

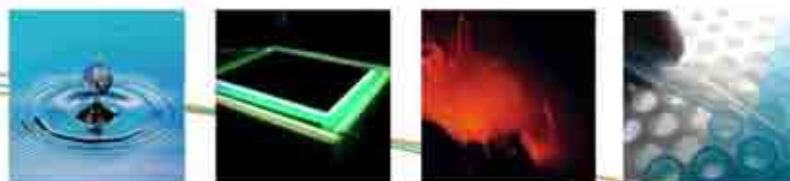
Eindrapport

Voorstel van maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren en de geluidshinder te beheersen in de stad Antwerpen

Wouter Lefebvre, Luc Schillemans, Tim Op 't Eyndt, Marjolein Vandersickel, Patrick Poncelet, Chris Neuteleers, Jan Dumez, Stijn Janssen, Jean Vankerkom, Bino Maiheu, Liliane Janssen, Jurgen Buekers, Inge Mayeres

Studie uitgevoerd in opdracht van: Stad Antwerpen – Stadsontwikkeling/Milieu
2011/RMA/R/29

Maart 2011



SAMENVATTING

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het stadsbestuur en kadert in de opmaak van een geïntegreerd actieplan voor de verbetering van de luchtkwaliteit en de beheersing van de geluidshinder in de stad Antwerpen. Het rapport is het resultaat van een samenwerking tussen Technum Tractebel Engineering, met afdelingen TRITEL en DBA-Consult voor het mobiliteits- en geluidsaspect, en VITO voor het luchtkwaliteitsaspect.

Eerst werd er een basisscenario bepaald voor de situatie in 2015. Voor de berekening werd uitgegaan van de huidig gekende bronnen, zonder dat er door het beleid extra maatregelen worden genomen en specifiek voor luchtkwaliteit rekening houdend met het gebruik van de voorspelde achtergrond in het jaar 2015.

Het grootste deel van de input hiervoor kon gerecupereerd worden uit eerdere studies, maar door de aanlevering van nieuwe en actuele gegevens, was het aangewezen om zowel voor geluid als voor luchtkwaliteit een herberekening uit te voeren. Dit liet ons toe om de agglomeratie tot de stadsgrenzen uit te breiden met een deel van de haven en het noordelijke district van Berendrecht, Zandvliet en Lillo, dat in de oorspronkelijke afbakening niet was opgenomen.

Een uitgebreid verkeersbestand liet ook toe om voor alle belangrijke street canyons in Antwerpen gedetailleerde berekeningen te maken voor de luchtkwaliteit. Deze werden gecombineerd met de verschillende 'roof-top'-concentratie¹-kaarten tot complete kaarten voor de Stad Antwerpen voor vier polluenten, met name NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} en EC.

In dit basisscenario kan men afleiden welke gebouwen het meest te lijden hebben van geluidsoverlast en welke knelpunten binnen een zone liggen met te hoge concentraties van de verschillende polluenten. Wat betreft geluid is het al of niet blootgesteld staan aan te hoge niveaus heel sterk afhankelijk van de lokale situatie. Hiervoor werd een reeks 'knelpuntfiches' aangemaakt, waarin per knelpunt de huidige toestand en het reductiepotentieel beschreven wordt. Voor luchtkwaliteit is het patroon minder lokaal, waardoor best van de totaal kaarten in dit rapport vertrokken kan worden voor het opstellen van mitigerende maatregelen.

Aanvullend werd een blootstellingsanalyse gedaan van de bevolking, zowel voor geluidshinder als voor luchtvervuiling. Hieruit blijkt dat:

- de meeste mensen worden blootgesteld aan een geluidsniveau van ongeveer 60 dB. Een belangrijk deel van de bevolking wordt nog blootgesteld aan hogere niveaus, met waarden voor L_{den} van 70 dB en meer. In de fiches wordt ook aangeduid hoeveel inwoners van het knelpunt in een bepaalde geluidscategorie vallen en welke reductie optimaal is om voor L_{den} onder de kritische grens van 70 dB te blijven;
- het voor luchtvervuiling interessanter is om een geïntegreerde analyse te maken voor de volledige stad in plaats van een knelpuntanalyse. Niet alleen werden hiervoor blootstellingskaarten berekend, tevens werden kaarten berekend met de blootstelling van de verschillende types

¹ Dit is de concentratie die zou waargenomen worden indien er geen invloed van de gebouwen zou zijn op de beweging van de lucht.

gevoelige gebouwen (dat zijn onder andere: ziekenhuizen, rust- en verzorgingstehuizen, gehandicapteninstellingen, kinderdagverblijven, scholen, ...). Wat betreft de inwoners blijkt dat vooral de jongste bevolkingsgroepen een hoge blootstelling aan luchtvervuiling hebben. Bij de klasse van de 65-plussers is de gemiddelde blootstelling het laagst. Dit heeft vooral te maken met het verschil in demografische spreiding tussen de kernstad en de rest van Antwerpen.

Naast het bepalen van de basissituatie werden verschillende maatregelenpakketten doorgerekend. De studie vertrok van een initiële maatregelenlijst, opgesteld door de dienst 'energie en milieu' van het bedrijf stadsontwikkeling van Antwerpen, waarbij al een eerste screening van mogelijke maatregelen was gebeurd in het studiegebied. Vervolgens werd deze lijst geanalyseerd en aangevuld door een groep van experts. De uitkomst is een reeks van maatregelenfiches met een concrete beschrijving van de effecten op lucht en geluid en een kwalitatieve kosten-baten afweging.

In samenspraak met de opdrachtgever werden er voor berekening en impactanalyse drie maatregelenpakketten geselecteerd. In het eerste pakket werden maatregelen opgenomen die realiseerbaar zouden kunnen zijn binnen de volgende vijf jaar. Enige uitzondering hierop is de volledige vernieuwing naar een geluidsvriendelijk wegdek voor alle knelpunten. De kost voor het uitvoeren van alle wegdekveranderingen binnen een periode van vijf jaar kan niet op een realistische manier in de begroting voorzien worden. Daarom is een analyse van de kosteneffectiviteit per knelpunt uitgevoerd, waarin aangetoond wordt dat voor slechts een beperkt percentage van de totale kost de belangrijkste knelpunten reeds ontlast kunnen worden. De volledige lijst van maatregelen uit pakket 1 is te vinden in het rapport.

Het resultaat hiervan is dat de uitvoering van maatregelenpakket 1 een grote invloed zou hebben op de geluidswaardes van de verschillende knelpunten, met dalingen tot meer dan 7 dB van de L_{den} . Dit geeft een aanzienlijke vermindering van de blootstelling van de Antwerpse bevolking aan omgevingslawaaï. Op het gebied van de luchtkwaliteit zijn de veranderingen klein, met dalingen van maximaal enkele procenten voor NO_2 en EC en enkele tienden van procenten voor PM_{10} en $PM_{2,5}$. Gemiddeld over de bevolking zijn de dalingen nog kleiner: een tiende van een procent voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ en tussen 0,6 en 0,7% voor NO_2 en EC.

In maatregelenpakket 2 worden twee maatregelen opgenomen die (vooral) belangrijk zijn voor de luchtkwaliteit: een low emission zone (LEZ) en een congestion charge (CC). Door de LEZ mogen oudere types voertuigen de zone tussen Ring en Schelde niet meer binnen, door de congestion charge moet ieder motorvoertuig dat die zone binnenkomt daarvoor ook betalen. Het effect van deze maatregelen op geluid is beperkt, maar het effect op de luchtkwaliteit is significant. De verkeersemisies binnen de LEZ-zone dalen in totaal tussen de 9 en de 18%. Dit resulteert in dalingen in de NO_2 - en de EC-concentraties ten opzichte van het basisscenario van enkele procenten binnen de zone tot meer dan 15% in bepaalde street canyons. Voor wat betreft PM_{10} en $PM_{2,5}$ blijven de dalingen beperkt tussen 0,3 en 4% binnen de LEZ-zone. Doordat een relatief klein deel van de Antwerpse bevolking binnen deze zone woont, is het effect op de gemiddelde Antwerpenaar beperkter, met een gemiddelde extra daling (bovenop pakket 1) van een goede

procent voor NO₂ en EC en tussen de 0,1 en 0,2% voor fijn stof. Binnen de zone zijn de dalingen natuurlijk veel groter.

Ten slotte zijn voor pakket 3 enkele industriële maatregelen doorgerekend. Die wegen relatief zwaar door op een groot gedeelte van de oppervlakte. Daardoor komen er bovenop de maatregelenpakketten 1 en 2 voor luchtkwaliteit nog significante dalingen in de blootstelling van de gemiddelde Antwerpenaar, met extra dalingen van ongeveer 0,7% voor NO₂ en tussen 0,1 en 0,2% voor fijn stof.

In geen van de drie maatregelenpakketten worden de jaarnorm voor NO₂ of de dagnorm voor PM₁₀ gehaald. Het aantal mensen wonende in gebieden die in overschrijving zijn van deze normen is echter wel lager bij het uitvoeren van de strengere pakketten dan in het basisscenario.

Tijdens het vervolledigen van de maatregelenlijst en de uitgevoerde berekeningen worden geluid en lucht grotendeels apart benaderd, omdat het soms moeilijk is beide te vergelijken. In het laatste hoofdstuk slagen we erin om de effecten van lawaai en luchtverontreiniging op gezondheid te vergelijken op basis van het verlies aan 'Disability Adjusted Life Years' of DALY's. In het basisscenario is iets meer dan de helft van de verloren levensjaren te wijten aan slechte luchtkwaliteit, iets minder dan de helft aan geluidshinder. In de maatregelenpakketten zijn de dalingen voor geluid echter veel sterker. In totaal worden ongeveer 7 à 8% van de verloren levensjaren teniet gedaan bij het uitvoeren van de verschillende maatregelenpakketten.

INHOUD

Samenvatting	1
Inhoud	4
Lijst van tabellen	8
Lijst van figuren	9
Lijst van afkortingen	16
HOOFDSTUK 1. Inleiding	20
1.1. Context	20
1.2. Doelstelling studie	21
1.3. Actuele situatie en raakvlakken met andere plannen	21
1.4. Samenwerking VITO en Technum Tractebel Engineering	24
HOOFDSTUK 2. Methodologie	25
2.1. Aannames en methodologie voor geluid	25
2.1.1. Van geluidskaart tot actieplan	25
2.1.2. Geluidswaarneming	27
2.1.3. Objectief geluid versus subjectieve hinder	29
2.1.4. Milieukwaliteitsnormen	30
2.1.5. Geluidsbeleid	32
2.1.6. Referentiedocumenten	33
2.2. Aannames en methodologie voor luchtvervuiling	35
2.2.1. Europese normen voor fijn stof en NO ₂	35
2.2.2. Elementair Koolstof (EC)	36
2.2.3. Brontoewijzing	36
2.2.4. Emissieverdeling ten gevolge van het wegverkeer	39
2.2.5. Methodologie	39
2.2.6. Aannames en beperkingen van de studie	40
2.2.7. Verschillen met voorgaande studies	42
HOOFDSTUK 3. Plan van Aanpak	46
3.1. Maatregelenlijst	46
3.2. Selectie maatregelen	47
3.3. Knelpuntenlijst	49
3.4. Berekeningen	51
3.5. Integrale benadering	52

HOOFDSTUK 4. Het basisscenario	53
4.1. <i>Studiegebied</i>	53
4.2. <i>Geluid</i>	54
4.2.1. Bestaande geluidskaart	54
4.2.2. Herberekening en details bestaande toestand in verband met wegverkeer	58
4.2.3. Blootstelling van de bevolking aan geluid	61
4.2.4. Indeling naar bevolkingsgroepen	64
4.2.5. Indeling naar gevoelige gebouwen	64
4.2.6. Spoorweglawaai	71
4.2.7. Industrielawaai	73
4.3. <i>Luchtvervuiling</i>	78
4.3.1. Concentratiekaarten	78
4.3.2. Blootstellingsanalyse	83
HOOFDSTUK 5. Maatregelenpakket 1	119
5.1. <i>Inschattingen op gebied van mobiliteit</i>	120
5.1.1. Inleidend	120
5.1.2. Maatregel I.01: Mobiliteitsplanning	122
5.1.3. Maatregel I.03 & I.08: Afbakenen van zones: autoluw, autoarm, autovrij, circulatiemaatregelen	123
5.1.4. Maatregel I.04: Weren van zwaar vrachtvervoer	129
5.1.5. Maatregel I.10: Uitbouw openbaar vervoer: vertramming van een aantal assen	131
5.1.6. Cumulatief verkeersreductiemodel: Maatregelenpakket 1	133
5.2. <i>Inschattingen op gebied van geluid</i>	136
5.2.1. Inleidend	136
5.2.2. Mogelijke maatregelen	137
5.2.3. Maatregel GG.01: stille banden	140
5.2.4. Maatregel SG.03: Aangepaste wegdektypes per knelpunt	143
5.2.5. Maatregel GG.09: spoorwegen	147
5.3. <i>Resultaten op het gebied van geluid</i>	148
5.3.1. Impact blootgesteld	156
5.3.2. Indeling in bevolkingsgroepen	157
5.3.3. Indeling in gevoelige gebouwen	158
5.3.4. Spoorweglawaai	160
5.4. <i>Resultaten op gebied van luchtkwaliteit</i>	163
5.4.1. Emissieberekeningen	163
5.4.2. Concentratieberekeningen	164
HOOFDSTUK 6. Maatregelenpakket 2	170
6.1. <i>Inschattingen op gebied van mobiliteit</i>	171
6.1.1. Maatregelen I.07 & I.09: Inschatting van het effect van de Congestion Charge op de mobiliteit	171
6.1.2. Cumulatief verkeersreductiemodel: Maatregelenpakket 2 (Alle maatregelen inclusief CC & LEZ)	172
6.2. <i>Resultaten op gebied van geluid</i>	174
6.3. <i>Resultaten op gebied van luchtkwaliteit</i>	176

