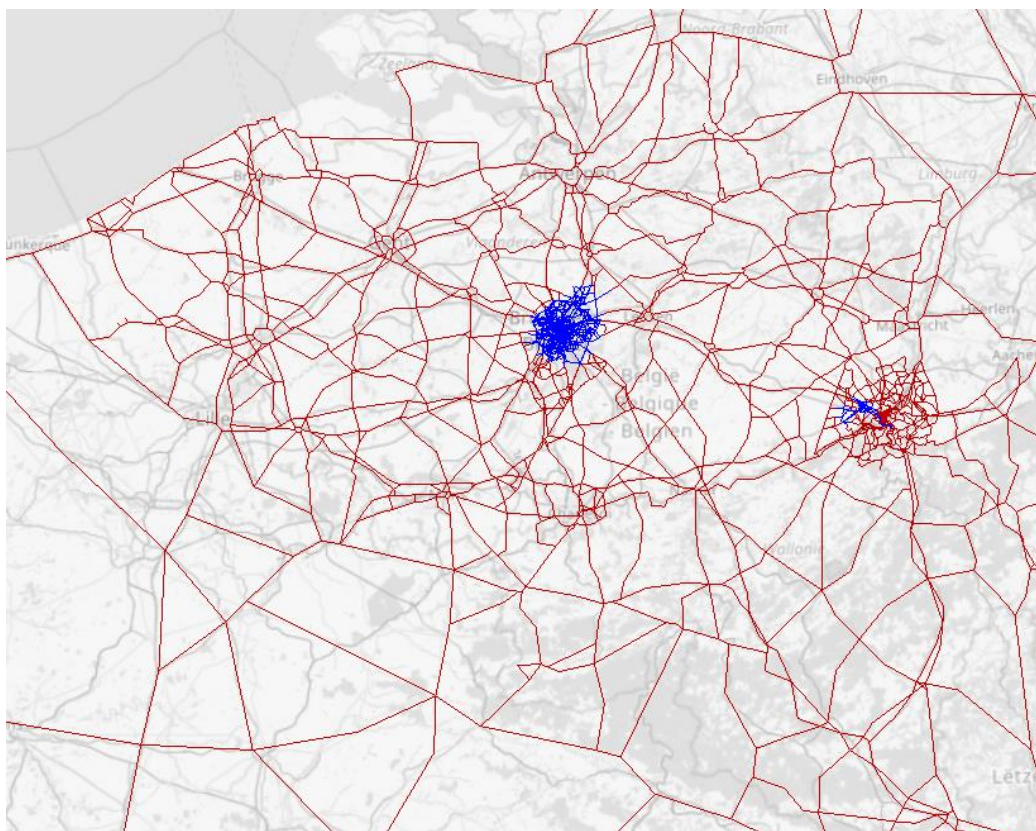
snelheidssystemen kan toelaten de congestie te verminderen. Ten slotte lijkt de invoering van dynamische snelheidslimieten de congestie efficiënter terug te dringen dan een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid.

## 5 SIMULATIE VAN DE HYPOTHESEN VOOR DE VERANDERING VAN DE SNELHEIDSLIMIETEN

### 5.1 Inleiding tot de modellering van het verkeer

Om de werkhypothesen te testen die in de vorige hoofdstukken aan bod kwamen, moeten we een werkkader bepalen. Aangezien het om een eerste studie gaat, is het niet mogelijk de snelheidsvariaties op het terrein te testen.

Vandaar de keuze voor een verkeersmodel voor het Belgische wegen- en snelwegennet. Dit luik van de studie werd uitgevoerd door de firma Stratec onder toezicht van het BIVV. Het model werd op twee schalen ontwikkeld. Op macroschaal modelleert het de verkeersstromen van het Belgische hoofdwegennet (voornamelijk autosnelwegen en nationale wegen) en het netwerk van de voornaamste autosnelwegen van de buurlanden opdat de simulatie een zekere coherentie vertoont met de internationale verkeersstromen. Op mesoschaal integreert de simulatie ook de subnetten van het Brussels Gewest en de Luikse agglomeratie. Hierdoor konden we de flessenhalzen, kruisingen, verkeerslichten enz. opnemen in de studie. Dit netwerk wordt weergegeven in Figuur 26.



**Figuur 26: gemodelleerd wegennet. De rode lijnen komen overeen met het macroscopische net, de blauwe met het mesoscopische.**

De Antwerpse ring wordt hier in het macroscopische model bestudeerd. Meer details zijn te lezen in de studie van MOW (Bijnsgebouw, 2015). Zij hebben een simulatie gedaan voor dit deel van het Belgische wegennet. De studie heeft betrekking op een verlaging van de toegelaten maximumsnelheid naar 70 km/u en bestudeert het effect ervan in een microsimulatie. Deze schaal laat toe de voertuigen individueel te modelleren en dus zeer nauwkeurige gegevens te verkrijgen over de trajecttijden, de rijstrookwissels enz. Een microsimulatie op schaal van België is echter niet haalbaar.

## 5.2 Modelling van het autoverkeer

### 5.2.1 Basisprincipes

Het verkeersmodel is een model met 4 fasen (ontstaan van de verplaatsingen, spreiding van de verplaatsingen, keuze van vervoermiddel en keuze van de wegen). Een belangrijk aspect van de modellering heeft betrekking op de matrix vertrek-bestemming van de verplaatsingen. Alle gebruikers van het wegennet vertrekken namelijk van een punt A om zich naar een punt B te begeven via een of meerdere bogen (een boog is gelijk aan een stuk weg). De keuze van de reisweg is een persoonlijke keuze om tijd te winnen: de gebruiker kiest vaak de reisweg die zijn persoonlijke agenda optimaliseert, en niet de weg die de gemeenschap ten goede komt. De matrix van de vraag werd gebouwd op basis van talloze enquêtes en aanpassingen die Stratec in de loop van de 10 voorbije jaren aanbracht om een desintegratie tot op gemeentelijk niveau toe te laten. Vandaar dat de verplaatsingen binnen de gemeenten niet in de analyse worden opgenomen. Deze benadering lijkt echter aanvaardbaar in het kader van deze studie. Ze heeft namelijk betrekking op de verplaatsingen op de autosnelwegen en die gaan doorgaans van de ene stad naar de andere.

De basismatrix is deze van de gemiddelde werkdag waarvan de ochtendspits, de daluren en de nacht duidelijk af te leiden zijn of waarvan de situatie over een heel jaar kan worden veralgemeend.

Ten slotte vormt de beperking voor elke boog van het net een derde bestanddeel: hoeveel rijstroken hebben deze bogen, wat is de toegelaten maximumsnelheid, wat zal de capaciteit van deze stukken zijn enz.

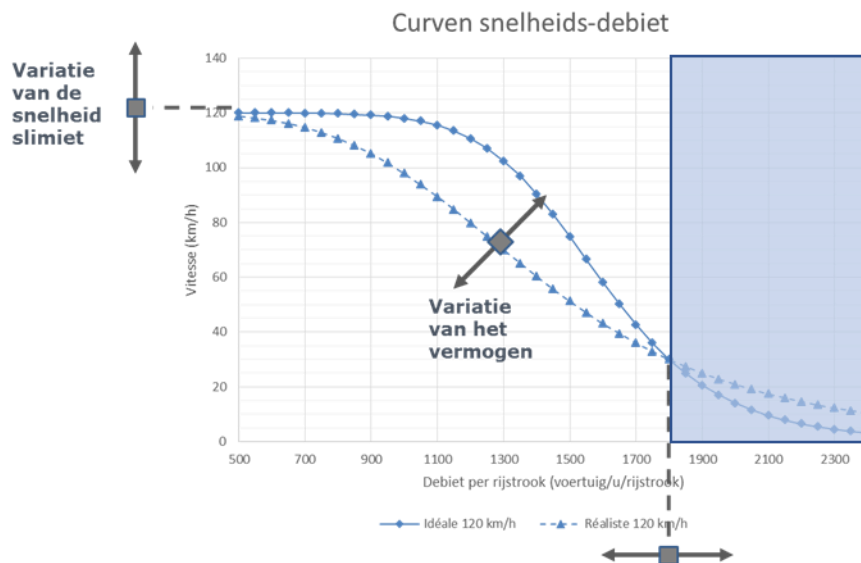
Met al deze informatie kunnen we verschillende indicatoren berekenen over het hele wegennet, of deze opsplitsen per regio, per provincie enz. De belangrijkste indicatoren voor deze studie zijn de trajecttijden, de gemiddelde snelheid, de ongevallencijfers en de totale uitstoot van verontreinigende gassen.

### 5.2.2 Curve snelheid-debiet

Een tweede belangrijk begrip bij de modellering is de snelheid- en debietcurve. Deze twee begrippen zijn namelijk nauw met elkaar verbonden. Zoals in het literatuuroverzicht reeds uitgelegd (zie fundamenteel diagram), dringt een bepaalde snelheid een bepaalde veiligheidsafstand op tussen een voertuig en zijn voorligger. Hoe hoger de snelheid, hoe groter de veiligheidsafstand uiteraard. Dat leidt tot een lager aantal auto's op de weg per afstandseenheid, want de veiligheidsafstand moet aan de grootte van de wagen worden toegevoegd.

Dit begrip kan in een mathematische vergelijking worden vertaald: de curve snelheid-debiet (Figuur 27). We stellen vast dat er steeds een snelheid is die het voertuigendebiet optimaliseert. Het maximale voertuigdebiet heet de capaciteit.

Figuur 27 illustreert de verschillende hefboomen om de mobiliteit van het wegennet te optimaliseren. Opgelet, dit zijn mathematische vergelijkingen. De curves voorbij de hefboom 'maximale capaciteit' zijn onrealistisch en in werkelijkheid zien we op dit moment de snelheid en de capaciteit afnemen (Figuur 14).



**Figuur 27: curve snelheid-debiet van een rijstrook op de autosnelweg. Drie mogelijke wijzigingen: limietsnelheid, vermogen en maximale capaciteit. Met het grijze gedeelte moet geen rekening worden gehouden. Naar Stratec.**

Theoretisch zijn drie hefboomen aanpasbaar: de eerste is de limietsnelheid (= toegelaten maximumsnelheid). De tweede is de capaciteit per rijstrook (afhankelijk van de homogeniteit van de voertuigstroom). Ten slotte zien we een laatste hefboom, het vermogen van de curve dat overeenstemt met het gedrag van de weggebruikers. Hoe hoger het vermogen, hoe idealer het gedrag van de bestuurders (qua homogene snelheid en afstand tussen voertuigen). Aangezien het erg moeilijk is deze parameter in werkelijkheid te beïnvloeden, zal deze hefboom niet worden gewijzigd.

### 5.2.3 Kalibrering en validering van een model

Om relevant te zijn, moet een model een (vereenvoudigde) weergave van de werkelijkheid zijn. Hiertoe moet men beschikken over de gegevens van het voertuigdebiet over de verschillende stukken van het wegennet.

Daarvoor kunnen we de gegevens van de tellussen van het VVC (2016) en het centre Perex (2011) gebruiken. De gegevens over Wallonië konden niet worden bijgewerkt in het model maar worden weergegeven in Figuur 6. Stratec vermoedt uit ervaring echter dat het verkeer sinds 2011 niet fundamenteel is geëvolueerd. Deze gegevens voldoen voor een schatting in het kader van deze studie. Wij herinneren eraan dat deze simulaties tot doel hebben het effect van verschillende maatregelen op het snelwegennet te vergelijken maar dat deze modellen de werkelijke situatie vereenvoudigen. De gegevens over het aantal ongevallen zijn ook de meest recent gepubliceerde (2015).

## 5.3 Uitgangsvaariabelen van de gebruikte modellen

### 5.3.1 Mobiliteit

Om de impact van de snelheidswijzigingen op de mobiliteit te bestuderen worden voornamelijk drie indicatoren gebruikt.

De eerste is de totale afstand die de weggebruikers in 1 uur hebben afgelegd. Deze wordt gemeten in voertuigkilometers. Deze afstand is afhankelijk van het traject dat de gebruiker kiest om zijn bestemming te bereiken, maar ook van de omvang van de congesties die de afgelegde afstanden snel doen dalen.



