



Rapport nr. 2026-R-15-NL

Safety in numbers

Impact van stijgend fietsgebruik op het ongevalsrisico van fietsers

Rapportnummer	2026 - R - 15 - NL
Wettelijk depot	D/2026/0779/43
Opdrachtgever	Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer
Publicatiedatum	10/09/2026
Auteur(s)	Nina Nuyttens, Evi Dons en Peter Silverans
Review	Bas de Geus (Université catholique de Louvain)
Verantwoordelijke uitgever	Karin Genoe

Inzichten of standpunten in dit rapport zijn niet noodzakelijk deze van de opdrachtgever.

Overname van informatie uit dit rapport is toegestaan mits expliciete bronvermelding:
Nuyttens, N., Dons, E., & Silverans, P. (2026). Safety in numbers – Impact van stijgend fietsgebruik op het ongevalsrisico van fietsers, Brussel: Vias institute

Ce rapport est également disponible en français.

This report includes a summary in English.

Inhoud

Tabellen- en figurenlijst	4
Samenvatting	5
Summary	7
1 Inleiding	9
2 Literatuur	10
2.1 Definitie en afbakening	10
2.2 Omvang	11
2.2.1 Internationaal	11
2.2.2 België	12
2.3 Potentiële verklaringen	12
3 Methodiek en data	14
3.1 Beschrijving data	14
3.1.1 Ongevallen	14
3.1.2 Mobiliteitsdata	15
3.1.3 Koppeling ongevallen en mobiliteitsdata	17
3.2 Modellerings	19
4 Resultaten	21
4.1 Analyse op provincieniveau	21
4.1.1 Descriptieve analyse	21
4.1.2 Multivariate analyse	24
4.2 Analyse op segmentniveau	28
4.2.1 Descriptieve analyse	28
4.2.2 Multivariate analyse	31
5 Discussie	36
5.1 Samenvatting van belangrijkste resultaten	36
5.2 Toetsing met de literatuur: grootte van het effect en predictoren	37
5.3 Beperkingen van de studie	39
5.4 Pistes voor verder onderzoek	40
6 Aanbevelingen	42
Referenties	44

Tabellen- en figurenlijst

Tabel 1	Kenmerken van de gekoppelde ongevallen- en mobiliteitsgegevens, op provincieniveau	17
Tabel 2	Kenmerken van de gekoppelde ongevallen- en mobiliteitsgegevens, op segmentniveau	18
Tabel 3	Output van de drie safety-in-numbers modellen (machtsregressie), provinciaal niveau.	27
Tabel 4	Karakteristieken van de Telramen.	28
Tabel 5	Beschrijving van de fietsongevallen op de Telraam-segmenten.	29
Tabel 6	Output van de safety-in-numbers modellen (negatief binomiale regressie), segmentniveau.	35
Figuur 1	Omvang van het SiN-effect (X-as) zoals gerapporteerd in de studies opgenomen in de meta-analyse van Elvik en Goel (2019).	11
Figuur 2	Telraam sensor S2 en detectie van verkeersdeelnemers (Bron: https://telraam.net/).	16
Figuur 3	Illustratie van de koppeling van ongevallen aan een Telraam-segment. De rode sterretjes duiden de fietsongevallen aan; de groene lijn bakent het Telraam-segment af, met in het rood de buffer met straal van 20 meter rond het segment. Alle ongevallen binnen de buffer worden gekoppeld aan het Telraam-segment.	18
Figuur 4	Kerncijfers over afgelegde fietskilometers en fietsongevallen.	21
Figuur 5	Opponent van meerderjarige fietsers in fietsongevallen (2024).	22
Figuur 6	Aandeel afgelegde fietskilometers per provincie in het totaal aantal afgelegde fietskilometers in België, versus het aandeel fiets-auto-ongevallen.	23
Figuur 7	Correlatiematrix van analyse op provincieniveau.	24
Figuur 8	Output van een safety-in-numbers model dat de impact van fietsvolume nagaat.	25
Figuur 9	De 3684 Telraam-segmenten die opgenomen zijn in de analyse.	29
Figuur 10	Illustratie van de Telraam-segmenten in de stad Aalst. Links het aantal letselongevallen tussen fietsers en een motorvoertuig per segment; rechts de fietstellingen van Telraam op elk segment.	30
Figuur 11	Correlatiematrix van de analyse op segmentniveau. Avg_motorised = intensiteit van het gemotoriseerd verkeer; Avg_bike = intensiteit van het fietsverkeer; Length_m = lengte van het segment; PopDens = bevolkingsdichtheid. Voor elke variabele wordt ook de log-transformatie weergegeven.	30
Figuur 12	Output van het basismodel van safety-in-numbers (blauwe lijn). Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde. De rode stippellijn toont de relatie indien ongevallen proportioneel zouden stijgen met fietsvolume (verankerd aan het gemiddeld fietsvolume).	31
Figuur 13	Output van het basismodel van safety-in-numbers, waarbij enkel ernstige ongevallen beschouwd worden. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde. KSI = Killed and Seriously Injured.	32
Figuur 14	Output van een safety-in-numbers model dat de impact van fietsinfrastructuur nagaat. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde.	33
Figuur 15	Output van een safety-in-numbers model dat de impact van bevolkingsdichtheid nagaat. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde.	34
Figuur 16	Output van een safety-in-numbers model dat de impact van fietsinfrastructuur en bevolkingsdichtheid tegelijkertijd nagaat. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde.	35

Samenvatting

Het safety-in-numbers (SiN) effect verwijst naar het fenomeen dat op locaties of in periodes waar veel fietsers zijn, er een lagere kans is om betrokken te raken in een verkeersongeval in vergelijking met locaties en periodes waar weinig fietsers zijn (Jacobsen, 2003). Met andere woorden: het aantal ongevallen neemt wel toe met het aantal fietsers, maar niet op een proportionele manier, waardoor het risico per afgelegde fietskilometer daalt (Elvik & Goel, 2019).

In principe wordt het SiN-effect in de wetenschappelijke literatuur en in onderzoek voor verschillende types vervoermiddelen gevonden, inclusief voetgangers en personenwagens maar in deze studie wordt gefocust op het meest gedocumenteerde en onderzochte subtype van het SiN-effect, nl. ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerde voertuigen.

De focus op ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerde voertuigen – in deze studie en de meeste andere SiN-studies – heeft onder andere te maken met het feit dat gedragsadaptatie en gewenning van automobilisten aan fietsers vaak wordt gehanteerd als verklaring voor het SiN-effect. Deze verklaring impliceert dat automobilisten in periodes en op locaties met meer fietsers meer rekening houden met de mogelijke aanwezigheid van fietsers en vaardiger worden in het veilig met hen interageren (Elvik & Goel, 2019; Jacobsen, 2003), ook omdat het meer waarschijnlijk is dat deze automobilisten soms zelf fietser zijn op die locaties.

Naast gedragsadaptatie worden in de wetenschappelijke literatuur nog verschillende andere mogelijke verklaringen voor het SiN-effect aangehaald. Een tweede hypothese is dat de relatie tussen het aantal fietsers en veiligheid eerder in de andere richting verloopt: de "numbers-in-safety"-hypothese. Deze stelt dat kwalitatieve infrastructuur de eigenlijke motor is die zowel de veiligheid verhoogt als meer fietsers aantrekt (Elvik & Goel, 2019; Heydari & Elvik, 2023). Een derde hypothese is verkeerscongestie: een hoog volume aan kwetsbare weggebruikers kan leiden tot lagere snelheden bij het gemotoriseerd verkeer, waardoor automobilisten meer tijd hebben om te reageren op potentiële conflicten en het aantal en de ernst van eventuele aanrijdingen afneemt (Kröyer, 2015).

De hypothese "safety-in-density" suggereert verder dat fietsers in groepen beter zichtbaar zijn voor automobilisten en dat het individuele risico binnen een cluster wordt verdund (Johnson, 2021). Een vijfde hypothese is dat een veranderende samenstelling van de fietsersgroep bij een stijging van het fietsvolume een daling van het risico kan verklaren zoals bijvoorbeeld de mogelijkheid dat de "eerste fietsers" of "early adopters" op locaties de meest risicobereidwillige fietsers zijn (Castro, 2018). Een laatste hypothese is dat locaties/periodes met een hoog fietsvolume tegelijkertijd gekenmerkt worden door een laag volume gemotoriseerd verkeer, waardoor het aantal potentiële conflicten tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer logischerwijze lager is.

Hoewel het SiN-effect internationaal al uitgebreid werd bestudeerd (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019), blijft de evidentie voor België beperkt. De doelstelling van deze studie was dan ook om het bestaan en de omvang van het safety-in-numbers-effect met betrekking tot ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer voor België te verifiëren. Hierbij wordt als hypothese gehanteerd dat het voor andere landen bevestigde SiN-effect ook optreedt in België. De analyse gebeurt op twee niveaus: enerzijds op provinciaal niveau ("macroniveau") en anderzijds op het niveau van wegsegmenten ("microniveau").

De analyse combineert verschillende databronnen. Op macroniveau worden ongevalgegevens (gebaseerd op registraties door de politie) gekoppeld aan mobiliteitsdata uit de Federale Enquête over de Mobiliteit in België. Op microniveau worden ongevalgegevens gecombineerd met Telraam-data, afkomstig van camera's die verkeersstromen op wegsegmentniveau in real time registreren. Zowel de Federale Enquête als de Telraam-data werden nog niet eerder gebruikt voor een analyse van ongevalsrisico's en safety-in-numbers.

Op beide datasets werd zowel een descriptieve als een multivariate analyse uitgevoerd. Alle analyses zijn cross-sectioneel van aard. Dit betekent dat verschillen tussen locaties (in dit geval provincies en wegsegmenten) worden onderzocht binnen eenzelfde periode, eerder dan veranderingen doorheen de tijd op één specifieke locatie op te volgen, zoals bij longitudinaal onderzoek.

Zowel de analyse op provinciaal niveau als de analyse op wegsegmentniveau tonen de aanwezigheid van een statistisch significant safety-in-numbers-effect in België aan. Op basis van de provinciale analyse gaat een verdubbeling van het fietsvolume gepaard met een toename van het aantal fiets-motorvoertuig ongevallen met ongeveer twee derde in het eenvoudigste model en ongeveer de helft in een uitgebreider model (het "finale model"), waarbij wordt gecontroleerd voor autovolume en bevolkingsdichtheid. Het aantal

fietsongevallen neemt dus minder snel toe dan het fietsvolume. Dit wijst op een safety-in-numbers effect. Op wegsegmentniveau bedraagt de toename 74% maar dit effect varieert sterk afhankelijk van de context. Zo is het SiN-effect duidelijk sterker op locaties met fietsinfrastructuur en in dichtbevolkte gebieden. Op dergelijke locaties gaat een verdubbeling van het fietsvolume slechts gepaard met ongeveer 15% meer fiets-motorvoertuigongevallen.

De gevonden variatie in het SiN-effect sluit aan bij de internationale literatuur. Een meta-analyse van Elvik en Goel (2019) rapporteert gemiddeld een toename van ongeveer 32% bij een verdubbeling van het fietsvolume, maar rapporteert een sterke heterogeniteit tussen studies afhankelijk van de geografische context en de kenmerken van de onderzochte locaties.

De resultaten van deze studie moeten met enkele belangrijke kanttekeningen worden geïnterpreteerd. Ten eerste betreft het hier een cross-sectionele analyse en kunnen de resultaten dus niet longitudinaal opgevat worden. Dit wil zeggen dat het onderzoek aantoont dat op locaties met veel fietsers de kans op een aanrijding met een gemotoriseerd voertuig lager is per afgelegde fietskilometer dan op locaties met weinig fietsers. Echter, de studie toont hiermee niet aan dat een toename van het fietsvolume op één en dezelfde locatie - in verder ongewijzigde omstandigheden – gepaard gaat met minder aanrijdingen.

Ten tweede is het safety-in-numbers-effect in essentie een statistische vaststelling van een minder dan proportionele relatie tussen fietsvolume en ongevalsrisico. Het verband blijft daarbij onduidelijk: een hoger fietsvolume kan samenhangen met meer veiligheid, maar ook omgekeerd kan een veiliger omgeving meer fietsers aantrekken, of kunnen externe factoren beide tegelijk beïnvloeden. Ook hier wil de demonstratie van een SiN-effect niet zeggen dat meer fietsers automatisch zullen leiden tot meer veiligheid.

Dit wil tevens zeggen dat het bestaan van een SiN-effect niet kan worden geïnterpreteerd als een reden om geen veiligheidsmaatregelen te treffen. Integendeel, het versterken van de verkeersveiligheid blijft noodzakelijk, zowel via veilige infrastructuur als via maatregelen die het gedrag van weggebruikers positief beïnvloeden.

Summary

The “safety-in-numbers” (SiN) effect refers to the phenomenon whereby, in locations or during periods when the number of cyclists is high, “the less likely any of them are to be injured by motorists” (Jacobsen, 2003). In other words, “safety-in-numbers denotes the tendency for the number of accidents to increase less than in proportion to traffic volume” (Elvik & Goel, 2019).

In the scientific literature, the SiN effect is generally observed across various modes of transportation, particularly among pedestrians and for passenger cars. However, this study focuses on the most well-documented and extensively studied subtype of the SiN effect: accidents involving cyclists and motor vehicles.

The decision to focus on accidents involving cyclists and motor vehicles — in this study as in most other research on the SiN effect — is explained in part by the fact that drivers’ behavioral adaptation and their growing familiarity with the presence of cyclists are often cited as explanations for the SiN effect. According to this hypothesis, motorists are more mindful of the potential presence of cyclists in locations and during times when cyclists are more numerous and become better able to interact with them safely (Elvik & Goel, 2019; Jacobsen, 2003), particularly because these motorists are more likely to ride bicycles themselves in those locations at times.

In addition to behavioral adaptation, the scientific literature proposes several other possible explanations for the SiN effect. A second hypothesis is that the relationship between the number of cyclists and safety actually works in the opposite direction: the “numbers-in-safety” hypothesis. This hypothesis posits that it is primarily the quality of infrastructure that serves as the true driver, improving safety while attracting more cyclists (Elvik & Goel, 2019; Heydari & Elvik, 2023). A third hypothesis concerns traffic congestion: a high volume of vulnerable road users can lead to a reduction in the speed of motorized traffic, thereby giving motorists more time to react to potential conflicts and reducing both the number and severity of potential collisions (Kröyer, 2015).

The “safety-in-density” hypothesis also suggests that cyclists riding in groups are more visible to motorists and that individual risk is diluted within a group (Johnson, 2021). A fifth hypothesis is that a change in the composition of the cycling population, as the number of cyclists increases, could explain a decrease in risk; for example, “early adopters” are thought to be the cyclists most likely to take risks (Castro, 2018). Finally, another hypothesis is that locations or times characterized by high cyclist volume also have low motorized traffic volume, which logically reduces the number of potential conflicts between cyclists and motor vehicles.

Although the “safety-in-numbers” (SiN) effect has already been the subject of numerous international studies (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019), the evidence remains limited for Belgium. The objective of this study was therefore to verify the existence and extent of the safety-in-numbers effect in Belgium with regard to accidents involving cyclists and motor vehicles. The hypothesis is that the SiN effect observed in other countries is also present in Belgium. The analysis is conducted at two levels: first, at the provincial level (“macro level”), and second, at the road segment level (“micro level”).

The analysis draws on several data sources. At the macro level, accident data (from police records) are combined with mobility data from the Federal Mobility Survey in Belgium. At the micro level, accident data is combined with Telraam data, which comes from cameras that record real-time traffic flows on specific road segments. Neither the Federal Survey nor the Telraam data had previously been used to analyze accident risk and the “safety-in-numbers” effect.

Both datasets were subjected to both descriptive and multivariate analyses. All analyses are cross-sectional in nature. This means that differences between locations (in this case, provinces and road segments) are examined over a single period, rather than tracking changes in a specific location over time, as is the case in a longitudinal study.

Both the analysis at the provincial level and the one conducted at the road segment level highlight the presence of a statistically significant “safety-in-numbers” effect in Belgium. According to the provincial analysis, a doubling of the number of cyclists is accompanied by an increase in the number of accidents involving a cyclist and a motor vehicle of about two-thirds in the simplest model, and about half in a more sophisticated model (the “final model”), which controls for motor vehicle traffic volume and population density. The number of accidents involving cyclists therefore increases less rapidly than the number of cyclists, which is an indication of the existence of a safety-in-numbers effect. At the road segment level, the increase is 74%, but this effect varies greatly depending on the context. Thus, the SiN effect is significantly more pronounced at locations

with cycling infrastructure and in densely populated areas. In these contexts, a doubling of the number of cyclists results in only about a 15% increase in accidents involving a cyclist and a motor vehicle.

The observed variability in the SiN effect is consistent with the international literature. A meta-analysis by Elvik and Goel (2019) reports an average increase of approximately 32% in the number of accidents when the volume of cyclists doubles, while highlighting significant heterogeneity among studies depending on the geographic context and the characteristics of the sites analyzed.

The results of this study must be interpreted with several important caveats. First, this is a cross-sectional analysis; therefore, the results cannot be interpreted from a longitudinal perspective. In other words, the study shows that, in areas with a high number of cyclists, the risk of a collision with a motor vehicle per kilometer cycled is lower than in areas with few cyclists. However, it does not demonstrate that an increase in the number of cyclists at a given location — all other things being equal — leads to a decrease in the number of collisions.

Second, the “safety-in-numbers” effect is primarily a statistical observation of a less-than-proportional relationship between the number of cyclists and the risk of accidents. The direction of this relationship remains uncertain: a higher number of cyclists may be associated with greater safety, but the relationship may also work in the opposite direction — a safer environment may attract more cyclists — and both phenomena may also be influenced simultaneously by external factors. Again, the identification of a SiN effect does not mean that an increase in the number of cyclists will automatically lead to improved safety.

It also means that the existence of a SiN effect should under no circumstances be interpreted as a reason to abandon safety measures. On the contrary, improving road safety remains essential, both through the implementation of safe infrastructure and through measures aimed at positively influencing the behavior of road users.

1 Inleiding

Het safety-in-numbers (SiN) effect verwijst naar het fenomeen dat op locaties of in periodes waar meer fietsers zijn, er een lagere kans is om betrokken te raken in een verkeersongeval in vergelijking met andere locaties en periodes (Jacobsen, 2003). Met andere woorden: het aantal ongevallen neemt wel toe met het aantal fietsers, maar niet op een proportionele manier, waardoor het risico per afgelegde kilometer daalt (Elvik & Goel, 2019).

Het SiN-effect is vanuit beleidsmatig perspectief een interessant gegeven. Net als andere vervoersmodi gaat fietsen onvermijdelijk gepaard met een zeker risico op ongevallen, maar wordt het tegelijk vaak aangemoedigd omwille van de voordelen op het vlak van verkeersleefbaarheid, gezondheid en milieu (Bouwen et al., 2022). Het concept van safety-in-numbers is vanuit dat oogpunt interessant want het stelt dat het individuele risico op ongevallen kleiner wordt naarmate meer mensen fietsen terwijl de voordelen van fietsen onveranderd blijven bij meer fietsers.

Hoewel het SiN-effect internationaal al uitgebreid werd bestudeerd (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019), blijft de evidentie voor België beperkt. In deze studie wordt daarom nagegaan in welke mate het effect ook hier aanwezig is, zowel op macroniveau (provincies) als op microniveau (wegsegmenten). Daarbij ligt de focus op ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer, de meest onderzochte context in de bestaande literatuur.

Als bron voor mobiliteitsgegevens worden in deze studie enerzijds Telraam-data gebruikt (wegsegmenten) en anderzijds data afkomstig van de Federale Enquête over mobiliteitsgedrag. De Telraam-data zijn verkeersgegevens die worden verzameld door slimme sensoren. Ze geven inzicht in hoeveel voetgangers, fietsers, auto's en vrachtwagens op een bepaald wegsegment passeren. De Federale Enquête is een bevraging van het mobiliteitsgedrag bij meer dan 10.000 volwassenen die in België wonen.

Het doel van deze studie is om het bestaan en de grootteorde van het safety-in-numbers effect in België te onderzoeken.

2 Literatuur

2.1 Definitie en afbakening

Het safety-in-numbers (SiN) effect verwijst naar het fenomeen dat op locaties of periodes waar meer voetgangers of fietsers zijn, er een lagere kans is voor deze weggebruikers om betrokken te raken in een verkeersongeval in vergelijking met andere locaties en periodes (Jacobsen, 2003). Het SiN-effect houdt in dat wanneer het aantal voetgangers of fietsers stijgt er een minder dan proportionele stijging optreedt in het aantal ongevallen met voetgangers of fietsers. Met andere woorden: naarmate er meer fietsers of voetgangers zijn, daalt het risico op een ongeluk per afgelegde kilometer (Elvik & Goel, 2019).