6.3.1.	Emissieberekeningen	176
6.3.2.	Concentratieberekeningen	177
HOOFDSTUK 7.	Maatregelenpakket 3	183
7.1.	<i>Resultaten op gebied van geluid</i>	183
7.2.	<i>Resultaten op gebied van luchtkwaliteit</i>	185
7.2.1.	Emissieberekeningen	185
7.2.2.	Concentratieberekeningen	185
7.2.3.	Impact in blootgestelden	189
HOOFDSTUK 8.	Kosten & Baten	192
8.1.	<i>Kosten van de maatregelenpakketten</i>	192
8.1.1.	Kostprijs van stille wegdekken	192
8.1.2.	Andere kostencategorieën	195
8.2.	<i>Milieubaten van de maatregelenpakketten</i>	196
8.2.1.	Lucht- en geluidspollutie en humane gezondheid	196
8.2.2.	Geluidspollutie	198
8.2.3.	Lucht verontreiniging door fijn stof (PM: Particulate Matter)	199
8.2.4.	Opmerkingen bij de DALY berekeningen	200
8.3.	<i>Resultaten DALY's</i>	201
8.3.1.	Basisscenario	201
8.3.2.	Conclusie	203
HOOFDSTUK 9.	Besluit	204
Literatuurlijst		206
Begrippenlijst		210
Bijlage A Het IFDM-model		216
A.1	<i>Bi-Gaussiaans pluim model</i>	216
A.2	<i>Rekenrooster</i>	216
A.2.1	Regulier grid	216
A.2.2	Lijnbronvolgend grid	216
A.2.3	Puntbronvolgend grid	217
A.2.4	De VMM-meetstations	218
A.2.5	Overzicht van het IFDM-grid	218
A.3	<i>Meteorologie</i>	222
A.4	<i>Ozonchemie</i>	222
Bijlage B Koppeling tussen de achtergrondconcentraties en IFDM		223
Bijlage C Het OSPM-model		225
Bijlage D De IFDM street canyon-preprocessor		226
D.1	<i>Implementatie en gebruik</i>	226
D.2	<i>Beschrijving van het algoritme</i>	227

Bijlage E Het IFDM street canyon rooster	231
Bijlage F De IFDM-street canyon koppeling	233
Bijlage G De visualisatie	234
Bijlage H Bijgeleverde GIS-bestanden voor het onderdeel vervuiling	235
Bijlage I Inventarisatie maatregelen	236
Bijlage J Wegdekkenbeleid	238
Bijlage K Effecten geluid op DALY's	244
Bijlage L Concentratiekaarten met de absolute concentraties in de verschillende maatregelenpakketten	246

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1 : Geluidsniveaus gegenereerd door wegverkeer	28
Tabel 2 : Gedifferentieerde milieukwaliteitsnormen	31
Tabel 3: Het akoestisch klimaat in functie van geluidsniveaus en type bron	32
Tabel 4: Voorbeeld geluidsambities in functie van gebiedstype en aard van geluidsbron	32
Tabel 5 : Percentage van de verkeersemisssies binnen de stad Antwerpen die zich bevinden op de autosnelwegen.	39
Tabel 6 : Brabo 1: corridor N12, Deurne-Wijnegem	132
Tabel 7 : Brabo 1: corridor N10-N1, Mortsel-Boechout; P+R Capenberg	132
Tabel 8 : Brabo 2: corridor N180-N114, Leien F2-Ekeren; P+R Kazerne	133
Tabel 9 : Brabo 2: corridor Eilandje	133
Tabel 10 : P+R Olympiade	133
Tabel 11 : Relatieve effecten intensiteit, afstand en snelheid op geluidsniveau	136
Tabel 12 : Principiële determinerende maatregelen geluid	137
Tabel 13 : Voorbeeld van de best akoestisch presterende banden op de markt	143
Tabel 14 : Globale effect van stille banden in functie van implementatiegraad	143
Tabel 15 : Emissieveranderingen in Pakket 1 ten opzichte van het basisscenario.	147
Tabel 16 : Emissieveranderingen in Pakket 1 ten opzichte van het basisscenario.	164
Tabel 17 : Hoogste blootstellingen ifv varianten	175
Tabel 18 : De emissiedalingen, gesommeerd over het volledige studiegebied en alleen binnen de afgebakende milieuzone (CC = congestion charge; LEZ = low emission zone).	176
Tabel 19 : Richtwaarden volgens Vlarem II voor industriële bronnen	184
Tabel 20 : Kostprijs (/lm) voor een selectie wegdektypes	192
Tabel 21 : Kostprijs (/m ²) voor een selectie wegdektypes	192
Tabel 22 : DALY-berekeningen. In de laatste drie kolommen staan de verschillen (in %) tussen de pakketten en het basisscenario.	202
Tabel 23 : Aantal dagen verlenging van de levensduur van een gemiddelde Antwerpenaar bij de invoering van de verschillende maatregelpakketten.	203
Tabel 24 : Enkele belangrijke parameters van het grid voor beide zones. BL72 betekent de Belgian Lambert projection 1972.	219
Tabel 25 : De eenheden van de verschillende GIS-bestanden.	235
Tabel 26 : Effect van mobiliteitsmaatregelen op geluid	236
Tabel 27 : Effect van wegverkeersmaatregelen op geluid	237
Tabel 28 : Relatieve effecten van wegverhardingen Vlaamse wegen	239
Tabel 29 : Relatieve geluidsniveaus gekende wegdektypes	241

LIJST VAN FIGUREN

<i>Figuur 1 : Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor het referentiejaar 2007 (links) en jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor het referentiejaar 2006 (in µg/m³)(rechts)</i>	22
<i>Figuur 2 : Geluidskaart uit studie “Ondersteunende maatregelen lawaai agglomeraties Vlaams Gewest”</i>	23
<i>Figuur 3 : Van geluidskaart tot actieplannen</i>	26
<i>Figuur 4 : Subjectieve waarneming als functie van objectieve grootheden</i>	27
<i>Figuur 5 : Indicatie van typisch voorkomende geluidsniveaus</i>	28
<i>Figuur 6 : Perceptie van hinder in functie van brontype (Miedema) op basis van L_{den}</i>	30
<i>Figuur 7 : De verschillende referentiedocumenten wat betreft geluid voor deze studie.</i>	34
<i>Figuur 8: Luchtkwaliteit in een stedelijke omgeving en in de buurt van een (snel)weg.</i>	35
<i>Figuur 9 : Brontoewijzing (in %) voor NO₂ voor de stad Antwerpen (rechtsboven) en de Haven van Antwerpen (rechtsonder), overgenomen uit Lefebvre et al. (2011b) en voor PM10 (linksboven) en PM2.5 (linksonder) voor Vlaanderen, overgenomen uit Deutsch et al. (2010). De zes genoemde sectoren (bv. wegverkeer) stellen de Vlaamse emissies in deze sectoren voor. In andere zitten o.a. niet-lineaire effecten, niet-Vlaamse emissies en niet-antropogene emissies. Een waarde voor de sector wegverkeer van 44,15 voor NO₂ voor de stad Antwerpen betekent dat ongeveer 44,15% van de NO₂-concentraties in de stad Antwerpen te wijten zijn aan het Vlaamse wegverkeer.</i>	38
<i>Figuur 10 : De gebruikte NO₂/NO_x-split in het basisscenario.</i>	45
<i>Figuur 11 : De gebruikte methodologie voor het analyseren, concretiseren en vervullen van de maatregelen</i>	47
<i>Figuur 12: Voorbeeld van maatregelenfiche</i>	48
<i>Figuur 13 : Locaties van de gedefinieerde knelpunten</i>	49
<i>Figuur 14: Screenshot van opgeleverde knelpuntenlijst door opdrachtgever</i>	50
<i>Figuur 15 : De maatregelpakketten</i>	52
<i>Figuur 16 : Grenzen van het studiegebied</i>	53
<i>Figuur 17 : Cumulatieve geluidskaart Antwerpen L_{den}</i>	54
<i>Figuur 18 : Blootstelling in functie van brontype</i>	55
<i>Figuur 19: Impact van de verschillende bronnen over het studiegebied</i>	55
<i>Figuur 20 : Schermen voorzien in het geluidsmodel bestaande toestand</i>	56
<i>Figuur 21 : Topografie van het studiegebied</i>	57
<i>Figuur 22 : Detail centrum Antwerpen blootstelling L_{den}</i>	58
<i>Figuur 23 : Blootstelling L_{den} in het studiegebied</i>	59
<i>Figuur 24 : Blootstelling L_{den} in de knelpunten van het studiegebied</i>	60
<i>Figuur 25 : Histogram blootgestelden L_{den} bestaande toestand studiegebied en knelpunten</i>	61
<i>Figuur 26 : Knelpuntfiche geluid</i>	62
<i>Figuur 27 : Blootstelling voor L_{den} boven 70 dB per 100 m knelpunt bestaande situatie</i>	63
<i>Figuur 28 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand opgesplitst in leeftijdsgroepen</i>	64
<i>Figuur 29 : Cumulatieve histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand in leeftijdsgroepen</i>	64
<i>Figuur 30 : Aantal gebouwen binnen verschillende groepen gevoelige gebouwen</i>	65
<i>Figuur 31 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande situatie opgesplitst in gevoelige gebouwen</i>	65
<i>Figuur 32 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie - gehandicapteninstellingen</i>	66
<i>Figuur 33 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – kinderopvang en voorschoolse opvang</i>	67
<i>Figuur 34 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – ziekenhuizen en psychiatrische instellingen</i>	68
<i>Figuur 35 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – RVT's en serviceflats</i>	69
<i>Figuur 36 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – scholen</i>	70
<i>Figuur 37 : Blootstelling L_{den} spoorverkeer bestaande toestand</i>	71
<i>Figuur 38 : Blootstelling L_{den} spoorverkeer bestaande toestand detail</i>	72

Figuur 39 : Blootstelling L_{day} industrie bestaande toestand	73
Figuur 40 : Blootstelling L_{night} industrie bestaande toestand	74
Figuur 41 : Blootstelling L_{night} industrie bestaande toestand – detail Berendrecht-Zandvliet-Lillo	75
Figuur 42 : Blootstelling L_{night} industrie bestaande toestand – detail linkeroever	76
Figuur 43 : Histogram blootstelling industrie	77
Figuur 44 : Jaargemiddelde NO_2 -concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu g/m^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu g/m^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu g/m^3$.	79
Figuur 45 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu g/m^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu g/m^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu g/m^3$.	80
Figuur 46 : Jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu g/m^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $21 \mu g/m^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 21 en kleiner dan $22 \mu g/m^3$.	81
Figuur 47 : Jaargemiddelde EC-concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu g/m^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $1,5 \mu g/m^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 1,5 en kleiner dan $1,6 \mu g/m^3$.	82
Figuur 48 : De bevolkingskaart van Antwerpen (in personen/2 500 m^2).	84
Figuur 49 : De blootstelling van de bevolking aan de NO_2 -concentraties (in Personen/2 500 $m^2 * \mu g/m^3$).	85
Figuur 50 : De blootstelling van de bevolking aan de PM_{10} -concentraties (in Personen/2 500 $m^2 * \mu g/m^3$).	86
Figuur 51 : De blootstelling van de bevolking aan de $PM_{2,5}$ -concentraties (in Personen/2 500 $m^2 * \mu g/m^3$).	87
Figuur 52 : De blootstelling van de bevolking aan de EC-concentraties (in Personen/2 500 $m^2 * \mu g/m^3$).	88
Figuur 53 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan de 4 besproken polluenten. Op de X-as: concentratie ($\mu g/m^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking. Als de lijn van een polluent bv. op 20% staat bij een concentratie van $30 \mu g/m^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking woont op een locatie met een concentratie lager dan $30 \mu g/m^3$.	89
Figuur 54 : De wijken (zwart) en districten (rood) van Antwerpen. De paarse lijnen zijn de autosnelwegen; het rode gebied is de kernstad zoals hier gedefinieerd voor de analyse volgens leeftijd.	91
Figuur 55 : 2 grafieken waarvan 1 detail grafiek $24 \mu g/m^3$ tot $38 \mu g/m^3$: blootstelling van de Antwerpse bevolking aan NO_2 , opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in $\mu g/m^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van $28 \mu g/m^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan $28 \mu g/m^3$.	92
Figuur 56 : De verdeling van de Antwerpse bevolking in leeftijdscategorieën, in de kernstad en erbuiten.	93
Figuur 57 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan NO_2 , opgesplitst naar locatie. Op de X-as: concentratie (in $\mu g/m^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die woont in de afgebeelde locatie. Als de lijn voor bijvoorbeeld de kernstad op 20% staat bij een concentratie van $32 \mu g/m^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking die in de kernstad woont, zich bevindt in een locatie met een concentratie lager dan $32 \mu g/m^3$.	94
Figuur 58 : GV = gelijke (demografische) verdeling. Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan NO_2 , voor de min-driejarigen en de 65+'ers (volle lijnen). In stippelijnen zijn de analoge blootstellingscurves gegeven voor het geval waarbij de demografische verdeling in de kernstad en buiten de kernstad gelijk zou zijn. Op de X-as: concentratie (in $\mu g/m^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een	

leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	94
Figuur 59 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan PM_{10} , opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De onderste grafiek is een detail van de bovenste	95
Figuur 60 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan $\text{PM}_{2,5}$, opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 10% staat bij een concentratie van $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 10% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De onderste grafiek is een detail van de bovenste.	96
Figuur 61 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan EC, opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De onderste grafiek is een detail van de bovenste.	97
Figuur 62 : De jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. De grenswaarde is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	99
Figuur 63 : De jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. De grenswaarde is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	100
Figuur 64 : De jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. De grenswaarde is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	101
Figuur 65 : De jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. De grenswaarde is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	102
Figuur 66 : De jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de locatie van de scholen. De grenswaarde is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	103
Figuur 67 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	104
Figuur 68 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	105
Figuur 69 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	106
Figuur 70 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	107
Figuur 71 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de scholen. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	108
Figuur 72 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. De grenswaarde is $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).	109
Figuur 73 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. De grenswaarde is $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).	110
Figuur 74 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. De grenswaarde is $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).	111
Figuur 75 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. De grenswaarde is $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).	112
Figuur 76 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie op de locatie van de scholen. De grenswaarde is $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).	113