De tweede indicator is de tijd die gebruikers op het snelwegennet doorbrengen (in uren). Deze indicator houdt rechtstreeks verband met de verkeersopstoppingen aangezien de gebruikers hun trajecttijd tot een minimum proberen te beperken.

De gemiddelde snelheid van alle weggebruikers wordt berekend (in km/u) om een algemeen idee te geven van de mobiliteit op het wegennet.

Ten slotte wordt voor het spitsuur de lengte van de files berekend. Bij gebrek aan een individuele modellering per voertuig, worden de files hier gedefinieerd als stukken waar de gemiddelde snelheid onder 35 km/u zakt. De lengtes worden dus gevoelig langer dan de waarden die de autoriteiten over de files in de spitsuren meedelen. In elk geval is de in % uitgedrukte winst volledig overdraagbaar op de lengte van de files.

### 5.3.2 Verkeersveiligheid

De verkeersveiligheid is geen eenvoudige parameter om te bestuderen tijdens modelleringen. In deze studie worden de verschillende soorten ongevallen bestudeerd met betrekking tot het aandeel van de voertuigen dat zich van de nationale wegen naar de autosnelwegen verplaatst en omgekeerd. Op de nationale wegen gebeuren namelijk meer ongevallen dan op de autosnelwegen. Door de verandering van wegennet te vergelijken met het gevaar van elk van de netten kunnen we het aantal ongevallen ramen. De macro- en mesoschalen van het model laten geen analyse van individuele gedragwijzigingen toe. Het zal dus niet mogelijk zijn de ongevallen te bestuderen die gerelateerd zijn aan de homogeniteit van de stroom (plots remmen, plotse rijstrookwissels, enz.).

### 5.3.3 Milieu

Wat de emissies betreft die van het (snel)wegennet afkomstig zijn, werd de impact van de verschillende scenario's geëvalueerd dankzij de software COPERT IV (Ntziachristos *et al.*, 2009). COPERT (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) is een Europese methodologie die toelaat de uitstoot van verontreinigende stoffen van het wegvervoer te berekenen. Deze methode werd ontwikkeld om experts te helpen de verontreiniging te ramen die het autoverkeer veroorzaakt in de nationale emissie-inventarissen. COPERT werd ontwikkeld om jaarlijkse inventarissen op te maken op nationale schaal en kan onder bepaalde voorwaarden worden toegepast voor veel fijnere oplossingen in ruimte en tijd en ook om emissie-inventarissen op te maken voor een stuk weg.

Dit programma berust op een database van emissiefuncties voor de verschillende types voertuigen (en hun euronorm), om de uitstoot van verontreinigende stoffen te berekenen op basis van parameters die hierop een invloed uitoefenen (snelheid, motortemperatuur ...).

De totale uitstoot van het autoverkeer wordt berekend door de afzonderlijke emissies van elke voertuigklasse te wegen op basis van het aandeel van deze klasse in het betrokken verkeer. Deze formule laat toe rekening te houden met de variaties van de activiteit in tijd en ruimte, een essentieel element voor de studie van emissiescenario's.

De verontreinigende stoffen werden in aanmerking genomen: stikstofdioxide ( $\text{NO}_x$ ), zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ), fijn stof (PM), koolstofmonoxide (CO), koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en vluchtige organische stoffen. Het zijn namelijk goede indicatoren van de emissies van het autoverkeer.

### 5.3.4 Referentiemodel en scenario

In het licht van de waarnemingen in de verschillende Europese landen, blijven wij de verschillende opties om het verkeer vlotter te maken, de verkeersveiligheid te verbeteren en de impact van het autoverkeer op het milieu te verminderen, testen.

Gezien het onvoorzienbare karakter van het weer is het bij een eerste aanpak niet mogelijk het effect van een wijziging van de snelheden bij ongunstige weersomstandigheden te modelleren.

In een normale situatie waarin de automobilisten vrij van rijstrook kunnen veranderen en de toegelaten maximumsnelheid van 120 km/u kunnen rijden, kan een autosnelweg 1800 voertuigen per uur en per rijstrook halen. In de huidige omstandigheden veranderen de mensen van rijstrook waardoor er wordt geremd en weer opgetrokken. Dat zorgt voor een niet-homogene en dus niet-ideale voertuigenstroom. In het hart van de files (gedurende de ochtendspits) stellen we een gemiddelde (maar zeer heterogene) snelheid vast van 20 km/u op de ring van Brussel, bijvoorbeeld. Het remmen en optrekken is zeer inefficiënt qua uitstoot van schadelijke gassen en brandstofverbruik.

In de daluren of 's nachts rijdt een aantal van de gebruikers sneller dan toegelaten: dit gedrag wordt ook in dit scenario toegepast.

Dit scenario wordt onze '**Referentie**'.

#### **5.3.4.1 Scenario 1: verhoging van de toegelaten maximumsnelheid naar 130 km/u**

In dit scenario wordt de wettelijke snelheidslimiet opgetrokken naar 130 km/u. We kunnen ons afvragen of deze verhoging algemeen moet zijn of met tijdelijke of ruimtelijke beperkingen worden toegepast (naargelang de verkeersomstandigheden of de ongevallencijfers). Om mogelijke antwoorden te bieden over de identificatie van de beperkingen, stellen wij voor de verhoging van de snelheden op alle Belgische autosnelwegen te simuleren. Daarbij houden we in het achterhoofd dat de verzadiging van ons snelwegennet slechts een reële verhoging van de snelheden met zich zal brengen op bepaalde stukken weg en vooral in de daluren, of zelfs alleen 's nachts op de meeste stukken.

Dit scenario wordt in de resultaten '**V<sub>130</sub>**' genoemd vanwege de verhoging van de toegelaten maximumsnelheid.

#### **5.3.4.2 Scenario 2: vermindering van de toegelaten snelheden in intense verkeersomstandigheden**

In dit scenario blijft de toegelaten maximumsnelheid 120 km/u. Vervolgens stellen we ons voor dat de autosnelwegen kunnen worden uitgerust met dynamisch verkeersmanagement in real time. In geval van druk verkeer zouden verkeerslichten verplichten te vertragen tot 90 km/u, vervolgens tot 70 km/u om uiteindelijk tot 30 km/u te komen voor de snelheid op capaciteit (netwerk verzadigd). Deze laatste bedraagt momenteel 20 km/u vanwege de accordeonfiles die worden veroorzaakt door het veranderen van rijstrook, de verschillen in snelheid en het invoegen en die tot capaciteitsverliezen leiden. De invoering van een variabele snelheidscontrole zou een beter gecontroleerde, meer homogene voertuigstroom teweegbrengen en dus toelaten de snelheid op capaciteit van de betrokken weg te verhogen. Bovendien leidt een homogene snelheid tot een lager brandstofverbruik en dus ook tot een lagere uitstoot. Ten slotte zou het de veiligheid ten goede komen omdat er minder interactie is met de andere weggebruikers.

Dit scenario wordt in de resultaten '**V<sub>dim</sub>**' genoemd vanwege de progressieve verlaging van de toegelaten maximumsnelheid.

#### **5.3.4.3 Scenario 3: optimalisering van de snelheid op capaciteit en de capaciteit op de autosnelweg**

In dit laatste scenario, wordt scenario **V<sub>dim</sub>** geoptimaliseerd. Om optimaal te zijn, moet scenario **V<sub>dim</sub>** gepaard gaan met een verbod om van rijstrook te veranderen (tenzij bij het invoegen en aan de afrit van de autosnelweg). De verwachte capaciteit per rijstrook door de invoering van deze maatregel wordt geraamd op 2000 voertuigen per uur (1800 op normale momenten). Wanneer we de weggebruikers dusdanig beteugelen kunnen we collectieve winst te boeken.

Dit scenario noemen we in de resultaten '**V<sub>opt</sub>**' omdat zowel de capaciteit als de snelheid op capaciteit worden **geoptimaliseerd**.

## 5.4 Beperkingen van de simulaties

Wij vragen de lezer in het achterhoofd te houden dat de simulaties per definitie een voorstelling blijven van de realiteit, en niet de realiteit zelf zijn. Ze houden rekening met het verkeer van 2016 en de huidige verplaatsingstendenzen.

De in deze simulaties waargenomen resultaten zijn ongetwijfeld niet te evenaren op het Belgische autosnelwegennet. Toch kunnen we aan de hand van deze simulaties balansen opmaken en de grote tendensen aantonen die gezien het grote aantal factoren dat meespeelt overigens onmogelijk te voorspellen zouden zijn.

## 5.5 Resultaten van de simulaties

De resultaten van de simulaties worden samengevat in de volgende hoofdstukken en vergeleken met de referentiegegevens (huidige staat van het wegennet). Elk thema (mobiliteit, ongevallen en milieu) wordt bestudeerd in het spitsuur, de daluren en 's nachts. Het spitsuur betekent van 7 tot 9 uur 's ochtends. De nacht betekent van 22 tot 6 uur.

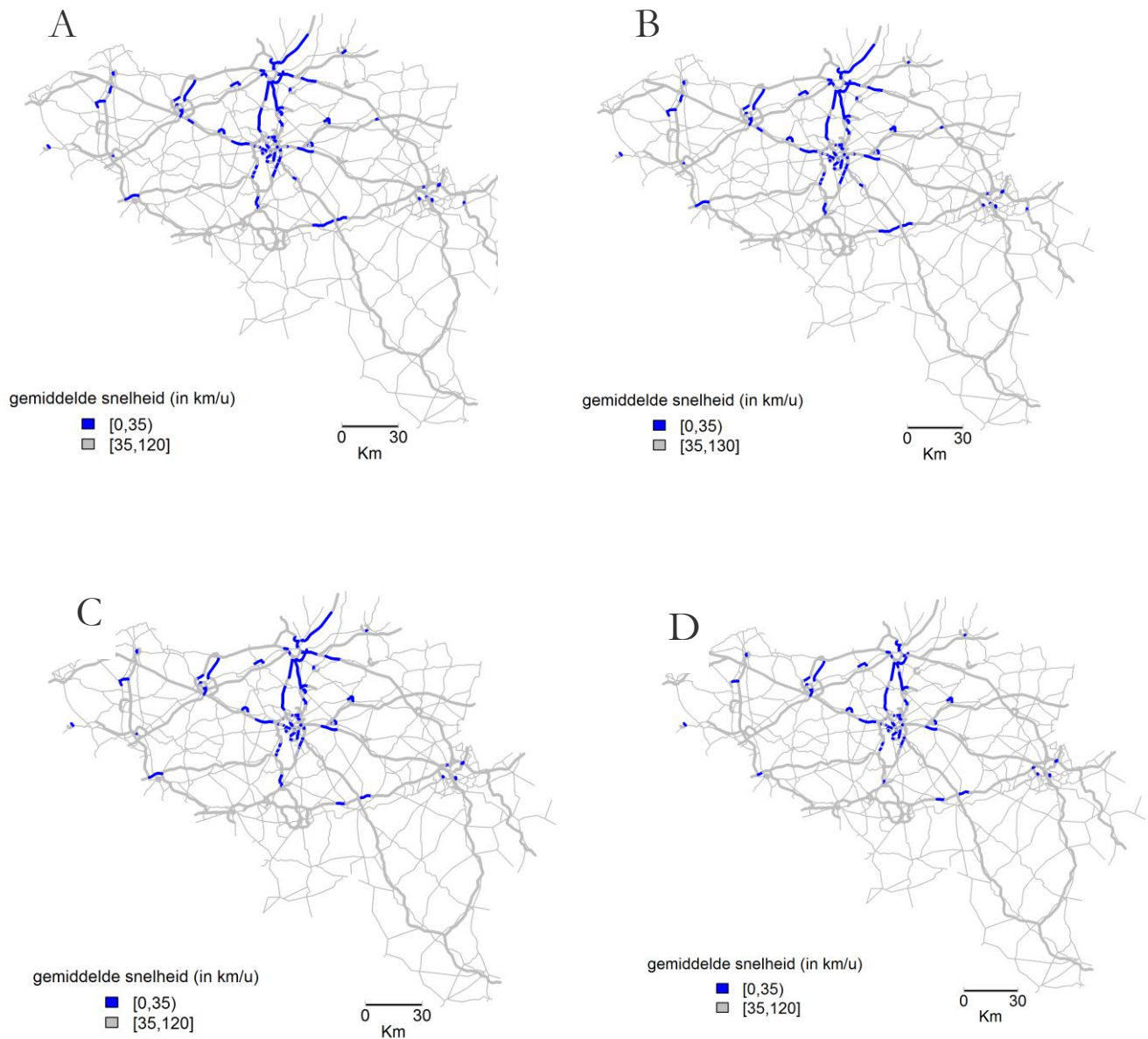
### 5.5.1 Mobiliteit

#### 5.5.1.1 Spitsuur

De mobiliteitsproblemen manifesteren zich uiteraard voornamelijk tijdens het spitsuur. Het is dus gedurende deze periodes dat we moeten proberen de verkeersstroom zoveel mogelijk te verbeteren.