Het SiN-effect beschrijft hiermee een geaggregeerd effect op populatieniveau. Het gaat hier niet om een individuele leercurve waarbij het ongevalsrisico voor een fietser kleiner wordt naarmate hij meer ervaring opbouwt of betere vaardigheden ontwikkelt (Oppe, 1991) maar om een daling van het risico op groepsniveau naarmate er meer fietsers zijn. Deze daling op groepsniveau vertaalt zich wel in een lagere ongevalskans per individuele fietser.

De term "safety-in-numbers" werd voor het eerst gebruikt als titel van een publicatie van Jacobsen (2003): *Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling*, gepubliceerd in het tijdschrift *Injury Prevention*. Voor dat artikel vergeleek Jacobsen het aantal personen dat fietst of wandelt in verschillende populaties of locaties (zowel in de V.S. als in Europa) en vergeleek dit met het aantal ongevallen tussen motorvoertuigen, en voetgangers en fietsers. Hierbij stelde hij vast dat de kans op een ongeval met een motorvoertuig omgekeerd evenredig is met het aantal fietsers en voetgangers; hij stelde met andere woorden een safety-in-numbers effect vast.

Safety-in-numbers kan zowel cross-sectioneel als longitudinaal bestudeerd worden. De hierboven vermelde studie van Jacobsen (2003) is een voorbeeld van een cross-sectionele studie waarbij verschillende locaties (bv. wegsegmenten, landen) op één vast moment in de tijd met elkaar worden vergeleken. Uit cross-sectionele studies blijkt dat op locaties waar veel wordt gefietst het ongevalsrisico lager is dan op locaties met lage fietsvolumes (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019). Alhoewel een groot aantal cross-sectionele studies dit verband aantonen kan hieruit echter niet afgeleid worden dat een toename van het aantal fietsers op *dezelfde* specifieke plek die locatie ook daadwerkelijk veiliger zal maken. Daarvoor is een longitudinale benadering (of tijdreeksanalyse) nodig: deze onderzoekt of plaatsen waar het fietsgebruik door de jaren heen stijgt, ook een daling in het ongevalsrisico laat zien. Een studie uit het Verenigd Koninkrijk, gebaseerd op een lange nationale tijdreeks (Aldred et al., 2017), vindt een longitudinaal safety-in-numbers effect, waarbij het ongevalsrisico afneemt naarmate het aantal fietsers toeneemt (Aldred et al., 2017).

In de literatuur wordt met het SiN-effect meestal verwezen naar fietsers. Echter, het fenomeen is ook gedocumenteerd voor voetgangers en zelfs voor gemotoriseerde voertuigen. De oorsprong van het concept gaat terug naar de 'Wet van Smeed' uit 1949, die betrekking heeft op het ongevalsrisico van gemotoriseerd verkeer. Smeed stelde hierbij een omgekeerd verband vast tussen het aantal gemotoriseerde voertuigen per 1000 inwoners in een land (opgevat als een rudimentaire maat van blootstelling) en het aantal verkeersdoden per voertuig (Aldred et al., 2017). Dus hoe hoger het aantal gemotoriseerde voertuigen, hoe lager het aantal verkeersdoden per voertuig dat werd vastgesteld.

De meeste studies naar het SiN-effect focussen op ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer. Een van de redenen hiervoor is dat als potentiële verklaring voor het SiN-effect vaak gedragsadaptatie en gewenning van automobilisten wordt vermeld, waarbij automobilisten in periodes en op locaties met meer fietsers anticiperen op de mogelijke aanwezigheid van fietsers en hun rijgedrag aanpassen.

In de meta-analyses van Elvik en Bjørnskau (2017) en Elvik & Goel (2019) werden geen studies opgenomen over eenzijdige ongevallen. Afgezien van bovenvermelde reden dat bij eenzijdige ongevallen het rijgedrag van automobilisten doorgaans geen rol speelt, houdt dit ook verband met het feit dat over eenzijdige ongevallen slechts weinig gegevensbronnen bestaan met kwalitatieve en volledige informatie. Dit betekent echter niet dat onderzoek naar een SiN-effect bij eenzijdige fietsongevallen — of ruimer, ook fiets-fiets-ongevallen — niet mogelijk is. Elvik en Bjørnskau (2017) verwijzen bijvoorbeeld naar studies van Schepers (2012) en Schepers & Heinen (2013) waaruit blijkt dat ook voor deze ongevallen een SiN-effect kan worden vastgesteld. Dat effect blijkt wel minder sterk dan bij ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer.

2.2 Omvang

2.2.1 Internationaal

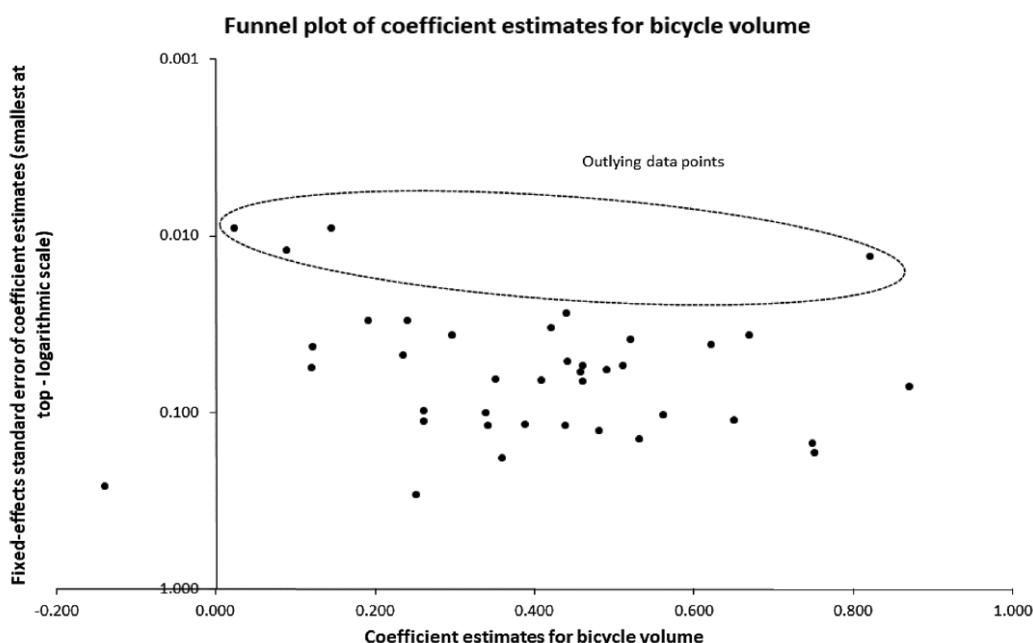
De omvang van het safety-in-numbers effect is uitvoerig gedocumenteerd. Het referentiedocument over onderzoek naar safety-in-numbers is de eerder vermelde meta-analyse van Elvik en Bjørnskau (2017) en de update hiervan door Elvik en Goel (2019). In deze meta-analyses werden alleen studies opgenomen over het aantal ongevallen tussen fietsers en motorvoertuigen (zie paragraaf 2.1). In de meta-analyse van Elvik en Bjørnskau (2017) werden 15 studies opgenomen; in Elvik en Goel (2019) werden er 45 opgenomen.

In studies naar het safety-in-numbers-effect wordt het aantal ongevallen tussen fietsers en motorvoertuigen gemodelleerd als een functie van onder meer het fietsvolume. In deze modellen wordt een regressiecoëfficiënt voor het fietsvolume geschat. Deze coëfficiënt geeft de elasticiteit weer van het aantal ongevallen ten opzichte van het aantal fietsers, en geeft dus weer hoe sterk het aantal ongevallen verandert bij een verandering van het fietsvolume. Een coëfficiënt kleiner dan 1 betekent dat het aantal ongevallen minder dan evenredig toeneemt met het aantal fietsers. Hoe lager de regressiecoëfficiënt, hoe sterker het safety-in-numbers-effect.

Door Elvik en Bjørnskau (2017) wordt een gemiddelde regressiecoëfficiënt gevonden van 0,43 voor fietsers. In de latere meta-analyse door Elvik en Goel (2019) lag de gemiddelde regressiecoëfficiënt iets lager, rond de 0,40. Dit komt overeen met de gemiddelde coëfficiënt in de eerste publicatie waar de term "safety-in-numbers" werd gebruikt, die van Jacobsen in 2003. Een coëfficiënt van 0,40 betekent dat een stijging van het aantal fietsers met 1% gepaard gaat met een stijging van het aantal ongevallen met 0,40%. Een stijging van het aantal fietsers met 100% (een verdubbeling dus) gaat gepaard met een toename van het aantal ongevallen met 32% ($[(1+100/100)^{0,40}-1] \times 100$).

Elvik en Goel (2019) vonden in hun meta-analyse een sterker SiN-effect op macroniveau (bv. steden of landen) dan op microniveau (bv. kruispunten). Volgens Elvik & Goel (2019) bedraagt de gemiddelde coëfficiënt 0,26 op macroniveau en 0,45 op microniveau. Alle vermelde coëfficiënten zijn gebaseerd op cross-sectionele studies.

Op de X-as van Figuur 1 zijn de regressiecoëfficiënten weergegeven van alle studies die opgenomen werden in de meta-analyse van Elvik en Goel (2019). Dit toont aan dat achter de gemiddelde regressiecoëfficiënt van 0,40 een aanzienlijke variabiliteit schuilgaat. De gevonden SiN-effecten variëren van vrijwel nul tot één. Dit betekent dat fietsongevallen in sommige studies bijna proportioneel toenemen met het fietsvolume (=zwak SiN-effect), terwijl ze in andere studies slechts beperkt toenemen ondanks een sterke groei van het fietsvolume (=sterk SiN-effect). In dat laatste geval is sprake van een sterk safety-in-numbers effect.



Figuur 1 Omvang van het SiN-effect (X-as) zoals gerapporteerd in de studies opgenomen in de meta-analyse van Elvik en Goel (2019).

2.2.2 België

Hieronder vermelden we een aantal Belgische studies die analyses bevatten over een het SiN-effect.

Analyse op nationaal niveau

In een studie van Vandenbulcke-Plasschaert (2011), *Spatial analysis of bicycle use and accident risks for cyclists*, werd een ruimtelijke analyse uitgevoerd van de relatie tussen het aandeel fietsers en het ongevalsrisico van fietsers. Het aandeel fietsers werd berekend als het aandeel van de bevolking dat per fiets pendelt binnen het totale pendelverkeer, op basis van de Belgische Census 2001. De census 2001 was de laatste klassieke, grootschalige volkstelling in België waarbij onder andere socio-economische informatie werd verzameld maar dus ook informatie over woon-werkverplaatsingen. Sinds 2001 gebeurt deze dataverzameling over de Belgische bevolking op een andere manier, namelijk door de koppeling van administratieve databanken.

Het ongevalsrisico werd gedefinieerd als het aantal dode en zwaargewonde fietsslachtoffers in de periode 2002–2005, gedeeld door de totale fietstijd voor woon-werkverplaatsingen volgens de Census 2001. In de analyse werden enkel ongevallen betrokken met fietsers tussen 18 en 65 jaar op weekdays, als benaderende maat voor ongevallen tijdens woon-werkverplaatsingen.

De cross-sectionele analyse van Vandenbulcke-Plasschaert (2011) toont aan dat gemeenten met een hoog aandeel fietsverplaatsingen voor woon-werkverkeer een aanzienlijk lager ongevalsrisico kennen dan gemeenten met een lager aandeel fietspendelaars. Met andere woorden: er werd een cross-sectioneel SiN-effect vastgesteld.

Analyses op regionaal niveau

In 2026 analyseerde Brussel Mobiliteit het ongevalsrisico voor fietsers op basis van jaarlijkse fietstellingen van ProVélo en totaal aantal (zwaar)gewonde fietsers in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Overheen de tijd (2010 tot 2022) lijkt het aantal gewonde fietsers minder sterk te stijgen dan het aantal fietsers, wat een longitudinaal SiN-effect suggereert. Voor zwaargewonde fietsers is het gevonden SiN-effect sterker. Het betreft een rekenoefening die verder niet controleert voor externe factoren.

Een tweede en meer recente studie betreft een analyse van Fietsberaad Vlaanderen (Baert & Lauwers, 2025). Fietsberaad stelt sinds 2015 tegelijk een stijging vast van het aantal afgelegde fietskilometers in Vlaanderen op basis van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG), én een daling van de kans om als fietser gewond te raken in een fietsongeval. Ook de kans om te overlijden als fietser daalde gelijktijdig. Fietsberaad stelt met andere woorden een longitudinaal SiN-effect vast. In deze analyse werd niet gecontroleerd voor andere factoren die invloed kunnen hebben op deze risico's, zoals beleidsaanpassingen (bv. verlaging van snelheidslimieten) of infrastructurele maatregelen (bv. fietssnelwegen).

2.3 Potentiële verklaringen

Uit de literatuur blijkt dat het niet mogelijk is om het safety-in-numbers effect toe te schrijven aan specifieke oorzakelijke factoren. Het SiN-effect blijft daarmee een louter correlatieve vaststelling. Wel worden in de wetenschappelijke literatuur verschillende potentiële verklaringen voor het SiN-effect aangedragen waarvan de belangrijkste hieronder worden beschreven.

Gedragsadaptatie en gewenning van automobilisten

Een veelgeciteerde verklaring is dat automobilisten hun gedrag aanpassen naarmate zij vaker geconfronteerd worden met fietsers en voetgangers. Wanneer kwetsbare weggebruikers talrijker worden, raken chauffeurs meer gewend aan hun aanwezigheid en worden ze vaardiger in het veilig met hen interageren (Elvik & Goel, 2019). Dit proces zou deels verklaard worden door de signaal-detectietheorie (Jacobsen, 2003): zeldzame objecten worden sneller over het hoofd gezien, terwijl een hogere prevalentie van fietsers de aandacht van de automobilist verscherpt en de reactietijd verkort. Bovendien zijn automobilisten in regio's met veel fietsers vaak zelf ook fietser, waardoor zij meer empathie en begrip tonen voor de kwetsbaarheid en het gedrag van fietsers op de weg (Jacobsen, 2003).

Infrastructuur en de "numbers-in-safety" hypothese

Deze hypothese stelt dat de causale richting van het SiN-effect mogelijk omgekeerd is: het is niet de toename van het aantal fietsers dat de veiligheid creëert, maar de kwaliteit van de infrastructuur en verkeersmaatregelen die zowel de veiligheid verhoogt als meer mensen aantrekt om te gaan fietsen (Elvik & Goel, 2019; Heydari & Elvik, 2023). In deze visie is wat we waarnemen als safety-in-numbers in feite een reflectie van bepaalde infrastructurele beleidskeuzes, zoals gescheiden fietspaden en veilige kruispunten. Plaatsen die inherent veiliger zijn door infrastructurele investeringen, moedigen meer mensen aan om hun verplaatsingen te voet of met de fiets te doen, waardoor blootstelling (volumes) en veiligheid gelijktijdig stijgen.

Modal split en Modal shift

Een toename in fietsvolumes kan gepaard gaan met een daling van het gemotoriseerd verkeer, bijvoorbeeld als gevolg van mobiliteit- en circulatieplannen op lokaal niveau. Onderzoek door Schepers en Heinen (2013) naar een modal shift – een verschuiving in het relatieve aandeel van elke vervoerswijze in het totale verkeer - van korte autoverplaatsingen naar de fiets toonde aan dat het totale aantal verkeersdoden hierdoor niet steeg. Deze stabilisatie wordt toegeschreven aan de gecombineerde impact van een lager aantal personenwagens en het optreden van het safety-in-numbers effect. Hoewel er in deze studie wel een stijging van het aantal ernstig gewonden werd vastgesteld, was dit volledig toe te schrijven aan een toename in eenzijdige fietsongevallen die doorgaans niet worden meegeteld in de traditionele schattingen van het SiN-effect. Waar een modal shift een proces doorheen de tijd beschrijft (longitudinaal), kan deze logica worden doorgetrokken naar het modal split-concept op geografisch niveau (cross-sectioneel) waar locaties met een hoog aandeel fietsers kunnen worden gekenmerkt door een laag aandeel gemotoriseerd verkeer, wat de kans op aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer doet dalen.

Verkeerscongestie en lagere snelheden

Een hoog volume aan fietsers en motorvoertuigen kan leiden tot een mechanische vorm van veiligheid door snelheidsreductie. Wanneer veel fietsers de weg delen met auto's, dwingen zij het gemotoriseerd verkeer vaak om langzamer te rijden, wat het aantal en de ernst van ongevallen kan verminderen. In drukke stedelijke gebieden zorgt congestie ervoor dat automobilisten meer tijd hebben om te reageren op potentiële conflicten en grotere foutmarges hebben, wat het risico per individuele fietser kan verlagen. In extreme gevallen kan een zeer groot fietsersaandeel zelfs betekenen dat auto's fysiek niet sneller kunnen rijden dan de stroom fietsers (Kröyer, 2015; Prato et al., 2014).

Fietsen in groep en "Safety-in-Density"

Het concept van "safety-in-density" suggereert dat fietsers veiliger zijn wanneer zij in groepen of clusters rijden, vergelijkbaar met het effect van een kudde dieren. Binnen een groep wordt het risico voor het individu verdund; bij een aanrijding met een automobilist op een kruispunt zijn vooral de voorste en achterste fietsers direct blootgesteld aan het grootste risico, terwijl de rest van de groep "beschermd" of verborgen meereist. Bovendien vormt een compacte groep fietsers een sterker visueel signaal voor automobilisten dan een individuele fietser, wat de kans om opgemerkt worden bij automobilisten vergroot (Johnsson et al., 2021)

Veranderende samenstelling van de groep fietsers

De daling van het individuele risico kan ook samenhangen met een verandering in de demografische en technische profielen van de fietsersgroep naarmate deze groeit (Elvik & Bjørnskau, 2017). Wanneer fietsen populairder wordt, kan de verhouding tussen ervaren en onervaren fietsers verschuiven, of kunnen er meer fietsers uit specifieke leeftijdsgroepen bijkomen. In sommige contexten kan een schijnbare stijging van de veiligheid het gevolg zijn van zelfselectie: bij een lage veiligheid durven alleen de meest risicobereidwillige fietsers de weg op, terwijl bij groeiende volumes de groep diverser wordt (Castro et al., 2018). Daarnaast kan ook het individueel leerproces bij fietsen een rol spelen waarbij de "eerste" fietsers op locaties waar weinig gefietst wordt door herhaaldelijke deelname aan het verkeer steeds ervarener en vaardiger worden in het begrijpen en beheersen van potentieel gevaarlijke situaties (Elvik, 2014).

3 Methodiek en data

3.1 Beschrijving data

3.1.1 Ongevallen

Bron

Als bron voor het aantal verkeersongevallen werden de officiële ongevalgegevens van Statbel gebruikt. Deze gegevens zijn gebaseerd op de registraties van verkeersongevallen met letselschade door de politie. Een verkeersongeval met letselschade wordt gedefinieerd als "elk ongeval waarbij ten minste één voertuig in beweging is op een openbare weg of op een privéweg waartoe (een deel van) het verkeer toegang heeft en waarbij ten minste één persoon gewond raakt of overlijdt". Een fiets wordt beschouwd als een voertuig. Eenzijdige fietsongevallen - fietsongevallen waarbij enkel één fietser is betrokken - vallen dus ook onder deze definitie.

Onderregistratie

De ongevalgegevens zijn niet volledig. Sommige ongevallen worden niet geregistreerd omdat de politie niet op de hoogte werd gebracht, bijvoorbeeld omdat de verwondingen niet ernstig genoeg leken of pas later tot uiting kwamen, of omdat er geen derde partij betrokken was (Lammar, 2006) of omdat de ziekenwagen de gewonde fietser al heeft meegenomen voordat de politie ter plaatse kwam. Onderregistratie doet zich voor bij alle type ongevallen, maar is van alle weggebruikers het grootst voor fietsers, in het bijzonder voor eenzijdige fietsongevallen (Nuyttens, 2013).

In een studie van Vandenbulcke-Plasschaert (2011) naar fietsongevallen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest blijkt dat de mate van onderregistratie kan variëren naargelang de locatie. Zo is de registratiegraad lager op plaatsen met lage snelheidslimieten (30 km/u) en op plaatsen waar verkeersremmende maatregelen gelden. Dit wordt door de auteur verklaard door het beperkte snelheidsverschil tussen trage en snelle vervoersmodi, waardoor ongevallen met fietsers vaak minder ernstig zijn en daarom minder vaak bij de politie worden gemeld. Daarnaast toont deze studie aan dat de registratiegraad lager ligt in de nabijheid van voorzieningen zoals Europese instellingen, instellingen van het hoger onderwijs, winkelcentra, culturele voorzieningen en ziekenhuizen. Ook in dit geval linkt de auteur dit aan een kleinere variatie in gereden snelheden en minder ernstige ongevallen.

