

Kunnen gemeenten de gezondheid bevorderen door het stimuleren van actief reisgedrag? De resultaten van een padmodel

Maarten Kroesen, Technische Universiteit Delft, m.kroesen@tudelft.nl

Bert van Wee, Technische Universiteit Delft, g.p.vanwee@tudelft.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november 2021, Utrecht

Samenvatting

Actief reisgedrag (lopen en fietsen) draagt bij aan de mate van lichamelijke beweging en daarmee aan de lichamelijke en geestelijke gezondheid van mensen. Onderzoek naar actief reisgedrag richt zich meestal *of* op de determinanten van dit gedrag *of* op de gezondheidseffecten. Tot nu toe zijn er geen studies die beide groepen variabelen in één empirisch model integreren. Het doel van deze studie is om deze kloof te dichten door een padmodel te ontwikkelen en te schatten dat zowel de determinanten van actief reisgedrag als relevante gezondheidsresultaten omvat. Voor het schatten van het model gebruiken we geaggregeerde gegevens van (alle) Nederlandse gemeenten, 355 in totaal. De resultaten geven aan dat de aandelen van lopen en fietsen sterke positieve effecten hebben op de beschouwde gezondheidsuitkomsten, waaronder obesitas, diabetes, hartfalen en kanker. Ook laten de resultaten zien op welke bebouwde omgevingskenmerken gemeenten zich moeten richten als het doel is om de gezondheid te verbeteren via actief reisgedrag. Zo laat het model zien dat het verkleinen van de (gemiddelde) afstand tot basisscholen het meeste effect zal sorteren. Een andere beleidsrelevante bevinding is dat de bebouwde omgeving ook rechtstreeks invloed uitoefent op de gezondheid en (meestal) op een negatieve manier; vooral de mate van stedelijkheid heeft een negatief effect op verschillende gezondheidsindicatoren. Het is belangrijk om deze effecten te erkennen omdat ze in de tegenovergestelde richting lijken te werken dan de positieve effecten via actief reisgedrag.

1. Inleiding

Er is overtuigend bewijs dat fysieke activiteit goed is voor de gezondheid. Regelmatige beweging vermindert het risico op hart- en vaatziekten, diabetes, kanker, hoge bloeddruk, overgewicht en depressie (Warburton et al., 2006). Ondanks deze positieve effecten voldoet meer dan de helft (53%) van de Nederlandse bevolking niet aan de beweegrichtlijnen zoals die in 2017 door de Gezondheidsraad zijn opgesteld (o.a. 150 minuten per week matig intensieve inspanning) (Gezondheidsraad, 2017). Mede hierdoor is in Westerse landen fysieke inactiviteit één van de belangrijkste risicofactoren voor vroegtijdig overlijden. Zo concludeert een Europese studie dat 676.000 mensen jaarlijks vroegtijdig overlijden aan de gevolgen van te weinig bewegen (twee keer zoveel als door obesitas) (Ekelund et al., 2015).

Wetenschappers en beleidsmakers zien actief transport (fietsen en lopen) als een kansrijke manier gezien om de mate van fysieke activiteit in de populatie te vergroten en zodoende een bijdrage te leveren aan de fysieke en mentale gezondheid van mensen (Van Wee & Ettema, 2016). Naast deze gezondheidsvoordelen zijn er drie specifieke redenen waarom een focus op actief transport interessant is vanuit een beleidsperspectief. De eerste is dat actief transport makkelijker dan andere vormen van beweging (bijvoorbeeld sporten) onderdeel kan worden van de dagelijkse routine van mensen. Zodra mensen bijvoorbeeld voor een bepaalde routinematige verplaatsing de fiets kiezen (in plaats van de auto) kan dit gedrag snel een onbewuste gewoonte worden. De tweede reden is dat er nog veel potentie is om het aandeel van lopen en fietsen in de 'modal split' op korte afstanden te vergoeten. Zo is bij verplaatsingsafstanden tussen 0-5 kilometer het aandeel van de auto al 30% en bij 5-10 kilometer zelfs 60% (CBS, 2016), terwijl dit dus verplaatsingen zijn die mogelijk ook lopend of met de (elektrische) fiets kunnen worden gemaakt. En een derde belangrijke reden is dat een toename in het aandeel van lopen en fietsen (waarschijnlijk) leidt tot een vermindering van het autogebruik en daarmee ook de negatieve effecten van deze vervoerswijze (congestie, milieuvervuiling, risico's).

Onderzoek met betrekking tot actief reizen wordt grotendeels gestuurd door twee vragen: (1) wat zijn de gezondheidsvoordelen van actief reizen? en (2) wat zijn de determinanten van actief reizen? Meerdere wetenschappelijke disciplines, zoals gezondheidswetenschappen, vervoerwetenschappen, psychologie en geografie, zijn betrokken bij het beantwoorden van deze twee vragen en de resulterende literatuur is enorm. Wat de gezondheidseffecten betreft, omvatten relevante uitkomsten een toename in totale fysieke activiteit, een lagere kans op overgewicht, en hogere fitheid en mentaal welzijn (zie Oja et al. (2011), Wannier et al. (2012) en Saunders et al. (2013) voor relevante reviews). Met betrekking tot de determinanten van actief reizen is er veel onderzoek gedaan naar de rol van de gebouwde omgeving (bijvoorbeeld woondichtheid of connectiviteit) en de beschikbare fiets- en voetgangersinfrastructuur (zie Ding & Gebel (2012) voor een review). Daarnaast zijn ook psychologische factoren (attitudes en voorkeuren) veelvuldig onderzocht (Panter & Jones, 2010; Heinen et al., 2011).

Tot nu toe richten empirische studies zich ofwel op de gezondheidseffecten of de (beleid-gerelateerde) determinanten van actief reizen. Voor zover bekend bij de auteurs zijn er tot nu toe geen studies die beide groepen variabelen in één empirisch model opnemen. Een dergelijk model zou kunnen uitwijzen in welke mate beleidsinspanningen de gezondheid kunnen bevorderen door het stimuleren van actief reizen. Deze kennis is relevant om de

kosteneffectiviteit te beoordelen van maatregelen die beogen actief reizen te stimuleren. Bovendien kan een geïntegreerd model laten zien of actief reisgedrag inderdaad de meest relevante mediërende factor is tussen de determinanten (van actief reizen) en de gezondheidseffecten. Het zou kunnen dat andere vormen van mobiliteit (autogebruik) of andere gedragsrisicofactoren ook als zodanig functioneren. Dergelijke inzichten zijn zeer relevant vanuit een beleidsperspectief.