De structurele files zijn namelijk dagelijkse kost in de stadscentra maar ook op de autosnelwegen, zoals Figuur 28 A aantoont. De verkeerscongestie is zeer groot op de invalswegen naar Brussel maar ook op de stukken die Antwerpen en Brussel verbinden (A1 en A12).

Bovendien kan men in het spitsuur op zeer weinig stukken autosnelweg sneller dan 110 km/u rijden. Dat geldt vooral voor de Waalse autosnelwegen in de provincie Luxemburg (A4 en A26). In Vlaanderen is het snelwegennet ook sterk gecongestioneerd. Dat lijkt echter niet het geval voor de A18 (tussen Jabbeke en Adinkerke).



**Figuur 28: gemiddelde snelheden waargenomen op het Belgische wegennet < 35 km/u volgens de 3 scenario's. A: Referentietoestand, B: verhoging van de snelheidslimiet naar 130 km/u, C: dynamische verlaging van de snelheid naargelang het verkeer, D: dynamische verlaging van de snelheid en homogenisering van het verkeer**

De invoering van een geleidelijke vermindering van de snelheidslimieten biedt interessante resultaten, zonder de vrije maximumsnelheid van 120 km/u te verhogen. We gaan van een gemiddelde snelheid voor alle voertuigen van 43,6 km/u naar een gemiddelde van 51,6 km/u (Tabel 9). Dit resultaat wordt nog

verbeterd voor een capaciteit die gaat van 1800 evp/uur naar 2000 evp/h (scenario  $V_{opt}$ ). We herinneren eraan dat we deze verhoging bereiken door de turbulentie van de verkeersstroom te controleren (minder plots remmen, beperking van het aantal rijstrookwissels). Dan halen we een gemiddelde snelheid op het net van 57 km/u.

De totale afgelegde afstand om op de bestemming te geraken vermindert voor  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$ . Dat betekent dat de trajectkeuze verandert en verstandiger wordt aangepast aan de bestemming.

**Tabel 9: vergelijking van de mobiliteitsindicatoren voor de verschillende simulaties in het spitsuur**

	REF	$V_{130}$	$V_{dim}$	$V_{opt}$
<b>Totaal afgelegde afstand (in voertuig-km)</b>	89 537 936	89 742 192 (+0,2%)	88 383 184 (-1%)	88 383 184 (-1,3%)
<b>Tijd doorgebracht op het snelwegennet (in uur)</b>	2 055 144	2 041 859 (-0,6%)	1 551 958 (16,5%)	1 551 958 (-24,5%)
<b>Gemiddelde snelheid (km/u)</b>	43,6	44,0 (+1%)	51,6 (+18%)	56,9 (+30%)
<b>Lengte van de stukken waar &lt; 35 km/u wordt gereden (km)</b>	610	610 (0%)	550 (-10%)	420 (-30%)

De verandering van de snelheid op capaciteit (scenario  $V_{dim}$ ) laat ook toe de totale afgelegde tijd op het niet-verzadigde net significant te verminderen. Aangezien er minder congestie is, maken bestuurders die anders alternatieve trajecten kiezen ook minder omwegen.

De impact van een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid op het Belgische snelwegennet lijkt slechts weinig effecten te hebben op de prestaties van het net in spitsuur. Zo zou deze verhoging niet leiden tot een verbetering van de gemiddelde snelheid van de Belgen (1% verschil, Tabel 9).

Zoals Figuur 28 B illustreert, heeft de verhoging van de vrije snelheid nauwelijks invloed op de structurele files die we in het spitsuur waarnemen op het Belgische autosnelwegennet. Het is vooral de verhoging van de capaciteit die minder files in de hand zal werken.

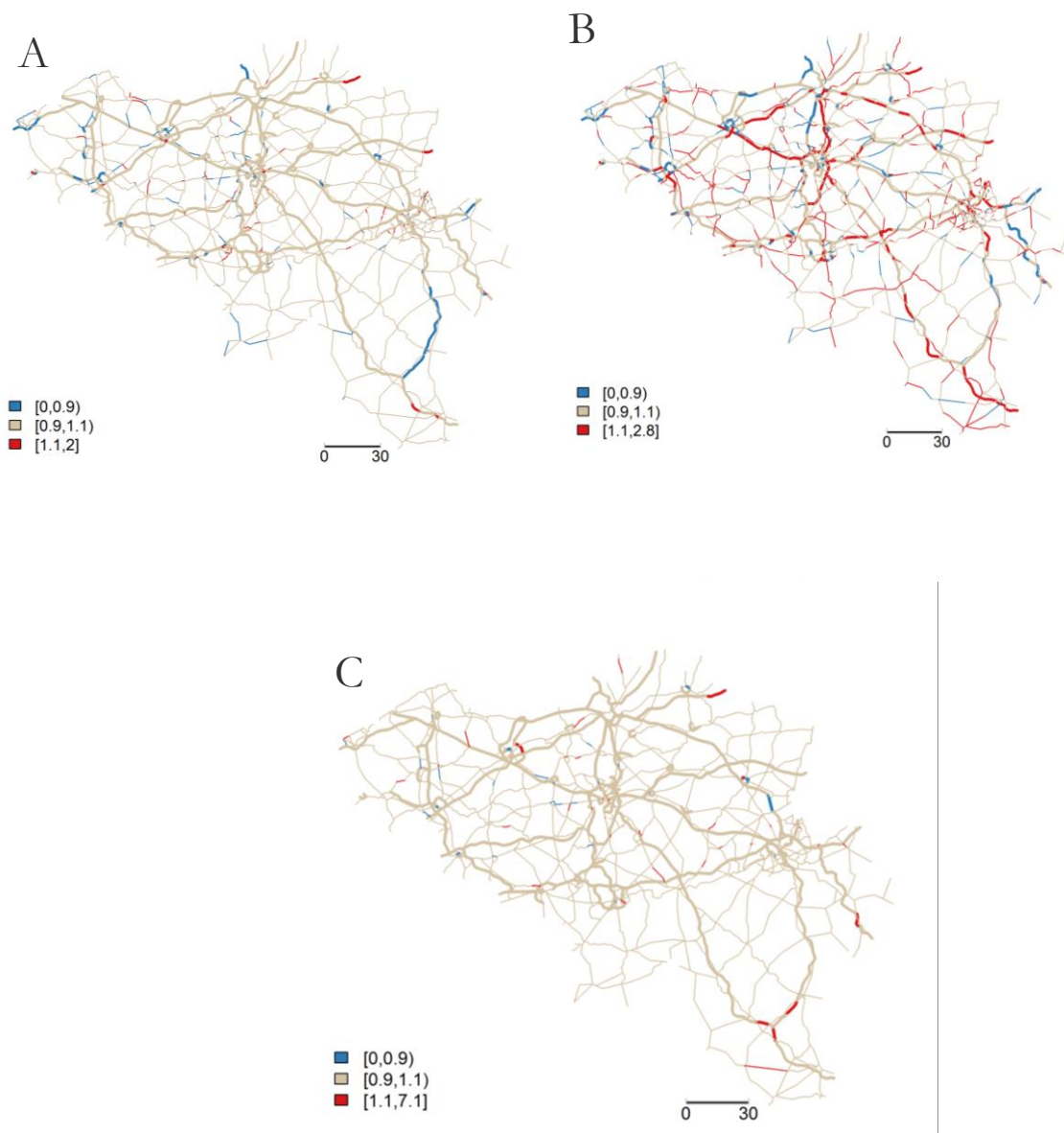
Wanneer een verbetering van de stroom wordt gekoppeld aan progressieve snelheidsverminderingen (model  $V_{opt}$ ), zijn de winsten qua gemiddelde snelheid, trajecttijd en afgelegde kilometers nog groter. Hier betreft het namelijk een algemene verhoging van de efficiëntie van ons snelwegensysteem.

Voor scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$ , zien we de files ook flink korter worden, respectievelijk met 10 en 30 %.

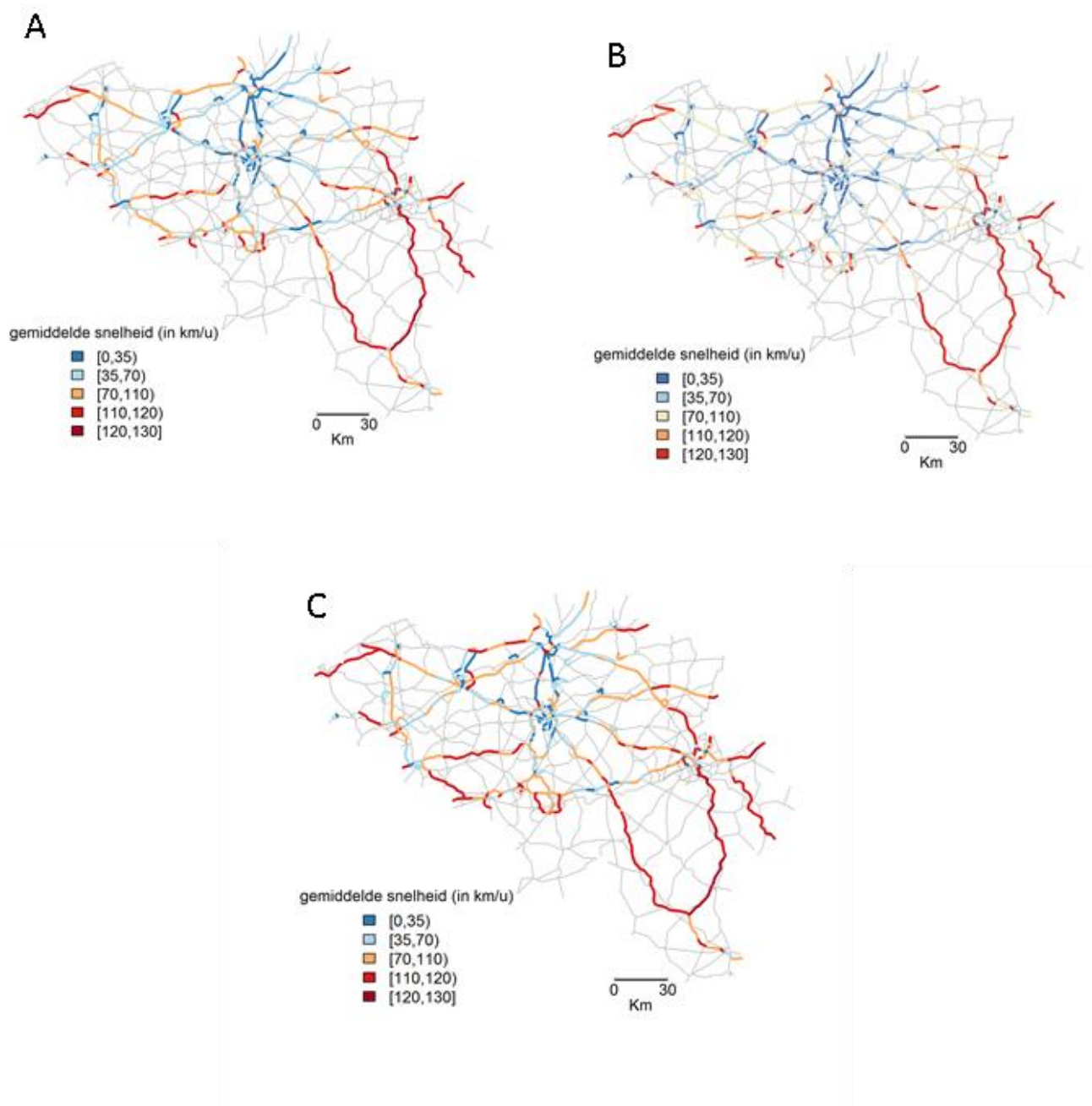
Een gunstig neveneffect van een verbetering van de prestaties van de autosnelwegen is een verschuiving van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen (Figuur 29). Deze manifesteert zich vooral voor scenario  $V_{opt}$ , met een transfer van vrachtwagens en lichte wagens naar de autosnelwegen. Dat zou een verbetering van de mobiliteit op de nationale wegen teweegbrengen.