<i>Figuur 77 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.</i>	114
<i>Figuur 78 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.</i>	115
<i>Figuur 79 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.</i>	116
<i>Figuur 80 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.</i>	117
<i>Figuur 81 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de scholen. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.</i>	118
<i>Figuur 82 : Verdeling verschillende types motorvoertuigen in 2010</i>	120
<i>Figuur 83 : Evolutie aantal personenwagens in België tussen 1930 en 2010</i>	120
<i>Figuur 84 : Jaarlijkse procentuele toename personenwagens tussen 1930 en 2010</i>	121
<i>Figuur 85 : Verdeling reizigerskilometers in het wegverkeer tussen 1970 en 2009</i>	121
<i>Figuur 86 : Verdeling infrastructuur tussen water-, spoor- en autowegen</i>	121
<i>Figuur 87 : Toename reizigerskilometers wegverkeer logaritmisch uitgezet tussen 1970 en 2009</i>	122
<i>Figuur 88 : Aannname zones waarvan verwacht wordt dat Zone 30 wordt ingevoerd.</i>	125
<i>Figuur 89 : Effecten van lokale maatregelen ter hoogte van de Kaaien en Leien</i>	126
<i>Figuur 90 : Aannname zones waarvan verwacht wordt dat via circulatiemaatregelen een verkeersreductie van 10% tegen 2015 kan gerealiseerd worden.</i>	127
<i>Figuur 91 : Aannname wegen waarvan verwacht wordt dat via circulatiemaatregelen een verkeersreductie van 10% tegen 2015 kan gerealiseerd worden.</i>	128
<i>Figuur 92 : Aannname wegen waar een reductie van het vrachtverkeer van 10% wordt verwacht.</i>	130
<i>Figuur 93 : Effecten van vertramming op het autoverkeer</i>	131
<i>Figuur 94 : Reductie autoverkeer bij toepassing van alle mobiliteitsmaatregelen uit maatregelenpakket 1</i>	134
<i>Figuur 95 : Reductie vrachtverkeer bij toepassing van alle mobiliteitsmaatregelen uit maatregelenpakket 1</i>	135
<i>Figuur 96 : Wegencategorisering stad Antwerpen</i>	139
<i>Figuur 97 : Voorbeelden van verschillende bandenprofielen</i>	140
<i>Figuur 98 : Lawaainiveau van een aantal banden vergeleken met de criteria EU-richtlijn</i>	141
<i>Figuur 99 : SPB meting licht voertuig in functie van snelheid op DAB en ZOAB wegdek</i>	142
<i>Figuur 100 : Optimale reducties ten gevolge van. aangepaste wegdektypes in functie van. knelpunteigenschappen</i>	144
<i>Figuur 101 : Bestaande wegdektypes</i>	145
<i>Figuur 102 : Voorgestelde wegdektypeaanpassingen per knelpunt</i>	146
<i>Figuur 103 : L_{den} Blootstelling centrum Antwerpen voor huidige toestand en na maatregelen</i>	148
<i>Figuur 104 : Premetro netwerk Antwerpen (grijze delen zijn afgewerkt in ruwbouw)</i>	149
<i>Figuur 105 : Zicht op een "slapende" premetrotunnel</i>	149
<i>Figuur 106 : Principe van één richting stadsstromen binnen ring/Singel</i>	150
<i>Figuur 107 : Scheiding buurtweg en hoofdweg ter hoogte van de Bolivarplaats</i>	150
<i>Figuur 108 : L_{den} blootstelling studiegebied na toepassing van maatregelen</i>	152
<i>Figuur 109 : Verschil L_{den} blootstelling na toepassing van maatregelen ten opzichte van de huidige toestand</i>	153
<i>Figuur 110 : Blootstelling voor L_{den} boven 70 dB per 100 m knelpunt na maatregelen</i>	154
<i>Figuur 111 : Ring ter hoogte van de Ten Eeckhovenlei in Deurne</i>	155
<i>Figuur 112 : Geluidskaat met en zonder de effecten van de ring</i>	155
<i>Figuur 113 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand met en zonder ring</i>	156
<i>Figuur 114 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand en met maatregelen in studiegebied</i>	156

<i>Figuur 115 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand en met maatregelen op de knelpunten</i>	157
<i>Figuur 116 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand en met maatregelen</i>	158
<i>Figuur 117 : Cumulatief histogram blootstelling voor de gevoelige gebouwen</i>	158
<i>Figuur 118 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand in functie van gevoeligheidscategorieën</i>	159
<i>Figuur 119 : Histogram blootstelling L_{den} model 1 opgesplitst in gevoeligheidscategorieën</i>	159
<i>Figuur 120 : Histogram blootstelling L_{den} en L_{nacht} spoorweglawaai voor de bestaande toestand en met maatregelen</i>	160
<i>Figuur 121 : Blootstelling spoorweglawaai ter hoogte van de Engelselei in Borgerhout</i>	161
<i>Figuur 122 : Blootstelling L_{den} spoorverkeer met maatregelen in detail</i>	162
<i>Figuur 123 : Het verschil in NO_2-concentratie (in %) tussen het pakket 1 en het basisscenario.</i>	166
<i>Figuur 124 : Het verschil in PM_{10}-concentratie (in %) tussen het pakket 1 en het basisscenario.</i>	167
<i>Figuur 125 : Het verschil in $PM_{2,5}$-concentratie(in %) tussen het Pakket 1 en het basisscenario.</i>	168
<i>Figuur 126 : Het verschil in EC-concentratie (in %) tussen het Pakket 1 en het basisscenario.</i>	169
<i>Figuur 127 : De zone waarin de congestion charge en de Low Emission Zone (LEZ) ingesteld wordt in maatregelenpakket 2 (lichtgroen).</i>	170
<i>Figuur 128 : Reductie autoverkeer bij toepassing van alle maatregelen inclusief CC en LEZ</i>	172
<i>Figuur 129 : Reductie vrachtverkeer bij toepassing van alle maatregelen inclusief CC en LEZ</i>	173
<i>Figuur 130 : Histogram blootstelling L_{den} met en zonder CC en LEZ</i>	174
<i>Figuur 131 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand en maatregelenpakket 2</i>	174
<i>Figuur 132 : Histogram blootstelling L_{den} in knelpunten voor bestaande toestand en pakket 2</i>	175
<i>Figuur 133 : De totale emissies over Stad Antwerpen, in % van de emissies van het basisscenario voor de verschillende maatregelenpakketten. CC = Congestion Charge.</i>	177
<i>Figuur 134 : Het verschil in NO_2-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.</i>	179
<i>Figuur 135 : Het verschil in PM_{10}-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.</i>	180
<i>Figuur 136 : Het verschil in $PM_{2,5}$-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.</i>	181
<i>Figuur 137 : Het verschil in EC-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.</i>	182
<i>Figuur 138 : Het verschil in NO_2-concentratie(in %) tussen het pakket 3 en het basisscenario.</i>	186
<i>Figuur 139 : Het verschil in PM_{10}-concentratie(in %) tussen het pakket 3 en het basisscenario.</i>	187
<i>Figuur 140 : Het verschil in $PM_{2,5}$-concentratie(in %) tussen het pakket 3 en het basisscenario.</i>	188
<i>Figuur 141 : De verandering van de gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, in % van zijn blootstelling in het basisscenario, voor de verschillende polluenten.</i>	189
<i>Figuur 142 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor NO_2. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken . Idem voor de groene balken, waarbij de som van de 3 kleuren het verschil aangeeft tussen pakket 3 en het basisscenario.</i>	190
<i>Figuur 143 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor PM_{10}. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken. Idem voor de groene balken, waarbij de som van de 3 kleuren het verschil aangeeft tussen pakket 3 en het basisscenario.</i>	190
<i>Figuur 144 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor $PM_{2,5}$. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken. Idem voor de groene balken, waarbij de som van de 3 kleuren het verschil aangeeft tussen pakket 3 en het basisscenario.</i>	191
<i>Figuur 145 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor EC. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1,</i>	

zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken.	191
Figuur 146 : Kostprijs en reductie blootstelling per knelpunt	193
Figuur 147 : Kostenefficiëntie van aangepaste wegdektypes in knelpunten (knelpunten in volgorde van kostenefficiëntie)	194
Figuur 148 : Kosten voor het programma aangepaste wegdekken (knelpunten in volgorde van kostenefficiëntie)	194
Figuur 149 : Piramide van gezondheidseffecten	197
Figuur 150 : DALY's in functie van aard van blootstelling in Nederland (de Hollander, 2004).	198
Figuur 151 : Hinder in Vlaanderen volgens enquête	199
Figuur 152 : De verdeling van de DALY's over de verschillende categorieën.	201
Figuur 153 : DALY's (totaal) voor de bestaande toestand en na toepassing van maatregelen	203
Figuur 154: Structuur van het lijnbronvolgend grid langs een kort wegsegment. Ieder zwart punt is een roosterpunt.	217
Figuur 155 : De vorming van het puntbronvolgend grid. Iedere blauwe bol stelt een roosterpunt voor terwijl de zwarte bol een rapporteringsplichtige geleide industriële puntbron voorstelt.	218
Figuur 156 : Het gebruikte grid. Ieder zwart puntje stelt een roosterpunt voor. De lichtblauwe zone is Stad Antwerpen.	220
Figuur 157 : Een onderdeel van het gebruikte grid. Ieder zwart puntje stelt een roosterpunt voor. De lichtblauwe zone is Stad Antwerpen.	221
Figuur 158 : De verschillende stappen in de koppeling tussen de achtergrondconcentraties en IFDM.	224
Figuur 159 : Het IFDM street canyon-rooster (blauw voor de punten binnen een street canyon, rood voor de punten buiten een street canyon). Alleen op de blauwe punten wordt de IFDM-street canyon module toegepast.	231
Figuur 160 : Een deel van het IFDM street canyon-rooster (blauw voor de punten binnen een street canyon, rood voor de punten buiten een street canyon). Alleen op de blauwe punten wordt de IFDM street canyon module toegepast.	232
Figuur 161 : Een voorbeeld van de IFDM-street canyon koppeling. Op het IFDM street canyon-punt (blauwe bol) met bijbehorende breedte B (blauwe pijl, afgeleid uit de preprocessor en de locaties van de gebouwen: blauwe rechthoeken) wordt bepaald welke wegen (rode lijnen) er binnen de street canyon ter hoogte van het IFDM street canyon-punt passeren. Daarvoor wordt gekeken naar één breedte van de street canyon aan beide kanten van de weg.	233
Figuur 162 : Geluidsmetingen passages lichte voertuigen in functie van banden en wegdektype	238
Figuur 163 : Resultaten geluidsproductie voor enkele wegdekken in ontwikkeling	243
Figuur 164 : Toegepaste gewichten voor de bepaling van de DALY's	244
Figuur 165 : Bepaling van DALY's per blootstellingsklasse voor basisscenario	244
Figuur 166 : Bepaling van DALY's per blootstellingsklasse voor maatregelenpakket 1	244
Figuur 167 : Bepaling van DALY's per blootstellingsklasse voor maatregelenpakket 2	245
Figuur 168 : Jaargemiddelde NO ₂ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 1 (2015) (in µg/m ³). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 µg/m ³ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 µg/m ³ .	247
Figuur 169 : Jaargemiddelde NO ₂ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 2 (2015) (in µg/m ³). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 µg/m ³ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 µg/m ³ .	248
Figuur 170 : Jaargemiddelde NO ₂ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 3 (2015) (in µg/m ³). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 µg/m ³ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 µg/m ³ .	249