Het doel van deze studie is om deze kloof te dichten door een padmodel¹ te ontwikkelen en te schatten dat zowel determinanten van actief reizen als relevante gezondheidseffecten omvat. De mate van actief reizen (lopen en fietsen) wordt beschouwd als relevante mediërende factor. Daarnaast worden ook andere gedragsvariabelen in beschouwing genomen als mediërende factoren, namelijk het gebruik van andere vervoerswijzen (auto en openbaar vervoer) en gedragsrisicofactoren (roken en sport participatie). Voor het schatten van het model gebruiken we geaggregeerde gegevens van alle Nederlandse gemeenten, 355 in totaal. De studie van Rietveld en Daniel (2004) laat zien dat deze onderzoekseenheid zeer geschikt om de invloeden van beleidsinspanningen (op gemeenteniveau) op de mate van actief transport te achterhalen.

2. Eerder onderzoek en een conceptueel model

Hieronder bespreken we kort eerdere studies die in de opzet vergelijkbaar zijn met de huidige. Daarna presenteren we het conceptuele model dat aan de basis ligt van onze empirische analyse.

Rietveld en Daniel (2004) hebben een verklaringsmodel opgesteld om het aandeel van de fiets (van alle ondernomen verplaatsingen) te voorspellen aan de hand van bevolkingskenmerken, infrastructurele kenmerken en beleidsfactoren. In totaal beschouwen ze 38 mogelijke verklarende factoren. Om het statistische (semi log-lineair) model te schatten gebruiken ze data van 103 Nederlandse gemeenten. Het model laat zien vooral het fietsaandeel (op gemeenteniveau) kan worden verklaard door factoren die het gebruik van de fiets aantrekkelijker kunnen maken (bijv. directheid van routes) en ook factoren die het gebruik van alternatieve vervoerswijzen (de auto) onaantrekkelijker maken (bijv. parkeertarieven). Daarnaast spelen demografische kenmerken een rol, zoals het aandeel van de bevolking met een niet-westerse migratieachtergrond en het percentage VVD stemmers, die beide een negatief effect hebben op het fietsaandeel in een gemeente.

Een tweede studie, uitgevoerd door Ververs en Ziegelaar (2006), laat vergelijkbare resultaten zien. Ook deze auteurs specificeren een verklaringsmodel voor het aandeel van de fiets, welke zij schatten met data van 116 Nederlandse gemeenten. Daarnaast beschouwen ze een nog breder pallet van mogelijke verklarende factoren. In totaal onderscheiden ze 61 factoren welke ze indelen in fietsbeleidsindicatoren, verkeersbeleidsindicatoren, ruimtelijke en ruimtelijk-economische kenmerken, kenmerken van inwonerspopulatie en fysieke kenmerken (reliëf en weeromstandigheden). De

¹ Een padmodel is een structureel vergelijkingsmodel dat uitsluitend bestaat uit geobserveerde variabelen. In een padmodel kunnen meerdere regressievergelijkingen simultaan worden geschat, waarbij eenzelfde variabele in de ene vergelijking de afhankelijke variabele is en in een andere weer de onafhankelijke variabele. Zodoende stelt het de onderzoeker in staat om een complexe (conceptuele) structuur in een keer te 'fitten' op de data.

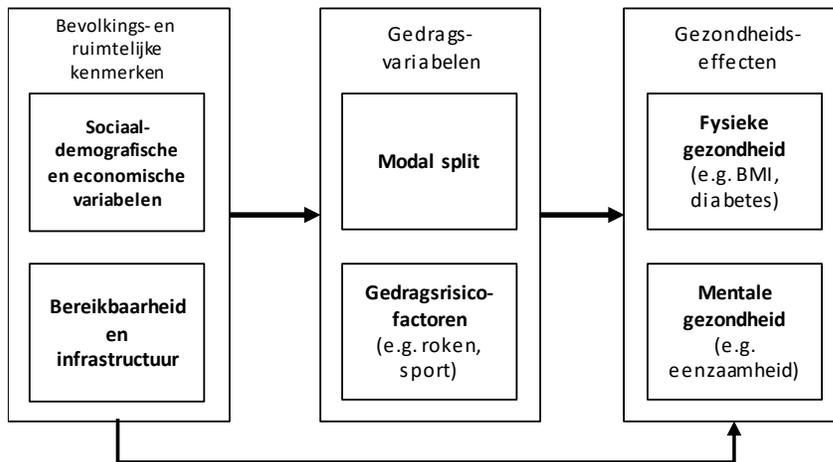
resultaten van het lineaire regressiemodel laten zien dat de parkeerkosten, het percentage inwoners met niet-westerse achtergrond en de mate van reliëf de sterkste effecten hebben op het fietsgebruik, alle in negatieve richting.

Wat betreft de gezondheidsvoordelen van actief reizen (zoals vastgesteld op basis van geaggregeerde gegevens), is waarschijnlijk het meest geciteerde onderzoek dat van Basset et al. (2008). Deze onderzoekers onderzochten de relatie tussen actief vervoer (gedefinieerd als het percentage verplaatsingen per voet, fiets en openbaar vervoer) en obesitas in verschillende landen (inclusief de VS en Europese landen) en vonden een sterk omgekeerd verband tussen deze variabelen. De relaties werden echter niet gecontroleerd op mogelijke versturende factoren (bijvoorbeeld lichamelijke activiteit in de vrije tijd). Pucher et al. (2010) voerden een vergelijkbare analyse uit met behulp van gegevens op stads- en staatsniveau om de relaties tussen actief vervoer en drie gezondheidsresultaten te beoordelen, namelijk het deel van de bevolking dat voldoet aan de aanbevolen norm voor fysieke activiteit, het percentage obesitas en het percentage diabetes. Voor alle drie de uitkomsten stelden ze significante positieve relaties vast met de mate van actief transport. Ook in dit onderzoek werden echter geen relevante controlevariabelen in beschouwing genomen.