Tabel 10: shift van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen, naargelang het scenario.

Scenario	Verschuiving van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen (% van het totale verkeer, in vergelijking met de referentie)
V <sub>130</sub>	+0,5% (+17 500 voertuig-km)
V <sub>dim</sub>	+3,1% (+87 500 voertuig-km)
V <sub>opt</sub>	+7% (+202 500 voertuig-km)



**Figuur 29:** wijziging van de verhouding tussen verkeer op de autosnelweg en verkeer op de nationale wegen in vergelijking met de referentie. A: Scenario Vdim ; B: scenario Vopt, C: scenario V130. Een verhouding van 0,9 betekent een vermindering van het verkeer met 10%; een verhouding van 1,1 betekent een toename van het verkeer met 10%.



**Figuur 30: evolutie van de gemiddelde snelheden volgens de verschillende scenario's. A: referentie; B: scenario  $V_{130}$ ; C: scenario  $V_{opt}$ .**

Figuur 30 stelt de gemiddelde snelheid op het wegennet voor naargelang de verschillende mogelijke scenario's. We stellen een groot contrast vast tussen de gewesten van het land. Het noorden kent zeer lage gemiddelde snelheden (35 km/u) terwijl we in het zuiden stukken terugvinden met snelheden van meer dan 110 km/u. Scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$  laten duidelijk toe de gemiddelde snelheid op de autosnelwegen op te trekken (Tabel 9). In elk geval zien we een verschuiving van een deel van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen.



### 5.5.1.2 Daluren/'s nachts

De scenario's voor de daluren en 's nachts brengen geen significante veranderingen teweeg op de mobiliteit. De dynamische snelheidsbeperking vindt namelijk alleen plaats wanneer het verkeer het verzadigingspunt nadert. We gaan er hier dus niet verder op in.

We merken alleen op dat scenario  $V_{130}$  's nachts een gemiddelde tijdwinst oplevert van 2% maar bij een zeer lage verkeersdichtheid (Tabel 11). De tijd die automobilisten op het wegennet doorbrengen, wordt hier geraamd op 163 000 uur, terwijl deze in de spits toeneemt tot 2 000 000. De waargenomen gemiddelde snelheid is uiteraard hoger, en bedraagt 113,8 km/u.

**Tabel 11: vergelijking van de mobiliteitsindicatoren voor de verschillende simulaties 's nachts**

	REF	$V_{130}$	$V_{dim}$	$V_{opt}$
<b>Totaal afgelegde afstand (in voertuig-km)</b>	15 584 262	15 617 087 (+0,2%)	15 584 236 (+0%)	15 584 229 (+0%)
<b>Tijd doorgebracht op het snelwegennet (in uur)</b>	162 904	159 606 (-2%)	162 694 (-0,1%)	162 543 (-0,2%)
<b>Gemiddelde snelheid (km/u)</b>	108,9	113,8 (+4,5%)	109,1 (+0,2%)	109,2 (+0,3%)

## 5.5.2 Verkeersveiligheid

### 5.5.2.1 Spitsuur

**Tabel 12: evolutie van de ongevallencijfers in het spitsuur volgens de verschillende scenario's**

Evolutie ten opzichte van de referentie	$V_{130}$	$V_{dim}$	$V_{opt}$
<b>Ongevallen</b>	0%	-2%	-3%
<b>Doden</b>	0%	-3%	-6%
<b>Zwaargewonden</b>	0%	-3%	-4%
<b>Lichtgewonden</b>	0%	-1%	0%

Aangezien de autosnelweg tijdens het spitsuur aantrekkelijker wordt in scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$  zien we een verschuiving van het autoverkeer maar ook van de vrachtwagens van de nationale wegen naar de autosnelwegen (Figuur 29). Dat betekent dat het aantal ongevallen op de nationale wegen afneemt met een algemene verbetering van de verkeersveiligheid tot gevolg. Scenario  $V_{130}$  heeft geen (positief of negatief) effect in de spits: dan kunnen namelijk slechts weinig weggebruikers 130 km/u rijden. Dus, hoewel het risico toeneemt met de snelheid, zijn de effecten hier verwaarloosbaar.

Deze verschuiving is positief voor de verkeersveiligheid. Ter herinnering, 53% van de overlijdens komt voort uit ongevallen buiten de bebouwde kom. Een vermindering van het verkeer op deze wegen ten gunste van de autosnelwegen, kan dus een vermindering van het aantal ongevallen op deze wegen in de hand werken. Een strenge controle van de snelheid op deze wegen dringt zich echter op zodat het afgenomen verkeer geen overdreven snelheden en dus ook geen hoger ongevalrisico veroorzaakt.

### 5.5.2.2 Daluren

Ook in de daluren levert de wijziging van de snelheid op capaciteit en de capaciteit een significante verbetering van het ongevalrisico op (in het bijzonder van ernstige ongevallen, Tabel 13) voor scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$ .

Wat scenario  $V_{130}$  betreft, lijkt het aantal ongevallen niet te verschillen ten opzichte van de referentie omdat er ook in de daluren slechts weinig zones zijn waar men sneller dan 120 km/u kan rijden.

**Tabel 13: evolutie van de ongevalcijfers in de daluren volgens de verschillende scenario's**

Evolutie ten opzichte van de referentie	$V_{130}$	$V_{dim}$	$V_{opt}$
<b>Ongevallen</b>	0,1%	-1,0%	-1,8%
<b>Doden</b>	-0,1%	-2,6%	-4,9%
<b>Zwaargewonden</b>	0,0%	-1,7%	-3,1%
<b>Lichtgewonden</b>	0,2%	0,0%	0,1%

### 5.5.2.3 's Nachts

's Nachts lijkt de verhoging van de snelheidslimiet interessant (scenario  $V_{130}$ ) omdat meer weggebruikers de autosnelweg nemen (die minder ongevalgevoelig zijn) om hun trajecttijd in te korten. Deze winst is echter zeer beperkt (maximaal -1%). Scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$  hebben geen enkele impact op de ongevalcijfers omdat het grootste deel van het netwerk 's nachts vrije snelheden toelaat (en dus niet gecongestioneerd is).

**Tabel 14: evolutie van de ongevalcijfers 's nachts volgens de verschillende scenario's**

Evolutie ten opzichte van de referentie	$V_{130}$	$V_{dim}$	$V_{opt}$
<b>Ongevallen</b>	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Doden</b>	-0,8%	0,0%	0,0%
<b>Zwaargewonden</b>	-0,2%	0,0%	0,0%
<b>Lichtgewonden</b>	0,2%	0,0%	0,0%

We moeten echter opletten voor de reactie van de weggebruikers, die vooral 's nachts de neiging hebben om te snel te rijden. Hoewel het aantal ongevallen afneemt, (dankzij de verschuiving nationale wegen -->

autosnelwegen), mogen we bovendien niet vergeten dat het risico op en de ernst van ongevallen substantieel toenemen met de snelheid (power model). De lichte winst die we hier illustreren voor  $V_{130}$  vraagt dus enige voorzichtigheid.

### 5.5.3 Milieu

Momenteel worden jaarlijks miljoenen tonnen schadelijke gassen of broeikasgassen op het Belgische wegen- en snelwegennet uitgestoten. De doelstelling van COP21 is de productie van deze gassen tegen 2020 met 40 % terug te dringen (ten opzichte van 1990; Robbins 2016).

In deze context heeft dit scenario een gunstig domino-effect: de vermindering van de totaal afgelegde afstand in combinatie met de hogere gemiddelde snelheid brengt namelijk een significante vermindering teweeg van de uitstoot van broeikasgassen en schadelijke gassen.

#### 5.5.3.1 Spitsuur

In het spitsuur zijn de winsten qua emissies voor scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$  interessant (Tabel 15). We zien de uitstoot van vluchtige organische stoffen (VOS) namelijk afnemen met 19% en van CO en CO<sub>2</sub> met respectievelijk 8 en 3%. In tegenstelling tot de twee vorige, heeft scenario  $V_{130}$ , dat voorziet in een verhoging van de snelheidslimiet naar 130 km/u zelfs in het spitsuur nefaste gevolgen: de CO stijgt met 5% en het fijn stof met 3%.

**Tabel 15: vergelijking van de productie van de verschillende gassen en het verbruik volgens COPPERT in functie van de verschillende scenario's.**

	CO <sub>2</sub>	CO	COV	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	Brandstof
	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(l/100 voertuig-km)
<b>REF</b>	20230731.1	74531.3013	15789.2385	43475.1165	1796.90763	7844699.207
<b>REF- <math>V_{130}</math></b>	1%	5%	1%	1%	3%	1%
<b>REF- <math>V_{dim}</math></b>	-3%	-8%	-13%	-6%	-6%	-3%
<b>REF- <math>V_{opt}</math></b>	-3%	-9%	-19%	-7%	-7%	-3%

#### 5.5.3.2 Daluren

Buiten de spits blijven scenario  $V_{dim}$  en  $V_{opt}$  zeer gunstig voor het milieu (Tabel 16). De homogenisering van het verkeer laat namelijk toe op plekken die gecongestioneerd blijven tot 14% te winnen op de uitstoot van vluchtige organische stoffen en 3% op de uitstoot van fijn stof.

Scenario  $V_{130}$  brengt op zijn beurt een significante toename teweeg van de uitstoot van schadelijke gassen met +6% CO, +3% fijnstof, en een algemene toename van het brandstofverbruik met 2%.

**Tabel 16: vergelijking van de uitstoot van vervuilende gassen in de daluren volgens de geteste scenario's**

CO <sub>2</sub>	CO	COV	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	Brandstof
(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(g/voertuig-km)	(l/100 voertuig-km)

<b>REF</b>	18139610.3	60435.4081	14841.8402	42798.2627	1679.97376	6979280.076
<b>REF- V<sub>130</sub></b>	1%	6%	1%	1%	3%	2%
<b>REF- V<sub>dim</sub></b>	-1%	-3%	-9%	-2%	-3%	-1%
<b>REF- V<sub>opt</sub></b>	0%	-2%	-14%	-3%	-3%	0%

### 5.5.3.3 's Nachts

's Nachts werkt het luwe verkeer een vrij hoge vrije snelheid in de hand. Dat leidt voor scenario V<sub>130</sub> tot een zeer negatief effect op de productie van schadelijke gassen (Tabel 17): +15% CO, +8% fijn stof en +4% CO<sub>2</sub>. Het brandstofverbruik zien we in totaal met 4% toenemen.

In deze omstandigheden hebben scenario V<sub>dim</sub> en V<sub>opt</sub> bijna geen (positieve of negatieve) impact op de emissies van vervuilende gassen.

**Tabel 17: vergelijking van de uitstoot van verontreinigende gassen 's nachts volgens de verschillende geteste scenario's**

	CO <sub>2</sub>	CO	COV	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	Brandstof
	(g/voertuig -km)	(g/voertuig -km)	(g/voertuig -km)	(g/voertuig- km)	(g/voertuig- km)	(l/100 voertuig-km)
<b>REF</b>	4203704.32	15081.1394	2259.86602	9781.26776	387.704184	1614765.429
<b>REF- V<sub>130</sub></b>	4%	15%	2%	3%	8%	4%
<b>REF- V<sub>dim</sub></b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>REF- V<sub>opt</sub></b>	0%	1%	0%	0%	0%	0%

## 5.6 Samenvatting van de modelleringen

De simulaties die in het vorige hoofdstuk werden gedaan, proberen aan te tonen dat een dynamische wijziging van de snelheidslimieten in België een grote impact kan hebben op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu. Alle simulaties brengen namelijk aanzienlijke veranderingen teweeg qua trajecttijd, uitstoot van schadelijke gassen en wijziging van de kans op ongevallen.