Het soort locaties beschreven door Vandenbulcke-Plasschaert (2011) zijn doorgaans locaties met bovengemiddeld veel fietsverkeer. Indien de bevindingen uit deze studie kunnen doorgetrokken worden naar heel België en naar alle geografische niveaus (sublokaal tot bovenlokaal) dan betekent dit dat verstedelijkte locaties gekenmerkt worden door zowel meer fietsverkeer als een grotere onderschatting van het aantal fietsongevallen. Deze combinatie kan zorgen voor een schijnbare versterking van het safety-in-numbers effect.

Gezien het safety-in-numbers effect in de eerste plaats refereert naar letselongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer, en eenzijdige fietsongevallen nog meer dan andere fietsongevallen zijn ondergerapporteerd in de ongevalgegevens (gebaseerd op politieregistraties), worden in de data-analyse van deze studie eenzijdige ongevallen niet meegenomen. Dit reduceert reeds voor een deel de mogelijke impact van onderregistratie op de resultaten. Daarnaast wordt ook een aparte analyse uitgevoerd van ernstige ongevallen welke minder beïnvloed worden door onderregistratie dan het totaal aantal ongevallen.

Een correctie uitvoeren van de onderregistratie volgens locatie, of dat nu in functie van Telraam-wegsegmenten is of provincies, is niet mogelijk, aangezien er geen data beschikbaar zijn om per locatie een aparte correctiefactor te berekenen. De Telraam-data zijn verkeersgegevens die worden verzameld door slimme sensoren. Ze geven inzicht in hoeveel voetgangers, fietsers, auto's en vrachtwagens op een bepaald wegsegment passeren.

Geografische coördinaten

Er is geen rechtstreekse registratie van x/y-coördinaten door de politie op de plaats van het ongeval. De Federale Politie leidt de x/y-coördinaten af van andere geografische informatie in de officiële ongevalgegevens zoals straatnamen, huisnummers en hectometerpaaltjes. De Federale Politie kan op deze manier aan 90% van de letselongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer x/y-coördinaten toekennen.

In de periode van 2015 tot en met 2021 schommelde dit percentage rond 86%; tussen 2022 en 2024 eerder rond 97%. De toename van toegekende x/y-coördinaten in 2022 is het gevolg van een nieuwe berekeningsmethode van x/y-coördinaten door de Federale Politie¹.

Letselongevallen waarbij geen x/y-coördinaten kunnen toegekend worden, zijn bijvoorbeeld letselongevallen op lange wegen in rurale gebieden waar geen hectometerpaaltjes zijn en geen huizen in de buurt zijn. Dit verklaart mee waarom het percentage toegekende x/y-coördinaten verschilt overheen de regio's. Voor de periode 2015-2024, voor letselongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer, bedraagt dit 91% in Vlaanderen, 82% in Wallonië, en 89% in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Ten opzichte van andere letselongevallen doen fietsongevallen zich verhoudingsgewijs vaker voor binnen de bebouwde kom (European Commission, 2025). Zij krijgen dan ook vaker dan andere letselongevallen x/y-coördinaten toegekend.

Selectie van fietsongevallen

Zowel voor de analyse op provincieniveau als de analyse op segmentniveau werden eenzijdige fietsongevallen uitgesloten. De provinciale analyse bestudeert letselongevallen tussen fietsers en personenwagens; de segmentanalyse bestudeert letselongevallen tussen fietsers en alle gemotoriseerd verkeer. Voor dit rapport werd ervoor geopteerd om zowel conventionele fietsen, elektrische fietsen als speed pedelecs mee te tellen onder de fietsers.

3.1.2 Mobiliteitsdata

3.1.2.1 Provincie

Bron

Als bron voor de mobiliteitsgegevens opgesplitst naar provincie wordt de Federale Enquête over de Mobiliteit in België over het verplaatsingsgedrag van Belgische inwoners gebruikt van de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2025).

De keuze voor de Federale Enquête is ingegeven door het feit dat de data recent en beschikbaar zijn voor een heel jaar, voor heel België, en met mogelijke opsplitsingen naar gewest en provincie.

Kenmerken van de data

De Federale Enquête werd uitgevoerd van half september 2024 tot half september 2025. In totaal hielden 14400 volwassenen een "verplaatsingsdagboek" bij. Minderjarigen zijn niet opgenomen in de studie.

De gegevens werden verzameld volgens het principe van een "verplaatsingslus", gedefinieerd als een geheel van verplaatsingen vanaf de woonplaats tot de terugkeer naar deze woonplaats. Een persoon kan meerdere verplaatsingslussen maken op een dag.

Bij elke lus kan de respondent meerdere tussenstops maken en meerdere vervoermiddelen gebruiken. Voor elke lus wordt de belangrijkste – primaire - verplaatsingswijze geregistreerd. Secundaire verplaatsingswijzen worden alleen geregistreerd bij treinverplaatsingen. Dat betekent bijvoorbeeld dat als iemand met de trein reist en een voor- of natraject met de fiets aflegt, zowel de trein- als de fietskilometers worden geregistreerd. Bij andere combinaties, zoals een 'fiets-bus'-lus, wordt dit echter niet gedaan. Dit is een beperking van de data, maar de impact op de analyse is vermoedelijk beperkt omdat dergelijke gecombineerde lussen met de fiets (andere dan met de trein) niet frequent zijn en de hiermee gepaarde onderschatting van fietsverplaatsingen in de data vermoedelijk weinig varieert naargelang de provincie.

De afgelegde afstand werd niet bevraagd in deze survey. In de plaats daarvan werd deze door de FOD Mobiliteit en Vervoer geschat op basis van de vertreklocatie, de bestemmingslocatie, de verplaatsingswijze en de door de respondent opgegeven duur.

Databewerking

Het publiek beschikbare rapport van Federale Enquête over de Mobiliteit in België voorziet niet in een provinciale opsplitsing van afgelegde kilometers. Op verzoek van Vias stelde de FOD Mobiliteit en Vervoer

¹ Deze nieuwe berekeningsmethode is niet altijd een verbetering, omdat sinds 2022 meer letselongevallen met een onzekere locatie toch x/y-coördinaten krijgen. Zo krijgen ongevallen op wegen langer dan 300m zonder precieze plaatsbepaling sindsdien vaak de coördinaten van het geografisch middelpunt toegekend. De minder precieze toekenning van x/y-coördinaten kan (beperkte) ruis in de data toevoegen.

daarom een bestand samen met het gemiddeld aantal afgelegde kilometers per persoon per dag, uitgesplitst naar verplaatsingswijze en provincie. Om het totaal aantal door volwassenen afgelegde fietskilometers per jaar per provincie te berekenen, werden deze gemiddelden vermenigvuldigd met 365 (voor het aantal dagen in een jaar) en met de volwassen bevolking per provincie. Voor autokilometers werd dezelfde berekening toegepast, en vervolgens gedeeld door de gemiddelde bezettingsgraad van wagens, die volgens de Federale Enquête 1,19 bedraagt. Deze correctie is nodig omdat de enquêtegegevens betrekking hebben op kilometers afgelegd door personen (inclusief passagiers), terwijl voor de studie van het safety-in-numbers effect de kilometers per voertuig van belang zijn.

Steekproef

De finale steekproef van de Federale Enquête bedraagt 13613 inwoners in België waaronder 8203 Vlamingen, 4181 Walen en 1229 Brusselaars. Om een representatieve steekproef te bekomen werden de ruwe data gewogen in functie van geslacht, leeftijd, gewest van de woonplaats, en opleidingsniveau.

3.1.2.2 Telraam-verkeerstellingen

Meetmethode

Telraam telt en classificeert weggebruikers met behulp van een sensor die opgehangen wordt aan een raam op de eerste verdieping (Figuur 2). Daarnaast leidt het een geschatte snelheidsverdeling af (en de V85-snelheid) voor auto's. Telraam gebruikt artificiële intelligentie om voertuigen met hoge precisie te tellen en te classificeren volgens vervoermiddel in vier categorieën: tweewielers (fietsen, bromfietsen, motorfietsen), voetgangers (incl. kinderwagens), personenwagens, en zware voertuigen (bestelwagens, vrachtwagens, bussen, aanhangwagens, tractoren). Momenteel zijn er twee types sensoren in gebruik: V1 en S2. Het belangrijkste onderscheid is dat sensor S2 ook in het donker verkeer kan tellen. Telraam telt in beide rijrichtingen.

Telraam verzamelt geen informatie over de exacte locatie van een telpunt. Telramen worden daarentegen gekoppeld aan een wegsegment dat begrensd wordt door kruispunten aan beide zijden van het telpunt. Segmenten kunnen aldus zeer kort zijn, maar kunnen ook enkele kilometers lang zijn.

Per segment kan een bewoner gegevens rapporteren over de objectieve eigenschappen van de weg en over de subjectieve beleving: bijvoorbeeld de aanwezigheid van fietspaden, eenrichtingsstraat of niet, snelheidslimiet, gepercipieerde veiligheid (veiligheidsscore (10-punt schaal)).



Figuur 2 Telraam sensor S2 en detectie van verkeersdeelnemers (Bron: <https://telraam.net/>).

Ruwe data

Er werd een ruimtelijke selectie gemaakt van alle Telramen in België, waar minstens gedurende 1 jaar een Telraam heeft gehangen (n=4453). Deze periode van 1 jaar bevat mogelijk periodes van ontbrekende data. De eerste tellingen in de dataset startten in april 2018; de dataset eindigt in april 2025. Niet alle tellingen vonden dus in parallel plaats.

De ruwe data van Telraam hebben een temporele resolutie van 15 minuten. Voor de huidige studie werd de originele dataset geaggregeerd, namelijk het gemiddeld aantal weggebruikers per uur, voor 13 periodes (jaartotaal en elke maand), met onderscheid tussen weekday en weekend. Deze data werden voor dit project ter beschikking gesteld door de organisatie Telraam (cf. <https://telraam.net/>).

Extrapolatie voor schatting volumes in donkere uren

De meeste locaties (n=3895) hebben geen Telraam-data tijdens de nacht (i.e. donkere uren). Om deze data toch te schatten, gebruiken we Telramen die 's nachts wel gemeten hebben. Met deze 558 Telramen wordt er een *Average Belgian Curve* geschat (= per uur een gemiddelde over alle 558 locaties). Op de daguren wordt de *Average Belgian Curve* vergeleken met de tellingen op die locatie. Zo kan er bijvoorbeeld besloten worden dat er op die locatie 50% meer verkeer is (opgesplitst per vervoermiddel); voor de nachturen worden de waarden van de *Average Belgian Curve* in dit voorbeeld dan ook met 50% verhoogd. De geobserveerde data overdag blijft gewoon behouden.

Voor de locaties met nachtelijke tellingen (n=558), is er enkel een opdeling naar modal split overdag en niet bij nacht. De modal split wordt per locatie bepaald op basis van de *overlapping hours* (dit zijn 6-8u en 18-21u die in mei/juni/juli/aug volledig licht zijn en in nov/dec/jan/febr volledig donker) op de locatie zelf. Mogelijk zorgt dit voor een overschatting van het aandeel fietsers 's nachts omdat er in piekuren grotere aandelen fietsers te verwachten zijn dan 's nachts (maar de modal split van de piekuren wordt wel toegepast op de hele nacht).

Op maandniveau wordt er een licht gewijzigde aanpak gevolgd voor maanden die geen nachtobservaties hebben. In dat geval wordt de *Yearly Average Curve* voor die locatie gebruikt, en wordt er op de daguren vergeleken of er in die maand x % meer of minder voertuigen zijn dan jaargemiddeld. Die factor wordt dan toegepast op de *Yearly Average Curve* voor de nachturen op die locatie.

Steeds geldt dat werkelijk geobserveerde data behouden blijven. Enkel ontbrekende data worden aangevuld met de bovenvermelde schattingen om te komen tot 24/7 curves voor elke Telraam-locatie.

Data cleaning

Uiteindelijk wordt er een selectie gemaakt van Telramen om de kwaliteit te waarborgen. Zelfs met beperkte data kan met behulp van de extrapolatiemethode volledige data bekomen worden. We schatten echter in dat de onzekerheid op de geëxtrapolerde gegevens zodanig toeneemt, dat we verkiezen om ze niet te gebruiken. Zo vereisen we dat een Telraam in minimaal vier verschillende maanden gemeten heeft. Daarnaast wordt er gefilterd op een minimaal aantal individuele tellingen die verzameld zijn: op basis van de volledige dataset worden die Telramen verwijderd die onder het 10^{de} percentiel zitten wat betreft beschikbare individuele observaties. Dit resulteert in 3684 overblijvende Telramen.

3.1.3 Koppeling ongevallen en mobiliteitsdata

3.1.3.1 Koppeling op provinciaal niveau

Tabel 1 geeft een overzicht van de ongevallen- en mobiliteitsgegevens zoals gebruikt voor de analyse op het niveau van de provincies.

In tegenstelling tot de analyse op het niveau van Telraam-segmenten wordt in de categorie "andere verkeer" enkel personenwagens meegerekend. De reden is dat in deze categorie veruit de meeste kilometers worden afgelegd waardoor de gerapporteerde verplaatsingen binnen deze categorie het meest betrouwbaar zijn.

Tabel 1 Kenmerken van de gekoppelde ongevallen- en mobiliteitsgegevens, op provincieniveau

	Ongevalengegevens	Mobiliteitsgegevens
Populatie	Volwassen populatie	Volwassen populatie
Meetperiode	Volledig jaar 2024	Volledig jaar 16/09/2024 – 15/09/2025
Definitie fietser	Alle fietsen, inclusief speed pedelecs	Alle fietsen, inclusief speed pedelecs
Definitie andere verkeer	Personenwagens, zoals geregistreerd door de politie tijdens de ongevallenregistratie	Personenwagens, zoals ingevuld door de respondent

De ongevallen- en mobiliteitsgegevens werden voor de analyse samengevoegd tot één dataset door middel van een koppeling via de gemeenschappelijke variabele "provincie".

3.1.3.2 Koppeling op het niveau van Telraam-segmenten

Tabel 2 geeft een overzicht van de ongevallen- en mobiliteitsgegevens zoals gebruikt voor de analyse op niveau van Telraam-segmenten.

Tabel 2 Kenmerken van de gekoppelde ongevallen- en mobiliteitsgegevens, op segmentniveau

	Ongevallengegevens	Mobiliteitsgegevens
Populatie	Hele populatie (kinderen + volwassenen)	Hele populatie (kinderen + volwassenen)
Meetperiode	2015 t.e.m. 2024 (10 jaar)	1 jaar tussen 2018 en 2025 per Telraam-segment
Definitie fietser	Alle fietsen, inclusief speed pedelecs	Tweewielers: alle fietsen, bromfietsen, en motorfietsen
Definitie andere verkeer	Personenwagen / vrachtwagen / lichte vrachtwagen / bus / tram / trolleybus / landbouwvoertuig (exclusief gemotoriseerde tweewielers)	Personenwagens en zware voertuigen (bestelwagens, vrachtwagens, bussen, aanhangwagens, tractoren)

De segmenten van Telraam (met hun attributen) worden geografisch gelinkt aan de ongevallen op dat segment (Figuur 3). Hiervoor wordt een buffer met een straal van 20 meter rond het segment gecreëerd. Alle ongevallen die binnen deze buffer vallen, worden verondersteld op het segment gebeurd te zijn. Dit omvat dus ook de ongevallen op de kruispunten die het segment begrenzen.

Om de safety-in-numbers analyse in de praktijk zinvol te maken is een noodzakelijke voorwaarde dat er statistisch gezien voldoende ongevallen moeten beschikbaar zijn op de verschillende wegsegmenten. Concreet houdt dit in dat op minstens 10 à 20 procent van de locaties één of meerdere ongevallen moeten plaatsgevonden hebben. Omdat dit minimum niet gehaald wordt met ongevallengegevens van één jaar, wordt een langere periode beschouwd. De tellingen door Telraam veronderstellen we als een goede maat voor de intensiteit gedurende dezelfde langere periode. Lokale veranderingen tijdens deze periode kunnen echter voor een vertekening zorgen. Voorbeelden zijn aanpassingen aan de infrastructuur (bijvoorbeeld toevoegen fietspaden, aanpassen van de snelheidslimiet) of veranderingen in het verkeersvolume die afwijken van de algemene trend (bijvoorbeeld toevoegen van aantrekkingspolen, invoeren van een verkeerscirculatieplan, wegenwerken).



Figuur 3 Illustratie van de koppeling van ongevallen aan een Telraam-segment. De rode sterretjes duiden de fietsongevallen aan; de groene lijn bakent het Telraam-segment af, met in het rood de buffer met straal van 20 meter rond het segment. Alle ongevallen binnen de buffer worden gekoppeld aan het Telraam-segment.

3.2 Modelling

De aard van de twee verschillende sets van mobiliteitsdata vereist twee verschillende maar complementaire methoden om de relatie tussen fietsblootstelling en verkeersongevallen te onderzoeken: machtsregressie en negatief binomiale regressie. Beide modellen zijn geschikt om een safety-in-numbers effect te analyseren. Beide impliceren ze een machtsrelatie tussen blootstelling en ongevallen. Dit laat toe om elasticiteiten te interpreteren, waarbij de procentuele verandering in het aantal ongevallen wordt gerelateerd aan een procentuele verandering in fietsblootstelling.

Hoewel beide modellen een gelijkaardige functionele vorm hebben, verschillen ze fundamenteel in hun statistische specificatie, aannames en toepassingsgebied. In wat volgt worden beide modellen eerst conceptueel toegelicht, waarna hun toepassing binnen dit onderzoek wordt gemotiveerd.

Machtsregressie

De relatie tussen fietsblootstelling en ongevallen kan in oorspronkelijke schaal worden weergegeven als een machtsfunctie:

$$Y_i = \alpha \cdot x_i^{\beta_1} \cdot \varepsilon_i$$

waarbij Y_i het aantal ongevallen voorstelt, x_i de fietsblootstelling, en ε_i een multiplicatieve foutterm is.

Door logaritmische transformatie wordt het model lineair in de parameters:

$$\log(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 \log(x_i) + \varepsilon_i$$

met $\beta_0 = \log(\alpha)$. Deze transformatie maakt het mogelijk om het model te schatten met lineaire regressietechnieken.

De parameter β_1 heeft een directe interpretatie als elasticiteit: een stijging van de fietsblootstelling met 1% gaat gepaard met een verandering van $\beta_1\%$ in het aantal ongevallen.

Het model wordt geschat via Ordinary Least Squares (OLS) waarbij de som van de gekwadrateerde residuen op log-schaal wordt geminimaliseerd.

Negatief Binomiale regressie

Ook in het negatief binomiale model wordt uitgegaan van een machtsrelatie, maar deze wordt gespecificeerd op het niveau van de verwachte waarde:

$$\mu_i = \mathbb{E}[Y_i] = \alpha \cdot x_i^{\beta_1}$$

Hierbij stelt μ_i het verwachte aantal ongevallen voor.

Net zoals bij de log-log regressie wordt een logtransformatie toegepast, maar hier in de vorm van een linkfunctie:

$$\log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \log(x_i)$$

De afhankelijke variabele volgt een negatief binomiale verdeling, waarbij overdispersie wordt toegelaten:

$$\text{Var}(Y_i) = \mu_i + \kappa \mu_i^2$$

Dit maakt het model geschikt voor teldata met lage waarden (aanwezigheid van nullen) en een variantie die groter is dan het gemiddelde. De parameters worden geschat via maximum likelihood.

De parameter β_1 kan, analoog aan de log-log regressie, geïnterpreteerd worden als een elasticiteit. Een stijging van de fietsblootstelling met 1% gaat gepaard met een verandering van $\beta_1\%$ in het verwachte aantal ongevallen.

Telraam-data

De Telraam-data worden gekenmerkt door lage aantallen ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer. Over alle segmenten samen werden in de voorbije tien jaar 3688 letselongevallen tussen fietsers en een motorvoertuig geregistreerd, wat neerkomt op gemiddeld ongeveer 1,0 ongeval per segment (zie Tabel 5). Een aanzienlijk aandeel van de segmenten, namelijk 2244 van de 3684 (60,9%), kent geen enkel ongeval.

Voor dergelijke data - teldata met een scheve verdeling en een groot aandeel nulwaarden - is negatief binomiale regressie een geschikte keuze. Hoewel ook Poisson-regressie vaak wordt toegepast op teldata, veronderstelt Poisson-regressie dat het gemiddelde en de variantie aan elkaar gelijk zijn. Aan deze aanname wordt in de voorliggende dataset niet voldaan, aangezien er sprake is van overdispersie.