De bijdrage van de huidige studie ten opzichte van deze eerdere studies is vierledig. Ten eerste, zoals in de inleiding al beschreven, beschouwen we naast de determinanten van actief transport ook de relevante gezondheidseffecten. Ten tweede beschouwen we niet alleen fietsgebruik maar ook het gebruik van andere vervoerswijzen en relevante gedragsrisicofactoren die ook van invloed zijn op de gezondheid. Ten derde schatten we alle factoren en effecten in een geïntegreerd empirisch padmodel. En als laatste beschouwen we niet een selecte subset van gemeenten, maar alle Nederlandse gemeenten (355).

Figuur 1 toont het conceptuele model dat als basis dient voor de specificatie van dit padmodel. Het model bestaat uit drie lagen; de eerste heeft betrekking op de bevolkings- en ruimtelijke kenmerken van de gemeenten, die gerelateerd zijn aan de demografische samenstelling van de bevolking en de ruimtelijke determinanten van actief transport (de bereikbaarheid van verschillende bestemmingen en fietsinfrastructuur). Deze laatste factoren kunnen gemeente beïnvloeden door planning. De tweede laag bevat relevante gedragsvariabelen die betrekking hebben op het gebruik van actieve vervoerswijzen (lopen en fietsen), het gebruik van andere vervoerswijzen (auto en openbaar vervoer) en andere gedragsrisicofactoren die de gezondheid beïnvloeden. Ten slotte omvat de derde laag relevante gezondheidsuitkomsten. Hierbij onderscheiden we zowel lichamelijke als geestelijke gezondheidsindicatoren.

Het model is gebaseerd op de veronderstelling dat de bevolkings- en ruimtelijke factoren de gedragskenmerken beïnvloeden, die op hun beurt worden verondersteld de gezondheid te beïnvloeden. Daarnaast schatten we ook directe effecten tussen de bevolkings- en ruimtelijke factoren en de gezondheidsindicatoren. Als deze significant blijken te zijn, suggereert dit dat er andere niet-gemodelleerde (gedrags)factoren bestaan die fungeren als mediërende variabelen.



Figuur 1. Conceptueel model voor de samenhang tussen gezondheidseffecten, gedragsvariabelen en bevolkings- en ruimtelijke kenmerken.

Alvorens over te gaan tot de methode, moet worden opgemerkt dat de huidige conceptualisering is geënt op de beschikbare gegevens en dat er uiteraard veel andere factoren zijn die de gespecificeerde gedragsfactoren beïnvloeden (bijv. meteorologische/geografische omstandigheden, psychologische factoren, sociale normen) en de gezondheidssuitkomsten (bv. luchtkwaliteit, genetische factoren), die hier niet expliciet in rekening worden gebracht. Daarnaast is het model gebaseerd op de aanname dat de gedragsfactoren de gezondheidssuitkomsten beïnvloeden en niet andersom. Recent is aangetoond dat dergelijke omgekeerde paden bestaan door Kroesen en De Vos (2020) die een meerjarig panel gebruikten. Aangezien de huidige studie is gebaseerd op transversale gegevens, kunnen dergelijke wederkerige effecten niet afzonderlijk worden geïdentificeerd en geschat. Dit is een belangrijk voorbehoud waar we in de discussie op terugkomen.

3. Methode

3.1 Data

Om het conceptuele model te testen, gebruiken we geaggregeerde gegevens van alle (355) Nederlandse gemeenten. De data met betrekking tot de gedragsvariabelen en de gezondheidsindicatoren zijn afkomstig van grootschalige landelijke enquêtes, namelijk het Onderzoek Verplaatsingsgedrag in Nederland (OVIN) van 2017 en de nationale gezondheidsmonitor van 2016, met respectievelijk 38.127 en 457.153 respondenten. Hiermee kunnen betrouwbare statistieken op gemeenteniveau worden berekend. Tabel 1 geeft een overzicht van de variabelen die gebruikt zijn om de concepten in figuur 1 te operationaliseren, inclusief de beschrijvende statistieken en de bronnen waaruit de respectievelijke gegevens afkomstig zijn.

In de analyse worden de (gemiddelde) leeftijd, immigratieachtergrond, gezinsinkomen en werkloosheid (op gemeenteniveau) gebruikt als relevante demografische en economische kenmerken. Drie variabelen, gerelateerd aan fietsinfrastructuur, zien we als beleidsgerelateerde determinanten van actief reizen (en in het bijzonder fietsen): de

directheid van fietsroutes, de mate waarin fietsers voorrang genieten op rotondes en het relatieve aantal aparte fietspaden bij 50 km/u wegen. Deze variabelen zijn gemeten en berekend door de Fietsersbond op het niveau van gemeenten. Naast deze variabelen hebben we verschillende ruimtelijke/bereikbaarheidsindicatoren opgenomen, namelijk de adressendichtheid, de diversiteit in woon/werk en de (gemiddelde) afstand tot vier relevante locaties, namelijk de basisschool, middelbare school, supermarkt en het treinstation.

Als indicatoren voor het gebruik van verschillende vervoerswijzen gebruiken we de 'modal split', oftewel de relatieve aandelen van de vervoerswijzen in het totaal aantal trips. De statistieken laten zien dat het aandeel van fietsen en lopen relatief hoog ligt: 27,2% van alle trips wordt met de fiets gemaakt en 17,0% te voet. Ook is er aanzienlijke variatie tussen de gemeenten, vooral wat betreft het fietsgebruik, dat varieert van 8,1% tot 54,4% in de dataset. Voor de invloed van gedrag op gezondheid gebruiken we, naast de indicatoren voor het gebruik van de verschillende vervoerswijzen, twee extra gedragsrisicofactoren, namelijk het percentage mensen dat minimaal één keer per week aan sport doet en het percentage rokers. Helaas waren er geen gegevens beschikbaar over voeding.