- Figuur 171 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 1 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 250
- Figuur 172 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 251
- Figuur 173 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 3 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 252
- Figuur 174 : Jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 1 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 21 en kleiner dan $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 253
- Figuur 175 : Jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 21 en kleiner dan $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 254
- Figuur 176 : Jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 3 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 21 en kleiner dan $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 255
- Figuur 177 : Jaargemiddelde EC-concentratiekaart voor het maatregelenpakket 1 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 1,5 en kleiner dan $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 256
- Figuur 178 : Jaargemiddelde EC-concentratiekaart voor het maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 1,5 en kleiner dan $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. _____ 257

LIJST VAN AFKORTINGEN

Δ1%	Afstand waarop een ongeval nog 1% letaliteit onder de blootgestelde personen (onbeschermd en ter plaatse blijvend) kan teweegbrengen.
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
AMINABEL	Afdeling Algemeen Milieu- en Natuurbeleid, een van de afdelingen van het vroegere AMINAL
AMINAL	Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, vroegere benaming van de Vlaamse administratie leefmilieu, nu LNE
AMORAS	Antwerpse Mechanische Ontwatering, Recyclage en Applicatie van Slib
AROHM	Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting en Monumenten en Landschappen (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap), vroegere benaming van de gewestelijke administratie bevoegd voor ruimtelijke ordening, nu RWO
ARP	Afdeling Ruimtelijke Planning (van AROHM)
ARPS	Advanced Regional Prediction System, een programma voor meteorologische voorspellingen en analyses
As	Arseen, een zwaar metaal
AURORA	Air quality modeling in Urban Regions using an Optimal Resolution Approach, Mensink et al. (2001): een dispersiemodel gebruikt voor de berekeningen van de luchtkwaliteit, vooral op stedelijke schaal
AWV	Administratie Wegen en Verkeer, departement LNE, Vlaamse overheid
AWZ	Administratie Waterwegen en Zeewezen
BATNEEC	Best available technology not entailing excessive costs (beste beschikbare techniek zonder overdreven kosten)
BBT	Beste beschikbare techniek
BeLEUROS	Belgische versie van EUROS 'European Operational Smog model' (Deutsch et al., 2008a; 2008b; 2009): een dispersiemodel gebruikt voor de berekeningen van de luchtkwaliteit, vooral op regionale en continentale schaal
BPA	Bijzonder plan van aanleg
BS	Belgisch Staatsblad
BWK	Biologische waarderingskaart
CC	Congestion Charge, of congestietaks
Cd	Cadmium, een zwaar metaal
Cel VR	Cel Veiligheidsrapportering die deel uitmaakte van de afdeling AMINABEL en nu Dienst Veiligheidsrapportering heet, is een afdeling van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (zie http://www.mina.be/vr.html)
CH ₄	Methaan, een krachtig broeikasgas
CO	Koolstofmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide, een belangrijk broeikasgas
DABM	Decreet van 5 april 1995 houdende Algemene Bepalingen inzake Milieubeleid
DALY	Disability Adjusted Life Year, of 'verloren gezond levensjaar'
dB	Decibel, is de eenheid van een logaritmische grootte en is een uitdrukking

	voor de geluidssterkte
DIN	Deutsches Institut für Normung
DOV	Databank ondergrond Vlaanderen
DRO	Decreet Ruimtelijke Ordening – Decreet houdende de organisatie van de ruimtelijke ordening van 18 mei 1999 (BS 8 juni 1999), gewijzigd bij de decreten van 28.09.1999, 22.12.1999, 26.04.2000, 8.12.2000, 13.07.2001, 1.03.2002, 8.03.2002, 19.07.2002, 28.02.2003, 4.06.2003 en 21.11.2003.
EC	Elemental Carbon (elementair koolstof): een fractie van fijn stof, vooral afkomstig van dieseluitletgasen.
EC	Europese Commissie
EEA	European Environment Agency, het Europees Milieuagentschap
EG	Europese Gemeenschap
EPA	U.S. Environmental Protection Agency, de tegenhanger van het EEA.
EU	Europese Unie
FOD	Federale Overheidsdienst
GIS	Geografisch informatiesysteem
GNOP	Gemeentelijk natuurontwikkelingsplan
GR	Groepsrisico, is de kans, per jaar, dat een aantal personen in de omgeving gelijktijdig omkomen door zware ongevallen binnen de bestudeerde onderneming. Het groepsrisico wordt uitgedrukt door middel van een fN-curve, ook groepsrisicocurve genoemd (zie 'fN-curve')
GRUP	Gewestelijk Ruimtelijk UitvoeringsPlan
HST	Hoge snelheidstrein
IFDM	Immission Frequency Distribution Model, a plume dispersion model (Lefebvre et al., 2011a)
IHZ	Ischemische hartziekte
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg Austria
IR	Individueel risico, is de kans per jaar dat een persoon omkomt ten gevolge van zware ongevallen in de bestudeerde inrichting, uitgaande van de veronderstelling dat deze persoon permanent en totaal onbeschermd aanwezig is op een bepaalde plaats in de omgeving van de betrokken inrichting.
IRC	Individueel risico contour. Lijn op een kaart die punten van gelijk individueel risico verbindt
ISA	Intelligente snelheidsadaptatie
ISO	International standard organisation
KB	Koninklijk Besluit
KLM	Koninklijke luchtvaartmaatschappij
KMO	Kleine en middelgrote ondernemingen
KTD	Kortetermijndoelstelling
L _{Aeq}	Equivalent A-gewogen geluidsniveau. Het L _{Aeq} is een fictief constant geluidsniveau dat dezelfde geluidsenergie inhoudt als het werkelijke fluctuerende geluid gedurende een bepaald tijdsverloop. In deze geluidmaat zijn over een periode variërende geluidsniveaus uitgemiddeld tot één waarde. Zowel de hoogte als het verloop van het geluidsniveau spelen hierbij een rol. De A-weging houdt rekening met de gevoeligheid van het menselijk oor voor de

	toonhoogte van het geluid. De eenheid wordt gegeven in dB(A).
LEZ	‘Low Emission zone’ of ‘Lage-emissiezone’, een zone binnen een bepaald gebied, dat voor sommige wagens en/of vrachtwagens ontoegankelijk is op basis van milieucriteria
LHT	Liefkenshoekspoortunnel
LIN	Departement Leefmilieu en Infrastructuur, een vroeger departement van de Vlaamse milieuadministratie, sommige bevoegdheden van het oude departement LIN zijn terechtgekomen in de Agentschappen nv De Scheepvaart en nv Waterwegen en Zeekanaal.
LHRMG	Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu en Gezondheid van LNE
LNE	Departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse overheid
LTD	Langetermijndoelstelling (ook duurzaamheidsdoelstelling)
MB	Ministerieel besluit
MER	Milieueffectrapport
MIMOSA	Milieu Impact MOdule voor de Stad Antwerpen, het verkeersemissemiddel gebruikt door VITO (Mensink et al., 2000; Vankerkom et al., 2009). In tegenstelling tot wat de naam laat vermoeden wordt het model tegenwoordig tot ver buiten de Stad Antwerpen toegepast
MIRA	Milieu- en Natuurrapport Vlaanderen
MLTD	Middellangetermijndoelstelling
MMM	De multi-modale modellen: het verkeersmodel gebruikt door het Vlaams Verkeerscentrum
NGI	Nationaal Geografisch Instituut
NIS	Nationaal Instituut voor Statistiek, heet nu officieel Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie van de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie
NMVOS	Niet-methaan vluchtige organische stoffen: alle VOS behalve methaan
NO _x	Stikstofoxiden
NO	Stikstofmonoxide
NO ₂	Stikstofdioxide
OC	Organic carbon (organische koolstof), een deel van fijn stof
OSPM	Operational Street Pollution Model: box-model voor street canyons (Berkowicz, 1997)
OVAM	Openbare Vlaamse afvalstoffenmaatschappij
OVR	Omgevingsveiligheidsrapport
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
Pb	Lood
PCB	Polychloorbifenylen
PM	Particulate matter, fijnstof
PM ₁₀	de fractie fijnstof met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 µm
PM _{2,5}	de fractie fijn stof met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm
PM _{0,1}	de fractie fijn stof met een aerodynamische diameter kleiner dan 0,1 µm, ook bekend als ultra fijn stof (UFP)
PM _{coarse}	de fractie fijn stof met een aerodynamische diameter tussen 10 en 2,5 µm, ook

	bekend als de fractie “grof stof”
QRA	Kwantitatieve risicoanalyse (<i>Quantitative risk analysis</i>)
QALY	Quality Adjusted Life Year, ‘gewonnen gezond levensjaar’
RID	Règlement International concernant le transport des marchandises Dangereuses par chemins de fer.
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (Nederland)
RIO	Residual Interpolation optimized for Ozone: een interpolatiemodel voor metingen, oorspronkelijk ontwikkeld voor ozon, later uitgebreid voor andere pollutanten (Janssen et al., 2008)
RO	Ruimtelijke Ordening
RSV	Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen
RUP	Ruimtelijk uitvoeringsplan
RVR	Ruimtelijk veiligheidsrapport
RVT	Rust- en verzorgingstehuis
RWO	Departement Ruimtelijke Ordening, Woonbeleid en Onroerend Erfgoed van de Vlaamse overheid
SBR	Stichting Bouwresearch
SLO	Schriftelijk leefomgevingsonderzoek
s-RSA	Strategisch Ruimtelijk Structuurplan Antwerpen
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast–natuurwetenschappelijk onderzoek
UA	Universiteit Antwerpen
UFP	Ultra Fine Particles, de fractie fijn stof met een aerodynamische diameter kleiner dan 0,1 µm
VCE	Gaswolkexplosie (<i>Vapour Cloud Explosion</i>)
VEN	Vlaams ecologisch netwerk
VHA	Vlaams hydrografische atlas
VITO	Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek
VLAREBO	Vlaams reglement betreffende de bodemsanering
VLAREM	Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning met de vergunnings-procedures (Vlarem I) en de uitbatingsvoorwaarden (Vlarem II)
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VOS	Vluchtige Organische Stoffen, (<i>Volatile Organic Compounds</i> (VOC))
VR	Veiligheidsrapport
VROM	(Nederlands ministerie van) volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieu
VVC	Vlaams verkeerscentrum
WHO	World Health Organization, de WereldGezondheidsOrganisatie (WGO), een sturende en coördinerende autoriteit binnen de Verenigde Naties gevestigd in Genève
ZOA	Zeer open asfalt

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

1.1. CONTEXT

Het Antwerpse stadsbestuur gaf VITO en Technum Tractebel Engineering (met afdelingen TRITEL en DBA-Consult voor het mobiliteits- en geluidsaspect) de opdracht om de effecten van mogelijke maatregelen door te rekenen in functie van de verbetering van de luchtkwaliteit en de beheersing van de geluidshinder in de stad Antwerpen.

In de afgelopen twee decennia werd steeds duidelijker dat hoge concentraties luchtverontreinigende stoffen en blootstelling aan overmatig geluid een negatieve invloed kunnen hebben op de gezondheid van mensen. Beide omgevingsfactoren kunnen ondermeer chronische luchtwegklachten, hoge bloeddruk en hartklachten veroorzaken. Daarnaast tasten slechte lucht en lawaai de milieukwaliteit van natuur- en rustgebieden aan.

Inzake luchtkwaliteit werden verschillende Europese richtlijnen op 11 juni 2008 in een geïntegreerde richtlijn samengebundeld. De bestaande normen in verband met onder andere fijn stof en stikstofdioxide (NO₂) bleven van kracht, maar zijn ook verder verscherpt tegen 2010, 2015 en 2020.

Voor fijn stof diende België al eerder een derogatieverzoek in met de bedoeling pas tegen 2011 de nodige uitvoeringsmaatregelen te kunnen treffen om aan de opgelegde grenswaarden te voldoen. Dat verzoek werd afgewezen. Nu wordt ook gebruik gemaakt van de mogelijkheid om tot 2015 uitstel te verkrijgen in verband met het voldoen aan de vooropgestelde grenswaarde voor NO₂. De goedkeuring van deze aanvraag is op dit moment (maart 2011) nog onzeker.

Met de richtlijn 2002/49/EG van het Europese Parlement en de Raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai (gepubliceerd op 18.07.2002) wordt gestreefd naar een gemeenschappelijke Europese aanpak bij voorkomen of verminderen van gezondheidsschadelijke effecten door blootstelling aan omgevingslawaai.

De richtlijn is via VLAREM omgezet in Vlaamse regelgeving (BVR van 22.07.2005). Met ondersteuning van de Vlaamse overheid werden strategische geluidbelastingkaarten voor de agglomeratie Antwerpen opgemaakt. De Vlaamse milieudministratie stelde ook een tussentijds actieplan op, waarin bestaande maatregelen zijn opgenomen en een aanzet is gegeven om nieuwe of aangepaste maatregelen uit te werken.