Provinciale data

De provinciale dataset is klein en bevat een beperkt aantal observaties (10 provincies + Brussels Hoofdstedelijk Gewest). In tegenstelling tot de Telraam-data zijn er geen lage aantallen en geen nulwaarden: elke provincie kent een substantieel aantal ongevallen. Hierdoor is de afhankelijke variabele minder uitgesproken discreet en kan een continue benadering worden gehanteerd.

In deze context is log-log regressie een geschikte keuze. De methode is minder afhankelijk van complexe verdelingsaannames, wat een voordeel vormt in kleine steekproeven.

De resultaten van de log-log regressie worden bijkomend afgetoetst met een negatief binomiale regressie. Dit laat toe om na te gaan in welke mate de geschatte elasticiteiten robuust zijn ten opzichte van de gekozen modelleringstechniek.

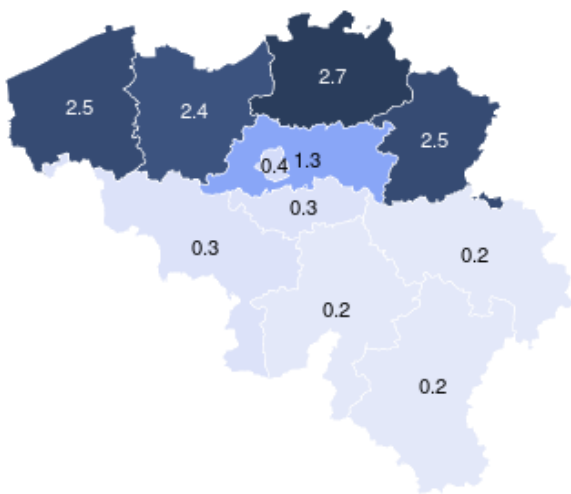
4 Resultaten

4.1 Analyse op provincieniveau

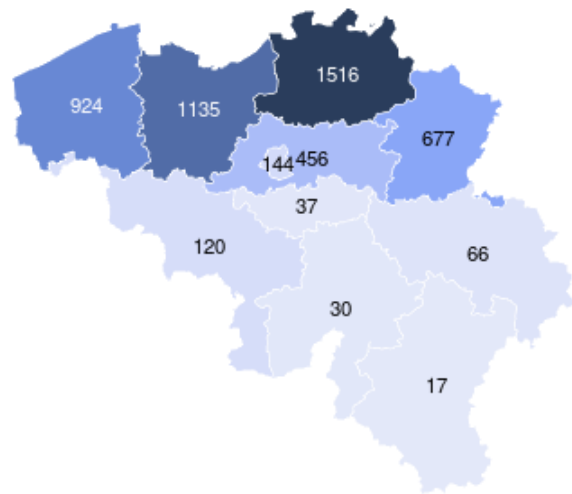
4.1.1 Descriptieve analyse

De Federale Enquête over de Mobiliteit in België toont grote *interregionale* verschillen in fietsmobiliteit. Gemiddeld fietst een volwassene 1,5 kilometer per dag. In het Vlaams Gewest ligt dat met 2,3 kilometer duidelijk hoger, terwijl het in het Waals Gewest (0,2 km) en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (0,4 km) ruim onder het nationale gemiddelde blijven. *Intra*regionaal treden er slechts kleine variaties op (Figuur 4) afgezien van de provincie Vlaams-Brabant. In deze provincie worden beduidend minder fietskilometers afgelegd in vergelijking met de andere Vlaamse provincies.

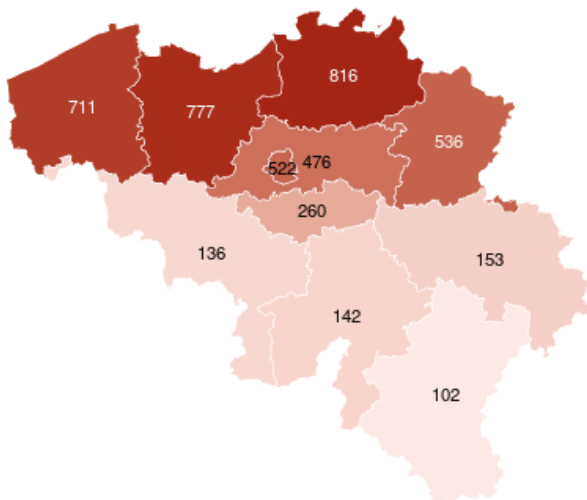
Gemiddeld aantal afgelegde fietskilometers per meerderjarig persoon per dag



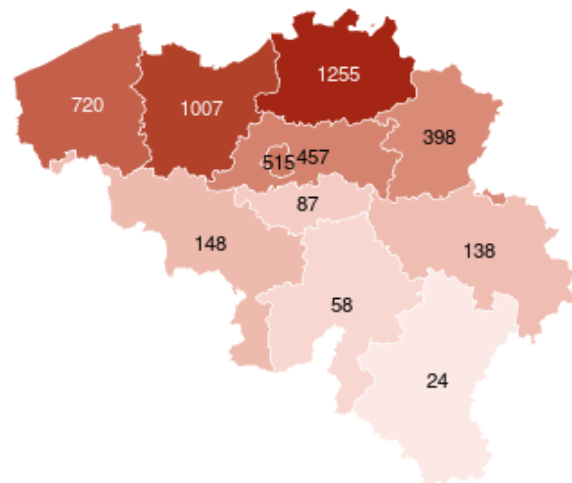
Totaal aantal afgelegde fietskilometers door meerderjarige personen per jaar (in miljoen kilometer)



Aantal fiets-auto-ongevallen in 2024 per miljoen inwoners (meerderjarigen)



Totaal aantal fiets-auto-ongevallen in 2024 (meerderjarigen)



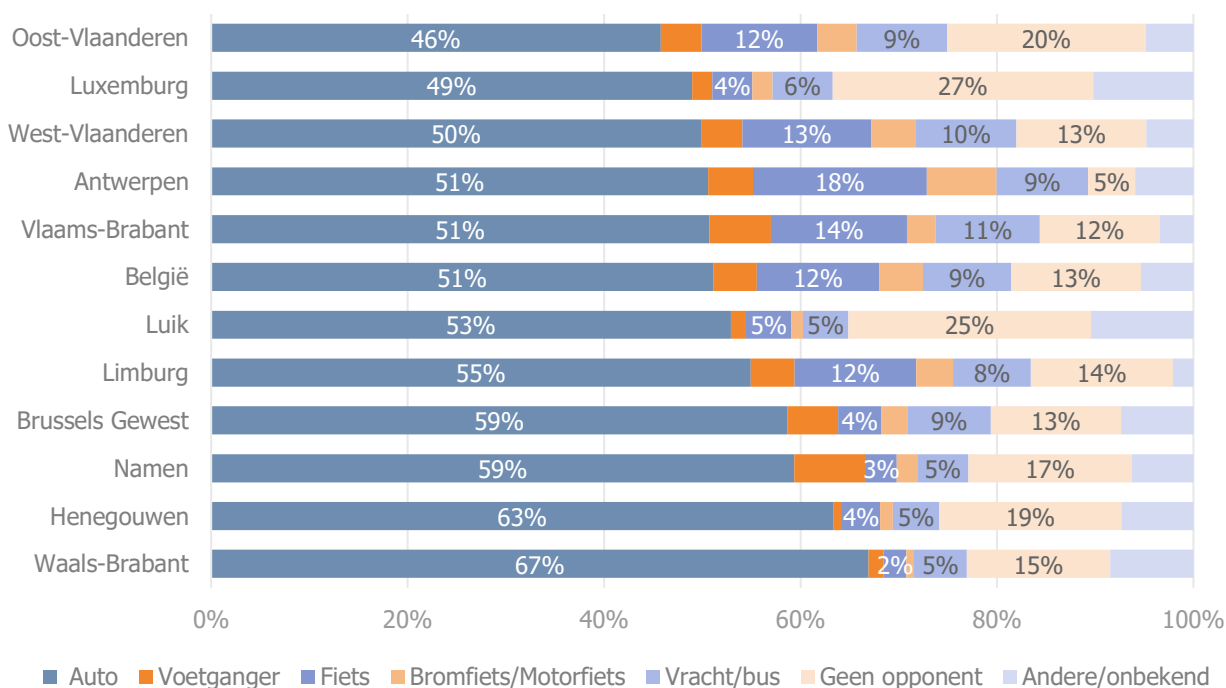
Figuur 4 Kerncijfers over afgelegde fietskilometers en fietsongevallen.

Bron: FOD Mobiliteit en Vervoer (2025) en Statbel (Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium) | Verwerking: Vias institute.

De regionale verschillen in fietsmobiliteit uit de Federale Enquête over de Mobiliteit worden bevestigd door de internationale E-survey of Road Users' Attitudes (ESRA: <https://www.esranet.eu/>). De editie van de ESRA-survey uitgevoerd in 2023, vindt dat 74% van de Vlamingen minstens een aantal keren per jaar fietst; percentages die in het Waals Gewest en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest respectievelijk 55% en 48% bedragen (Wardenier, 2026).

Ook wat het aantal ongevallen betreft, zijn er grote interregionale verschillen (Figuur 4). In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bedraagt het aantal fiets-auto-ongevallen per miljoen inwoners (exclusief minderjarigen) 522. In alle Waalse provincies ligt dit cijfer lager, met waarden tussen 102 in de provincie Luxemburg en 260 in de provincie Waals-Brabant. In de Vlaamse provincies ligt het aantal hoger, met uitzondering van Vlaams-Brabant (476). De hoogste waarde wordt vastgesteld in de provincie Antwerpen, met 816 ongevallen per miljoen inwoners.

Uit de politiegegevens blijkt dat 51% van de geregistreerde fietsongevallen gebeurt met een personenwagen als tegenpartij (Figuur 5). Dit aandeel verschilt per provincie en ligt doorgaans hoger in de Waalse provincies dan in de Vlaamse provincies. Eenzijdige ongevallen (in de figuur weergegeven als "geen opponent") worden minder volledig geregistreerd, en de registratiekwaliteit kan bovendien variëren tussen provincies. De safety-in-numbers analyse in dit rapport heeft betrekking op fietsongevallen met personenwagens (provincieniveau) en op fietsongevallen met gemotoriseerd verkeer (segmentniveau).

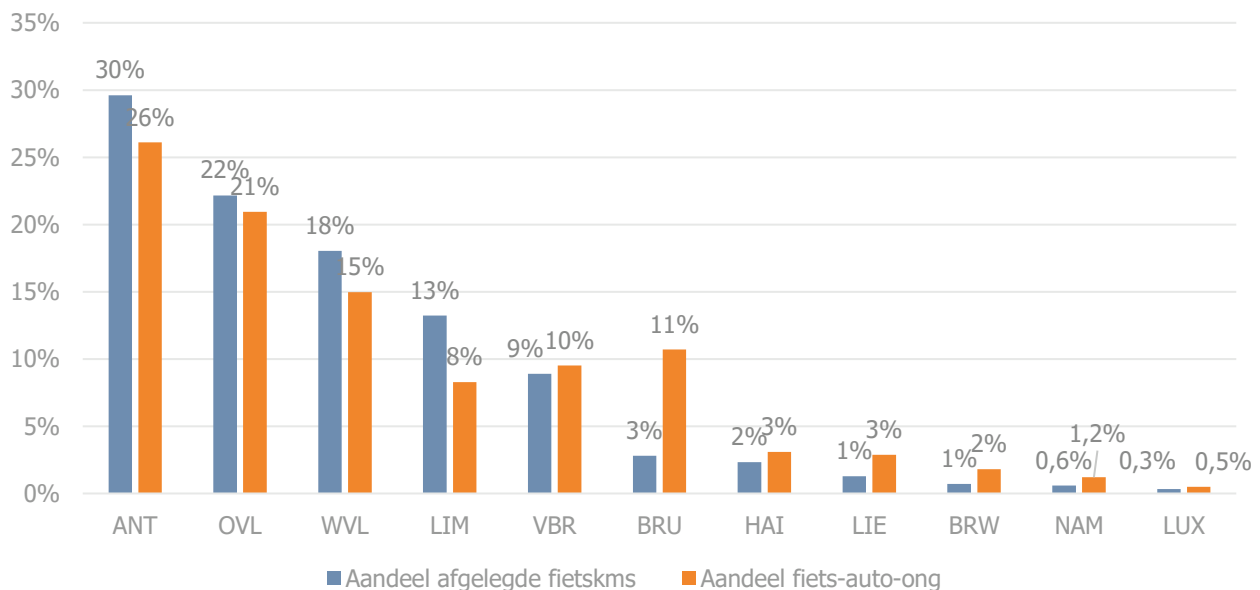


Figuur 5 Opponent van meerderjarige fietsers in fietsongevallen (2024).

Bron: Statbel (Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium) | Verwerking: Vias institute.

Figuur 6 geeft het aandeel fietskilometers per provincie weer in het totaal aantal afgelegde fietskilometers in België. Zo wordt bijvoorbeeld 30% van alle fietskilometers in België afgelegd in de provincie Antwerpen. In de figuur wordt dit aandeel vergeleken met het aandeel fiets-auto-ongevallen per provincie. Voor de meeste provincies liggen beide aandelen dicht bij elkaar, wat erop wijst dat beide indicatoren met elkaar samenhangen.

In de vier provincies met het hoogste aantal afgelegde fietskilometers – allemaal Vlaamse provincies – ligt het aandeel fietskilometers telkens hoger dan het aandeel fiets-auto-ongevallen. In de andere provincies is het omgekeerde het geval. Deze waarneming – relatief weinig ongevallen in provincies met veel fietsverkeer en vice versa - lijkt te wijzen op een safety-in-numbers effect. Deze hypothese wordt verder onderzocht aan de hand van statistische modellering in hoofdstuk 4.1.2.



Figuur 6 Aandeel afgelegde fietskilometers per provincie in het totaal aantal afgelegde fietskilometers in België, versus het aandeel fiets-auto-ongevallen.

Bron: FOD Mobiliteit en Vervoer (2025) en Statbel (Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium) | Verwerking: Vias institute.

De onderstaande correlatiematrix (Figuur 7) toont de samenhang tussen de verschillende variabelen die werden opgenomen in de statistische modellering op provincieniveau. Correlaties vanaf ongeveer +/-0,7 tussen predictoren kunnen wijzen op een hoge mate van multicollineariteit. In deze analyse werd de sterkste correlatie gevonden tussen fietskilometers en autokilometers ($r = 0,81$).

Een hoge multicollineariteit kan de stabiliteit van een model beïnvloeden, omdat het moeilijker wordt om de afzonderlijke bijdrage van sterk samenhangende predictoren te onderscheiden. Dit kan ertoe leiden dat regressiecoëfficiënten sterk veranderen bij kleine wijzigingen in de data.

De VIF werd gebruikt om na te gaan of de samenhang tussen predictoren de betrouwbaarheid van de modelschattingen beïnvloedde. De VIF controleert of predictoren niet zodanig op elkaar lijken dat de resultaten minder betrouwbaar worden. Alle opgenomen variabelen hadden een VIF-waarde kleiner dan vijf, wat wijst op een beperkte multicollineariteit.

Fietskilometers	Autokilometers	Populatiedichtheid	
1,00	0,81	0,41	Fietskilometers
	1,00	0,25	Autokilometers
		1,00	Populatiedichtheid

Figuur 7 Correlatiematrix van analyse op provincieniveau.

4.1.2 Multivariate analyse

4.1.2.1 Kleine dataset

De analyse van het safety-in-numbers effect op basis van Belgische provincies is inherent beperkt tot een kleine steekproef, namelijk de tien Belgische provincies en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest ($N = 11$). Ondanks deze beperkte omvang vertonen de provincies een aanzienlijke variatie in zowel fietsvolume als het aantal fietsongevallen (Figuur 4). Deze spreiding is essentieel, aangezien ze toelaat om het verband tussen blootstelling en ongevallen te identificeren; zonder voldoende variatie zou het schatten van het safety-in-numbers effect immers niet mogelijk zijn.

Tegelijkertijd brengt de kleine steekproefomvang een verhoogd risico op overfitting met zich mee bij het schatten van regressiemodellen met meerdere voorspellende variabelen. Van overfitting is sprake wanneer een model te complex is in verhouding tot de beschikbare data, waardoor het niet alleen het onderliggende verband, maar ook toevallige fluctuaties in de data modelleert. Dit leidt tot instabiele coëfficiëntschattingen.

In sommige domeinen van de statistiek bestaan vuistregels voor het maximaal aantal op te nemen voorspellende variabelen in een model, zoals bijvoorbeeld de richtlijn van tien observaties per te schatten variabele in logistische regressie (Peduzzi et al., 1996). Voor machtsregressie en negatief binomiale regressie, die in de provinciale analyse worden toegepast, bestaat echter geen algemeen aanvaarde analoge regel.

De omvang van de dataset is echter niet de enige bepalende factor voor de betrouwbaarheid van een model. Modelvaliditeit kan aanvullend worden beoordeeld aan de hand van verschillende diagnostische criteria, zoals de stabiliteit van de geschatte coëfficiënten, de aanwezigheid van multicollineariteit tussen predictoren, en de voorspellingskracht van het model. Wat betreft de voorspellingskracht wordt onderscheid gemaakt tussen in-sample fit (bijvoorbeeld via AIC) en out-of-sample voorspellingskracht, die in deze studie wordt geëvalueerd met behulp van leave-one-out cross-validatie (LOOCV). De LOOCV is een methode waarbij steeds één waarneming buiten de modelschatting wordt gehouden en vervolgens wordt gebruikt om de voorspellingsprestatie van het model te beoordelen. Deze combinatie van criteria laat toe om de stabiliteit van de modellen te beoordelen, ook in een context met een beperkte steekproefomvang.

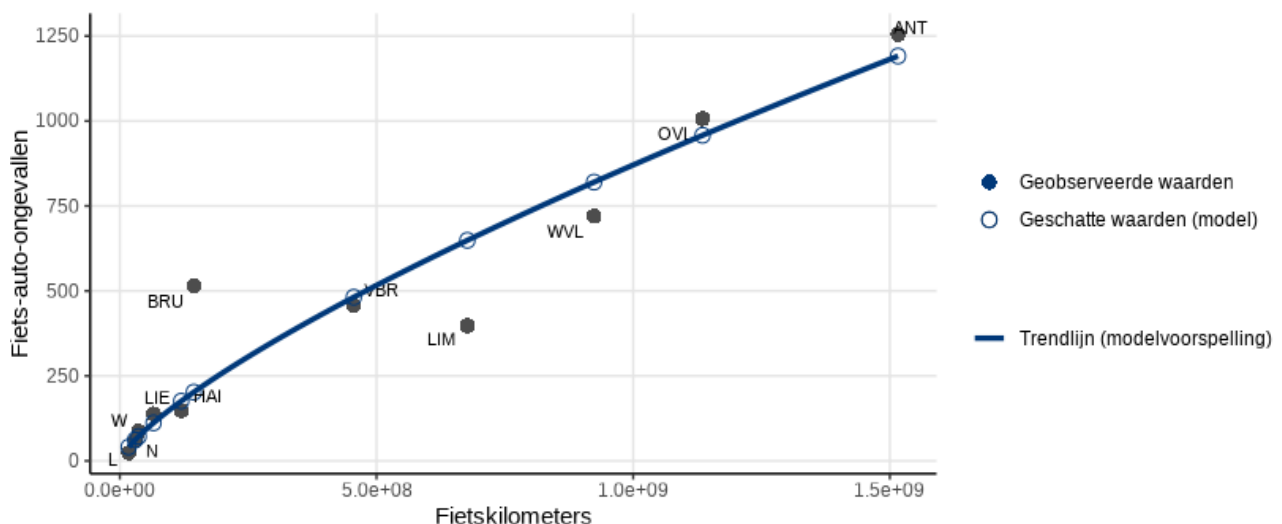
Op basis van deze overwegingen zal in de provinciale analyse ook het standaardmodel uit de literatuur (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019) worden gepresenteerd, waarin zowel fiets- als autovolume als verklarende variabelen worden opgenomen. Zoals eerder aangegeven is deze keuze theoretisch goed onderbouwd, maar impliceert zij ook een relatief hoge modelcomplexiteit in verhouding tot het aantal observaties. Daarom wordt bijzondere aandacht besteed aan de robuustheid van de resultaten, en wordt de interpretatie van de geschatte coëfficiënten met de nodige voorzichtigheid benaderd. In een derde en laatste model wordt tevens de impact van bevolkingsdichtheid op het aantal fiets-auto-ongevallen nagegaan. Hierbij worden dezelfde diagnostische criteria onderzocht en dezelfde voorzichtigheid gehanteerd.