De fysieke gezondheidsindicatoren omvatten de percentages van de bevolking in de respectieve gemeenten die voldoen aan de bewegingsnorm (150 minuten matige tot krachtige lichamelijke activiteit per week) van de Nederlandse Gezondheidsraad, die lijden aan overgewicht (een body-mass index van meer dan 25) en de percentages die gediagnosticeerd zijn met COPD/astma, hartfalen, diabetes en kanker. Daarnaast identificeren we twee geestelijke gezondheidsindicatoren namelijk het percentage van de bevolking dat behandeld wordt voor psychische problemen en het percentage dat een hoge score heeft op schaal die emotionele/sociale eenzaamheid meet.

Tabel 1. Beschrijvende statistieken van de modelvariabelen (N=355)

Categorie	Variabelen	Gem.	SD	Bron
Sociaal-demografische en economische factoren	Leeftijd bevolking	43,2	2,3	a
	Niet-westerse achtergrond (%)	7,4	5,9	a
	Werkloosheid (%)	3,4	0,6	a
	Gemiddeld besteedbaar inkomen per huishouden (Keuro)	45,1	5,7	a
Bereikbaarheid en fietsinfrastructuur	Directheid van fietsroutes ten opzichte van de een rechte lijn (genormaliseerd op schaal van 1-5)	2,4	0,7	b
	Voorrang voor fietsers op rotondes (genormaliseerd op schaal van 1-5)	4,0	1,6	b
	Aparte fietspaden naast 50 km/u wegen (genormaliseerd op schaal van 1-5)	2,0	1,0	b
	Stedelijkheid (adressendichtheid per km ²) (genormaliseerd op schaal van 1-5)	2,6	1,1	a
	Funciemenging (relatieve aantal banen ten opzichte van woningen) (%)	49,2	6,9	c
	Gemiddelde afstand tot school basisonderwijs (km)	0,8	0,2	a
	Gemiddelde afstand tot school voortgezet onderwijs (km)	3,2	2,0	a
	Gemiddelde afstand tot dagelijkse levensmiddelen (km)	0,9	0,3	a
Modal split	Gemiddelde afstand tot treinstations (km)	7,0	7,1	a
	Verplaatsingen met fiets (%)	27,2	6,0	d
	Verplaatsingen door te lopen (%)	17,0	3,2	d
	Verplaatsingen met auto (%)	35,2	5,2	d
	Verplaatsingen met trein (%)	1,5	1,2	d
Gedragsrisicofactoren	Verplaatsingen met bus, tram, metro (BTM) (%)	1,4	1,5	d
	Deelname aan sport minimaal één keer per week (%)	50,8	6,0	e
	Rokers (%)	18,7	3,2	f

Fysieke gezondheid	Voldoet aan bewegingsnorm (%)	63,7	4,7	f
	Overgewicht (BMI>25) (%)	50,2	4,6	f
	Diagnose COPD of asthma (%)	4,3	0,7	g
	Diagnose hartfalen (%)	3,7	0,7	g
	Diagnose diabetes (%)	2,3	0,5	g
	Diagnose kanker (%)	3,5	0,6	g
Mentale gezondheid	Gebruik psychische problematiek (%)	8,6	1,4	g
	Volwassenen (19+) met hoge emotionele/sociale eenzaamheidsscore (%)	41,0	4,4	f

- a CBS Statistiek Bevolking (2017)
- b Fietersbond Fietsstad verkiezing (2018)
- c CBS Statistiek Bevolking (2017) - bewerking ABF Research
- d CBS OVIN (2017)
- e Sportbonden en NOC*NSF. Kennis- en Informatiesysteem Sport (KISS) (2017)
- f Gezondheidsmonitor volwassenen (en ouderen), GGD'en, CBS en RIVM (2016)
- g Percentage verzekerden dat gelet op het medicijngebruik een chronische aandoening, Vektis (2017)

3.2 *Modelspecificatie en schatting*

In lijn met het conceptuele model worden de structurele variabelen gespecificeerd als exogene variabelen waarvan we aannemen dat ze zowel de gedragsvariabelen als de gezondheidsindicatoren beïnvloeden. De gedragsvariabelen worden, zoals figuur 1 reeds heeft duidelijk gemaakt, verondersteld te werken als mediërende factoren. De fouttermen van de endogene variabelen op hetzelfde niveau van de causale keten (dus respectievelijk op het niveau van gedragsvariabelen en gezondheidsindicatoren) laten we vrij correleren. Hiermee worden de effecten van de variabelen van de ene naar de volgende laag in de keten statistisch gecontroleerd voor de onderlinge correlaties tussen variabelen op hetzelfde niveau in de keten. Deze specificatie leidt tot een volledig verzadigd model (met nul vrijheidsgraden). Het model wordt geschat in MPlus 8.4 met behulp van de standaard maximum likelihood (ML) schatter.

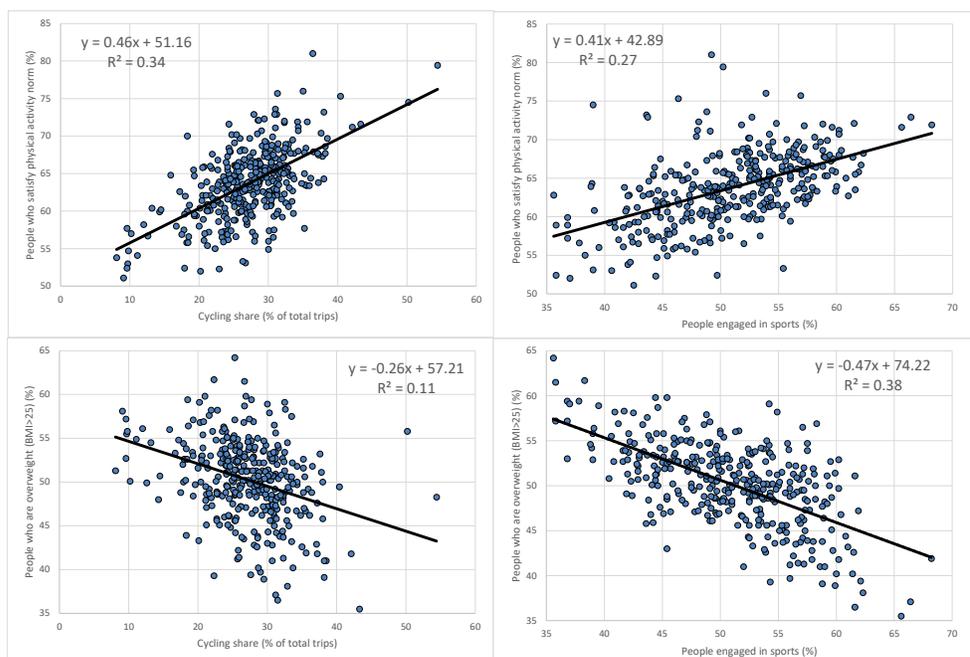
Om uiteindelijk een spaarzaam model (model met niet meer variabelen dan 'nodig') te verkrijgen, verwijderen we stapsgewijs de niet-significante directe effecten (met $p > 0,05$). Alle correlaties tussen fouttermen (ook als deze niet-significant zijn) worden behouden om een goede statistische controle te waarborgen. Uiteindelijk zijn 153 directe paden verwijderd. Het resulterende model levert een goede modelfit op ($\chi^2=322.6$, $df=164$, $p=0.00$, $CFI=0.963$, $RMSEA=0.052$).