De Antwerpse regio (stad en haven) wordt beschouwd als een knelpuntgebied op het vlak van milieukwaliteit. Recente studies geven voor de voorbije twintig jaar een gunstige trend aan. Een toename van de verkeersdruk in en om de stad zorgt wel voor een bijkomende impact op de luchtkwaliteit en het geluidsniveau. De ambitie van de Vlaamse overheid om inzake luchtkwaliteit tegen 2020 tot de Europese economische topregio's te behoren, vooronderstelt een afname van de

gemiddelde jaarconcentratie aan fijn stof (PM_{10}) met minstens 25% tegenover de waarden van 2007 en een drastische vermindering van de jaargemiddelde concentratie van $PM_{2,5}$ tot $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Door een screening en punctuele bijsturing van bronnen die NO_2 in de stedelijke omgeving uitstoten, moet de mogelijke overschrijding van de Europese grenswaarde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vermeden worden.

Het aantal ernstig gehinderden door verkeerslawaaai moet tegen 2020 met 15% verminderen.

Extra inspanningen zullen nodig zijn om bestaande normen en vooruitgeschoven streefwaarden te kunnen halen.

De stad Antwerpen wil op basis van deze studie een geïntegreerd actieplan ontwikkelen, waarbij er zowel voor de beheersing van geluidshinder als voor de verbetering van de luchtkwaliteit kostenefficiënte maatregelen geselecteerd worden. Een en ander kadert in de visie op een duurzame stad, waar het beleid goedonderbouwde beslissingen kan treffen om de gesignaleerde problemen maximaal te reduceren.

1.2. DOELSTELLING STUDIE

Deze opdracht omvat het optimaliseren van een geïntegreerde maatregelenlijst voor de verbetering van de luchtkwaliteit en de beheersing van geluidshinder in het kader van:

- a) de richtlijn omgevingslawaaai (richtlijn 2002/49/EG van het Europees parlement en de raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaaai);
- b) de Europese kaderrichtlijn luchtkwaliteit (de richtlijn 96/62/EG van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit) en de bijhorende dochterrichtlijnen, herzien en geïntegreerd in de richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa.

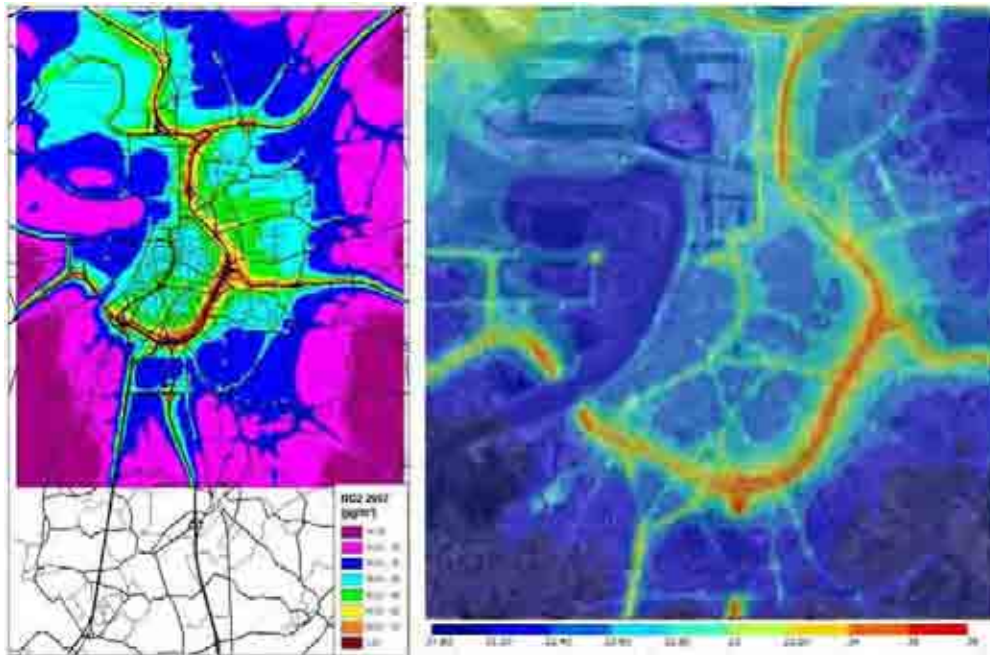
De opzet is tweeledig:

- Het oplijsten en analyseren van mogelijke maatregelen in verband met de verbetering van de luchtkwaliteit, gefocust op fijn stof en NO_x , en de beheersing van geluidshinder concreet toepasbaar op het studiedomein, de agglomeratie Antwerpen
- Het uitwerken van een geoptimaliseerd scenario met opgave van de meest haalbare, effectieve en kostenefficiënte maatregelen ter ondersteuning van het lokale hinderbeleid in het kader van bovenvermelde Europese richtlijnen

1.3. ACTUELE SITUATIE EN RAAKVLAKKEN MET ANDERE PLANNEN

Reeds meerdere jaren is de Stad Antwerpen heel actief bezig met de voorbereiding om zowel de luchtkwaliteits- als geluidshinderproblematiek intensief aan te pakken. De laatste jaren werden er meerdere detailstudies uitgevoerd op beide aspecten. Op het gebied van luchtkwaliteit worden de

haven van Antwerpen en de stad Antwerpen gekenmerkt door verhoogde concentraties van luchtverontreinigende stoffen, meer bepaald voor de pollutanten PM en NO₂.



Figuur 1 : Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor het referentiejaar 2007 (links) en jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor het referentiejaar 2006 (in µg/m³)(rechts)

De luchtkwaliteit is de voorbije decennia geleidelijk aan verbeterd door een combinatie van Europese en Vlaamse maatregelen, maar de geldende luchtkwaliteitsnormen worden nog niet gehaald. Bovendien zorgen verdere industriële en stedelijke ontwikkelingen en daarmee verbonden toename van het verkeer voor een bijkomende belasting van de luchtkwaliteit die de al doorgevoerde verbeteringen deels teniet kunnen doen. Door de negatieve gezondheidseffecten voor beide pollutanten, staat de problematiek bij zowel de Vlaamse overheid als het havenbestuur en de stad Antwerpen hoog op de agenda.

Een aantal pollutanten uit de Europese richtlijnen betreffende luchtkwaliteit (zoals benzeen en arseen) maakt geen deel uit van deze studie. Opgemerkt wordt dat de VMM deze en andere pollutanten (PAK's, dioxines, VOS, ...) opvolgt via een meetnet.

Dit onderzoek heeft raakvlakken met andere studies en actieplannen en bouwt voor het gedeelte lucht voort op de Mobilee-studie van VITO (inclusief luchtkwaliteitskaarten, zie Figuur 1) die in opdracht van stad Antwerpen werd uitgevoerd (juni 2009) en op andere studies en actieplannen zoals:

- actieplan fijn stof en NO₂ voor het havengebied en de stad Antwerpen (LNE)
- De LowEmmissionZone-studie (LNE)
- Uitstelaanvraag NO₂ (LNE)

Inzake geluid toont ook de geluidkaart van Antwerpen (studie uitgevoerd door SGS, december 2009) een hoge geluidsbelasting voor veel inwoners in dit dicht stedelijk gebied (zie Figuur 2 L_{den} wegverkeer hieronder). Meer dan 11% van de bewoners ervaart een etmaalgeluidsbelasting (L_{den}) boven 70 dB(A) wat als “maximum aanvaardbare blootstelling” zou kunnen gelden bij het bepalen van beleidsprioriteiten betreffende geluid van wegverkeer. Bijna 20% van de mensen heeft een geluidsbelasting boven 60 dB(A) die als maximum tijdens de nacht mag aangenomen worden. Meer dan 60 000 mensen worden beschouwd als ernstig gehinderd op etmaalbasis en 30 000 mensen hebben te lijden onder ernstige slaapverstoring. Dit toont de acute noodzaak aan van maatregelen om deze situatie te verbeteren.



Figuur 2 : Geluidkaart uit studie “Ondersteunende maatregelen lawaai agglomeraties Vlaams Gewest”

Voor beide disciplines kan men specifieke maatregelen voorzien. Sommige maatregelen echter hebben een effect op de emissie van geluid en luchtverontreinigende stoffen én zijn aangewezen om bij voorkeur toegepast te worden op plaatsen of in gebieden waar beide milieueffecten (lucht en geluid) ongunstig zijn.

Ook op het gebied van omgevingslawaai zijn er raakvlakken met bestaande actieplannen:

- het actieplan geluid dat door de Vlaamse overheid werd opgesteld
- de maatregelen die ter vermindering van het omgevingslawaai voor de agglomeratie Gent en Antwerpen zijn opgemaakt

Er werd voor dit onderzoek ook gebruik gemaakt van de geluidskarten voor het Antwerpse havengebied (studie van AIB-Vinçotte, najaar 2010). Een integratie van de stedelijke geluidskarten (studie van SGS, najaar 2009 met aanvulling in het voorjaar 2010) werd gerealiseerd, zodat ook het district Berendrecht-Zandvliet-Lillo mee gemodelleerd kon worden.

1.4. SAMENWERKING VITO EN TECHNUM TRACTEBEL ENGINEERING

De keuze van de partners is erop gericht maximaal voordeel te kunnen halen uit de kennis die bestaat om aan de doelstellingen van het project te voldoen. De samenwerking die hier wordt voorgesteld omvat een welomlijnde keuze van twee experts: Technum Tractebel Engineering met de afdelingen TRITEL en DBA-Consult, verder kortweg TTE genoemd, voor het geluids- en mobiliteitsaspect en VITO voor het luchtkwaliteitsaspect. Zij hebben de handen in elkaar geslagen om de voorstellen voor een geïntegreerd actieplan op te maken:

- **Geluid:** TTE heeft het volledige luik geluid uitgevoerd. Het ingenieursbureau beschikt over een rekenmodel met alle wegen en gebouwen in Antwerpen met opgave van intensiteiten en bewoners. Dit model wordt gebruikt bij geluidsberekeningen, uitgevoerd met het IMMI-programma van Wölfel. Deze studie sluit trouwens naadloos aan bij een lopende studie die TTE voor het Vlaams gewest uitvoert in Antwerpen, én die als basis dient voor de huidige studie.
- **Lucht:** VITO heeft een jarenlange ervaring op het vlak van het in kaart brengen en modelleren van de luchtkwaliteit op lokale, stedelijke en regionale schaal.

VITO ontwikkelt zelf emissie –en luchtkwaliteitmodellen (IFDM, IFDM-traffic, AURORA, ENVI-Met, OVL, SMOGSTOP, RIO, E-Motion, ...) of past bestaande modellen aan voor de Vlaamse situatie (OPS, BeIEUROS). VITO heeft een gedegen algemene kennis van de emissies naar de lucht en de luchtkwaliteit in Vlaanderen en van de bijdrage hieraan van het verkeer, zowel regionaal als lokaal.

VITO was opdrachthouder van de Mobileestudie (Van Poppel *et al*, 2009) in opdracht van de stad Antwerpen, waarbij zowel een basisscenario (2006) als twee toekomstscenario's (2015) werden doorgerekend. Ook was VITO de uitvoerder van de "IMMI2" studie en de studie "uitstelaanvraag NO₂ Vlaanderen" (beide rapporten werden geschreven in opdracht van LNE), waarin de agglomeratie Antwerpen speciale aandacht krijgt.

- **Mobiliteit:** als ondersteunende dienst in dit project heeft TTE de nodige kennis in huis voor het verkeerskundig aspect, aangezien het schatten van het effect van een aantal verkeerskundige ingrepen of het zelf voorstellen van gewenste verkeerskundige ingrepen, een belangrijk deel uitmaakt van de opdracht.

Zowel VITO als TTE voerden in het eigen gebied van expertise al meerdere studies uit binnen de agglomeratie Antwerpen en beschikten daardoor over een grondige terreinkennis, waardoor ook de hoeveelheid inputgegevens om mee te starten aanzienlijk was.

HOOFDSTUK 2. METHODOLOGIE

Voordat het plan van aanpak en de studieresultaten besproken worden, is het belangrijk om een aantal belangrijke aannames tijdens deze studie en de gevolgde methodologie voor zowel de geluidshinderberekeningen als de luchtkwaliteitmodellering toe te lichten.

We verwijzen ook naar enkele referentiestudies en lijsten de verschillen in methode op, wat belangrijk kan zijn als studies onderling vergeleken worden.

2.1. AANNAMES EN METHODOLOGIE VOOR GELUID

Het doel voor het deel 'geluidshinder' is de bestaande knelpunten op te lossen door stedenbouwkundige maatregelen (afschermende bebouwing), verkeersmaatregelen (verkeerscirculatie, instellen éénrichtingsverkeer, ...) of technische maatregelen (zoals geluidsschermen) te nemen.

Het onderdeel geluidsmaatregelen voor het geïntegreerd actieplan wordt opgesteld conform alle bepalingen van de EU-richtlijn omgevingslawaai (Richtlijn 2002/49/EC)². Het actieplan bevat de uitgangspunten en het afwegingskader voor de keuze van lokale maatregelen.