4.1.2.2 Statistische modellering

Model 1

In het eerste model, geschat op basis van een machtsregressie, wordt het aantal fiets-auto-ongevallen exclusief verklaard op basis van louter het fietsvolume (uitgedrukt in afgelegde fietskilometers). De resultaten tonen aan dat een toename van 1% in fietsvolume gepaard gaat met een stijging van 0,75% in het aantal fiets-auto-ongevallen. Deze coëfficiënt is statistisch significant verschillend van nul, wat aangeeft dat er een duidelijk positief verband bestaat tussen fietsvolume en het aantal ongevallen. Daarnaast wijkt de coëfficiënt ook significant af van 1 (significantieniveau: * $p < 0,05$), wat impliceert dat de toename in ongevallen minder dan proportioneel is ten opzichte van de toename in fietsvolume. Er treedt met andere woorden een safety-in-numbers effect op: een verdubbeling van het fietsvolume leidt tot een toename van ongeveer 69% ($2^{0,753}$) in het aantal ongevallen, wat wijst op een relatief lager risico per fietser bij een hoger fietsvolume.

Figuur 8 toont de geobserveerde (donkere cirkels) en geschatte (lege cirkels) waarden van het aantal fiets-auto-ongevallen per provincie. Over het algemeen liggen de geschatte waarden dicht bij de geobserveerde waarden, wat wijst op een goede modelfit. Voor twee provincies zijn geobserveerde en voorspelde waarden vrij verschillend. In Brussel ligt het werkelijke aantal ongevallen aanzienlijk hoger dan voorspeld op basis van het fietsvolume, wat mogelijk impliceert dat bijkomende factoren hier een rol spelen. In Limburg wordt het omgekeerde vastgesteld: het model overschat het aantal ongevallen op basis van de afgelegde fietskilometers. Deze afwijkingen wijzen op mogelijke heterogeniteit tussen provincies die niet volledig door fietsvolume wordt verklaard. In de volgende modellen wordt de mogelijke impact van de hoeveelheid autoverkeer en van de bevolkingsdichtheid op het aantal ongevallen onderzocht.



Figuur 8 Output van een safety-in-numbers model dat de impact van fietsvolume nagaat.

Model 2

Het basismodel zoals voorgesteld in de wetenschappelijke literatuur omvat naast fietsvolume ook autovolume als verklarende variabele (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019). Autovolume wordt daarom als predictor opgenomen in een tweede model. Echter, de toevoeging van autovolume heeft nauwelijks invloed op de coëfficiënt van fietsvolume: een verdubbeling van het fietsvolume leidt nog steeds tot een stijging van ongeveer 68% ($2^{0,749}$) in het aantal ongevallen. De coëfficiënt voor autovolume blijkt bovendien niet statistisch significant en wordt gekenmerkt door een breed betrouwbaarheidsinterval, wat wijst op een lage precisie en beperkte stabiliteit. Dit suggereert dat autovolume op basis van dit model geen substantiële impact heeft op het aantal fiets-auto-ongevallen, en geen bijkomende verklaringskracht biedt in het model.

Model 3

In een derde en laatste model wordt naast fiets- en autovolume ook populatiedichtheid, gedefinieerd als het aantal inwoners per vierkante kilometer, opgenomen als voorspellende variabele. Populatiedichtheid blijkt een statistisch significante predictor van het aantal fiets-auto-ongevallen. Een verdubbeling van de populatiedichtheid leidt tot een toename van ongeveer 27% ($2^{0,341}$) in het aantal ongevallen. Dit resultaat kan mogelijk worden verklaard door het feit dat dichtbevolkte gebieden gekenmerkt worden door een dichter wegennet, meer kruispunten, hogere verkeersintensiteiten en meer interacties tussen weggebruikers. Dit zijn allemaal factoren die de kans op potentiële conflicten verhogen. Bovendien zijn fietspendelaars naar steden wel meegeteld in het aantal fietsongevallen maar niet in de bevolkingsdichtheid.

De inclusie van bevolkingsdichtheid heeft een impact op de geschatte elasticiteit van fietsvolume. In dit model leidt een verdubbeling van het fietsvolume tot een stijging van 51% ($2^{0,599}$) in het aantal fiets-auto-ongevallen. De coëfficiënt is zowel statistisch significant verschillend van 0 als van 1. Dit bevestigt het safety-in-numbers effect.

De daling van de regressiecoëfficiënt van fietsvolume na toevoeging van populatiedichtheid is het gevolg van de positieve correlatie tussen beide variabelen. Populatiedichtheid fungeert als een confounder² in de relatie tussen fietsvolume en ongevallen. Wanneer deze variabele niet wordt opgenomen, wordt een deel van het effect van populatiedichtheid toegeschreven aan fietsvolume, wat kan leiden tot een onderschatting van het safety-in-numbers effect. Met andere woorden, populatiedichtheid maskeert gedeeltelijk de werkelijke omvang van het safety-in-numbers effect. Door populatiedichtheid expliciet te modelleren, wordt dit gedeeltelijk uitgezuiverd. Het safety-in-numbers effect wordt daardoor groter: een toename van 51% van het aantal fiets-persoonswagen ongevallen bij een verdubbeling van fietsvolume in plaats van een toename van 69% zoals in het eerste model. De coëfficiënt voor autovolume blijft, net zoals in model 2, niet statistisch significant.

Modelselectie

In totaal werden drie modellen geschat (Tabel 3), met een stapsgewijze uitbreiding van het aantal predictoren. De keuze voor het finale model gebeurt op basis van verschillende diagnostische criteria, waaronder de stabiliteit van de geschatte coëfficiënten, mogelijke multicollineariteit, de in-sample modelprestatie (AIC en Adjusted R^2) en de out-of-sample voorspellingskracht, geëvalueerd via leave-one-out cross-validatie (LOOCV). Gezien het beperkte aantal observaties ($N = 11$) wordt bijzondere aandacht besteed aan het risico op overfitting, waardoor out-of-sample prestaties zwaarder doorwegen dan loutere verbeteringen in model fit.

Het basismodel met enkel fietsvolume levert reeds een goede en stabiele verklaring van de variatie in ongevallen, met een hoge Adjusted R^2 en consistente coëfficiënten (Tabel 3). De uitbreiding met autovolume (model 2) blijkt echter geen meerwaarde te bieden: de coëfficiënt is niet statistisch significant en vertoont een hoge onzekerheid, terwijl de globale modelprestatie niet verbetert. Model 3, waarin ook populatiedichtheid wordt opgenomen, toont daarentegen duidelijke verbeteringen in zowel in-sample als out-of-sample prestaties. De AIC daalt substantieel en de LOOCV-resultaten wijzen op een sterke toename in voorspellingsnauwkeurigheid. Populatiedichtheid is een inhoudelijk plausibele determinant, die als confounder fungeert in de relatie tussen fietsvolume en fiets-auto-ongevallen.

Hoewel de zeer hoge Adjusted R^2 van model 3 deels kan worden beïnvloed door het beperkte aantal observaties, wordt de verbeterde modelprestatie bevestigd door de LOOCV-resultaten, wat wijst op reële bijkomende verklaringskracht. Op basis van deze overwegingen wordt model 3 geselecteerd als finaal model, zij het met de nodige voorzichtigheid bij de interpretatie gezien het beperkte aantal datapunten.

Ter controle van de robuustheid werden dezelfde modellen ook geschat met een negatief binomiale regressie. Dit levert gelijkaardige regressiecoëfficiënten (niet opgenomen in dit rapport) en leidt tot dezelfde inhoudelijke conclusies.

4.1.2.3 Conclusie van de analyse op provincieniveau

De analyse van de provinciale data wijst duidelijk op de aanwezigheid van een safety-in-numbers effect. In het basismodel zonder controlevariabelen leidt een verdubbeling van het fietsvolume tot een toename van het aantal fiets-auto-ongevallen met ongeveer twee derde. Wanneer gecontroleerd wordt voor autovolume en populatiedichtheid, daalt deze toename tot ongeveer de helft, wat wijst op een sterker relatief

² Een confounder is een variabele die samenhangt met zowel de verklarende als de afhankelijke variabele en daardoor de geschatte relatie kan vertekenen.

veiligheidsvoordeel van toenemend fietsverkeer. Autovolume blijkt geen significante rol te spelen, terwijl populatiedichtheid wel een belangrijke determinant is: een verdubbeling van de bevolkingsdichtheid gaat gepaard met een toename van het aantal ongevallen met ongeveer een kwart.

Gezien de beperkte steekproefgrootte worden de resultaten best in afgeronde termen gecommuniceerd: een verdubbeling van het fietsvolume leidt tot een toename van het aantal ongevallen met circa twee derde in het eenvoudigste model en circa de helft in het uitgebreidere model, terwijl een verdubbeling van de populatiedichtheid gepaard gaat met een stijging van ongeveer een kwart.

Tabel 3 Output van de drie safety-in-numbers modellen (machtsregressie), provinciaal niveau.

	Model 1	Model 2	Model 3
	Fietsvolume	Fietsvolume + Autovolume	Fietsvolume + Autovolume + Pop.dichtheid
Coëfficiënten			
Intercept	-8,84*** [-12,36;-5,33]	-9,19*** [-29,68;11,30]	-12,81 [-21,70;-3,93]
log(Fietskilometers)	0,75*** [0,57;0,94]	0,75*** [0,41;1,09]	0,60*** [0,44;0,75]
log(Autokilometers)	/	0,02 [-1,11;1,15]	0,22 [-0,27;0,71]
log(Populatiedichtheid)	/	/	0,34*** [0,21;0,47]
Model statistieken			
N	11	11	11
VIF	/	<3	<3,5
Adjusted R ²	0,89	0,88	0,98
AIC	15,52	17,52	-1,15
LOOCV log-likelihood	-1,04	-1,39	-0,21
LOOCV MSE	0,20	0,26	0,05

Noot: Significantie: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05

4.2 Analyse op segmentniveau

4.2.1 Descriptieve analyse

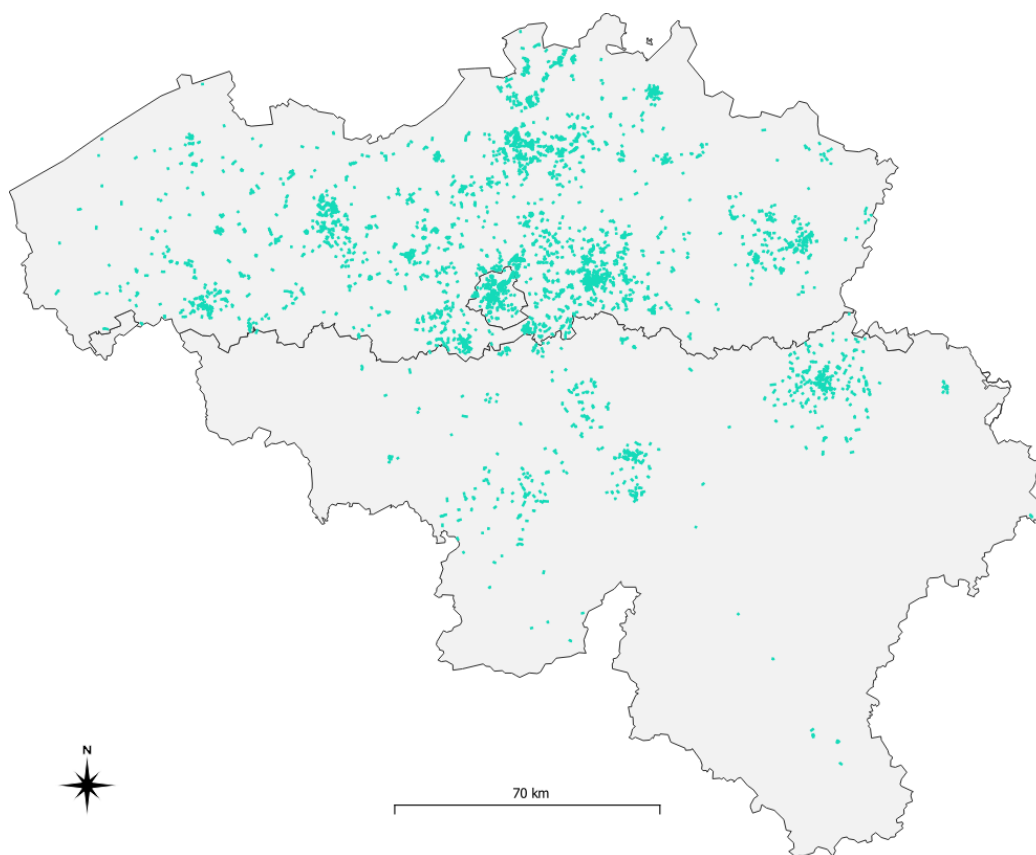
Een totaal van 3684 Telramen wordt geïnccludeerd in de analyse (Tabel 4, Figuur 9). Dit zijn alle Telraam-segmenten in België waar minimaal één jaar een sensor gehangen heeft en die binnen deze periode voldoende data verzameld hebben. Een gemiddeld segment is bijna 200 meter lang; alle segmenten samen tellen meer dan 700 kilometer. De meerderheid, namelijk 77,1%, van de segmenten bevindt zich in Vlaanderen. De provincies Vlaams-Brabant en Antwerpen hebben de meeste Telramen. Telramen worden vooral opgehangen op lokale wegen met een snelheidslimiet van 30 of 50 km/u.

Voor alle Telraam-segmenten samen, is de modal split: 12,3% zware voertuigen; 62,3% personenwagens; 17,5% tweewielers en 7,9% voetgangers. Per segment komt dit neer op een dagelijkse intensiteit van [gemiddelde $\pm$ standaarddeviatie]:

- 366,7 $\pm$ 448,7 Zware voertuigen
- 2047,8 $\pm$ 2216,9 Personenwagens
- 405,2 $\pm$ 465,6 Tweewielers
- 157,8 $\pm$ 330,7 Voetgangers

Tabel 4 Karakteristieken van de Telramen.

	Totaal (N=3684)
Lengte Telraam-segment	Gemiddelde: 197,14 m (SD: 151,92 m) Totaal: 726,3 km
Regio	
Brussel	312 (8,5%)
Vlaanderen	2841 (77,1%)
Wallonië	531 (14,4%)
Provincie	
Brussel	312 (8,5%)
Antwerpen	767 (20,8%)
Limburg	255 (6,9%)
Oost-Vlaanderen	518 (14,1%)
Vlaams-Brabant	1028 (27,9%)
West-Vlaanderen	273 (7,4%)
Luik	232 (6,3%)
Luxemburg	10 (0,3%)
Henegouwen	94 (2,6%)
Namen	127 (3,4%)
Waals-Brabant	68 (1,8%)
V85 (snelheid die door 85% van de bestuurders niet wordt overschreden)	Gemiddelde: 41,66 km/u (SD: 12,24 km/u)
<25 km/u	199 (5,4%)
25-35 km/u	925 (25,1%)
35-60 km/u	2280 (61,9%)
60-80 km/u	247 (6,7%)
80-100 km/u	22 (0,6%)
>100 km/u	2 (0,05%)
Ontbrekend	9 (0,2%)
Snelheidslimiet (gerapporteerd door burgers; niet voor alle locaties beschikbaar)	
20 km/u	56 (1,5%)
30 km/u	804 (21,8%)
50 km/u	821 (22,3%)
70 km/u	50 (1,4%)
Andere of niet gespecificeerd	1953 (53,0%)



Figuur 9 De 3684 Telraam-segmenten die opgenomen zijn in de analyse.

Op alle Telraam-segmenten samen zijn er de voorbije 10 jaar 4843 letselongevallen met een fietser gebeurd; oftewel 1,31 per segment (Tabel 5). Dit aantal vermindert tot 1,00 wanneer enkel ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer beschouwd worden. In ongeveer 1 op de 10 gevallen gaat het over een ongeval met zwaargewonden of doden.

Tabel 5 Beschrijving van de fietsongevallen op de Telraam-segmenten.

Ongevallen 2015-2024	Totaal (N=3684)
Alle ongevallen met fietsers	Gemiddelde: 1,31 (SD: 2,56) Totaal: 4843
Ongevallen tussen fietsers en een motorvoertuig	Gemiddelde: 1,00 (SD: 2,04) Totaal: 3688
Ongevallen tussen fietsers en een motorvoertuig, met zwaargewonde of dodelijk gewonde fietsers	Gemiddelde: 0,10 (SD: 0,35) Totaal: 365

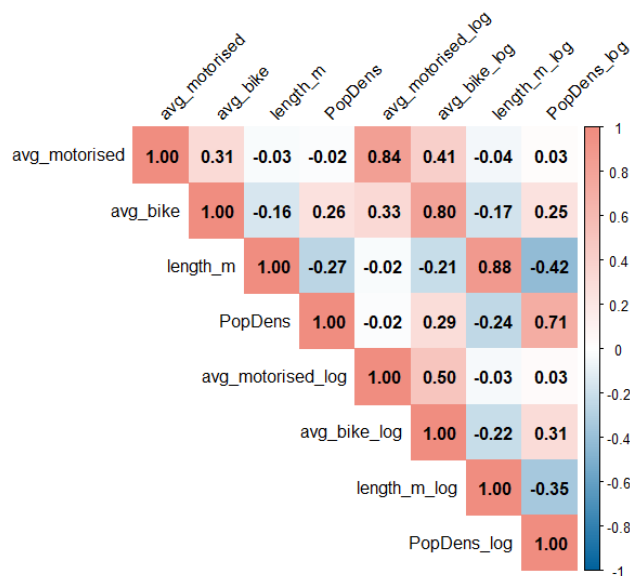
Figuur 10 illustreert hoe ongevallen en intensiteiten zich tot elkaar verhouden, ingezoomd op de stad Aalst. In de regressieanalyse zal onderzocht worden of en in welke mate het aantal ongevallen verklaard kan worden door o.a. de fietsintensiteit. De figuur suggereert dat meer fietsers gelinkt zijn aan meer ongevallen, maar de figuur toont ook dat deze relatie niet perfect lineair zal zijn.



Figuur 10 Illustratie van de Telraam-segmenten in de stad Aalst. Links het aantal letselongevallen tussen fietsers en een motorvoertuig per segment; rechts de fietstellingen van Telraam op elk segment.

De samenhang tussen verklarende variabelen werd onderzocht met behulp van een correlatiematrix. De correlatiematrix geeft een indicatie van mogelijke multicollineariteit in een regressieanalyse, en werd onderzocht voordat de modellen werden geschat. De correlatie tussen variabelen (Pearson's r) wordt geïllustreerd in Figuur 11 hieronder, waarbij rood staat voor een positieve correlatie en blauw voor een negatieve correlatie.

Voor elke afhankelijke variabele in de modellen wordt eveneens de Variance Inflation Factor (VIF) berekend om de mogelijk storende invloed van de multicollineariteit te beoordelen. Alle variabelen die uiteindelijk opgenomen zijn in de modellen, hebben een VIF-waarde kleiner dan vijf, wat duidt op maximaal een matige multicollineariteit. Dit wordt doorgaans zo geïnterpreteerd dat de multicollineariteit niet zo danig groot is dat ze de interpretatie van het model verstoort.



Figuur 11 Correlatiematrix van de analyse op segmentniveau. Avg_motorised = intensiteit van het gemotoriseerd verkeer; Avg_bike = intensiteit van het fietsverkeer; Length_m = lengte van het segment; PopDens = bevolkingsdichtheid. Voor elke variabele wordt ook de log-transformatie weergegeven.

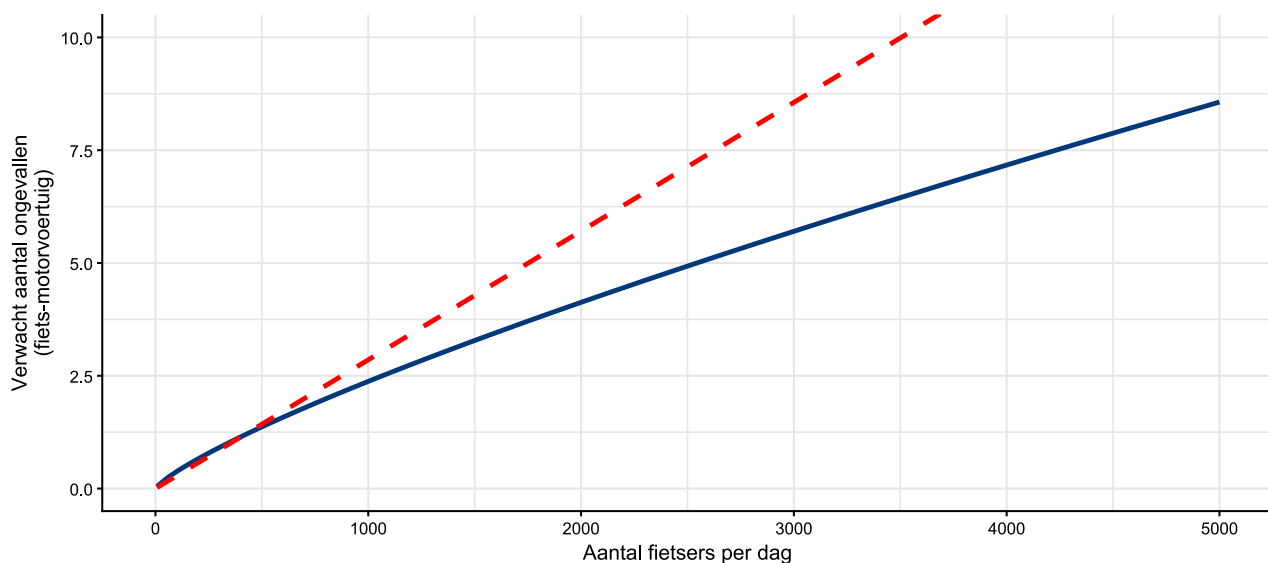
4.2.2 Multivariate analyse

4.2.2.1 Basismodel

In het basismodel wordt het aantal ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer (som van 2015 tot en met 2024) geschat op basis van het volume gemotoriseerd verkeer, het fietsvolume en de lengte van een segment. Uit de resultaten blijkt dat een verdubbeling van het aantal fietsers leidt tot 74% ($2^{0,797}$) meer fiets-motorvoertuigongevallen, en niet 100% (Figuur 12, Tabel 6). De coëfficiënt bij fietsvolume is zowel statistisch significant verschillend van 0 als van 1 (significantieniveau: * $p < 0,05$). Dit bevestigt het safety-in-numbers effect. Een hoger aantal fietsers zal wel degelijk leiden tot meer fiets-motorvoertuigongevallen, maar de stijging is minder dan proportioneel: de elasticiteit is lager dan 1. Het risico voor een individuele fietser zal dus afnemen.