4. Resultaten

4.1 *Correlaties*

Alvorens in te gaan op de modelschattingen is het interessant om een aantal bivariate relaties in de data te onderzoeken en enkele patronen te belichten. Figuur 2 toont de scatterplots tussen sportdeelname en het percentage verplaatsingen met de fiets enerzijds en twee van de gezondheidsfactoren anderzijds, namelijk het percentage dat voldoet aan de fysieke activiteitsnorm en het percentage met obesitas. Te zien is dat beide gedragsfactoren sterk bijdragen aan het percentage dat voldoet aan de fysieke activiteitsnorm (zoals vastgesteld door de WHO). Voor elke procentuele toename van het aandeel fietsen, stijgt het percentage dat voldoet aan de beweegnorm met 0,46%. Het effect van sportparticipatie is vergelijkbaar in grootte, maar iets kleiner (0,41). Voor de

zwaarlijvigheid is dit patroon omgekeerd. Hier heeft sportdeelname een wat groter (negatief) effect dan het percentage van de trips met de fiets. Interessant is dat sportdeelname positief gecorreleerd is met fietsgebruik (0,32), wat aangeeft dat deze verschillende vormen van fysieke activiteit elkaar aanvullen (in plaats van vervangen), of beide positief worden beïnvloed door een derde factor, zoals de genetische neiging om fysiek actief te zijn (Perusse, 1989).



Figuur 2. Scatterplots tussen fietsaandeel en sportdeelname en percentage dat voldoet aan de bewegingsnorm en het obesitaspercentage

Hoewel deze bivariate correlaties al interessante en plausibele inzichten opleveren, moeten ze worden gecontroleerd voor de correlaties die tussen de factoren bestaan, om de unieke effecten van de verklarende variabelen op de gezondheidsuitkomsten goed te kunnen inschatten. Dit wordt bereikt door het geschatte padmodel, dat hieronder wordt besproken.

Tabel 2 geeft de gestandaardiseerde coëfficiënten (wat betekent dat ze onderling vergeleken kunnen worden: ze geven de relatieve invloed van variabelen op de afhankelijke variabelen weer) van de directe effecten en de correlaties tussen de fouttermen van de endogene variabelen. Hieronder lichten we de belangrijkste bevindingen toe.

Wat betreft de determinanten van het gebruik van de actief transport, blijkt de directheid van de fietsroutes een positieve invloed te hebben op het fietsaandeel (0,096), ten koste van het aandeel lopen (-0,167). Dit suggereert dat fietsen en lopen elkaar (gedeeltelijk) vervangen, wat ook wordt bevestigd door de significante negatieve correlatie tussen (de fouttermen van) van beide variabelen (-0,123). De effecten van functiemenging tonen een vergelijkbaar patroon. Deze variabele heeft een positief effect op het aandeel fietsen (0,161) maar een negatief effect op het aandeel lopen (-0,179). Verrassend genoeg blijken de andere variabelen met betrekking tot fietsinfrastructuur niet significant te zijn. Wat de

bereikbaarheid betreft, heeft de afstand tot basisscholen een negatief effect op zowel het loopniveau (-0,247) als het fietsniveau (-0,199).

Het model laat ook significantie effecten zien tussen de gebouwde omgevingsvariabelen en de sportdeelname. De mate van stedelijkheid heeft bijvoorbeeld een positieve invloed op de sportparticipatie (0,148). Het ligt voor de hand dat stedelijke omgevingen mensen over het algemeen meer kansen bieden om (een verscheidenheid aan) sportactiviteiten te ondernemen. Interessant is dat sportdeelname positief gecorreleerd is met fietsgebruik (0,324), wat aangeeft dat deze verschillende vormen van fysieke activiteit elkaar eerder aanvullen dan vervangen. Het kan ook zijn dat er een groep mensen is die gezond wil leven, en daarom zowel meer fietst als op andere manieren fysiek actief is.

Wat betreft de gezondheidseffecten van actief transport is de eerste relevante bevinding dat fietsen sterk bijdraagt aan het voldoen aan de norm voor lichamelijke activiteit (0,484), een effect dat qua grootte vergelijkbaar is met het effect van sportdeelname (0,478). Verrassend genoeg draagt lopen niet significant bij aan het bereiken van de aanbevolen bewegingsnorm. Met betrekking tot de andere lichamelijke gezondheidseffecten hebben zowel lopen en fietsen verwachte gunstige effecten op gezondheid: een toename van het aandeel lopen/fietsen leidt tot minder overgewicht en minder diagnoses van hartfalen, diabetes en kanker. Een opmerkelijke uitzondering is COPD/astma, waarvoor geen significante effecten worden gevonden. Misschien dat de blootstelling aan fijnstof bij het lopen en fietsen (vooral in stedelijke omgevingen) de positieve gezondheidsvoordelen tenietdoet (Strak et al., 2010). Deze interpretatie past bij de bevinding dat deelname aan sport wel een verwacht negatief effect heeft op het percentage COPD/astma diagnoses.