Op basis van de algemene beschrijvingen wordt aangegeven welke maatregelen genomen kunnen worden:

- maatregelen aan de bron (vermindering van de geluidsproductie);
- maatregelen in de overdracht (vermindering van de hoeveelheid geluid die de bewoning bereikt);
- maatregelen bij de ontvanger (gevelisolatie).

Welke maatregel het meest aangewezen is, is afhankelijk van de concrete situatie.

2.1.1. VAN GELUIDSKAART TOT ACTIEPLAN

De Europese richtlijn is van toepassing op omgevingslawaai waaraan mensen worden blootgesteld in bebouwde omgevingen, publieke parken en stille plaatsen én in de nabijheid van scholen, ziekenhuizen, kinderopvang, RVT's (Rust- en verzorgingstehuizen) en andere geluidsgevoelige gebouwen en gebieden.

Bij de bepaling van deze impact vormen de al opgestelde geluidskaarten uit de studie "Ondersteunende maatregelen lawaai agglomeraties Vlaams Gewest" enkel het uitgangspunt voor

² De richtlijn werd in de Vlaamse milieuwetgeving (Vlaem) opgenomen via het Besluit van de Vlaamse Regering van 22 juli 2005 (B.S. van 31/08/2005).

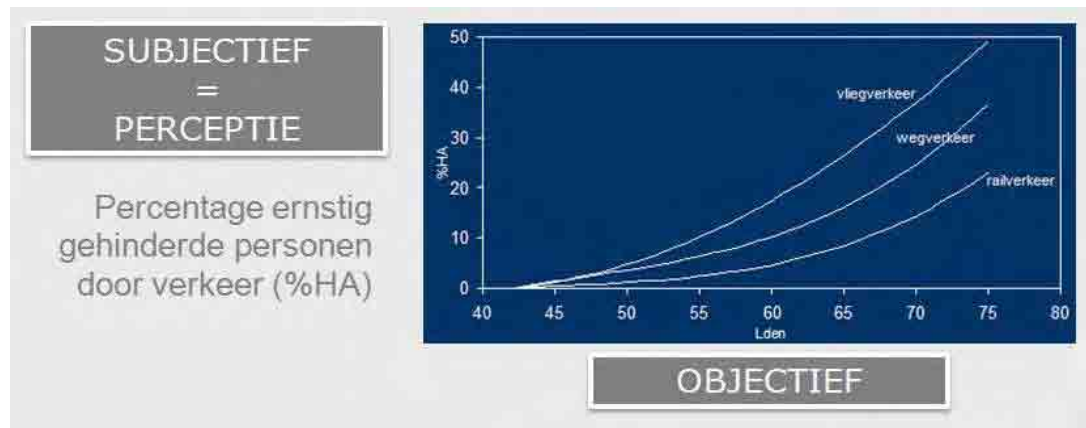
de beoordeling van de hinder naar de personen toe. De geluidskaarten zijn echter niet voldoende om deze hinder te begroten. Hiervoor wordt er vooral gewerkt met de gevelbelastingen op de bewoonde gebouwen en het aantal inwoners in deze gebouwen. Het spreekt voor zich dat de totale hinder in een bepaald deelgebied groter wordt naargelang het optredende geluidniveau en de lokale bevolkingsdichtheid groter is. Denk voor de invloed van de bevolkingsdichtheid bijvoorbeeld aan het verschil tussen de binnenstad én het havengebied.



Figuur 3 : Van geluidskaart tot actieplannen

Om tot concrete en doelgerichte actieplannen te kunnen komen dient men de gebieden met hoge concentratie van hinder prioritair aan te pakken met maximaal resultaat en efficiëntie van de gebruikte middelen. Hiervoor moet een aantal bewerkingen uitgevoerd worden op de resultaten uit de geluidskaarten.

De subjectieve ervaring speelt hierbij een belangrijke rol. Een groter deel van de mensen blootgesteld aan een bepaald geluidsniveau zal zich gehinderd voelen indien dit geluidsniveau hoger is. Het percentage ernstig gehinderden (% 'Highly Annoyed') is hoger in deze groep. Merk echter wel op dat een aantal mensen zich reeds gehinderd voelt bij lagere geluidsniveaus vanaf 50 of 55 dB voor L_{den} . Dit heeft het effect, zoals verderop duidelijker wordt, dat de hoogste bijdragen in het totaal aantal ernstige gehinderden niet wordt bepaald door de groep personen die de hoogste gevelbelasting hebben maar eerder door het grote aantal mensen dat aan "matige" niveaus worden blootgesteld. Om hierop een effect te bereiken, moeten alle bronnen over het gehele gebied verminderen.



Figuur 4 : Subjectieve waarneming als functie van objectieve grootheden

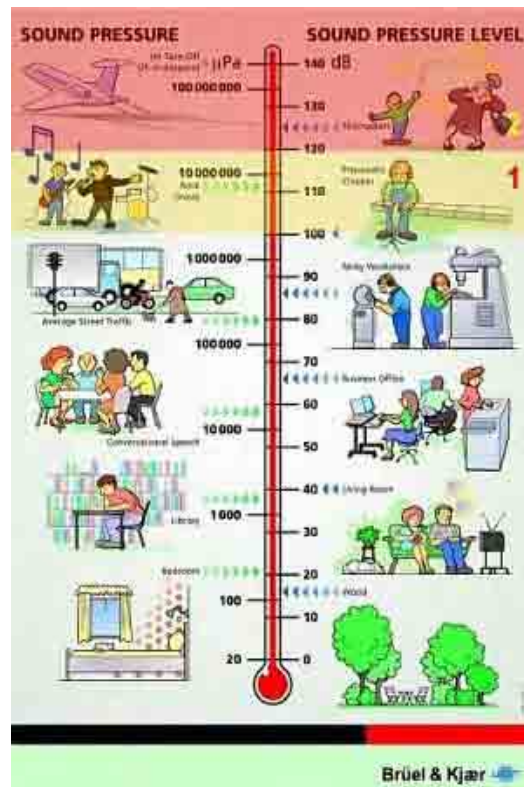
Daarentegen wordt een deel van de mensen blootgesteld aan hoge geluidsniveaus die de levenskwaliteit en het comfort aanzienlijk verminderen, en dat kan zelfs leiden tot verhoogde stressfenomenen en gezondheidsklachten. Het is deze groep personen die prioritair aangepakt moet worden, in de eerste plaats daar waar de hoogste concentraties zijn (= prioritering).

Een praktisch handboek afgeleid uit het Europese SILENCE³ project vermeldt nog als aandachtspunten de review van limietwaarden, een consultatie en betrokkenheid van het brede publiek, het vastleggen van geluidsreducerende maatregelen en langetermijnstrategieën die opgevolgd en gerapporteerd moeten worden. Het huidige plan is daarom opgesteld in een langetermijnvisie maar wordt herzien om de vijf jaar, een eerste maal in 2015.

2.1.2. GELUIDSWAARNEMING

In eerste instantie wordt er steeds gewerkt met het geluidsniveau waaraan een persoon wordt blootgesteld. Dit geluidsniveau wordt aangeduid met de eenheid dB (decibel) aangezien het gehoor een logaritmische gevoeligheid heeft. Dit begrip wordt dikwijls nog eens uitgebreid naar dB(A), waarbij een A-weging wordt toegepast, die representatief is voor de gevoeligheid van het menselijke gehoor dat diverse frequenties anders waarneemt.

³ Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans - Recommendations from the SILENCE project, SILENCE is an Integrated Project co-funded by the European Commission under the Sixth Framework Programme for R&D, Priority 6 Sustainable Development, Global Change and Ecosystems



Figuur 5 : Indicatie van typisch voorkomende geluidsniveaus

Figuur 5 geeft reeds indicatief weer welke geluidsniveaus men in enkele typische situaties kan verwachten. Wel is het zo dat een bepaald geluidsniveau dikwijls moeilijk in te schatten is. Het is echter belangrijk het te weten aangezien het bepaalde verwachtingen creëert. Daarom wordt een volgende tabel gegeven met de te verwachten geluidsniveaus⁴ op een bepaalde afstand van een weg binnen een tijdsduur van een L_{Aeq} van één uur.

$L_{Aeq,1h}$	Personen-wagens/uur	Lichte vracht-wagens/uur	Zware vracht-wagens/uur	snelheid	afstand
55 dB(A)	73	16	8	50 km/u	8 m
55 dB(A)	82	25	12	70 km/u	16 m
55 dB(A)	356	145	73	100 km/u	128 m
70 dB(A)	2336	512	256	50 km/u	8 m
70 dB(A)	2624	800	384	70 km/u	16 m
70 dB(A)	11392	4640	2336	100 km/u	128 m
Ring (± 71 dB(A) op 100 m)	11500	650	2100	100 km/u	50 – 200 m
Turnhoutsebaan (± 68 dB(A))	1300	40	10	50 km/u	8 m

Tabel 1 : Geluidsniveaus gegenereerd door wegverkeer

⁴ De waarden zijn geldig in open veld (dus geen tussenliggende obstakels), in een vlakke omgeving (geen heuvels of dalen) en aan een reflecterende gevel.

Op een afstand van 8 m van de rijweg, dus binnenstedelijk, waar ruwweg één auto per minuut aan 50 km/u voorbij rijdt (een hele kalme weg dus) heeft men al een geluidsniveau van 55 dB(A) op uurbasis.

Eenzelfde waarde verkrijgt men indien één lichte vrachtwagen om de vier minuten voorbijkomt, of één zware vrachtwagen (of bus) om de 7,5 minuten. Op een grotere afstand van een weg, neem 128 m, wordt opnieuw 55 dB(A) opgetekend als 350 auto's (één om de 10 seconden) voorbijrijden aan 100 km/u.

De tabel geeft ook het aantal voertuigen weer om 70 dB(A) te bereiken. Op die manier genereert, als voorbeeld, de ring met de voertuigsamenstelling zoals aangegeven een waarde van 71 dB(A) op 100 m afstand. Maar ook ter hoogte van de Turnhoutsebaan heeft wordt op 8 m afstand al 68 dB(A) bereikt.

Het verschil tussen 55 en 70 dB(A) is misschien "maar" 15 dB, maar op een logaritmische schaal geeft dat een groot verschil. Men behaalt een verschil van 3 dB indien:

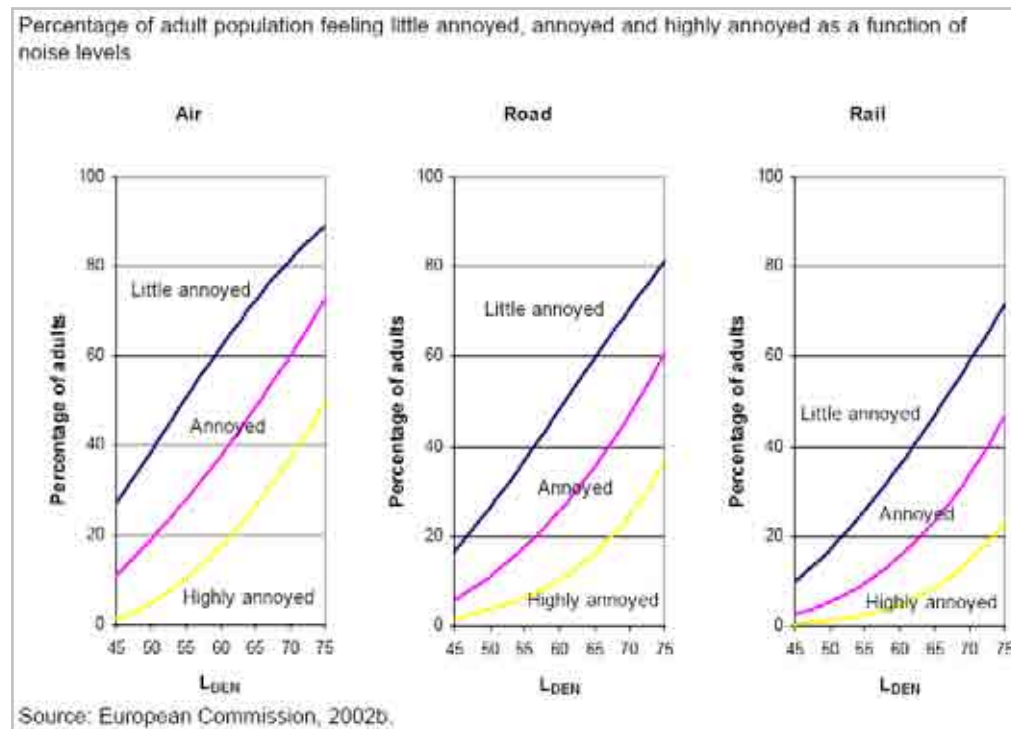
- het aantal voertuigen halveert
- de afstand ten opzichte van de bron verdubbelt
- de snelheid van personenwagens vermindert van 70 naar 50 km/u
- de snelheid van lichte vrachtwagens halveert van 100 naar 50 km/u
- de snelheid van zware vrachtwagens halveert van 100 naar 50 km/u

Twee gelijke akoestische bronnen optellen verhoogt de waarde met 3 dB. Voor drie gelijke bronnen wordt dit +5 dB.