Uit het model blijkt ook dat het volume gemotoriseerd verkeer niet significant is. Fietsvolume, en niet het volume gemotoriseerd verkeer, drijft met andere woorden het aantal fiets-motorvoertuig ongevallen. Een hypothese is dat het aantal motorvoertuigen in het algemeen zeer hoog ligt en dat het exacte aantal dus niet meer bepalend is. Mogelijk bestaat er ook een interactie tussen volume gemotoriseerd verkeer en de aanwezigheid van fietsinfrastructuur: bij hogere volumes motorvoertuigen, worden fietsers misschien beter beschermd waardoor dit geen directe impact heeft op het aantal fiets-motorvoertuigongevallen.

De lengte van het segment is wel statistisch significant waarbij langere segmenten meer ongevallen kennen, maar de stijging is minder dan proportioneel. Een voor de hand liggende reden is dat ongevallen clusteren aan kruisingen (Aldred et al., 2018); of een segment lang of kort is, het zal bijna steeds twee kruisingen hebben, namelijk aan het begin en aan het einde. Ongevallen op deze kruisingen zitten in de dataset. In eerdere studies, waar ongevallen op kruisingen soms uitgesloten worden, wordt vaak verondersteld dat ongevallen lineair stijgen met de lengte van een segment ($\beta=1$), in dat geval wordt 'lengte' als een offset-variabele opgenomen in een model (m.a.w. rekenen met het aantal ongevallen per meter weg). Dat zou hier dus echter niet de beste keuze zijn.

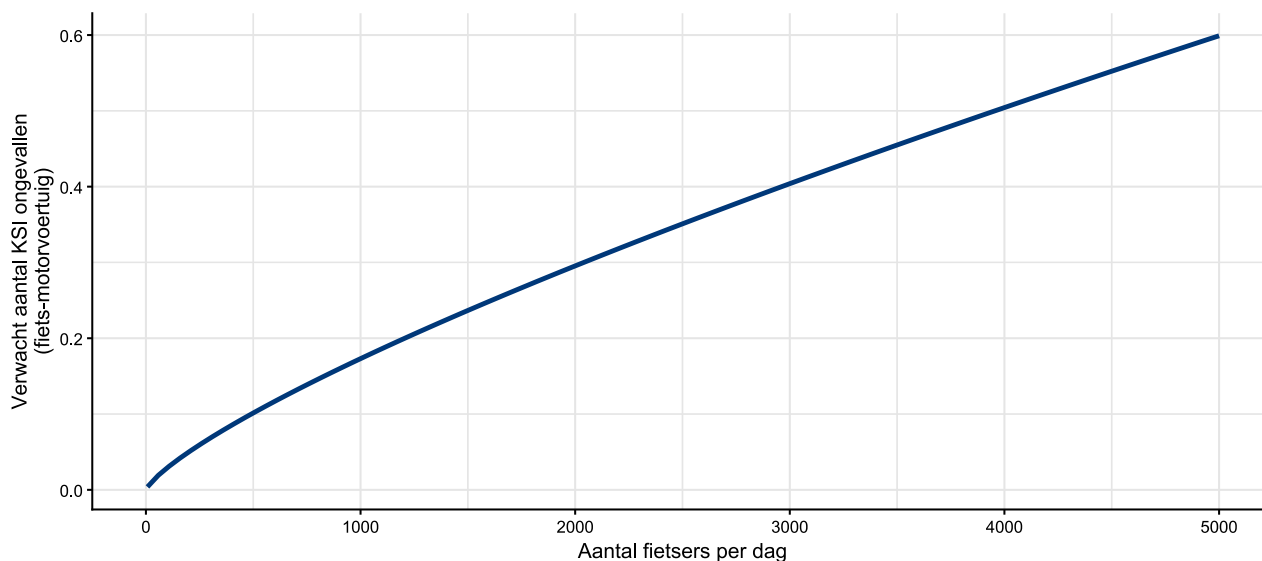


Figuur 12 Output van het basismodel van safety-in-numbers (blauwe lijn). Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde. De rode stippellijn toont de relatie indien ongevallen proportioneel zouden stijgen met fietsvolume (verankerd aan het gemiddeld fietsvolume).

4.2.2.2 Basismodel met enkel ernstige ongevallen

Wanneer enkel dodelijke ongevallen en ongevallen met zwaargewonden worden geselecteerd (minstens 1 fietser zwaar of dodelijk gewond), is het safety-in-numbers effect iets groter: een verdubbeling van het aantal fietsers leidt tot 71% ($2^{0,771}$) meer ongevallen tussen fietsers en motorvoertuigen (Figuur 13, Tabel 6). Ook in dit model is het volume gemotoriseerd verkeer niet significant en is de lengte van het segment dat wel.

Bij de meest ernstige fietsongevallen is het risico op onderrapportage kleiner. In vergelijking met lichte ongevallen, is een analyse op basis van een dataset met enkel ernstige ongevallen vollediger. Echter zijn ernstige ongevallen uitzonderlijker waardoor er veel meer segmenten zonder ongevallen in de dataset aanwezig zijn en het model minder stabiel wordt. In de literatuur zijn bevindingen over het safety-in-numbers effect volgens ongevalsernst eveneens niet eenduidig, met enkele analyses die een groter effect vinden voor de meest ernstige ongevallen (Meade, 2019(nationaal niveau); Schepers, 2012), maar ook studies die geen verschil (Aldred, 2018; Leich, 2011) of een kleiner effect vinden (Meade, 2019 (segment niveau)).



Figuur 13 Output van het basismodel van safety-in-numbers, waarbij enkel ernstige ongevallen beschouwd worden. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde. KSI = Killed and Seriously Injured.

4.2.2.3 Aanwezigheid van fietsinfrastructuur

Voor 40% van de Telraam-segmenten ontbreekt informatie over de aanwezigheid van fietspaden³. De modellering gebeurt dus enkel voor een (willekeurige) selectie van segmenten met voldoende informatie. Er zijn in de dataset 578 segmenten met fietsinfrastructuur (17,5% fietspad en 82,5% fietsstrook/markeringen) en 1618 segmenten zonder fietsinfrastructuur. Gemiddeld zijn er meer fietsers op segmenten met fietsinfrastructuur dan op segmenten zonder fietsinfrastructuur, respectievelijk 496 en 384 fietsers per dag.

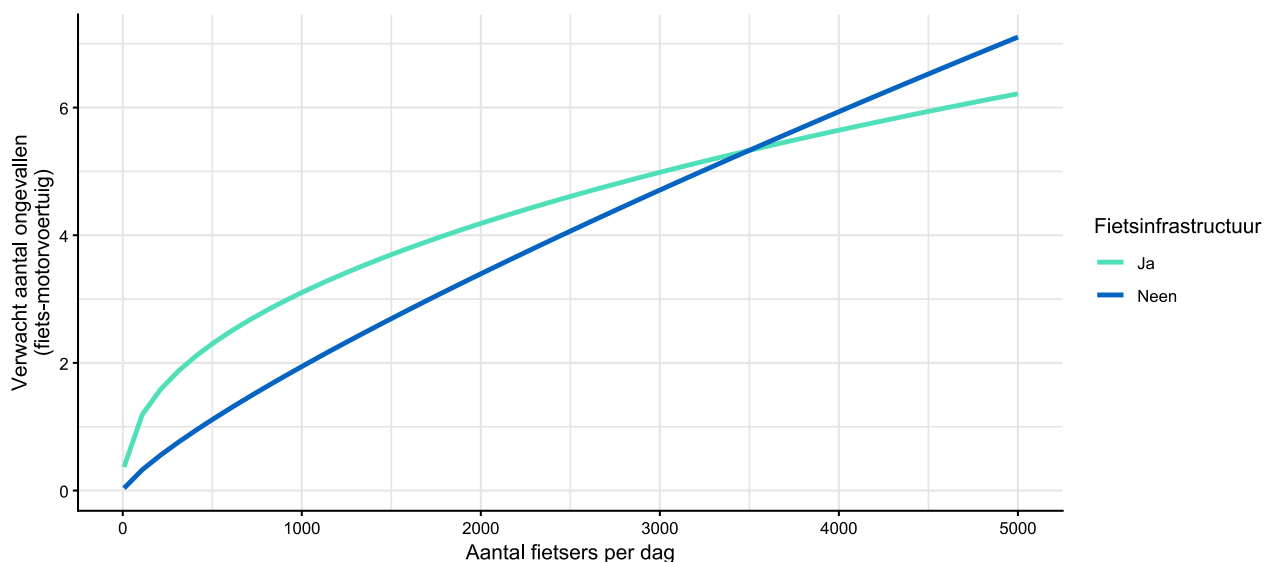
Het negatief binomiale model vindt een significant interactie-effect: het fietsvolume en de aan/afwezigheid van fietsinfrastructuur hebben een gezamenlijk effect op het aantal fiets-motorvoertuigongevallen. Dit wil zeggen dat bij eenzelfde fietsvolume, een ander aantal ongevallen verwacht wordt afhankelijk van de aanwezigheid van fietsinfrastructuur of niet. Uit de resultaten blijkt dat een verdubbeling van het aantal fietsers leidt tot maar 35% ($2^{0,432}$) meer fiets-motorvoertuigongevallen, en niet 100%, bij de aanwezigheid van fietsinfrastructuur (Figuur 14, Tabel 6). Bij gemengd verkeer (zonder specifieke fietsinfrastructuur dus), leidt een verdubbeling van het aantal fietsers tot 75% ($2^{0,432+0,374}$) extra fiets-motorvoertuigongevallen. Er is bij afwezigheid van fietspaden dus maar sprake van een eerder bescheiden safety-in-numbers effect. En anderzijds, met fietsinfrastructuur is het safety-in-numbers effect veel groter.

³ Hierbij is zowel gebruik gemaakt van Telraam-eigenaars die al dan niet een fietspad registreerden, als van politiebeambten die al dan niet een fietspad registreerden in het verkeersongevallenformulier. Beide datasets kennen een aanzienlijk percentage ontbrekende gegevens. Fietsmarkeringen op de rijbaan worden beschouwd als fietsinfrastructuur; een fietssuggestiestrook wordt niet beschouwd als fietsinfrastructuur (o.b.v. de rapportering door de politie).

Een verdere opsplitsing van de variabele 'fietsinfrastructuur' in fietspad en fietsstrook/markeringen levert bijkomende inzichten. Een fietspad leidt tot maar 25% meer fiets-motorvoertuigongevallen bij een verdubbeling van het aantal fietsers; bij een fietsstrook/markeringen is dit 37%. Dit toont aan dat het risico op ongevallen niet hetzelfde is op beide soorten fietsinfrastructuur.

Een analyse van Meade (2019) in Edinburgh kwam tot een gelijkaardige conclusie wat betreft fietsinfrastructuur waarbij het safety-in-numbers effect vooral waargenomen werd op wegen met fietsinfrastructuur. In andere studies was een dergelijke analyse niet mogelijk door de beperkte aanwezigheid van specifieke fietsinfrastructuur (vb. Londen: Aldred, 2018).

Uit figuur 14 kan afgeleid worden dat bij aanwezigheid van fietsinfrastructuur (bij N fietsers < 3500) meer ongevallen gebeuren tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer dan zonder fietsinfrastructuur, maar het safety-in-numbers effect is er sterker. Het kan verrassend zijn dat er ook op segmenten met fietsinfrastructuur letselongevallen gebeuren tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer. Echter vinden veel ongevallen plaats op de kruisingen die het segment begrenzen; ondanks de aanwezigheid van fietsinfrastructuur zijn er op deze manier toch mogelijkheden voor conflicten. Anderzijds bestaat er ook wetenschappelijke literatuur die gemengd verkeer als veiliger bestempelt dan een situatie met afgescheiden weggebruikers; de context is hier echter cruciaal, bijvoorbeeld bij lage snelheden in stedelijke gebieden waarbij het effect vermoedelijk vooral gedragen wordt door de lagere snelheid. Deze vaststellingen wijzen erop dat de relatie tussen fietsinfrastructuur en -ongevallen niet eenduidig is en dat dit een open vraagstuk blijft, waarbij de specifieke context en inrichting van de wegomgeving een doorslaggevende rol spelen.



Figuur 14 Output van een safety-in-numbers model dat de impact van fietsinfrastructuur nagaat. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde.

4.2.2.4 Model met bevolkingsdichtheid

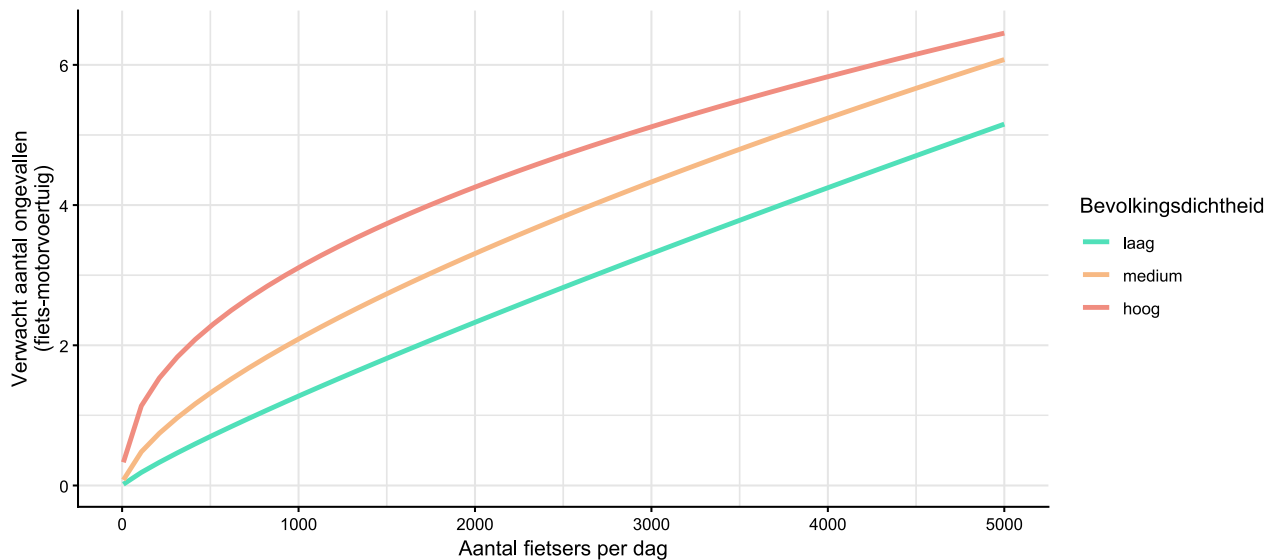
Omdat een hoge bevolkingsdichtheid gelinkt is aan een hoger fietsgebruik, maar potentieel ook meer interacties met zich meebrengt, wordt de impact van bevolkingsdichtheid op het safety-in-numbers effect nagegaan.

De bevolkingsdichtheid op 1 januari 2025 per statistische sector in België wordt geografisch gelinkt aan de Telramen. Indien een segment over verschillende statistische sectoren loopt, wordt het segment toegewezen aan die sector waar het grootste deel van het segment in gelegen is. De Telramen worden vervolgens gecategoriseerd in drie groepen waarbij elke groep een derde van de Telramen omvat: een groep met de hoogste bevolkingsdichtheid, een groep met een middelmatige bevolkingsdichtheid, en ten slotte een groep met de laagste bevolkingsdichtheid. De grenswaarden zijn 1709 inwoners per km² en 4267 inwoners per km².

Uit de modellering blijkt dat bij een hoge bevolkingsdichtheid een verdubbeling van het aantal fietsers leidt tot 37% ($2^{0,868-0,414}$) meer fiets-motorvoertuigongevallen (Figuur 15, Tabel 6). Bij een gemiddelde bevolkingsdichtheid leidt een verdubbeling van het aantal fietsers tot 58% ($2^{0,868-0,204}$) meer fiets-motorvoertuigongevallen, en bij een lage bevolkingsdichtheid is dit 82% ($2^{0,868}$). Er is dus steeds sprake van

een safety-in-numbers effect, maar dat effect is sterker in meer verstedelijkte gebieden (gedefinieerd als gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid). Het is belangrijk om op te merken dat het risico op een ongeval tussen een fietser en een motorvoertuig ook het hoogst is in de meest dichtbevolkte gebieden.

In dit model is ook het volume gemotoriseerd verkeer significant, waarbij meer gemotoriseerd verkeer leidt tot meer fiets-motorvoertuigongevallen (curves in Figuur 15 schuiven naar boven of onder bij respectievelijk meer of minder gemotoriseerd verkeer dan gemiddeld). Het effect is echter klein.



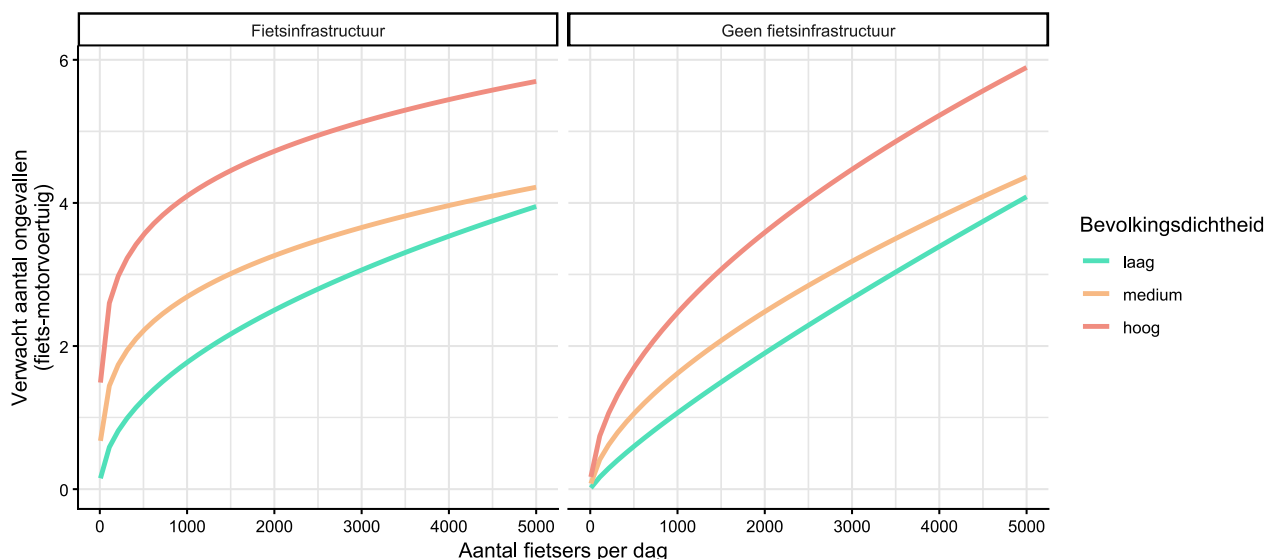
Figuur 15 Output van een safety-in-numbers model dat de impact van bevolkingsdichtheid nagaat. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde.

4.2.2.5 Uitgebreid model

Ten slotte wordt er een model geschat waarbij de variabelen 'aanwezigheid van fietsinfrastructuur' en 'bevolkingsdichtheid' samen opgenomen worden.