Verrassend genoeg leiden lopen en fietsen niet tot voordelen op het gebied van geestelijke gezondheid, terwijl dit wel het geval lijkt te zijn voor sportparticipatie. Lopen is zelfs positief geassocieerd met eenzaamheid (0,142). De richting van het verband is niet bekend; het zou kunnen dat eenzame mensen eerder gaan lopen. De positieve effecten van sportdeelname op de geestelijke gezondheid zijn wellicht mede te danken aan het (vaak) sociale karakter van deze activiteit. Dit sociale karakter is uiteraard in mindere mate van toepassing op lopen en fietsen.

Ten slotte zijn de resultaten informatief ten aanzien van de vraag of de beschouwde gedragsvariabelen inderdaad de meest relevante mediërende variabelen zijn in de relatie tussen de gebouwde omgeving en de gezondheid. Immers, als dit zo is zouden er geen directe effecten moeten overblijven tussen de bevolkings- en ruimtelijke kenmerken en de gezondheidsindicatoren. Uit de resultaten blijkt echter dat er verschillende directe effecten overblijven, waarvan de sterkste gerelateerd zijn aan de mate van stedelijkheid. Een hogere mate van stedelijkheid leidt tot een lager percentage dat voldoet aan de norm voor lichamelijke activiteit (-0,205), en meer mensen met COPD/astma (0,241) en tot meer gebruik van de geestelijke gezondheidszorg (0,233). Wat betreft COPD/astma is (wederom) een plausibele verklaring dat de blootstelling aan fijnstof hoger is in stedelijke gebieden dan in landelijke. De andere twee effecten zijn moeilijker uit te leggen. Enigszins speculatief: het zou kunnen dat in stedelijke gebieden de sociale cohesie minder sterk is, wat een negatief effect heeft op de geestelijke gezondheid.

Aan de hand van de directe effecten kunnen ook de (totale) indirecte effecten worden berekend tussen de sociaal-demografische en ruimtelijke factoren en de gezondheidsfactoren (respectievelijk de eerste en derde laag van het conceptuele model, zie figuur 1). Tabel 3 geeft deze effecten weer.

Enkele indirecte effecten zijn sterk en daarom het opmerken waard. Ten eerste heeft het aandeel niet-westerse allochtonen een relatief sterk negatief effect op het percentage dat voldoet aan de beweegnorm (-0.199), een effect dat vooral via het fietsgebruik loopt. Dit resultaat is in lijn met eerder empirisch onderzoek waaruit blijkt dat het gebruik van de fiets lager is onder (eerste en tweede generatie) allochtone groepen, vooral van niet-westerse afkomst (Haustein et al., 2019). De huidige resultaten geven aan dat dit effect ook doorwerkt in de totale fysieke activiteit van de bevolking. De indirecte effecten van inkomen op de verschillende gezondheidsuitkomsten zijn groot en komen vooral voort uit het positieve effect dat inkomen heeft op sportdeelname. Ten slotte heeft de (gemiddelde) afstand tot de middelbare school een relatief sterk negatief effect op het percentage dat voldoet aan de beweegnorm (-0,195), wat wederom een effect is dat vooral via het modale aandeel fiets werkt.

5. Conclusie

In dit artikel wordt een padmodel geschat, inclusief ruimtelijke, demografische en gedragsfactoren, evenals relevante fysieke en mentale gezondheidsresultaten. Het model is geschat op basis van gegevens uit een geaggregeerde analyse-eenheid, namelijk Nederlandse gemeenten (355 in totaal). De resultaten geven inzicht op welke ruimtelijke kenmerken gemeenten zich zouden kunnen richten als ze de gezondheid willen vergroten door actief te reizen. Het model laat zien dat het verkleinen van de (gemiddelde) afstanden tot scholen het meeste effect sorteert. Deze bevinding gaat eigenlijk in tegen de huidige trend in Nederland om kleinere scholen samen te voegen tot grotere, wat doorgaans resulteert in een lagere toegankelijkheid.

Een tweede beleidsrelevante bevinding is dat dichtheid geassocieerd is met negatieve gezondheidsuitkomsten. Hoewel dit in de huidige studie niet het geval is, blijkt dichtheid doorgaans het gebruik van de actieve modus te verhogen, wat beleidsaanbevelingen ondersteunt om de dichtheden te verhogen om het gebruik van de actieve modus te stimuleren. Zoals uit dit onderzoek blijkt, moeten dergelijke aanbevelingen echter voorzichtig worden gedaan, omdat dichtheid ook via andere wegen de gezondheid negatief kan beïnvloeden. Maar het is nog te vroeg om te concluderen dat bouwen in hoge dichtheden daarom niet aan te raden is. Allereerst moet de evaluatie van dergelijk beleid gebaseerd zijn op alle belangrijke effecten, niet alleen op gezondheidseffecten, andere relevante effecten zijn milieueffecten, ruimtebeslag, veiligheid, toegankelijkheid, voorkeuren van burgers, bedrijven en andere organisaties, en kosten. Als we ons beperken tot alleen gezondheidseffecten, weten we nog niet waarom een hogere dichtheid gecorreleerd is met ongunstige scores op de gezondheidsuitkomsten. Zo kan het zijn dat ongezonde mensen vaker in compacte steden wonen, waardoor zorg- en andere activiteitenlocaties relatief goed bereikbaar zijn. En het kan zijn dat hogere dichtheden zelf niet het grootste probleem zijn, maar meer de manier van compact bouwen. Als de huidige manier van bouwen in hoge dichtheden bijvoorbeeld zou leiden tot hogere geluidsniveaus en concentraties van vervuulende stoffen, zou dit de gezondheid negatief kunnen beïnvloeden. Maar minder autogerichte vormen van compact bouwen kunnen leiden tot lagere, niet hogere geluids- en vervuilingniveaus dan andere vormen van verstedelijking. En het kan zijn dat gemeenten met hogere dichtheden grotere steden zijn en dat de negatieve effecten op de gezondheid samenhangen met de grootte van het stedelijk