**Tabel 18: samenvatting van de resultaten van de verschillende modelleringen. De percentages zijn berekend ten opzichte van de referentie. ↓ betekent een grote daling, (↓) betekent neiging tot dalen, ↔ betekent zonder effect, (↑) betekent neiging tot stijgen, ↑ betekent grote stijging, / betekent niet bestudeerd.**

Scenario	Gesimuleerd uur	Mobiliteit	Verkeersveiligheid	Milieu
V <sub>130</sub>	Spitsuur	↔	↔	(↑) emissies
	Daluren	/	↔	(↑) emissies
	's Nachts	(↓) trajecttijd (↑) gemiddelde snelheid	↑ ongevallen, doden en gewonden op de autosnelwegen  (↓) ongevallen, doden en gewonden mogelijk op andere wegen	↑ emissies
V <sub>dim</sub>	Spitsuur	↓ trajecttijd ↑ gemiddelde snelheid	↓ ongevallen, doden en gewonden	↓ emissies
	Daluren	/	(↓) ongevallen, doden en gewonden	↓ emissies
	's Nachts	↔	↔	↔
V <sub>opt</sub>	Spitsuur	↓ trajecttijd ↑ gemiddelde snelheid	↓ ongevallen, doden en gewonden	↓ emissies
	Daluren	/	↓ ongevallen, doden en gewonden	↓ emissies
	's Nachts	↔	↔	↔

De resultaten worden samengevat in Tabel 18. Ze maken een stand van zaken op, rekening houdend met het huidige verkeer en de huidige gedragingen van de Belgen.

Het scenario van een verhoging van de snelheid in bepaalde omstandigheden, 's nachts bijvoorbeeld, vermindert dan wel lichtjes de trajecttijd, maar brengt een verhoging van de uitstoot van verontreinigde stoffen teweeg (+15% koolstofmonoxide). Deze tijdwinst geldt slechts voor een vrij laag aantal weggebruikers (zeer vlot verkeer 's nachts). De voordelen van een dergelijke verhoging lijken dus zeer beperkt.

Het tweede scenario, V<sub>dim</sub>, houdt een dynamische vermindering in van de snelheidslimieten als reactie op de verdichting van het verkeer. De effecten van dit scenario zijn uiteraard vooral merkbaar in de spits, maar ook in de daluren omdat heel wat delen van het Belgische snelwegennet verzadigd blijven. We merken een significante vermindering van de trajecttijd (-16%) dankzij de harmonisering van het gedrag. Dat vertaalt zich in een toename van de gemiddelde snelheid van 44 naar 51 km/u. Deze harmonisering van de voertuigenstroom brengt ook een vermindering teweeg van de uitstoot van broeikasgassen en schadelijke gassen. Ten slotte zien we een verschuiving van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen omdat deze laatste aantrekkelijker worden dankzij de kortere trajecttijd.

Een optimalisatie van deze dynamische snelheidsvermindering en een verhoging van de capaciteit van de autosnelwegen (scenario  $V_{opt}$ ), versterkt deze resultaten: de algemene gemiddelde snelheid loopt op tot 56 km/u, de vluchtige organische stoffen verminderen met 20% en het aantal doden met 6%.

Het ziet er dus naar uit dat deze studie de voordelen duidelijk maakt van een dynamische snelheidsvermindering op autosnelwegen: vermindering van de trajecttijd, vermindering van het aantal ernstige ongevallen en vermindering van de schadelijke uitstoot voor het milieu. Het zal uiteraard interessant zijn deze resultaten gewest per gewest te analyseren en andere snelheidswijzigingen te testen. We mogen ook niet vergeten dat mensen die momenteel de wagen laten staan deze misschien opnieuw zullen gaan gebruiken om zich te verplaatsen wanneer de trajecten op de autosnelwegen aantrekkelijker worden. Dat zou leiden tot een algemene toename van het verkeer, waardoor de hier geïllustreerde voordelen afnemen. Toch tonen de scenario's aan dat de snelheidswijziging een grote impact heeft voor de Belgische samenleving. Het zou interessant zijn in een toekomstige studie de economische winst ervan te bestuderen.

## 6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

### 6.1 België in de Europese context

In België werd de snelheidslimiet op de autosnelweg meer dan 40 jaar geleden (1972) vastgelegd op 120 km/u. Sindsdien is het landschap op het vlak van mobiliteit, veiligheid en milieu grondig veranderd. In de Europese context is de snelheidslimiet van 120 km/u lager dan die van de buurlanden. Frankrijk, Duitsland, Luxemburg en Nederland hanteren namelijk een snelheidslimiet van 130 km/u. De Scandinavische landen hebben daarentegen een lagere snelheidslimiet (100 km/u). Ook Groot-Brittannië heeft lagere snelheidslimieten van om en bij de 112 km/u.

Wat de modulatie van deze snelheidslimiet betreft, zien we in België nu al toepassingen van verkeersmanagement (bv. 100 km/u op de Antwerpse ring) of bij verontreinigingspieken (SMOG-alarm in Wallonië en Vlaanderen). Heel wat andere Europese landen passen snelheidsvariëaties toe die gerelateerd zijn aan het verkeer (Verenigd Koninkrijk, Nederland, Oostenrijk ...), het weer (110 km/u in Frankrijk bij neerslag, dynamische snelheidsverminderingen in Oostenrijk bij regen, vorst en/of sneeuw, en recenter wegens luchtverontreiniging) of in gevaarlijke zones (in Duitsland, bijvoorbeeld). We stellen dus vast dat deze technologieën hun ingang lijken te vinden in het hele Europese landschap.

De ongevallencijfers op onze autosnelwegen zijn geen voorbeeld in Europa. Ondanks de algemeen lagere snelheidslimiet in België blijken de ongevallencijfers vrij hoog. Toch zien we ook dat de dichtheid van het verkeer gezien de omvang van het netwerk ook zeer hoog is in vergelijking met de buurlanden. Er blijkt dus geen onderling verband te zijn tussen limietsnelheid en ongevallencijfers.

### 6.2 Snelheid in verkeersveiligheid, milieu en mobiliteit

Het literatuuroverzicht heeft ons in staat gesteld effecten van snelheid en snelheidsvariëaties op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu aan te tonen. Het heeft ons ook toegelaten aan te tonen dat deze drie aspecten worden beïnvloed door de snelheid van de voertuigen op de autosnelweg.

Over het algemeen hebben we gezien dat een verhoging van de snelheid van de voertuigen op de autosnelweg leidt tot een verhoging van het brandstofverbruik (de beperking van 120 km/u werd net ingevoerd om het brandstofverbruik terug te dringen tijdens de eerste oliecrisis), de uitstoot van vervuilende gassen en broeikasgassen en de ernst van de ongevallen. Er is echter ook een positief element: de vermindering van de trajecttijd. Toch is België te klein opdat een overgang van 120 naar 130 km/u veel tijdswinst zou opleveren.

Het is moeilijk de effecten van een verhoging van de snelheidslimiet op het terrein te testen. In Duitsland zijn er bijvoorbeeld zones zonder wettelijke snelheidslimiet. Deze zones bevinden zich echter op plaatsen met een beperkt risico voor de verkeersveiligheid, terwijl in de gevaarlijkere zones wel snelheidslimieten gelden. Wanneer we de ongevallencijfers van deze zones proberen te vergelijken, ontstaat er onvermijdelijk een statistische fout en lijken de zones zonder beperking veiliger dan de zones mét. De Duitse situatie lijkt in deze context dus geen goed terrein om een verhoging van de snelheidslimiet te onderzoeken. Het lijkt interessanter de tests in Nederland en Denemarken aan een grondiger onderzoek te onderwerpen. Beiden landen hebben hun snelheidslimiet namelijk gewijzigd van 120 naar 130 km/u. Het lagere aandeel van de ongevallen die op de autosnelweg plaatsvinden, bemoeilijkt de vergelijkingen.

Een andere belangrijke factor is de snelheidsvariëatie tussen de weggebruikers. Een heterogene stroom brengt namelijk een afname teweeg van de capaciteit van het autosnelwegennet, een verhoging van het ongevalrisico en een verhoging van de uitstoot van vervuilende gassen. Het herhaaldelijk optrekken en remmen veroorzaakt namelijk een vermindering van de algemene snelheid van de stroom, verhoogt de afstand tussen de gebruikers en zorgt voor onnodig energieverbruik. Ten slotte zijn de snelheidsvariëaties tussen de weggebruikers een mogelijke oorzaak van ongevallen omdat ze de mogelijke interactie tussen de voertuigen op het autosnelwegennet doen toenemen.

### 6.3 Infrastructuur die nodig is voor de dynamische wijziging van de snelheidslimiet

Een invoering van dynamische snelheidslimieten op het Belgische autosnelwegennet veronderstelt natuurlijk ook de toepassing van de verschillende technologieën die nodig zijn om er gebruik van te maken.

In de eerste plaats moet men de dichtheid van het verkeer op het net in real time kunnen inschatten. Dat kan door middel van tellussen, ook wel ‘inductive loops’ genoemd, die op regelmatige intervallen onder elke rijstrook zijn geïnstalleerd, aan de hand van camerabeelden enz. Wanneer ze gekoppeld zijn aan algoritmes om het verkeer te modelleren, kunnen deze technologieën de toestand van het snelwegverkeer kwantificeren en voorspellen en vervolgens richtlijnen verzenden om het te optimaliseren (openstellen van een rijstrook, de snelheid beperken enz.).

Dit soort management van de snelheidslimieten is reeds aanwezig op sommige delen autosnelweg in België. Als de gewesten beslissen deze technieken uit te breiden, moet de nodige technologie dus worden veralgemeend. Gelukkig lijkt de bereidheid om onze systemen te moderniseren er te zijn bij de verschillende bevoegde instanties: het VCC in Vlaanderen en het centre PEREX in Wallonië zijn hun infrastructuur en werkwijze aan het moderniseren. Ze beschikken reeds over een groot aantal tellussen over het hele Belgische snelwegennet om het verkeer in real time te monitoren. Ze beschikken ook over de nodige ANPR-camera's dankzij de invoering van de kilometerheffing voor de vrachtwagens die België via de autosnelwegen doorkruisen. Wallonië wil de dichtheid van de camera's in de nabije toekomst overigens uitbreiden. Ten slotte bestaan de lichtborden al, hoewel ze momenteel nog niet talrijk genoeg zijn voor een overschakeling op dynamische snelheidslimieten. De systemen die reeds beschikbaar zijn in België lijken een uitstekende basis voor de uitbreiding van de dynamische snelheidssystemen.

Wanneer we het Belgische autosnelwegennet vergelijken met een snelwegennet van landen die reeds voor dynamische snelheden hebben gekozen, lijkt de overgang niet zo groot. Als we Oostenrijk als voorbeeld nemen, de koploper in verkeersmonitoring en de toepassing van dynamische snelheden, stellen we vast dat de gegevens van het snelwegennet nauw aanleunen bij die van België. België telt namelijk 1763 km autosnelwegen. Dat is goed te vergelijken met de 2000 km van Oostenrijk. In km per inwoner, liggen de cijfers ook zeer dichtbij elkaar: 14 km per 1000 inwoners.

Ten slotte lijkt het belangrijk de gebruikers van deze snelwegennetten zo veel mogelijk te beteugelen opdat deze systemen efficiënt zouden zijn. Meer ANPR-camera's zouden perfect bruikbaar zijn als trajectcontrole, om ervoor te zorgen dat elke weggebruiker zich aan de aanbevolen snelheid houdt.

Willen we dat deze snelheden worden aanvaard, dan moeten ze zo uitvoerig, duidelijk en ondubbelzinnig mogelijk worden uitgelegd. Er bestaat momenteel maar één limietsnelheid: 120 km/u voor voertuigen met een massa van minder dan 3,5 t, en 90 km/u voor de zwaardere voertuigen. Het is dus gemakkelijk voor de weggebruikers om de limietsnelheid te kennen. In een context van variabele snelheidslimieten moeten de nieuwe snelheden dus tegelijkertijd zichtbaar zijn én goed worden gevolgd. In Nederland heeft het initiatief ZOO<sup>F15</sup> tot doel de smartphones van de weggebruikers te gebruiken om de aan te houden snelheidslimieten mee te delen en het gedrag op de weg te harmoniseren.