Uit deze cijfers wordt duidelijk dat het verschil tussen 55 en 70 dB(A) zéér groot is. Dit betekent een factor 32 in bijvoorbeeld aantal voertuigen of afstand ten opzichte van de bronnen. Met de criteria wordt dus best niet lichtzinnig omgesprongen.

2.1.3. OBJECTIEF GELUID VERSUS SUBJECTIEVE HINDER

Bij de berekeningen en de evaluatie van de resultaten wordt in eerste instantie gekeken naar het geluidsniveau waaraan een persoon is blootgesteld. Maar niet elke persoon vindt een gegeven geluidsbelasting even hinderlijk. Er zal maar voor elk geluidsniveau een deel van de personen zich gehinderd voelen. Naarmate het geluidsniveau hoger is zal dat een groter aandeel zijn. Deze gevoeligheid van een groep personen wordt schematisch voorgesteld in de zogenaamde Miedema curves. Ook is het zo dat het geluidsniveau dat als hinderlijk wordt beschouwd verschillend is voor elk type bron (zie Figuur 6 voor vlieg-, spoor- en wegverkeer). Typisch wordt een "bonus" van 5 dB gegeven aan spoorweglawaai in vergelijking met wegverkeer om rekening te houden met het feit dat eenzelfde geluidsniveau als minder storend wordt ervaren bij spoorweglawaai. Voor industrielawaai is zulke curve niet voorhanden.



Figuur 6 : Perceptie van hinder in functie van brontype (Miedema) op basis van L_{den}

2.1.4. MILIEUKWALITEITSNORMEN

Wat betreft de milieukwaliteitsnormen voor omgevingslawaai ten gevolge van weg- en spoorwegverkeer baseert men zich, voor een bestaande situatie, op een significant percentage blootgestelden die ernstig gehinderd of ernstig slaapverstoord zijn. Voor een significant percentage neemt men ongeveer 20 à 25%⁵.

Brontype	Situatie	Gedifferentieerde milieukwaliteitsnormen	
		L_{den} [dB(A)]	L_{night} [dB(A)]
Hoofd- en primaire wegen	nieuwe wegen	60	50
	bestaande wegen	70	60
Secundaire én lokale wegen	bestaande wegen	Acties wenselijk bij >65	Acties wenselijk bij >55
		Géén toename bij >55	Géén toename bij >45
Spoorverkeer	nieuwe spoorwegen	67	57
	bestaande spoorwegen	73	63

⁵ Zie consensustekst tussen LNE, MOW, AWV en NMBS

Definitie van het dag-avond-nacht-niveau L_{den}
 Het dag-avond-nacht-niveau L_{den} in decibels (dB), is gedefinieerd door de volgende formule:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

waarin

- L_{day} het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn is, als gedefinieerd in ISO 1996-2:1987, vastgesteld over alle dagperiodes van een jaar;
- $L_{evening}$ het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn is, als gedefinieerd in ISO 1996-2:1987, vastgesteld over alle avondperiodes van een jaar;
- L_{night} het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn is, als gedefinieerd in ISO 1996-2:1987, vastgesteld over alle nachtperiodes van een jaar;

Tabel 2 : Gedifferentieerde milieukwaliteitsnormen

In het algemeen wordt spoorweglawaai als minder hinderlijk ervaren dan wegverkeerslawaai. Daarenboven houdt men ook rekening met het mobiliteitsaspect waarbij aan hoofdwegen een hoger geluidsniveau wordt toegelaten dan, bij voorbeeld, aan lokale buurtwegen.

Het zijn (niet-bindende) waarden waar naar gestreefd moet worden en waarbij dus best maatregelen worden genomen indien deze overschreden worden. Afhankelijk van wegtype volgens het ruimtelijk structuurplan Vlaanderen is er een afweging van prioriteit tussen bereikbaarheid en leefbaarheid. Spoorweglawaai heeft een bonus voor het minder hinderlijk karakter ten opzichte van wegverkeer en een correctie voor het beleid dat het gebruik van treinen aanmoedigt.

In Nederland wordt gewerkt met een “plandrempel”, dit is de waarde van de geluidsbelasting waarboven een agglomeratie vindt dat in principe maatregelen nodig zijn om haar te verlagen. Het vaststellen van een plandrempel is een wettelijke plicht. De hoogte van de plandrempel wordt echter niet voorgeschreven. Men kan wel verschillende plandrempels kiezen in functie van de gebiedsindeling uit een stadsvisie. Dikwijls wordt gekozen voor 68 dB(A) als maximale drempel. Hoe het een en ander in zijn werk gaat wordt uitvoerig besproken in het boekwerk "Geluid als 2^e kans"⁶ of via de publicatie "Geluidskarten & actieplannen voor een rustiger woonomgeving"⁷ van de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG). De focus op deze plandrempel en de concrete uitwerking van de maatregelen is terug te vinden in deze actieplannen⁸.

In het huidig actieplan wordt voorgesteld te kiezen voor een plandrempel van 70 dB(A) wat in lijn ligt met de maximum toegelaten milieukwaliteitswaarde voor een bestaande toestand naast hoofdwegen. Maar er moet opgemerkt worden dat al bij veel lagere geluidswaarden gezondheidseffecten worden waargenomen. Het gaat echter om een prioritering van aanpak van knelpunten. Gestaag kunnen dan knelpunten met lagere waarden worden aangepakt.

⁶ "Geluid als 2^e kans - Van geluidshinder naar geluidskwaliteit" door Michel van Kesteren en Erik Roelofsen Michel, Stichting Innonoise 2010.

⁷ "Geluidskarten & actieplannen voor een rustiger woonomgeving" van de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG) te Delft, website: www.nsg.nl

⁸ Zie actieplannen voor de steden Amsterdam, Heerlen, Leiden, Leidschendam, Nieuwegein, Ridderkerk, Rotterdam, Schiedam, Utrecht, Zaanstad en anderen.

2.1.5. GELUIDSBELEID

Het huidig project concentreert zich op directe acties voor het bijstellen van de effecten van het geluid op de bevolking en dit op basis van de geluidskaarten. Deze maatregelen en hun effecten maken in principe deel uit van een geluidsbeleid. Een geluidsbeleid dat in de toekomst nog meer vorm dient gegeven te worden door de beleidsmakers.

Voor de concertatie met betrokkenen en beleidsvoerders is het opportuun om minder uitgesproken te werken met dB-waarden, waar mensen zich soms weinig bij kunnen voorstellen. De tabel toont een voorbeeld van een indeling en beschrijving van het akoestisch klimaat in functie van het geluidsniveau en van het type bron. De hinderschaal wordt opgebouwd van 'zeer rustig' tot 'extreem lawaaiig'. Niet alle bronnen worden als even storend ervaren.

Geluidsklassen	Wegverkeer	Spoorverkeer	Industrie	Vliegverkeer
2 zeer rustig	40	47	40	35
1 rustig	45	52	44	40
0 redelijk rustig	50	57	48	45
-1 onrustig	55	60	52	50
-2 zeer onrustig	60	65	57	55
-3 lawaaiig	65	70	60	60
-4 zeer lawaaiig	70	75	65	65
-5 extreem lawaaiig				

De geluidswaarden worden aangegeven in dB(A)

Tabel 3: Het akoestisch klimaat in functie van geluidsniveaus en type bron

Belangrijk is vervolgens ook de indeling in gebiedstypes. Daarbij worden verschillende gebiedstypologieën gekoppeld aan verschillende ambitieniveaus. Hierin speelt een aangepast mobiliteitsbeleid in functie van deze gebieden ook een belangrijke rol. Binnen de ambitieniveaus wordt ruimte voorzien voor uitzonderingen. De laagste waarde is het ambitieniveau voor het gebied, de geluidsbelasting waarnaar gestreefd wordt. De hoogste waarde is daarbij een plafond dat niet mag overschreden worden en slechts uitzonderlijk wordt toegestaan⁹.

Ambitie ifv gebiedstype en geluidsbron	Geluidsbron						
	Weg- en Spoorwegverkeer			Bedrijven			
	Ambitie	Incidenteel	Plafond	Ambitie	Incidenteel	Plafond	
Woongebieden							
Historische stadskern; tuinstadwijk	0	-1	-2	-3	0	0	-1
suburbaan wonen; tuindorp; parkwijk	1	0	-1	-2	-3	0	-1
Centrumgebieden en voorzieningen							
Wijkcentrum; stedelijk centrumgebied	0	-1	-2	-3	0	-1	-1
Stedelijke medische voorzieningen; campus universiteit	0	-1	-2	0	-1	-1	-1
Werkgebieden, voorzieningen en instellingen							
Agrarische gebieden	1	0	-1	-2	0	-1	-1
Kantoorgebieden	-1	-2	-3	-1	-2	-3	-2
Gemengde bedrijventerreinen	-1	-2	-3	-1	-2	-3	-4
Recreatie-, water- en groengebieden							
Opp wateren; recreatiegebied, stads- en wijkparken	1	0	-1	0	0	0	-1
Veldsportaccommodatie; volkstuincomplex	0	-1	-2	0	0	0	-1

Tabel 4: Voorbeeld geluidsambities in functie van gebiedstype en aard van geluidsbron

Binnen dit beleid kan men dan de maatregelen en knelpunten nog beter zoneren en prioriteren.

⁹ Naar het voorbeeld van de Milieudienst West-Holland – Geluidsnota Leiden – september 2004.

2.1.6. REFERENTIEDOCUMENTEN

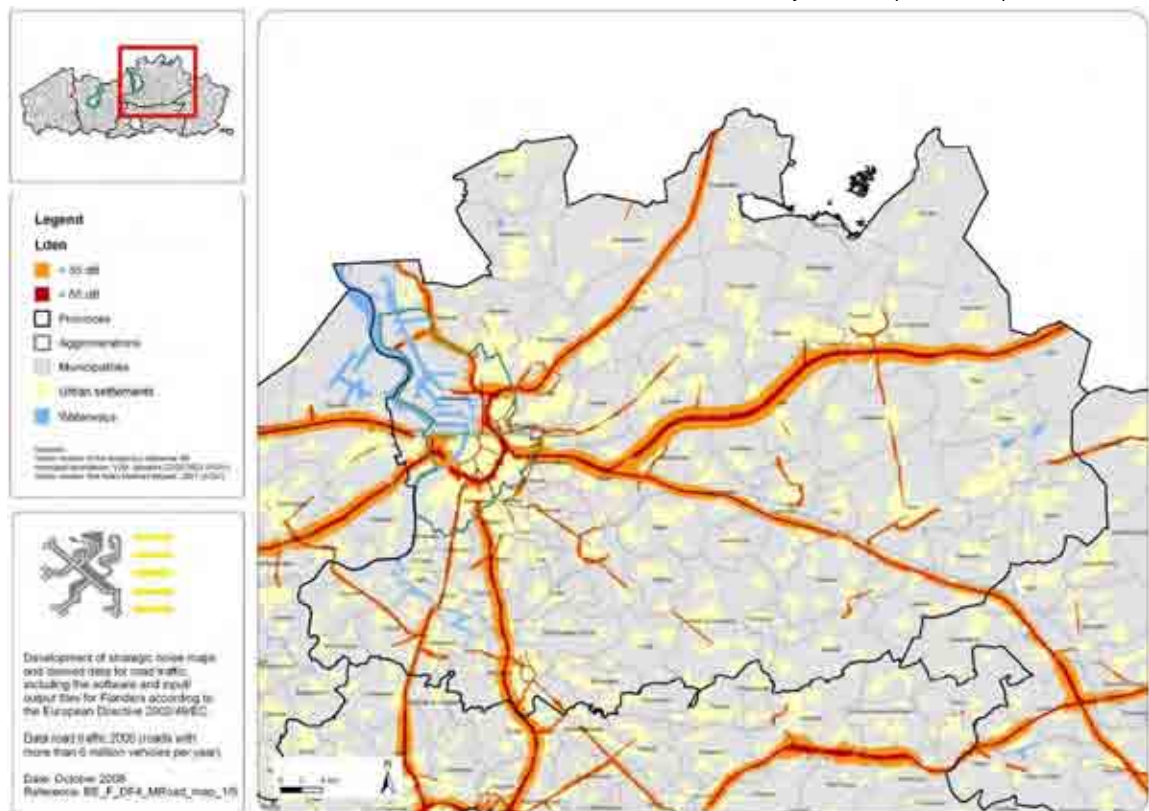
De volgende documenten geven specifieke achtergrondinformatie waarmee de studie rekening houdt¹⁰:



Mobiliteitsplan Antwerpen



RSA - Ruimtelijk Structuurplan Antwerpen



Geluidsactieplan wegverkeer Vlaanderen

¹⁰ In Nederland beschikken verschillende agglomeraties reeds over geluidsactieplannen. Dat is het geval voor Heerlen, Leiden, Leidschendam, Nieuwegein, Ridderkerk, Rotterdam, Schiedam, Utrecht, Zaanstad en andere. Ook deze dienen als voorbeeld bij het uitwerken van het huidige project.