gebied, niet met de dichtheden zelf. Het is daarom te vroeg om aan te raden om om gezondheidsredenen niet compact te bouwen. Vanuit een wetenschappelijk perspectief is het belangrijk om de onderliggende paden beter te begrijpen en te proberen de variabelen te identificeren die als relevante mediators fungeren. Ten slotte suggereert een groeiend aantal literatuur dat de impact van kenmerken van de gebouwde omgeving (zoals dichtheden) op reisgedrag (en volgende gezondheid) niet-lineair is (Tao et al., 2020), en dat er drempelwaarden voor dichtheden bestaan (bijv. Wali et al., 2021). Omdat dichtheden sterk variëren tussen bijvoorbeeld steden in de VS, Europa en Azië, speelt context waarschijnlijk een grote rol bij de gezondheidseffecten van dichtheden via meerdere complexe routes, zoals via reisgedrag en blootstelling aan verontreinigende stoffen.

Een andere relevante onderzoeksrichting betreft de veronderstelde causaliteitsrichtingen. In lijn met de gangbare opvatting gingen we ervan uit dat actief reizen (en de andere gedragsfactoren) de gezondheidsuitkomsten beïnvloeden en niet omgekeerd. Recent onderzoek heeft echter aangetoond dat deze veronderstelling mogelijk niet houdbaar is en/of dat er bidirectionele relaties kunnen bestaan tussen actief reizen en gezondheid (Kroesen en De Vos, 2020). Om dergelijke relaties goed te onderzoeken, moeten longitudinale gegevens worden gebruikt in combinatie met geschikte statistische modellen (bijv. cross-lagged panelmodellen). De auteurs beogen deze onderzoeksrichting (op gemeentelijk niveau) in de toekomst te verkennen.

Een andere belangrijke beperking van de huidige studie is dat de hier gepresenteerde ecologische correlaties suggestief zijn voor (causale) relaties op individueel niveau, maar daar geen direct bewijs van leveren. In feite kunnen de correlaties op de geaggregeerde analyse-eenheid (hier gemeenten) heel anders zijn dan die op individueel niveau, een punt dat mooi wordt geïllustreerd door Robinson (2009). Desalniettemin ontstaat de 'aggregatiebias' alleen wanneer aan bepaalde voorwaarden is voldaan en, zoals Hammond (1973) opmerkt, kan informatie over de sociale processen worden gebruikt om te beoordelen of aan deze voorwaarden wordt voldaan of niet. Wat bijvoorbeeld de geestelijke gezondheid betreft, lijkt 'selectie door de afhankelijke variabele' waarschijnlijk; bepaalde ruimtelijke kenmerken (zoals dichtheid) kunnen bijdragen aan een slechte geestelijke gezondheid, maar geesteszieken kunnen ook worden aangetrokken door gebieden met die kenmerken (zoals hierboven besproken), wat resulteert in een positieve correlatie op geaggregeerd niveau. Echter, met betrekking tot de relaties tussen de gedragsfactoren (de modale aandelen en sportdeelname) en de gezondheidsuitkomsten, zijn dergelijke selectieprocessen minder waarschijnlijk. Mensen zullen eerder tot een gemeente aangetrokken worden omdat de fietsomstandigheden goed zijn, niet omdat veel mensen daadwerkelijk fietsen. In dit opzicht is de observatie dat de directe effecten van sportdeelname op de gezondheidsuitkomsten, die goed worden ondersteund door bewijs uit gerandomiseerde experimentele onderzoeken (Lin et al., 2015), vergelijkbaar in omvang als die van het gebruik van de fiets op de gezondheidsuitkomsten, ondersteunt ook de validiteit van de resultaten.

Tot slot, hoewel de huidige studie kenmerken bevat die de aantrekkelijkheid van het gebruik van actieve vervoerswijzen weergeven, zouden toekomstige studies zich kunnen concentreren op factoren die het gebruik van gemotoriseerde vervoerswijzen, en met name de auto, minder aantrekkelijk maken. Uit eerder onderzoek is bijvoorbeeld gebleken dat

parkeerkosten een sterk positief effect hebben op het fietsgebruik (Rietveld en Daniel, 2004; Ververs en Ziegelaar, 2006). Het zou relevant zijn om in toekomstig onderzoek met dergelijke factoren rekening te houden en, in lijn met deze bevinding, ook recentere maatregelen te overwegen die door steden over de hele wereld (en ook in Nederland) worden genomen om de aantrekkelijkheid van de auto te verminderen door simpelweg minder ruimte voor de auto, bijvoorbeeld door wegen af te sluiten, autoluwe wijken in te voeren of het aantal parkeerplaatsen te verminderen. Het zou de moeite waard zijn om gegevens over dergelijke maatregelen op stedelijk (gemeentelijk) niveau te verzamelen en de effecten van dergelijke maatregelen in de praktijk te beoordelen, niet alleen in termen van toegenomen gebruik van de actieve modus, maar ook in termen van toegenomen volksgezondheid.

Referenties

Bandalos, D. L. (2014). Relative performance of categorical diagonally weighted least squares and robust maximum likelihood estimation. *Structural Equation Modeling: a multidisciplinary journal*, 21(1), 102-116.

Bartley, M., Sacker, A., & Clarke, P. (2004). Employment status, employment conditions, and limiting illness: prospective evidence from the British household panel survey 1991–2001. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 58(6), 501-506.

Bassett, D. R., Pucher, J., Buehler, R., Thompson, D. L., & Crouter, S. E. (2008). Walking, cycling, and obesity rates in Europe, North America, and Australia. *Journal of physical activity and health*, 5(6), 795-814.

Carbone, S., Lavie, C. J., & Arena, R. (2017). Obesity and heart failure: focus on the obesity paradox. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 92, No. 2, pp. 266-279). Elsevier.

CBS (2019). Onderzoek Verplaatsingsgedrag in Nederland (OVIN) 2018. Statistics Netherlands.

De Hartog, J.J., Boogaard, H., Nijland, H., Hoek, G. (2010). Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environ. Health Perspect.* 118(8), 1109–1116.