In deze context maken ontwikkelingen inzake geconnecteerde voertuigen ongetwijfeld nieuwe oplossingen mogelijk om de snelheidslimiet in real time mee te delen aan de weggebruikers. Ten slotte kan de komst van zelfsturende wagens, hoewel ze nog maar pas komen kijken, in grote mate bijdragen tot een homogenisering van de verkeersstroom (qua gereden snelheden) en kunnen ze een geschikte oplossing zijn voor de fileproblemen in België (afgezien van de verbeteringen op het vlak van milieu en verkeersveiligheid).

---

<sup>15</sup> <http://www.zoof.nu/>



## 6.4 Effecten van de snelheidswijzigingen in België

Aangenomen dat de technologische systemen kunnen worden geïmplementeerd, hebben de simulaties aangetoond dat de wijzigingen van de toegelaten snelheid een aanzienlijke impact hadden op de verkeersveiligheid, de mobiliteit en het milieu.

De resultaten van de simulaties zijn vanzelfsprekend ‘ideale’ resultaten die zijn gebaseerd op perfect gedrag dat we ongetwijfeld nooit in de werkelijkheid kunnen evenaren. Toch bieden ze een leidraad en tonen ze de tendensen waartoe dergelijke wijzigingen van de snelheidslimiet kunnen leiden. Zelfs als we de doelstellingen die we van deze modelleringsresultaten afleiden maar voor 50% halen, heeft onze maatschappij er duidelijk veel bij te winnen.

De modelleringen worden samengevat in Tabel 18. De resultaten tonen aan dat de progressieve vermindering van de snelheidslimiet en de homogenisering van de verkeersstromen de maatregelen zijn die de meeste voordelen opleveren. Deze resultaten komen namelijk overeen met de literatuur: door de snelheid en de voertuigenstroom te regelen, wordt het verkeer homogener waardoor de filevorming doorgaans wordt vertraagd. Bovendien lijkt de totale lengte van de files significant af te nemen. Dat is uiteraard ook gunstig voor de verkeersveiligheid. De literatuur leert ons namelijk dat niet de snelheid maar de heterogeniteit van de snelheden tussen de weggebruikers een bepalende factor is in de veiligheid. Deze verschillen creëren interactie tussen de voertuigen: remmen, van rijstrook veranderen, uitwijken enz. Dit gedrag kan ongevallen veroorzaken. Een verbod om van rijstrook te veranderen is een, zij het drastische, oplossing die de interactie tussen de gebruikers zeer sterk kan beperken. Ze helpt een regelmatige voertuigstroom te creëren met regelmatige veiligheidsafstanden en een optimale verkeershomogeniteit. Om tot een maximale efficiëntie te komen, zou het ook interessant zijn om, overal of waar mogelijk, ver vóór de verkeerswisselaars te laten voorsorteren: dat helpt ook de voertuigstroom maximaal te organiseren.

Dankzij deze gedragswijzigingen op de autosnelweg en een betere verkeersstroom, lijkt de autosnelweg aantrekkelijker te worden. De simulaties lijken erop te wijzen dat de stromen van vrachtwagens en lichte voertuigen bij voorkeur de autosnelweg zouden gebruiken in plaats van het secundaire wegennet. De tijdwinst lijkt significant (maar op lange termijn kan de vraag toenemen en dit evenwicht weer wijzigen). Deze verschuiving van de stroom is interessant omdat ze het verkeer op de nationale wegen minder druk maakt. Volgens Tabel 2 gebeuren op de secundaire wegen meer ongevallen. We zouden een vermindering van het aantal en de ernst van ongevallen op het secundaire wegennet kunnen verwachten dankzij de verschuiving naar de autosnelwegen. De woonkernen die vroeger werden doorkruist door deze stromen van vrachtwagens en auto's zouden dus veiliger ogen. Dat is een onrechtstreeks positief effect van deze snelheidswijziging op de autosnelweg.

De simulaties hebben overigens aangetoond dat een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid slechts zeer weinig positieve impact had. Aangezien het Belgische snelwegennet volledig verzadigd is, heeft een wijziging van de maximumsnelheid vrijwel geen voordeel in de spits. In de daluren stellen wij bijna hetzelfde vast. We merken daarentegen een verbetering van de nachtelijke trajecttijd (van 22 tot 6 uur), maar deze gaat ten nadele van het milieu (een verhoging van de maximumsnelheid brengt een hoger brandstofverbruik met zich). Bovendien zijn de waargenomen winsten in werkelijkheid heel miniem in vergelijking met de tijd die we in totaal dagelijks in het verkeer doorbrengen. Toch moeten we in het achterhoofd houden dat België, de ruggengraat van het Europese wegennet, het enige land onder zijn buurlanden is met een beperking tot 120 km/u. Frankrijk, Nederland, Duitsland en Luxemburg hebben namelijk allemaal een hogere snelheidslimiet op de autosnelwegen.

De tijdwinst op het hele net lijkt dus groot wanneer de snelheden tijdens het spitsuur worden verminderd. Aangezien het een voorlopige studie op basis van simulaties betreft, was het niet de bedoeling de economische balans op te maken van deze maatregelen. Op min of meer lange termijn moeten we de winst van deze maatregelen echter meten in vergelijking met de kosten voor de implementatie van dergelijke systemen. We hebben gezien dat de vermindering en de homogenisering van de snelheid een gunstig effect hebben op de mobiliteit en de verkeersveiligheid. Bovendien is er een rechtstreeks neveneffect dat gunstig is voor het milieu. Zoals het literatuuroverzicht heeft aangetoond, zorgt een meer homogene snelheid namelijk voor minder brandstofverbruik in vergelijking met het herhaaldelijk remmen en optrekken dat zeer energieverslindend is. Een van de resultaten van de scenario's voor de dynamische

snelheidsvermindering is een kleine verhoging van de gemiddelde snelheid, tot bijna 60 km/u. Bij dergelijke snelheden is het brandstofverbruik ook minder.

Dit effect op de vermindering van het brandstofverbruik is uitermate interessant omdat het dezelfde richting uitgaat als de uitstootbeperkingen die de Europese Unie aan haar lidstaten oplegt. Bovendien passen sommige landen zoals Oostenrijk nu reeds dynamische snelheidslimieten toe om hun uitstoot te beperken.

## 6.5 Aanvaardbaarheid en invoering van de snelheidswijziging in België

Een al dan niet dynamische wijziging van de snelheidslimiet kan alleen effect hebben wanneer de automobilisten en vrachtwagenchauffeurs de aanwijzingen die hen langs de weg worden gegeven, nauwgezet volgen: of vanwege hun aanvaardbaarheid, of vanwege strenge snelheidscontroles.

Helaas behoren de Belgische bestuurders qua snelheden op de autosnelwegen tot de slechtste leerlingen van de Europese klas. Momenteel vindt een kwart van de Belgen namelijk dat het aanvaardbaar is om 20 km/u sneller te rijden dan toegelaten op de autosnelweg. En wel 32% vindt het aanvaardbaar 10 km/u te snel te rijden, ongeacht het type weg. Dat suggereert dat de Belg het niet zo nauw neemt met de opgelegde snelheidslimieten. Bovendien geeft 75% van hen toe de voorbije maand minstens eenmaal te snel te hebben gereden. Deze waarde ligt boven de Europese limiet. Dit soort gedrag is deels te verklaren door het feit dat Belgische bestuurders, jongeren in het bijzonder, zich weinig bewust zijn van de gevaren van te snel rijden. Bovendien lijken ze de voordelen van een lagere snelheid niet in te zien. Ten slotte en ondanks deze vaststelling verklaart een groot deel van de bevolking dat ze 10 km/u sneller zou gaan rijden als de snelheidslimiet zou worden opgetrokken van 120 km/u naar 130km/uur waardoor het aantal overtredingen niet zou afnemen.

Een eventuele dynamische snelheidsvermindering zou ongetwijfeld moeten gepaard gaan met sensibiliseringscampagnes die het collectieve voordeel van deze methodes in de verf zetten om de bestuurders verantwoordelijkheidszin bij te brengen over hun effect op de mobiliteit, de veiligheid en het milieu. De aard van deze campagne moet nog worden bestudeerd in de volgende onderzoeken naar dit onderwerp. Parallel daarmee lijkt uiteraard ook een systeem van strenge snelheidscontroles onontbeerlijk om de efficiëntie van deze dynamische wijzigingen te garanderen. De uitbreiding van het aantal trajectmetingen in sterk gecongestioneerde zones zou de efficiëntie van het hele systeem zeker ten goede komen. Wat het optrekken van de snelheidslimiet naar 130 km/u betreft, 's nachts bijvoorbeeld, en gezien het grote aandeel personen dat verklaart 140 km/u te willen rijden, moet het aantal snelheidscontroles zeker worden opgevoerd omdat het ongevalrisico snel zou kunnen stijgen.

In elk geval ziet het er dus naar uit dat de maatregelen voor de wijziging van de snelheidslimieten naar boven én naar beneden moeten gepaard gaan met sensibilisering en strenge controles.

## 6.6 Aanbevelingen

De verschillende elementen die in dit rapport worden aangebracht, tonen dat de wijzigingen van de snelheidslimieten op de Belgische autosnelwegen een significant effect kunnen hebben op de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu. De invoering van de wijziging van de snelheidslimieten zou dus wenselijk zijn.

Een verhoging van de toegelaten maximumsnelheid naar 130 km/u heeft een lichtjes positieve impact op de mobiliteit en een negatieve impact op het milieu. Indien deze maatregel wordt weerhouden moeten (1) de plaatsen, (2) de momenten en (3) zeer strenge regels worden bepaald. De nieuwe maximumsnelheid bijvoorbeeld alleen toelaten op specifieke stukken weg waar de waargenomen snelheid reeds 130 km/u haalt, en alleen 's nachts bijvoorbeeld (van 22 uur tot 6 uur 's ochtends), wanneer de verkeersvraag het laagst is. Deze maatregelen moet gepaard gaan met strenge snelheidscontroles (trajectmeting) en een sensibilisering van de bestuurders inzake de gevaren van te snel rijden (toegenomen risico op en ernst van de ongevallen).

Een progressieve vermindering van de toegelaten maximumsnelheid in de gecongestioneerde zones lijkt daarentegen een uitstekende oplossing om de mobiliteit, de verkeersveiligheid en het milieu te verbeteren. Deze maatregel kent geen enkel nadeel. Deze oplossing biedt een meer regelmatige verkeersstroom, waardoor de gemiddelde snelheid omhoog gaat, het ongevalrisico omlaag en de emissies van gas en fijn stof afnemen. Deze maatregel, gekoppeld aan een verbod om van rijstrook te veranderen bij vertraagd verkeer, is tijdens de simulaties de meest efficiënte gebleken. Net als voor de verhoging van de snelheidslimiet, dringen een verhoogde controle en een sensibilisering van de Belgische bestuurders inzake de collectieve winst van deze maatregelen zich op. De Belgische bestuurder lijkt weinig respect te hebben voor de snelheidslimieten in het algemeen en blijkt slecht op de hoogte te zijn van de gevaren van overdreven snelheden. Het succes van deze maatregel is afhankelijk van het begrip en de aanvaardbaarheid van de weggebruikers.

Ten slotte is het interessant op te merken dat beide oplossingen (verhoging onder bepaalde omstandigheden 's nachts en vermindering bij files) elkaar niet uitsluiten: ze kunnen gezamenlijk worden ingevoerd, elk in de zones die het meest geschikt zijn voor de respectievelijke maatregel.

Andere studies dringen zich op om de effecten van de wijzigingen van de snelheidslimiet te bestuderen op grotere schaal, regionaal en lokaal om de prioritaire zones te kunnen afbakenen. Deze zones zouden worden gedefinieerd als de zones die het meeste voordeel zouden halen uit een vermindering van de toegelaten maximumsnelheid: zeer gecongestioneerde zones, ongevalgevoelige zones, wegenwerken, enz.