Voor de aanwezigheid van fietsinfrastructuur bepaalt de loop van de curve (Figuur 16, Tabel 6). In aanwezigheid van fietsinfrastructuur en bij een hoge bevolkingsdichtheid is de curve het vlakste, wat betekent dat ongeacht de hoeveelheid fietsers, het aantal fiets-motorvoertuigongevallen bijna constant blijft: bij een verdubbeling van het aantal fietsers is er slechts een 15% hoger aantal fiets-motorvoertuigongevallen. Ook bij een gemiddelde of een lage bevolkingsdichtheid is er sprake van een sterk safety-in-numbers effect (+41% in fiets-motorvoertuigongevallen bij een lage bevolkingsdichtheid; +21% bij een gemiddelde bevolkingsdichtheid; steeds bij een veronderstelde verdubbeling van het aantal fietsers).

In afwezigheid van fietsinfrastructuur is het safety-in-numbers effect altijd zwakker, maar wel aanwezig (bij een verdubbeling in fietsers, veranderen de fiets-motorvoertuigongevallen +78% bij lage bevolkingsdichtheid; +53% bij een gemiddelde bevolkingsdichtheid; +46% bij een hoge bevolkingsdichtheid). In afwezigheid van fietsinfrastructuur is het safety-in-numbers effect dus het sterkst bij een hoge bevolkingsdichtheid.



Figuur 16 Output van een safety-in-numbers model dat de impact van fietsinfrastructuur en bevolkingsdichtheid tegelijkertijd nagaat. Het volume gemotoriseerd verkeer en de lengte van een segment worden hierbij constant gehouden op hun gemiddelde.

4.2.2.6 Conclusies van de analyse op segmentniveau (Telraam)

De analyse op segmentniveau wijst duidelijk op de aanwezigheid van een safety-in-numbers effect: in alle modellen was de coëfficiënt bij fietsvolume significant en kleiner dan 1 (Tabel 6). In aanwezigheid van fietsinfrastructuur is het safety-in-numbers effect groter, en ook bij een hogere bevolkingsdichtheid is het safety-in-numbers effect sterker.

Tabel 6 Output van de safety-in-numbers modellen (negatief binomiale regressie), segmentniveau.

	Basismodel	Basismodel (ernstige ongevallen)	Basismodel + fietsinfra	Basismodel + Bevolkings- dichtheid	Basismodel + fietsinfra + bevolkings- dichtheid
Coëfficiënten					
Intercept	-6,4209***	-10,2180***	-2,8581***	-9,7194***	-5,6643***
log(Fietsvolume)	0,7970***	0,7714***	0,4319***	0,8678***	0,4985***
log(Volume gemotoriseerd verkeer)	0,0064	0,0227	-0,0302	0,1168***	0,0512
log(Lengte)	0,3275***	0,5599***	0,2351***	0,5790***	0,4530***
log(Fietsvolume):Geen infra	/	/	0,3738***	/	0,3364***
log(Fietsvolume):Medium bevolkingsdichtheid	/	/	/	-0,2045*	-0,2183
log(Fietsvolume):Hoge bevolkingsdichtheid	/	/	/	-0,4137***	-0,2934**
Model statistieken					
N	3684	3684	2196	3684	2196
AIC	9210	1793	5806	8912	5647

Noot: Significantie: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05

5 Discussie

5.1 Samenvatting van belangrijkste resultaten

Deze studie toont een safety-in-numbers (SiN) effect in België aan, en dit op verschillende niveaus en voor verschillende subgroepen (hogere versus lagere bevolkingsdichtheid, met versus zonder fietsinfrastructuur). De omvang van het effect varieert naargelang het analyseniveau (macroniveau versus microniveau) en de in het model opgenomen verklarende variabelen.

Voor de analyse op provinciaal niveau (macroniveau) werden ongevallengegevens gekoppeld aan mobiliteitsgegevens uit de Federale Enquête van de FOD Mobiliteit en Vervoer voor één (gedeeltelijk overlappend) jaar. Op basis van deze analyse kan worden gesteld dat een verdubbeling van het fietsvolume gepaard gaat met een toename van het aantal ongevallen met ongeveer twee derde in het eenvoudigste model. In een uitgebreider model (het "finale model"), waarbij wordt gecontroleerd voor autovolume en bevolkingsdichtheid, bedraagt deze toename ongeveer de helft. Het aantal ongevallen neemt dus minder snel toe dan het fietsvolume wat wijst op een safety-in-numbers effect. Dit effect is statistisch significant.

Op basis van de analyse op wegsegmentniveau (microniveau) wordt eveneens een SiN-effect vastgesteld. Deze analyse maakt gebruik van een unieke en uitgebreide dataset (Telraam-data) met langdurige verkeerstellingen op wegsegmentniveau, gekoppeld aan ongevallengegevens. De resultaten tonen aan dat een verdubbeling van het aantal fietsers gepaard gaat met ongeveer 74% meer fiets-motorvoertuigongevallen. Daarnaast blijkt het SiN-effect sterker op locaties met fietsinfrastructuur (fietsstroken of fietspaden) en in gebieden met een hogere bevolkingsdichtheid. In het bijzonder geldt dat op wegen met fietsinfrastructuur in dichtbevolkte gebieden een verdubbeling van het fietsvolume slechts leidt tot een beperkte toename van fiets-motorvoertuigongevallen, namelijk ongeveer +15%, wat wijst op een zeer sterk SiN-effect. Alle gevonden SiN-effecten zijn statistisch significant.

Bij een dubbel zo hoog (+100%) aantal fietsers...		
Provincieniveau (macro)	+69% fiets-auto ongevallen (model met enkel fietsvolume) +68% fiets-auto ongevallen (model met fietsvolume en autovolume) +51% fiets-auto ongevallen (model met fietsvolume, autovolume en bevolkingsdichtheid)	
Wegsegmentniveau (micro)	+74% fiets-motorvoertuigongevallen +71% fiets-motorvoertuigongevallen met doden en zwaargewonden	
	Met fietsinfrastructuur (fietspad of fietsstrook/markeringen)	+35% fiets-motorvoertuigongevallen
	<i>Fietspad</i>	+25% fiets-motorvoertuigongevallen
	<i>Fietsstrook/markeringen</i>	+37% fiets-motorvoertuigongevallen
	Zonder fietsinfrastructuur	+75% fiets-motorvoertuigongevallen
	Hoge bevolkingsdichtheid	+37% fiets-motorvoertuigongevallen
	Gemiddelde bevolkingsdichtheid	+58% fiets-motorvoertuigongevallen
	Lage bevolkingsdichtheid	+82% fiets-motorvoertuigongevallen
	Met fietsinfrastructuur en hoge bevolkingsdichtheid	+15% fiets-motorvoertuigongevallen
	Met fietsinfrastructuur en gemiddelde bevolkingsdichtheid	+21% fiets-motorvoertuigongevallen
	Met fietsinfrastructuur en lage bevolkingsdichtheid	+41% fiets-motorvoertuigongevallen
	Zonder fietsinfrastructuur en hoge bevolkingsdichtheid	+46% fiets-motorvoertuigongevallen
	Zonder fietsinfrastructuur en gemiddelde bevolkingsdichtheid	+53% fiets-motorvoertuigongevallen
	Zonder fietsinfrastructuur en lage bevolkingsdichtheid	+78% fiets-motorvoertuigongevallen

5.2 Toetsing met de literatuur: grootte van het effect en predictoren

Grootte van het SiN-effect

Volgens de meta-analyse van Elvik en Bjørnskau (2017) wordt voor fietsers een gemiddelde regressiecoëfficiënt van 0,43 gevonden. Een update door Elvik en Goel (2019) rapporteert een iets lagere waarde van 0,40. Deze coëfficiënt impliceert dat bij een verdubbeling van het aantal fietsers het verwachte aantal ongevallen met ongeveer 32% toeneemt.

Achter de gemiddelde schatting van 32% gaat een aanzienlijke variabiliteit schuil. De regressiecoëfficiënten in de studies opgenomen in de meta-analyse – allemaal cross-sectionele studies - variëren van ongeveer nul tot één. Dit betekent dat in sommige studies ongevallen bijna proportioneel toenemen met het fietsvolume (= zwak SiN-effect), terwijl in andere studies slechts een beperkte toename wordt vastgesteld (= sterk SiN-effect).

De variatie in de gevonden SiN-effecten hangt onder meer samen met het geografische niveau van de analyses, meer bepaald of deze plaatsvinden op microniveau (bv. kruispunten), mesoniveau (bv. stedelijke zones) of macroniveau (bv. steden of regio's). De meta-analyses tonen aan dat het SiN-effect doorgaans sterker is op macroniveau dan op microniveau (Elvik & Bjørnskau, 2017; Elvik & Goel, 2019).

In onze studie zijn de gevonden SiN-effecten doorgaans iets zwakker dan in de schatting van Elvik en Goel (2019). Waar zij een toename van ongeveer 32% rapporteren bij een verdubbeling van het fietsvolume, bedraagt dit in deze analyse +/- 50% in de macro-analyse (in het finale model) en 74% in de micro-analyse (in het basismodel). Afhankelijk van het aantal en het type geïncorporeerde predictoren worden echter sterke variaties in onze studie gevonden: van 50% tot 69% in de macro-analyse, en van 15% tot 82% in de micro-analyse.

Deze door ons gevonden variatie sluit aan bij de bevindingen uit de eerdergenoemde meta-analyse, waar eveneens een sterke heterogeniteit wordt vastgesteld afhankelijk van het aantal en het type predictoren en de geografische analyse-eenheid. Bovendien blijken de SiN-effecten in onze macro-analyse iets sterker dan in het basismodel van onze micro-analyse. Ook dit stemt overeen met de bevindingen uit de meta-analyses.

Noch in de meta-analyses, noch in deze studie komt een 'hazard-in-numbers' naar boven. Met andere woorden, het risico voor een individuele fietser blijkt nooit toe te nemen wanneer het aantal fietsers toeneemt.

Tot slot moet worden opgemerkt dat deze studie gebaseerd is op cross-sectionele data, waarbij locaties binnen dezelfde periode met elkaar worden vergeleken. Onderzoekers waarschuwen echter dat effecten die in cross-sectioneel onderzoek worden gevonden, niet noodzakelijk ook longitudinaal gelden. Bij longitudinaal onderzoek wordt dezelfde locatie op verschillende tijdstippen bestudeerd wat toelaat het SiN-effect doorheen de tijd te bestuderen. Het feit dat gebieden met veel fietsverkeer veiliger zijn, betekent dus niet automatisch dat een specifiek gebied veiliger wordt naarmate het fietsverkeer daar toeneemt (Aldred, 2017). Aldred voerde zowel een cross-sectionele als longitudinale analyse uit en vond een sterker SiN-effect in de cross-sectionele analyse, maar vond ook een significant longitudinaal SiN-effect. Onze studie, gebaseerd op een cross-sectioneel onderzoeksdesign, demonstreert dus een cross-sectioneel SiN-effect maar niet noodzakelijk een longitudinaal SiN-effect. De Telraam-data welke het mogelijk maken om een zeer fijnmazige cross-sectionele analyse te doen, laten op dit moment nog niet toe om een lange tijdreeks te bestuderen. Het is aanbevolen om verder onderzoek te doen naar het longitudinale effect (zie hoofdstuk 6 Aanbevelingen).

Volume gemotoriseerd verkeer

Fietsvolume blijkt op zichzelf reeds een sterke voorspeller van het aantal fietsongevallen. In de provinciale analyse verklaart fietsvolume alleen al bijna 90% van de variantie in het aantal ongevallen. Dit kan echter gedeeltelijk verklaard worden door de positieve correlatie tussen fietsvolume en andere predictoren, zoals autovolume en bevolkingsdichtheid.

Wat betreft gemotoriseerd verkeer wordt een gemiddelde regressiecoëfficiënt van 0,40 gerapporteerd (Elvik & Goel, 2019). Dit impliceert dat het aantal fiets-motorvoertuigongevallen bij een verdubbeling van het gemotoriseerd verkeer gemiddeld met ongeveer 32% toeneemt. In onze studie blijkt het volume gemotoriseerd verkeer echter geen significante rol te spelen in het aantal fiets-motorvoertuigongevallen. Hiervoor kunnen verschillende mogelijke verklaringen worden gegeven.

Ten eerste kan het volume gemotoriseerd verkeer in de onderzochte context reeds op een zodanig hoog niveau liggen dat bijkomende variatie slechts een beperkte extra verklarende waarde heeft. Dit impliceert dat het effect van gemotoriseerd verkeer op het aantal ongevallen mogelijk afvlakt bij hogere verkeersintensiteiten, wat wijst op een niet-lineair verband.

Ten tweede kan de relatie tussen volume gemotoriseerd verkeer en ongevallen worden gemodereerd door de aanwezigheid van fietsinfrastructuur: in gebieden met hogere verkeersintensiteiten worden mogelijk bijkomende infrastructuurmaatregelen genomen die fietsers beter beschermen (bv. gescheiden fietsinfrastructuur, aangepaste snelheidslimieten), waardoor het directe effect van volume gemotoriseerd verkeer op het aantal fiets-motorvoertuigongevallen wordt afgezwakt of gemaskeerd. Onze analyse van het SiN-effect opgesplitst naar type infrastructuur (wegsegment-analyse) bevestigt dat bepaalde types fietsinfrastructuur, zoals afgescheiden fietspaden en wegmarkeringen, gepaard gaan met een groter SiN-effect in vergelijking met locaties waar deze fietsinfrastructuur ontbreekt.

Een laatste mogelijke verklaring — vooral relevant voor de analyse op provincieniveau — is dat het autovolume tussen Belgische provincies minder sterk varieert dan het fietsverkeer. Statistische modellen halen hun verklarende kracht uit verschillen tussen observaties. Omdat fietsgebruik sterker varieert tussen provincies dan autovolume, is het voor het model moeilijker om een afzonderlijk effect van autovolume te identificeren waardoor het effect van autovolume niet als significante factor uit de modellen naar voor komt.

Andere predictoren dan het aantal fiets-motorvoertuigongevallen

In de analyse worden – naast fietsvolume en volume gemotoriseerd verkeer - twee bijkomende predictoren meegenomen in de schatting van het aantal fietsongevallen: bevolkingsdichtheid en fietsinfrastructuur.

Bevolkingsdichtheid komt slechts beperkt aan bod in de SiN-literatuur. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat fietsvolumes in veel landen — en vooral buiten stedelijke gebieden en dorpscentra — relatief laag blijven. Hierdoor is er vaak onvoldoende variatie of blootstelling om betrouwbare SiN-modellen te schatten. In België liggen de fietsvolumes, ook buiten stedelijke gebieden en dorpscentra, doorgaans hoger, waardoor het mogelijk wordt om de interactie tussen fietsvolume, bevolkingsdichtheid en ongevallen statistisch te onderzoeken. Dit geeft onze studie een duidelijke meerwaarde ten aanzien van de reeds bestaande literatuur.

Op dichtbevolkte locaties is het aantal fietsongevallen hoger dan op dunbevolkte gebieden. Dit resultaat kan mogelijk worden verklaard door het feit dat dichtbevolkte gebieden gekenmerkt worden door een dichter wegennet, meer kruispunten, hogere verkeersintensiteiten en meer interacties tussen weggebruikers. Dit zijn allemaal factoren die de kans op potentiële conflicten verhogen.

Zowel in de micro-analyse als de macro-analyse vinden we dat het safety-in-numbers effect toeneemt bij een hogere bevolkingsdichtheid. Dit kan verklaard worden door het feit dat populatiedichtheid fungeert als een confounder (of verstoringende variabele) in de relatie tussen fietsvolume en ongevallen. Wanneer deze variabele niet wordt opgenomen, wordt een deel van het effect van populatiedichtheid toegeschreven aan fietsvolume, wat kan leiden tot een onderschatting of maskering van het safety-in-numbers effect. Door in de modellering te controleren voor het effect van bevolkingsdichtheid wordt deze maskering opgeheven en wordt het safety-in-numbers effect sterker.

Daarnaast kunnen ook kenmerken van de beschikbare data bijdragen aan het hogere SiN-effect in dichtbevolkte gebieden. Fietspendelaars naar steden zijn in de berekeningen bijvoorbeeld wel meegeteld in het aantal fietsongevallen maar niet in de bevolkingsdichtheid of de afgelegde fietskilometers wat een impact heeft op het berekende risico van steden en niet-steden. Daarnaast kan onderregistratie van fietsongevallen een rol spelen, aangezien in verstedelijkte gebieden relatief meer lichte fietsongevallen voorkomen, die minder vaak geregistreerd worden. Dit kan het waargenomen SiN-effect in steden versterken.

De micro-analyse toont bovendien aan dat het SiN-effect bijzonder sterk is op wegen met fietsinfrastructuur in verstedelijkte gebieden. In dergelijke contexten leidt een verdubbeling van het aantal fietsers tot slechts ongeveer 15% meer fiets-motorvoertuigongevallen, tegenover ongeveer 46% bij gemengd verkeer zonder fietsinfrastructuur. De combinatie van infrastructuurvoorzieningen en een stedelijke verkeerscontext gaat dus gepaard met een relatief laag bijkomend aantal ongevallen per extra fietser.

De gebruikte gegevensbronnen laten niet toe om de rol van de potentiële verklaringen voor het SiN-effect (zie hoofdstuk 2.3) empirisch te toetsen. Zo is het bijvoorbeeld niet mogelijk om na te gaan in welke mate gewinning van automobilisten aan locaties met veel fietsers en de daarmee gepaard gaande aanpassingen in het rijgedrag, bijdragen aan het waargenomen effect. De studie toont wel aan dat het SiN-effect duidelijk

sterker is op wegen met fietsinfrastructuur dan op wegen zonder fietsinfrastructuur. Dit volstaat echter niet om het “numbers-in-safety” effect – waarbij veilige infrastructuur meer fietsers aantrekt in plaats van dat een groter aantal fietsers leidt tot meer veiligheid – te bevestigen. Het blijft immers onduidelijk of fietsinfrastructuur fietsers aantrekt, dan wel of beleidsmakers prioritair investeren in fietsinfrastructuur op locaties waar reeds veel fietsers aanwezig zijn. De studie kan het bestaan van een numbers-in-safety effect dan ook niet bevestigen, maar de resultaten zijn er wel mee in overeenstemming.

Het vastgestelde verband tussen bevolkingsdichtheid en het SiN-effect kan er eveneens op wijzen dat verkeerscongestie een rol speelt. Volgens deze hypothese kan een hoog volume aan zowel fietsers als gemotoriseerd verkeer leiden tot een mechanische vorm van veiligheid via snelheidsreductie. Ook deze verklaring kan met de beschikbare gegevens niet rechtstreeks worden getoetst. De resultaten lijken echter wel in deze richting te wijzen.

5.3 Beperkingen van de studie

Analyse op provincieniveau

De belangrijkste beperking van de analyse op provincieniveau is de beperkte steekproefgrootte (10 provincies en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest). Dit is inherent aan de Belgische institutionele structuur en kan bijgevolg niet worden vermeden. Een dergelijke kleine dataset brengt een risico op overfitting met zich mee, dat echter deels wordt gecontroleerd door de out-of-sample voorspellingskracht te evalueren via LOOCV (leave-one-out cross-validation) (zie hoofdstuk 4.1.2.1 voor verdere uitleg)

De beperkte steekproef leidt tot relatief brede betrouwbaarheidsintervallen rond de geschatte coëfficiënten. Om die reden worden de resultaten in afgeronde termen gerapporteerd: een verdubbeling van het fietsvolume leidt tot een toename van het aantal ongevallen met ongeveer twee derde in het eenvoudigste model en ongeveer de helft in het uitgebreidere model.

Een bijkomende beperking is de lage variatie van het aantal afgelegde fietskilometers per persoon per dag tussen, enerzijds de Vlaamse provincies onderling, en anderzijds de Waalse provincies onderling. Dit geeft de modellering minder statistische power.

Analyse op segmentniveau

Een belangrijke beperking van de analyse op microniveau is dat ongevalgegevens over een periode van tien jaar (2015–2024) gekoppeld worden aan verkeerstellingen die slechts betrekking hebben op één jaar. Ook vonden deze tellingen niet gelijktijdig plaats, wat een bijkomende methodologische beperking vormt. Dit impliceert dat veranderingen in fietsgebruik en infrastructuur doorheen deze periode niet expliciet meegenomen worden in de analyse. Nochtans is het fietsgebruik in Vlaanderen de afgelopen jaren sterk toegenomen, met een stijging van ongeveer 69% in gereden fietskilometers over een periode van zeven jaar (Baert & Lauwers, 2025).

Daarnaast zijn de onderzochte segmenten niet volledig representatief voor alle wegen in België, aangezien Telramen niet willekeurig geplaatst worden en er een oververtegenwoordiging is van wegen met een snelheidslimiet van 30 en 50 km/u. Mogelijk worden Telramen bovendien vaker geplaatst op locaties waar reeds bezorgdheid bestaat over verkeersveiligheid.