De Jong-Gierveld, J., & Kamphuls, F. (1985). The development of a Rasch-type loneliness scale. *Applied psychological measurement*, 9(3), 289-299.

Fiscella, K., & Franks, P. (2000). Individual income, income inequality, health, and mortality: what are the relationships?. *Health services research*, 35(1 Pt 2), 307.

Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The lancet*, 380(9838), 247-257.

Hammond, J. L. (1973). Two sources of error in ecological correlations. *American Sociological Review*, 764-777.

Haustein, S., Kroesen, M., & Mulalic, I. (2019). Cycling culture and socialisation: modelling the effect of immigrant origin on cycling in Denmark and the Netherlands. *Transportation*, 1-21.

Heinen, E., Maat, K., & Van Wee, B. (2011). The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. *Transportation research part D: transport and environment*, 16(2), 102-109.

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55.

- Kroesen, M., & De Vos, J. (2020). Does active travel make people healthier, or are healthy people more inclined to travel actively? *Journal of Transport & Health*, 16, 100844.
- Lazar, M. A. (2005). How obesity causes diabetes: not a tall tale. *Science*, 307(5708), 373-375.
- Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The lancet*, 380(9838), 219-229.
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., ... & Aryee, M. (2013). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The lancet*, 380(9859), 2224-2260.
- Lin, X., Zhang, X., Guo, J., Roberts, C. K., McKenzie, S., Wu, W. C., ... & Song, Y. (2015). Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American heart association*, 4(7), e002014.
- Oja, P., Titze, S., Bauman, A., de Geus, B., Krenn, P., Reger-Nash, B., & Kohlberger, T. (2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(4), 496-509.
- Panther, J. R., & Jones, A. (2010). Attitudes and the environment as determinants of active travel in adults: what do and don't we know?. *Journal of Physical Activity and Health*, 7(4), 551-561.
- Pérusse, I., Tremblay, A., Leblanc, C., & Bouchard, C. (1989). Genetic and environmental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *American journal of epidemiology*, 129(5), 1012-1022.
- Pucher, J., Buehler, R., Bassett, D. R., & Dannenberg, A. L. (2010). Walking and cycling to health: a comparative analysis of city, state, and international data. *American journal of public health*, 100(10), 1986-1992.
- Robinson, W. S. (2009). Ecological correlations and the behavior of individuals. *International journal of epidemiology*, 38(2), 337-341.
- Rietveld, P., & Daniel, V. (2004). Determinants of bicycle use: do municipal policies matter?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(7), 531-550.
- Sallis, J. F., Frank, L. D., Saelens, B. E., & Kraft, M. K. (2004). Active transportation and physical activity: opportunities for collaboration on transportation and public health research. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(4), 249-268.
- Saunders, L. E., Green, J. M., Petticrew, M. P., Steinbach, R., & Roberts, H. (2013). What are the health benefits of active travel? A systematic review of trials and cohort studies. *PLoS One*, 8(8), e69912.
- Tao, T., Wu, X., Cao, J., Fan, Y., Das, K., & Ramaswami, A. (2020). Exploring the Nonlinear Relationship between the Built Environment and Active Travel in the Twin Cities. *Journal of Planning Education and Research*.

Tabel 3. Gestandaardiseerde totale en indirecte effecten (tussenhaakjes) tussen de exogene variabelen en de gezondheidsuitkomsten

	Fysieke gezondheid						Mentale gezondheid	
	Bewegingsnorm	Overgewicht	COPD/Astma	Hartfalen	Diabetes	Kanker	Gebruik GGZ	Eenzaam
Leeftijd (jaren)	-0.173 (-0.173)	0.076 (0.076)		0.330 (0.047)	0.527 (0.045)	0.342 (0.051)		0.280
Niet-westerse allochtone achtergrond (%)	-0.199 (-0.199)	-0.082 (-0.082)	-0.241 (0.068)	-0.072 (-0.072)	-0.067 (0.111)	0.030 (0.030)	-0.153 (0.200)	0.449 (0.035)
Besteedbaar inkomen (Keuro)	0.203 (0.203)	-0.504 (-0.114)	-0.400 (-0.168)	-0.361 (-0.114)	-0.376 (-0.117)	-0.540 (-0.171)	-0.177 (-0.070)	-0.199 (-0.199)
Werkloosheid (%)	0.049 (0.049)		0.152	0.281 (-0.015)		0.242 (0.047)	0.424 (0.014)	0.222
Directheid van fietsroutes	0.040 (0.040)	0.015 (0.015)		0.014 (0.014)	-0.006 (-0.006)	0.010 (0.010)	-0.103	-0.027 (-0.027)
Voorrang voor fietsers op rotondes				-0.087				
Aparte fietspaden langs 50 km/u wegen					-0.080		0.089	
Stedelijkheid	-0.202		0.238	0.021 (0.021)			0.210 (-0.020)	
Funciemenging (ratio woon/werk) (%)	0.047 (0.152)	-0.133 (-0.046)	-0.051 (-0.051)	-0.034 (-0.034)	-0.074 (-0.074)	-0.046 (-0.046)	-0.025 (-0.025)	-0.079 (-0.079)
Afstand tot basisschool		0.031 (0.031)	-0.185	0.023 (0.023)	-0.007 (-0.007)	-0.061 (0.020)		-0.026 (-0.026)
Afstand tot de middelbare school	-0.195 (-0.195)	0.099 (0.099)	0.054 (0.054)	0.072 (0.072)	0.082 (0.082)	0.027 (0.082)	0.027 (0.027)	0.053 (0.053)
Afstand tot supermarkt	-0.013 (-0.013)	0.029 (0.029)		0.022 (0.022)	0.019 (0.019)	0.098 (0.006)		-0.024 (-0.024)
Afstand tot treinstation	-0.052 (-0.052)	0.133 (0.133)	-0.019 (-0.019)	-0.008 (-0.008)	0.030 (0.030)	0.032 (0.032)	-0.120 (-0.035)	0.035 (0.035)

Noot: de gepresenteerde indirecte effecten stellen de totale indirecte effecten voor. Dus in gevallen dat er meerdere indirecte paden zijn, zijn deze gesommeerd