Bovendien zou een studie over de invoering van dergelijke systemen nuttig zijn om de belangrijke fasen te identificeren: eens te meer kunnen de voorbeelden uit de buurlanden een uitstekende basis vormen. Concreet zou het belangrijk zijn te weten hoe de bestuurders zich aan de nieuwe snelheidslimieten aanpassen, of sensibiliseringscampagnes een effect hebben op de aanvaardbaarheid en ten slotte welke maatregelen we moeten nemen om de invoering en opvolging van de dynamische snelheidslimieten mogelijk te maken.

## LIJST VAN DE TABELLEN EN FIGUREN

Tabel 1: autosnelwegen die het Belgische grondgebied doorkruisen.....	10
Tabel 2: belangrijke cijfers over de ongevallen op de autosnelwegen 2015.....	16
Tabel 3: verandering van zelfgerapporteerd gedrag van de Belgen op vlak van snelheid als de snelheidslimiet op de autosnelweg zou worden opgetrokken van 120 naar 130 km/u (N = 1000; online-enquête in samenwerking met iVOX). De tabel stemt overeen met percentages. De getallen in vet zwart geven het aandeel aan van personen die hun gedrag niet veranderen; de getallen in rood geven het aandeel aan van personen die hun snelheid met 10 km/u zouden verhogen. ....	20
Tabel 4: effect van de verhoging van de gemiddelde snelheid met 1 km/u op de ongevallencijfers volgens het model van Nilsson (Power Model). ....	27
Tabel 5: effecten van de invoering van een dynamische snelheidsregeling op de autosnelwegen (naar Garcia-Castro & Monzon, 2014). ....	36
Tabel 6: snelheidslimieten op de autosnelwegen in Europa voor personenwagens en vrachtwagens. Bron: <a href="http://ec.europa.eu">http://ec.europa.eu</a> .....	40
Tabel 7: vergelijking van de autosnelwegnetten en hun ongevallencijfers in verschillende landen van Europa.....	46
Tabel 8: zelfverklaarde overdreven snelheid gedurende de laatste 12 maanden in Europa en per land (% personen dat de voorbije drie maanden minstens eenmaal veel te snel heeft gereden). Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016). ....	50
Tabel 9: vergelijking van de mobiliteitsindicatoren voor de verschillende simulaties in het spitsuur.....	60
Tabel 10: shift van het verkeer van de nationale wegen naar de autosnelwegen, naargelang het scenario...61	61
Tabel 11: vergelijking van de mobiliteitsindicatoren voor de verschillende simulaties ‘s nachts.....	64
Tabel 12: evolutie van de ongevallencijfers in het spitsuur volgens de verschillende scenario’s.....	64
Tabel 13: evolutie van de ongevallencijfers in de daluren volgens de verschillende scenario’s.....	65
Tabel 14: evolutie van de ongevallencijfers ‘s nachts volgens de verschillende scenario’s.....	65
Tabel 15: vergelijking van de productie van de verschillende gassen en het verbruik volgens COPPERT in functie van de verschillende scenario’s. ....	66
Tabel 16: vergelijking van de uitstoot van vervuilende gassen in de daluren volgens de geteste scenario’s.....	66
Tabel 17: vergelijking van de uitstoot van verontreinigende gassen ‘s nachts volgens de verschillende geteste scenario’s .....	67
Tabel 18: samenvatting van de resultaten van de verschillende modelleringen. De percentages zijn berekend ten opzichte van de referentie. ↓ betekent een grote daling, (↓) betekent neiging tot dalen, ↔ betekent zonder effect, (↑) betekent neiging tot stijgen, ↑ betekent grote stijging, / betekent niet bestudeerd.....	68
Figuur 1: verkeersbord dat het begin (F5) en het einde (F7) van een autosnelweg in België aanduidt.....	9
Figuur 2: Autosnel- en ringwegen die het Belgische grondgebied doorkruisen (aan de hand van het Strategienetwerk, 2016).....	10
Figuur 3: zones met smogbeperkingen in het Vlaamse Gewest. Bron: Vlaams Verkeercentrum.....	12
Figuur 4: Waals snelwegennet waar SMOG-alarmeringen gelden. ....	13
Figuur 5: locatie van de tellussen (met dubbele inductie) op het Vlaamse grondgebied. ....	14

Figuur 6: gemiddeld verkeer geteld met tellus (in voertuigen per uur) A: gedurende het spitsuur (8 uur 's ochtends); B: gedurende een daluur (11 uur 's ochtends) en C: 's nachts (23 uur).....	15
Figuur 7: gemiddelde snelheid op de autosnelweg per rijstrook in 2011 voor lichte voertuigen (Riguelle, 2012).....	17
Figuur 8: gemiddelde snelheid op autosnelwegen per type voertuig en per gewest (Riguelle, 2012) .....	18
Figuur 9: gemiddelde snelheid op de autosnelweg per locatie .....	18
Figuur 10: gemiddelde snelheid op autosnelwegen naargelang het uur van de dag (Riguelle, 2012).....	19
Figuur 11: voorbeeld van een variabel snelheidsbord in Frankrijk (verkeersbord C25b).....	22
Figuur 12: rangschikking van de variabele snelheidslimieten (volgens Garcia-Castro & Monzon, 2014)....	23
Figuur 13: relatie tussen snelheid en verkeersstroom ( $V_c$ = kritieke snelheid en $Q_{max}$ = maximumverkeersdebiet) en definitie van de instabiele zone van de verkeersomstandigheden (volgens Beneš & Příbyl, 2014).....	24
Figuur 14: relatie tussen snelheid en verkeersstroom (in het geval van een autosnelweg met een snelheidslimiet van 70 mph) en verwachte effecten van een verhoging van de snelheidslimiet en een capaciteitsuitbreiding van het wegennet (Heydecker, 2011).....	25
Figuur 15: variatie van de kans op een ongeval, letsels en overlijden ten opzichte van een snelheid van 120 km/u (berekend volgens het Power Model).....	28
Figuur 16: totale stopafstand naargelang de snelheid voor verschillende categorieën van wegdek, rekening houdend met een reactietijd van één seconde (naar Vertet & Giausserand, 2006). .....	29
Figuur 17: waarschijnlijkheid van een letsel per ernstgraad in functie van de botssnelheid (naar de U.S. Department of Transportation, 2005).....	30
Figuur 18: aantal ongevallen in functie van de gemiddelde snelheid op een weg met een snelheidslimiet van 105 km/u (voor $\sigma = 9,5$ km/u en $\varphi = 790$ v/uur) (naar Garber & Ehrhart, 2000).....	31
Figuur 19: regressiecurve van de uitstoot van koolstofmonoxide (CO) in functie van de snelheid (km/u) en de versnelling van een voertuig ( $m/s^2$ ) (volgens Rakha <i>et al.</i> ; 2000).....	33
Figuur 20: relatie tussen de hoeveelheid uitgestoten koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> ) en de gemiddelde voertuigsnelheid (naar Barth & Boriboonsomsin, 2008). .....	34
Figuur 21: algemene snelheidsbeperkingen op de autosnelwegen in Europa.....	39
Figuur 22: intensiteit van het verkeer in functie van de lengte van het autosnelwegennet in verschillende Europese landen.....	47
Figuur 23: aanvaardbaarheid (voor zichzelf, 'personally' of voor andere bestuurders, 'other people') van 20 km/u sneller rijden dan toegelaten op de linkerrijstrook van de autosnelweg en op een residentiële weg (rechts) per land (% aanvaardbaarheid: scores 4 en 5 op een Likert-schaal gaande van 1 (onaanvaardbaar) tot 5 (aanvaardbaar)). Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).....	48
Figuur 24: aanvaardbaarheid van tot 10 km/u sneller rijden dan toegelaten, per land (% aanvaardbaarheid: scores 4 en 5 op een Likert-schaal gaande van 1 (onaanvaardbaar) tot 5 (aanvaardbaar)). Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).....	49
Figuur 25: de meningen over snelheid in Europa en de invloed ervan op de verkeersveiligheid, per leeftijdsgroep. Bron: Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A. & Dragomanovits, A. (2016).....	51
Figuur 26: gemodelleerd wegennet. De rode lijnen komen overeen met het macroscopische net, de blauwe met het mesoscopische.....	53
Figuur 27: curve snelheid-debiet van een rijstrook op de autosnelweg. Drie mogelijke wijzigingen: limietsnelheid, vermogen en maximale capaciteit. Met het grijze gedeelte moet geen rekening worden gehouden. Naar Stratec. ....	55

Figuur 28: gemiddelde snelheden waargenomen op het Belgische wegennet < 35 km/u volgens de 3 scenario's. A: Referentietoestand, B: verhoging van de snelheidslimiet naar 130 km/u, C: dynamische verlaging van de snelheid naargelang het verkeer, D: dynamische verlaging van de snelheid en homogenisering van het verkeer .....59

Figuur 29: wijziging van de verhouding tussen verkeer op de autosnelweg en verkeer op de nationale wegen in vergelijking met de referentie. A: Scenario V<sub>dim</sub>; B: scenario V<sub>opt</sub>, C: scenario V<sub>130</sub>. Een verhouding van 0,9 betekent een vermindering van het verkeer met 10%; een verhouding van 1,1 betekent een toename van het verkeer met 10%. .....62

Figuur 30: evolutie van de gemiddelde snelheden volgens de verschillende scenario's. A: referentie; B: scenario V<sub>130</sub>; C: scenario V<sub>opt</sub>. .....63

## REFERENTIES

- Aarts L. en van Schagen I. (2006). *Driving speed and the risk of road crashes: A review*. Accident Analysis & Prevention, Vol. 38, Issue 2, Mars 2006, 215-224.
- Adminaite, D., Allsop, R., & Jost, G. (2015). Ranking EU progress on improving motorway safety.
- Ahn K. (2002). *Modeling Light Duty Vehicle Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Levels*. Thesis dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Ahn K., Rakha H., Trani A. & Van Aerde M. (2002). *Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Levels*. Journal of Transportation Engineering 128(2), mars 2002.
- Akin D., Sisiopiku V.P., Skabardonis A. (2011). *Impacts of Weather on Traffic Flow Characteristics of Urban Freeways in Istanbul*. 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Stockholm, Sweden June 28 - July 1, 2011.
- Barlow T.J. & Boulter P.G. (2009). *Emission factors 2009: Report 2 – A review of the average-speed approach for estimating hot exhaust emissions*. TRL, Juin 2009.
- Barth et Boriboonsomsin (2008). *Real-World CO2 Impacts of Traffic Congestion*. Paper for publication in Transportation Research Record Submitted March 31, 2008.
- Baruya A. (1997). *A Review of speed-accident relationship for European roads: public MASTER*. Transport Research Laboratory.
- Beneš J. & Příbyl P. (2014). *Effects of highway management on traffic flow characteristics*. Archives of Transport System Telematics, vol. 7, issue 2, mai 2014.
- Benthem (van) A (2015). *What is the optimal speed limit on freeways?* Journal of Public Economics 124 (2015) 44-62.
- Bijnsgebouw A. (2015). *Doorstromingsstudie: Snelheidsbeperking 70 km/u op Antwerpse ring R1*. Studie rapport, MOW.
- Cameron M.H. et Elvik R. (2010). *Nilsson's Power Model connecting speed and road trauma: Applicability by road type and alternative models for urban roads*. Accident Analysis & Prevention, Volume 42, Issue 6, November 2010, 1908–1915.
- Chin S.M., Franzese O., Greene D.L., Hwang H.L. et Gibson R.C. (2004). *Temporary Losses of Highway Capacity and Impacts on Performance: Phase 2*. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Novembre 2004.
- CEDR (2009). *L'harmonisation des PMV en Europe*. Secrétariat général de la Conférence Européenne des Directeurs des Routes.
- CEE-ONU (2010). *Résolution d'ensemble sur la signalisation routière*. Comité des Transports Intérieurs, Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, New York en Genève, 2010.
- Cirillo J. A. (1968). *Interstate System Accident Research Study II, Interim Report II*. Public Roads, 35, 71-75.
- Commission européenne (2010). *Meilleures pratiques en matière de sécurité routière - Guide des mesures au niveau des pays*. Disponible : [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/pdf/projects/supreme-c\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/projects/supreme-c_fr.pdf) (juillet 2016).
- Commission européenne (2017). *Intelligent Speed Adaptation (ISA)*. Mobility and transport, Road Safety. [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/speed/new\\_technologies\\_new\\_opportunities/intelligent\\_speed\\_adaptation\\_isa\\_en](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/speed/new_technologies_new_opportunities/intelligent_speed_adaptation_isa_en) [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/speed/new\\_technologies\\_new\\_opportunities](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/speed/new_technologies_new_opportunities) [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/speed/new\\_technologies\\_new\\_opportunities/intelligent\\_speed\\_adaptation\\_isa\\_en](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/speed/new_technologies_new_opportunities/intelligent_speed_adaptation_isa_en) [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/speed/new\\_technologies\\_new\\_opportunities](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/speed/new_technologies_new_opportunities) (janvier 2017).