Verder omvat de categorie “fietsers” in Telraam in werkelijkheid alle tweewielers, waardoor geen onderscheid mogelijk is tussen verschillende types voertuigen, bijvoorbeeld fietsers, motorrijders en bromfietzers. Hun plaats op de weg kan verschillen, dus naar verwachting zal hun afzonderlijke SiN-effect ook verschillen. In Duitsland deden Leich et al. (2011) een gelijkaardige analyse op basis van Eco-counter data: deze dataset bevat een nauwkeurige telling van uitsluitend fietsers op 997 locaties, maar daar ontbreken dan weer tellingen van gemotoriseerd verkeer.

Het includeren van ongevallen die op de kruisingen plaatsvinden die een segment afbakenen, is een keuze die gemaakt werd. We geloven dat de intensiteit op één tak van een kruispunt wel degelijk een impact heeft op het aantal ongevallen op dat kruispunt. De relatie tussen intensiteit en ongevallen op een wegsegment is echter mogelijk sterker wanneer de ongevallen op kruisingen niet meegeteld worden. Dit heeft dan weer tot nadeel dat er veel meer locaties zonder ongevallen in de dataset zullen zitten wat de modelschatting lastiger maakt. Mogelijk is er ook een interactie met de aanwezigheid van fietsinfrastructuur: in aanwezigheid van fietspaden verschijnen fietsers soms ‘plots’ op het kruispunt waardoor gemotoriseerd verkeer verrast kan zijn;

bij aanwezigheid van fietspaden gebeuren er dus mogelijk meer ongevallen op de kruisingen dan wanneer er geen fietsinfrastructuur aanwezig is. Het uitsluiten van ongevallen op kruisingen in de modellering zal mogelijk leiden tot nog grotere gevonden veiligheidsvoordelen (en nog een sterker SiN-effect) op segmenten met fietsinfrastructuur, in vergelijking met segmenten zonder fietsinfrastructuur.

Tot slot kunnen onnauwkeurigheden in de x/y-coördinaten van ongevallen in de politiedatabank leiden tot ruis in de koppeling tussen ongevallen en wegsegmenten. Mogelijk wordt een ongeval verkeerdelijk wel of niet toegekend aan een Telraam-segment en is de ongevallenschatting dus onnauwkeurig.

Beide analyses

Voor zowel de analyse op micro- als macroniveau is de informatie over het aantal ongevallen gebaseerd op politieregistraties. Deze gegevens zijn onderhevig aan onderregistratie, die zich bij alle weggebruikers voordoet, maar het grootst is voor fietsers, in het bijzonder voor lichte en eenzijdige fietsongevallen. Uit een studie van Vandenbulcke-Plasschaert (2011) naar fietsongevallen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest blijkt bovendien dat de registratievolledigheid lager is op locaties met lage snelheidslimieten (30 km/u) en op plaatsen waar verkeersremmende maatregelen gelden. Aangezien dit vaak ook locaties zijn met relatief veel fietsverkeer, is het mogelijk dat onderregistratie het waargenomen SiN-effect gedeeltelijk versterkt. Ook Meade (2019) suggereert voor Schotland dat onderregistratie kan leiden tot een artificieel sterker SiN-effect.

In België bestaat momenteel geen dataset die zowel gedetailleerde geografische informatie als volledige gegevens over fietsongevallen bevat. Dergelijke informatie is evenmin beschikbaar in de medische gegevens beheerd door de FOD Volksgezondheid. Daardoor is voorlopig niet mogelijk om het SiN-effect onafhankelijk van de impact van onderregistratie te analyseren. Deze beperking doet echter geen afbreuk aan de vastgestelde patronen, maar vraagt wel om voorzichtigheid bij de interpretatie van de onderliggende mechanismen.

5.4 Pistes voor verder onderzoek

Een interessante piste voor verder onderzoek is het verbreden van de analyse naar andere types ongevallen en naar andere vervoersmodi.

Ten eerste, wat de analyse naar andere types ongevallen betreft, hield het huidige onderzoek uitsluitend rekening met ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer. Idealiter houdt een volledige analyse van de relatie tussen fietsvolume en het risico van fietsen ook rekening met de frequentie van eenzijdige fietsongevallen en van fiets-fiets ongevallen. Gezien "safety-in-numbers" verwijst naar de beschermende effecten die uitgaan van een sterke aanwezigheid van grote volumes fietsers op de veiligheid van de individuele fietser bij confrontaties met gemotoriseerd verkeer richtte onze analyse zich minder op ongevallen waarbij geen gemotoriseerde voertuigen betrokken waren. Maar bij het evalueren van de impact van een zogenaamde "modal shift" van (bijvoorbeeld) autorijden naar fietsen moeten ook eenzijdige en ongevallen tussen fietsers meegenomen worden.

Volgens Baert & Lauwers (2025) zijn "Fiets-fietsongevallen (...) bijna even belangrijk voor de veiligheid van fietsers als fiets-auto-ongevallen. Met de groei van het aantal fietsers is er meer ruimte voor hen nodig, met minder interacties met gemotoriseerd verkeer. Richtlijnen voor wegbeheerders moeten rekening houden met deze groei. Infrastructuur moet toekomstbestendig zijn." Dit onderlijnt het belang van een volledige analyse van de risico's op ongevallen van fietsers in functie van alle mogelijke botsingspartners, niet alleen gemotoriseerde voertuigen. Fiets-fiets ongevallen vormen daarbij een onderbelichte ongevalsoorzaak die in verder onderzoek moet uitgediept worden.

Ten tweede, wat de analyse naar andere vervoersmodi betreft, zou het interessant zijn om gelijkaardige analyses uit te voeren voor bijvoorbeeld personenwagens, gemotoriseerde tweewielers en voetgangers. In dat verband kan worden verwezen naar de "Wet van Smeed" uit 1949, die stelt dat het aantal verkeersdoden minder dan proportioneel toeneemt met de motorisatiegraad. Dit suggereert dat mechanismen gelijkaardig aan het safety-in-numbers effect zich mogelijk ook voordoen voor andere weggebruikers dan fietsers.

Gezien de literatuur safety-in-numbers nog steeds beschrijft als een descriptief correlationeel fenomeen is het aanbevolen om verder onderzoek te doen naar de eventuele causale rol van verwachtingspatronen bij verkeersdeelnemers in functie van volume, de specifieke rol van infrastructuur, de impact van het veiligheidsgevoel en de objectieve veiligheid bij de keuze voor specifieke vervoersmodi, de mogelijke rol van

wijzigingen van het type fietser bij stijgend fietsvolume, mogelijke beschermende effecten van fietsen in groepen en andere factoren die een rol kunnen spelen bij safety-in-numbers effecten.

Verder is het aanbevolen verder onderzoek te doen naar een longitudinaal (tijdsgebonden) safety-in-numbers effect waarbij gekeken wordt of een toename van fietsvolume op eenzelfde locatie ook gepaard gaat met een afnemend risico, daarbij zoveel mogelijk rekening houdend met mogelijke causale relaties, in het bijzonder aanpassingen in de infrastructuur.

6 Aanbevelingen

Safety-in-numbers is een louter statistische vaststelling van een minder dan proportionele relatie tussen fietsvolume en fietsveiligheid. De aard van het verband tussen fietsvolume en fietsveiligheid kan noch in de literatuur noch in het huidige onderzoek geduid worden. Dit houdt in dat drie effecten een rol kunnen spelen:

- Meer fietsen leidt tot meer veiligheid (bijvoorbeeld omdat meer fietsers tot meer investeringen in fietsinfrastructuur leiden of tot betere anticipatie van autobestuurders)
- Meer veiligheid leidt tot meer fietsen (fietsers kiezen mogelijk preferentieel veilige infrastructuur en als de infrastructuur veiliger wordt, kan dit de keuze voor de fiets aantrekkelijker maken)
- Derde factoren die een impact hebben op zowel volume als veiligheid (urbanisatiegraad, densiteit enz.)

Het bestaan van safety-in-numbers kan dan ook niet gebruikt worden als een argument om niet te blijven investeren in de verbetering van de verkeersveiligheid. Dus naast de algemene aanbeveling om te blijven investeren in fietsveiligheid (om de positieve gezondheidseffecten van fietsen te maximaliseren) formuleren we hierna enkele aanbevelingen die rechtstreeks het gevolg zijn van dit onderzoek.

Maatregelen

De Telraam-analyse toont een sterker SiN-effect op wegen met fietsinfrastructuur dan op wegen zonder fietsinfrastructuur, en in dichtbevolkte gebieden in vergelijking met dunbevolkte gebieden. In dichtbevolkte gebieden met fietsinfrastructuur gaat een verdubbeling van het aantal fietsers slechts gepaard met een toename van ongeveer 15% van het aantal fiets–motorvoertuigongevallen. Over alle locaties samen bedraagt deze toename ongeveer 74%.

Deze resultaten suggereren dat bijkomende fietsers relatief veiliger kunnen worden opgevangen op routes met fietsinfrastructuur en in stedelijke contexten. Wanneer de overheid het fietsen wil aanmoedigen, zal een extra fietser op een route met fietsinfrastructuur (fietspaden of fietsstroken) dus leiden tot een minder grote stijging in het aantal ongevallen dan wanneer deze nieuwe fietser zich bevindt op een route zonder fietsinfrastructuur. Ook zal een extra fietser in stedelijk gebied zorgen voor een minder sterke stijging van het aantal fiets–motorvoertuigongevallen. Het beleid kan hier op inspelen door fietsers actief te geleiden naar specifieke fietsinfrastructuur (zoals fietssnelwegen of afgescheiden fietswegen), zeker op korte termijn, zelfs indien de fietsers daardoor iets meer afstand moeten afleggen. Op langere termijn moet er op zoveel mogelijk plaatsen veilige en zo direct mogelijke fietsinfrastructuur aangelegd worden - indien de ruimte beperkt is, kunnen automobilisten omrijden.

Dat ook in aanwezigheid van fietsinfrastructuur nog fiets–motorvoertuigongevallen voorkomen, kan mogelijk verklaard worden doordat deze ongevallen zich vooral voordoen op de grenzen van de Telraam-wegsegmenten, namelijk op kruispunten. Om die reden bevelen we aan om in te zetten op veilige kruispunten, bijvoorbeeld met conflictvrije verkeerslichten, of veilige overgangen van fietspad naar gemengd verkeer om het aantal ongevallen op kruispunten te verminderen.

Zelfs los van het SiN-effect blijft het aanleggen van kwaliteitsvolle veilige fietsinfrastructuur een cruciale voorwaarde om de veiligheid van fietsen te garanderen. Dit houdt niet alleen in om gemotoriseerd verkeer zowel qua ruimte als qua tijd zoveel mogelijk te scheiden van niet gemotoriseerd verkeer, maar ook om de snelheid van het gemotoriseerd verkeer te beheersen conform een safe systems of Vision Zero principes (Nieuwkamp & Schoeters (2018), Slootmans et al. (2024), Wegman & Schepers (2024)). Vooral op locaties met een hoog fietsvolume, zowel nu als in de toekomst, is het belangrijk om (vrijliggende) fietsinfrastructuur aan te leggen. Waar fietsinfrastructuur ontbreekt of niet kan aangelegd worden, moet ingezet worden op een consequent snelheidsmanagement, waarbij de snelheid op wegen met gemengd gebruik door zowel fietsers als gemotoriseerd verkeer beperkt wordt tot een niveau dat de kans op blijvend letsel van de fietser bij een aanrijding minimaliseert.

Naast infrastructurele maatregelen kunnen ook gedragsgerichte maatregelen bijdragen aan de verkeersveiligheid van fietsers, met name maatregelen die de wederzijdse aandacht tussen weggebruikers versterken, bijvoorbeeld via rijopleiding en verkeersveiligheidscampagnes, welke de fietser onder meer bewust maken van contextuele factoren die de kans op een fietsongeval verhogen (zoals rijden onder invloed). Daarnaast kan technologie (zoals rijhulpsystemen) en doordacht voertuigdesign een rol spelen in het voorkomen van botsingen en het minimaliseren van de gevolgen van botsingen tussen weggebruikers (Cf. Slootmans, 2026 voor een overzicht). Ook een consequente en zichtbare handhaving van verkeersregels door

bestuurders en fietsers, bijvoorbeeld via voertuig-, alcohol-, snelheids- en afleidingscontroles, is een belangrijke randvoorwaarde om veilig gedrag te stimuleren en de effectiviteit van andere verkeersveiligheidsmaatregelen te versterken. Kortom, alle elementen van een safe systems benaderingen moeten ingezet worden om uiteindelijk tot nul verkeersdoden en gewonden in het verkeer te komen (European Commission, 2022). Zoals Wegman & Schepers (2024) aangeven op basis van een analyse van de mogelijkheid om een Vision Zero beleid te voeren ten aanzien van fietsers in Nederland, vormt dit een specifieke uitdaging. Essentieel daarbij is blijven investeren in een veilige weginfrastructuur en veilige fietsinfrastructuur, veilige voertuigen (zowel gemotoriseerde als de fietsen zelf), vaardige en geschikte verkeersdeelnemers, een sterke nadruk op veilige snelheden en het inzetten op technologie waar mogelijk.

Fietsgebruik stimuleren?

Safety-in-numbers kan worden beschouwd als een indicator van de mate waarin een verkeerssysteem bijkomend fietsverkeer veilig kan opvangen. Het mag echter niet geïnterpreteerd worden als een mechanisme waarbij meer fietsers automatisch leiden tot veiligere omstandigheden. Beleidsmakers mogen dus niet wachten op een spontane stijging van het fietsverkeer om maatregelen te nemen die fietsen veiliger maken. Het SiN-effect is wellicht deels het resultaat van een gedragswijziging van bestuurders (vb. door sensibilisering, betere verwachtingspatronen) maar ook van investeringen in veilige fietsinfrastructuur en verkeersveiligheidsmaatregelen. Het safety-in-numbers effect kan dus worden versterkt door goed beleid, maar vormt er geen vervanging voor.

Bovendien houdt het safety-in-numbers effect in dat het aantal ongevallen bij een stijgend fietsvolume weliswaar minder dan proportioneel toeneemt, maar dat het absolute aantal fietsongevallen nog steeds stijgt. In het huidige onderzoek is ook uitsluitend gekeken naar aanrijdingen tussen fietsers en motorvoertuigen. Eenzijdige fietsongevallen of fiets-fietsongevallen worden daarbij niet in rekening gebracht. In de literatuur werden ook SiN-effecten bij eenzijdige fietsongevallen vastgesteld (Schepers, 2012), maar ook deze ongevallen blijven verder stijgen bij stijgend fietsgebruik. Om de doelstellingen om op termijn geen doden en zwaargewonden meer te hebben in het verkeer zal het dus niet volstaan om passief te rekenen op SiN-effecten.

Het debat rond het aanmoedigen van fietsen kan niet alleen vanuit een strikte bezorgdheid over verkeersveiligheid gevoerd worden. Het debat kan pas gevoerd worden indien ook de andere maatschappelijke kosten en baten van verschillende vervoersmodi afgewogen worden. Gezien de fiets op het vlak van verkeersleefbaarheid, ecologische voetafdruk en totale gezondheidsbaten duidelijk beter presteert dan gemotoriseerde voertuigen moeten ook deze aspecten mee verrekend worden. Zo toonden Bouwen et al. (2022) aan dat fietsen in België een totale maatschappelijke kost van 8,44 miljard Euro per jaar bespaart door netto gunstige gezondheidseffecten en vermeden CO₂ uitstoot. En dus moet fietsgebruik gestimuleerd worden, waarbij de maatschappelijke baten nog groter worden wanneer ongevallen en slachtoffers zo veel mogelijk vermeden worden.

Referenties

- Aldred, R., Goel, R., Woodcock, J., & Goodman, A. (2017). Contextualising Safety in Numbers: A longitudinal investigation into change in cycling safety in Britain, 1991-2001 and 2001-2011. *Injury Prevention*, 25(3), 236–241. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2017-042498>
- Aldred, R., Goodman, A., Gulliver, J., & Woodcock, J. (2018). Cycling injury risk in London: A case-control study exploring the impact of cycle volumes, motor vehicle volumes, and road characteristics including speed limits. *Accident Analysis and Prevention*, 117, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.003>
- Baert, W. & Lauwers, D. (2025). Zijn fietsers bedreigd? Evolutie van het fietsrisico in Vlaanderen. Retrieved from https://assets.vlaanderen.be/raw/upload/v1740128890/repositories-prd/Wout_Baert_en_Dirk_Lauwers_neplkx.pptx
- Bouwen, L., Dons, E. & Schoeters, A. (2022). De impact van fietsen op gezondheid, klimaat en economie in België – Literatuuronderzoek en kostenbatenanalyse van een toename van het fietsgebruik in België, Brussel: Vias institute
- Castro, A., Kahlmeier, S., & Gotschi, T. (2018). Corporate Partnership Board CPB Exposure-Adjusted Road Fatality Rates for Cycling and Walking in European Countries Discussion Paper. www.itf-oecd.org
- Elvik, R. (2014). Towards a general theory of the relationship between exposure and risk.
- Elvik, R., & Bjørnskau, T. (2017). Safety-in-numbers: A systematic review and meta-analysis of evidence. *Safety Science*, 92, 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.017>
- Elvik, R., & Goel, R. (2019). Safety-in-numbers: An updated meta-analysis of estimates. *Accident Analysis and Prevention*, 129, 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.05.019>
- European Commission (2025) Facts and Figures Cyclists. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport
- European Commission (2022) Road Safety Thematic Report – Safe System Approach. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport.
- FOD Mobiliteit en Vervoer. (2025). Federale enquête over de mobiliteit in België.
- Heydari, S., & Elvik, R. (2023). Further compelling evidence for safety-in-numbers: It is more than meets the eye. *Accident Analysis and Prevention*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106902>
- Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: More walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 9(3), 205–209. <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.205>
- Johnsson, C., Laureshyn, A., Dágostino, C., & De Ceunynck, T. (2021). The 'safety in density' effect for cyclists and motor vehicles in Scandinavia: An observational study. *IATSS Research*, 45(2), 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.08.003>
- Kröyer, H. R. G. (2015). Accidents between pedestrians, bicyclists and motorized vehicles: Accident risk and injury severity.
- Lammar P. (2006) Haalbaarheidsstudie voor de correctie van de ongevalgegevens. Diepenbeek, Steunpunt Verkeersveiligheid
- Leich, A., Nippold, R., Calvin, L., Tcheumadjeu, T., & Wagner, P. (2011). Analyzing and Evaluating Safety in Numbers for Cyclists in a Large Dataset.
- Meade, M. S. (2019). Modelling and Analysing Cyclist Road Safety Performance in Scotland: a Safety in Numbers perspective.
- Nieuwkamp, R. & Schoeters, A. (2018). Themadossier Verkeersveiligheid nr. 2. Fietsers. Brussel, België: Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid

- Nuyttens, N. (2013) Onderregistratie van verkeersslachtoffers. Vergelijking van de gegevens over zwaargewonde verkeersslachtoffers in de ziekenhuizen met deze in de nationale ongevallenstatistieken.
- Oppe. (1991). Oppe 1991 Macroscopische modellen voor verkeer en veiligheid. SWOV.
- Peduzzi P., Concato J., Kemper E., Holford T.R. & Feinstein A.R. (1996). A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis.
- Prato, C. G., Kaplan, S., Rasmussen, T. K., & Hels, T. (2014). Infrastructure and spatial effects on the frequency of cyclist-motorist collisions in the Copenhagen region. www.trafikdage.dk/artikelarkiv
- Schepers, J. P., & Heinen, E. (2013). How does a modal shift from short car trips to cycling affect road safety? *Accident Analysis and Prevention*, 50, 1118–1127. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.004>
- Schepers, P. (2012). Does more cycling also reduce the risk of single-bicycle crashes? *Injury Prevention*, 18(4), 240–245. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2011-040097>
- Slootmans, F., Vervoort, M., Temmerman, P., Vandael Schreurs, K. & Denivelle, J. (2024). Diepteonderzoek fietsongevallen – Diepteonderzoek naar de oorzaken van ernstige ongevallen met fietsers in Vlaanderen , Brussel: Vias institute
- Slootmans, F. (2026). Factsheet – Risicofactoren, ongevalsoorzaken en factoren die de ernst van een ongeval beïnvloeden, Brussel: Vias institute
- Vandenbulcke-Plasschaert, G. (2011). Spatial analysis of bicycle use and accident risks for cyclists.
- Wardenier, J. (2026). Query op de ESRA 2023-dataset [Niet-gepubliceerde data-analyse].
- Wegman, F., & Schepers, P. (2024). Safe System approach for cyclists in the Netherlands: Towards zero fatalities and serious injuries? *Accident Analysis & Prevention*, 195, 107396. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107396>



Vias institute

Haachtsesteenweg 1405
1130 Brussel

+32 2 244 15 11

info@vias.be

www.vias.be