- Croq A. et Le Maître H. (2013). *La prise en compte du bruit dans les investissements de transport*. Document de rapport d'évaluation socio-économique des investissements publics du Commissariat général à la stratégie et à la prospective, Département Développement durable, octobre 2013.
- Dabin D., Dickens C. et Wouters P. (2013). *Estimateur à noyau (KDE) sur réseaux: une application aux accidents de la route belges*. BSGLG, 60, 2013, 21-31.
- Degrauwe B., De Coensel B., De Vlack L., De Vlieger I. et Botteldoorn D. (2012). *Potential of variable speed limits for emission and noise reduction on the E313 motorway to Antwerp*. Belgium. 19th ITS World Congress, Vienna, Austria, 22/26 October 2012.
- DSCR (Délégation à la Sécurité et à la Circulation Routière) (2007). *La vitesse, connaître ses effets et ses risques*. Brochure, Paris, septembre 2007.
- Duret, A. (2014). *A multi-lane capacity model designed for variable speed limit applications*, in: Transport Research Arena 2014, Paris.
- ECMT. (2007). *Congestion management measures that release or provide new capacity*. In OECD/ECMT (Eds.), *Managing urban traffic congestion* (pp. 229). Frankrijk: OECD Publishing.
- Elvik R., Christensen P., Amundsen A. (2004). *Speed and road accidents: an evaluation of the Power Model*. TOI report 740/2004, Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik R. (2005). *Speed and road safety : synthesis of evidence from evaluation studies*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (1908), 59-69.
- Elvik R. (2009). *The Power Model of the relationship between speed and road safety*. Oslo, NO: Institute of Transport Economics.
- Essen H. (van), Schroten A., Otten M., Sutter D., Schreyer C., Zandonella R., Maibach M. et Doll C. (2011). *External costs of transport in Europe*. Update Study for 2008. Delft, september 2011.
- ETSC (2015). *Ranking EU progress on improving motorway safety*. PIN Flash Report 28, mars 2015.
- ETSC (2016). *Speed limit displays on new car models 'not enough'*. ETSC News, October 26, 2016.
- FEHRL (2006). *Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces*. FEHRL Report 2006/02.
- Garber N.J. et Ehrhart A.A. (2000). *The effect of speed, flow, and geometric characteristics on crash rates for different types of Virginia Highways*. Virginia Transportation Research Council, Rapport final, Charlottesville, Virginie, janvier 2000.
- Garcia-Castro en Monzon A. (2014). *Homogenization effects of variable speed limits*. Transport and Telecommunication, Vol. 15, no. 2, 2014.
- Geistefeldt J. (2011). *Capacity effects of variable speed limits on German freeways*. Procedia Social and Behavioral Sciences 16 (2011) 48–56.
- GIEC (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Golob T.F., Recker W. et Alvarez V.M. (2004). *Freeway safety as a function of traffic flow*. Accident Analysis & Prevention, December 2004.
- Hartgen D.T. et Fields M.G. (2006). *Building Roads to Reduce Traffic Congestion in America's Cities: How Much and at What Cost?* Reason Foundation, août 2006.
- Hegyi, A., De Schutter, B. & J. Hellendoorn. (2005). *Optimal coordination of variable speed limits to suppress shock waves*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 6(1), 102–112.
- Heydecker (2011). *Britain suffered fewer road accident fatalities during 2010 than ever before on record. Without more capacity, raising the speed limit will do little to alleviate congestion, and is likely to lead to more motorway deaths*. LSE



- Blog, The London School of Economics and Political Science. November 24th, 2011, Public Services and the Welfare State.
- Highways Agency. (2004). *M25 Controlled Motorways. Summary Report*. Bristol (UK): Highways Agency Publications Group.
- Hoogendoorn, S.P. (1999). *Multiclass continuum modelling of multilane traffic flow*. Delft, Nederland: Delft University Press.
- INRIX (2015). *Les embouteillages en baisse : conséquence d'une situation économique au ralenti et d'un chômage en hausse*. Beschikbaar: <http://inrix.com/press/scorecard-report-france><http://inrix.com/press/scorecard-report-france> (juillet 2016).
- Johnson S.L. en Pawar N. (2005). *Cost-benefit evaluation of large truck- automobile speed limit differentials on rural interstate highways*. University of Arkansas, novembre 2005.
- Kloeden C.N., McLean A.J., Moore V.M. et Ponte G. (1997). *Travelling Speed and the Risk of Crash Involvement - Volume 1 - Findings*. NHMRC Road Accident Research Unit, University of Adelaide.
- Land Tirol. (24 mei 2012). *Tempo 100 auf der Autobahn – warum?* (In German). Available at <http://www.tirol.gv.at/themen/verkehr/verkehrsplanung/verkehrsprojekte/tempo100>
- Ligterink, N. E. (2016). *On-road determination of average Dutch driving behavior for vehicle emissions*. Delft: TNO.
- Ligterink N.E., Zyl (van) S. & Heijne V.A.M. (2016). *Dutch CO<sub>2</sub> emission factors for road vehicles*. TNO report.
- Maerivoet S. & Yperman I. (2008). *Analyse de la congestion routière en Belgique*. Transport & Mobility Leuven, rapport 07.15 pour le Service public Fédéral Mobilité et Transports.
- Marchesini P. & Weijermars (2010). *The relationship between road safety and congestion on motorways - A literature review of potential effects*. Institute for Road Safety Research (SWOV).
- Makarewicz, R. & M. Galuszka. (2011). *Road traffic noise prediction based on speed-flow diagram*. Applied Acoustics, 72(4), 190–195.
- Munden J. M. (1967). *The relation between a driver's speed and his accident rate*. RRL Report LR 88. Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Nissan, A. & X. Bang. (2006). *Evaluation of impacts of the motorway control system (MCS) in Stockholm*. In Proceedings of the European Transport Conference, AET. Strasbourg, Frankrijk.
- Ntziachristos, L., Gkatzoflias, D., Kouridis, C., & Samaras, Z. (2009). *COPERT: a European road transport emission inventory model*. In Information technologies in environmental engineering (pp. 491-504). Springer Berlin Heidelberg.
- Nuyttens, N. et Van Belleghem G. (2014). *La gravité des blessures des victimes de la route. Analyse des scores MAIS des victimes de la route hospitalisées en Belgique entre 2004 et 2011*. Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de connaissance Sécurité routière & Vrije Universiteit Brussel – Interuniversity Centre for Health Economics Research.
- OCDE (2010). *Gérer la congestion urbaine*, Éditions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282101315-fr>
- OCDE (2013). *Études économiques de l'OCDE: Belgique 2013*. Éditions OCDE.
- WGO (2006). *Air quality guidelines - global update 2005*.
- Papageorgiou, M., & Kotsialos, A. (2000). *Freeway ramp metering: An overview*. In Intelligent Transportation Systems, 2000. Proceedings. 2000 IEEE (pp. 228-239). IEEE.
- Papageorgiou M., Kosmatopoulos E. et Papamichail I. (2008). *Effects of variable speed limits on motorway traffic flow*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2047), 37-48.
- Rakha H., Van Aerde M., Ahn K. et Trani A.A. (2000). *Requirements for evaluating traffic signal control impacts on energy and emissions based on instantaneous speed and acceleration measurements*. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board 1738(-1), January 2000.

- Rakha H., Pecker C. et Cybis H. (2007). *Calibration Procedure for Gipps Car-Following Model*. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, January 2007.
- Richards (2010). *Relationship between speed and risk of fatal injury: Pedestrians and car occupants*. Department for Transport, Transport Research Laboratory, London.
- Robertson S., Ward H., Marsden G., Sandberg U. et Hammerstrom U. (1998). *The effect of speed on noise, vibration and emissions from vehicles*. Working Paper R 1.2.1.
- Robbins, A. (2016). *How to understand the results of the climate change summit: Conference of Parties21 (COP21) Paris 2015*. Journal of public health policy, 37(2), 129-132.
- Rosén E. en Sander U. (2009). *Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed*. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 536-542.
- Ruidavets en Ferrières (2007). *La pollution atmosphérique : un facteur de risque de maladie cardiovasculaire*. STV, vol. 19, n° 9, novembre 2007.
- Shankar et Mannering (1998). *Modeling the endogeneity of lane-mean speeds and lane-speed deviations: a structural equations approach*. Transpn Res.-A, Vol. 32, No. 5, pp. 311-322, 1998.
- Slootmans F. et De Schrijver G. (2015). *Les tués sur les autoroutes. Analyse approfondie des accidents de la circulation mortels sur les autoroutes belges pendant la période 2009-2013*. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de Connaissance de Sécurité Routière.
- Solomon D. R. (1964). *Accidents on Main Rural highways related to Speed, Driver and Vehicle*. US Department of Commerce, Federal Bureau of Highways, Washington DC.
- Soole, D. W., Watson, B. C., & Fleiter, J. J. (2013). *Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature*. *Accident Analysis & Prevention*, 54, 46–56.
- Sugiyama Y., Fukui M., Kikuchi M., Hasebe K., Nakayama A., Nishinari K., Tadaki S.I. et Yukawa S. (2008). *Traffic jams without bottlenecks - experimental evidence for the physical mechanism of the formation of a jam*. *New Journal of Physics* 10 (2008) 033001, 7 pp.
- SWOV. (2012). *Fact sheet - The influence of weather on road safety*. Leidschendam, The Netherlands, Institute for Road Safety Research, février 2012.
- SWOV (2014). *SWOV Fact sheet - Road crash costs*. Institute for Road Safety Research, mars 2014.
- TRB (2000). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, USA.
- Torfs, K., Meesmann, U., Van den Berghe, W., & Trotta, M. (2016). *ESRA 2015 - The results. Synthesis of the main findings from the ESRA survey in 17 countries*. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). Brussel, België: Belgisch Instituut Voor de Verkeersveiligheid.
- Trotta, M. (2016). *Que nous apprennent les données GPS sur la vitesse sur nos routes ? - Mesure de comportement vitesse hors agglomération 2015*. Bruxelles, Belgique: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre Connaissance Sécurité Routière.
- U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (2005). *Tire pressure monitoring system. FMVSS no. 138. Final regulatory impact analysis*. Washington D.C.
- Vanhove F. (2009). *Impact van maximumsnelheid op autosnelwegen*. Transport & Mobility Leuven.
- Van Nes N., Brandenburg S. & Twisk. D. (2008). *Dynamic speed limits; effects on homogeneity of driving speed*. *Intelligent Vehicles Symposium, IEEE*, 269.
- Vertet M. et Giausserand S. (2006). *Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes*. Sétra, 2006.
- Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A., & Dragomanovits, A.(2016). *Speeding*. ESRA thematic report no. 1. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitude). Athene, Griekenland: National Technical University of Athens

- Wang H., Li Z., Hurwitz D. en Ni D. (2012). *Traffic speed variance modeling with application in travel time*. TRB 91th Annual Meeting, Washington D. C., janvier 2012.
- Woensel (van) T. et de Kok A.G. (2012). *Analysis of Travel Times and CO2 Emissions in Time-Dependent Vehicle Routing*. Vol. 21, No. 6, November–December 2012, pp. 1060-1074.
- Zegeye, S.K., De Schutter, B., Hellendoorn, J. & E.A. Breunese. (2010). *Variable speed limits for area-wide reduction of emissions*. In Proc. of the 13th International IEEE Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 507–510). Funchal, Portugal.
- Zhikai, J., Xiaoxiong, Z. & Y. Hongwei. (2004). *Simulation research and implemented effect analysis of variable speed limits on freeway*. In Proc. of the 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (pp. 894). Washington