Projecten Stadsplanning Antwerpen



Ontwerp actieplan Geluidshinder Antwerpen – versie voor advies Antwerpen – opgesteld door LNE



PlanMER Masterplan Antwerpen



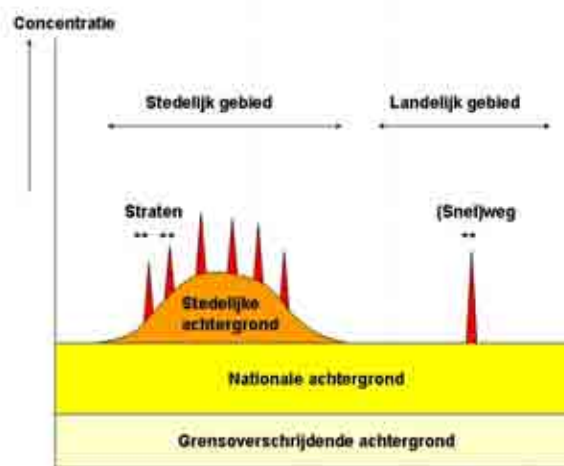
Studie ondersteunende maatregelen lawaai agglomeraties Vlaams Gewest

Figuur 7 : De verschillende referentiedocumenten wat betreft geluid voor deze studie.

2.2. AANNAMES EN METHODOLOGIE VOOR LUCHTVERVUILING

De luchtkwaliteit op een locatie kan conceptueel worden gezien als de som van een aantal bijdragen (Figuur 8). De luchtkwaliteit in de nabijheid van een binnenstedelijke weg in een stedelijk gebied is de som van: bijdragen vanuit het buiten- en binnenland te wijten aan lange-afstand atmosferisch transport, een bijdrage van de stedelijke omgeving met daarbovenop piekconcentraties in de buurt van belangrijke verkeersassen in de stad.

Het relatieve belang van elke bijdrage is verschillend per pollutant en varieert gedurende het jaar ten gevolge van wisselende weersomstandigheden.



Figuur 8: Luchtkwaliteit in een stedelijke omgeving en in de buurt van een (snel)weg.

Lokale maatregelen kunnen een positief effect hebben op de lokale luchtkwaliteit. De precieze kwantificatie van het effect van een maatregel op de lokale luchtkwaliteit is echter niet eenvoudig. De exacte impact van een maatregel op de luchtconcentratie van een pollutant kan verschillend zijn per stad of gemeente en kan daarom niet door middel van een absolute concentratievermindering worden bepaald maar noodzaakt het gebruik van luchtkwaliteitmodellen. Deze berekenen de lokale luchtkwaliteit in functie van de verkeersintensiteit, de vlootsamenstelling, de verkeersafwikkeling (snelheid, congestie), omgevingsparameters (weg- en gebouwenconfiguraties) en achtergrondconcentraties.

2.2.1. EUROPESE NORMEN VOOR FIJN STOF EN NO₂

Volgende Europese normen (richtlijn 2008/50/EC) zijn belangrijk voor deze studie.

- De jaargemiddelde NO₂-concentratie moet sinds 2010 jaargemiddeld lager liggen dan 40 µg/m³.
- De jaargemiddelde PM₁₀-concentratie moet sinds 2005 jaargemiddeld lager liggen dan 40 µg/m³.

- De jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratie moet vanaf 2015 jaargemiddeld lager liggen dan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nu is dat nog een streefwaarde.
- Het aantal dagen met een daggemiddelde PM_{10} -concentratie boven de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ moet vanaf 2005 kleiner of gelijk zijn aan 35. Dit komt overeen met een jaargemiddelde concentratie van ongeveer $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (KEMA, 2009).

Deze normen moeten op iedere plaats binnen een grondgebied gehaald worden, behalve als ze vallen binnen één van de uitzonderingen¹¹.

2.2.2. ELEMENTAIR KOOLSTOF (EC)

Bovenop de gevraagde simulaties voor NO_2 , PM_{10} en $PM_{2,5}$ zijn ook doorrekeningen gedaan voor EC. De reden waarom we EC meenemen in onze studie is drievoudig:

- 1) EC is een goede proxy gebleken voor de blootstelling aan uitlaatgassen van dieselauto's. Die bevatten namelijk meer EC. Dieseluitletgasen staan bekend als erg slecht voor de gezondheid. In Vlaanderen bestaat ongeveer 60% van het wagenpark uit dieselauto's (Lefebvre et al., 2011a).
- 2) Er bestaat een steeds grotere bezorgdheid over de invloed van verkeers(diesel)uitlaatgassen (waaronder EC) in het algemeen op de gezondheid. In verschillende studies (Dijkema et al. (2008), Patel et al. (2009) en verdere referenties in Lefebvre et al. (2011a)) is reeds de schadelijke invloed van uitlaatgassen van verkeer op de gezondheid aangetoond.
- 3) In Lefebvre et al. (2009; 2011a) is aangetoond dat de invloed van verkeersmaatregelen op PM_{10} en $PM_{2,5}$ concentraties klein is. De invloed op EC concentraties is echter significant groter. Dat komt omdat het aandeel van EC in PM_{10} voor verkeeremissies relatief groot is, waardoor het gevoeliger is voor verkeersmaatregelen.

Uit deze voorgaande punten blijkt dat heel waarschijnlijk EC een betere indicator is voor het optreden van gezondheidsproblemen dan PM_{10} of $PM_{2,5}$. Momenteel wordt hier nog veel onderzoek naar uitgevoerd. Voor EC bestaan er op dit ogenblik geen normen. EC (en NO_2) blijken echter wel goede proxy's voor wegverkeer. De VMM liet studies uitvoeren met betrekking tot "chemische karakterisatie" van fijn stof en voerde hiervoor meetcampagnes uit. Metingen van ultra fijn stof (UFP) in omgeving van gevoelige locaties zullen ook nieuwe kennis naar boven brengen.

2.2.3. BRONTOEWIJZING

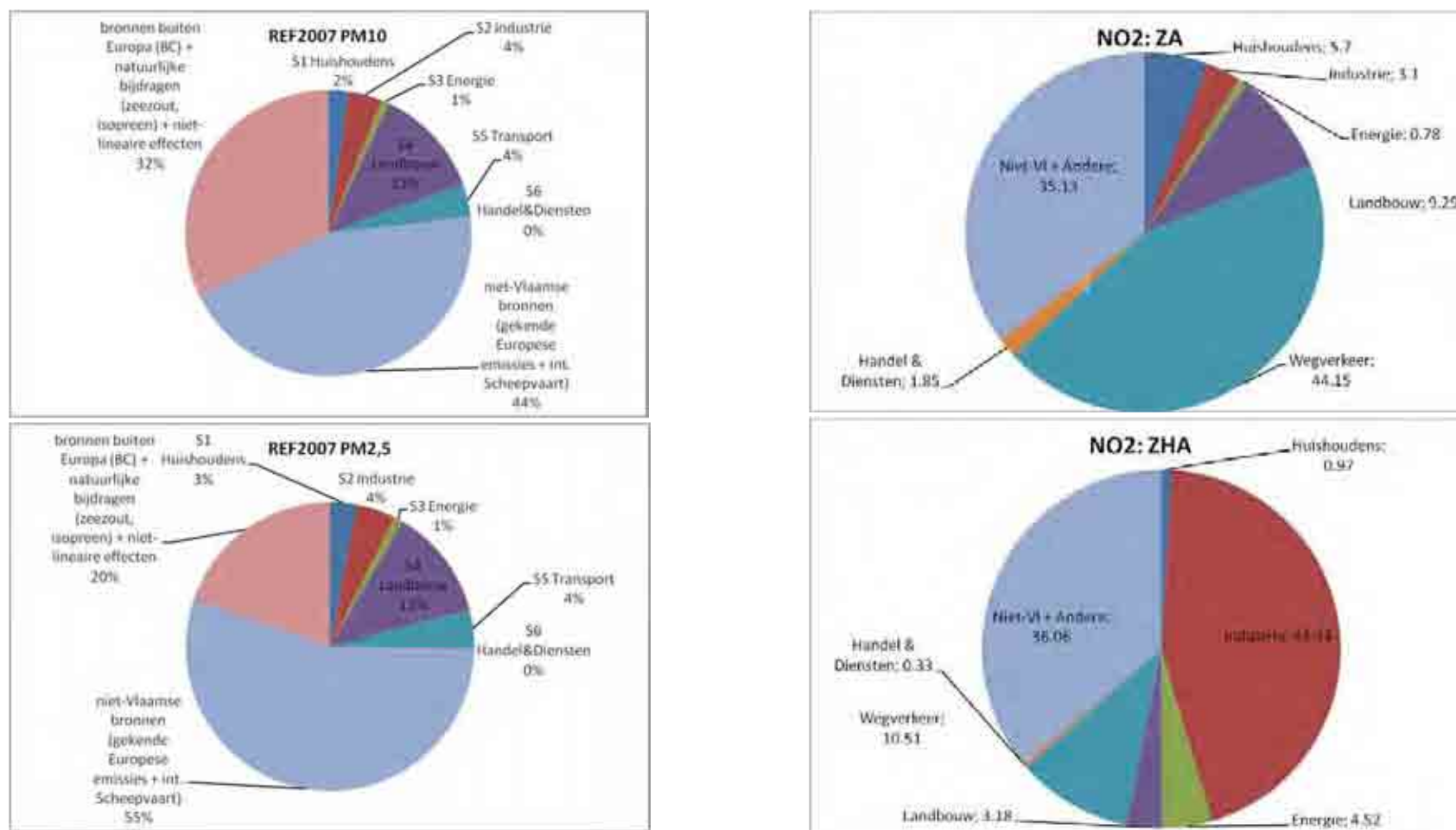
In de studie 'Uitstelaanvraag NO_2 -Vlaanderen' (Lefebvre et al., 2011b) is er een brontoewijzing voor NO_2 voor zowel Antwerpen als zijn haven gebeurd. Zowat 35% van de NO_2 -concentraties komen

¹¹ Er zijn drie uitzonderingen (http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/wettelijk-kader-en/regeling-beoordeling/item_108941/item_108942):

- 1) gebieden die voor het publiek ontoegankelijk zijn en waar er geen vaste bewoning is (bv. militaire domeinen).
- 2) op het terrein van de inrichting waar de luchtverontreiniging ontstaat (bv. bedrijfsterreinen waar de emissie plaatsvindt).
- 3) de rijbaan van wegen en de middenberm van wegen, tenzij voetgangers normaliter toegang hebben tot de middenberm.

van buiten Vlaanderen. Een belangrijke component voor NO₂ is het verkeer en dan vooral in het stadsgebied (44%). In de haven is het effect van het verkeer minder belangrijk (10-11%). Daarentegen is in de haven het effect van de industrie heel belangrijk (44%). Anders gezegd veroorzaakt het Vlaamse wegverkeer een groot gedeelte de NO₂-concentraties in de stad Antwerpen. Voor de NO₂-concentraties in de haven is het verkeer slechts verantwoordelijk voor 10%. Deze cijfers slaan echter wel op gemiddeldes in een grote zone. Binnen bijvoorbeeld de straat canyons kunnen de concentraties en het bijbehorende gedeelte afkomstig van het wegverkeer echter merkkelijk hoger liggen.

Voor fijn stof is een brontoewijzing gebeurd op Vlaamse schaal in het onderzoek 'Verklarende factoren voor evoluties in luchtkwaliteit' (Deutsch et al., 2010). Hier werd gekeken naar de gemiddelde bijdrage van de verschillende sectoren tot het gemiddelde Vlaamse concentratieniveau voor fijn stof. Zowat 75% van de fijnstofconcentraties zijn niet toe te schrijven aan Vlaamse emissies. Van de Vlaamse bijdrages blijkt de landbouw veruit het belangrijkste (54% van de Vlaamse bijdrage voor PM₁₀ en 49% van de Vlaamse bijdrage voor PM_{2,5}). Verdere belangrijke componenten in de stad zijn de industrie (ongeveer 16% van de Vlaamse bijdrages aan PM₁₀), landbouw (ongeveer 10% van de Vlaamse bijdrages aan PM₁₀) en het wegverkeer (ongeveer 16% van de Vlaamse bijdrages aan PM₁₀). Deze cijfers slaan echter wel op gemiddeldes binnen Vlaanderen. In een stad zoals Antwerpen of een industriegebied zoals de Antwerpse haven zullen respectievelijk de lokale bijdragen van bv. huishoudens en industrie relatief belangrijker zijn en zal het aandeel van import komende van buiten Vlaanderen kleiner zijn.



Figuur 9 : Brontoewijzing (in %) voor NO₂ voor de stad Antwerpen (rechtsboven) en de Haven van Antwerpen (rechtsonder), overgenomen uit Lefebvre et al. (2011b) en voor PM10 (linksboven) en PM2.5 (linksonder) voor Vlaanderen, overgenomen uit Deutsch et al. (2010). De zes genoemde sectoren (bv. wegverkeer) stellen de Vlaamse emissies in deze sectoren voor. In andere zitten o.a. niet-lineaire effecten, niet-Vlaamse emissies en niet-antropogene emissies. Een waarde voor de sector wegverkeer van 44,15 voor NO₂ voor de stad Antwerpen betekent dat ongeveer 44,15% van de NO₂-concentraties in de stad Antwerpen te wijten zijn aan het Vlaamse wegverkeer.

2.2.4. EMISSIEVERDELING TEN GEVOLGE VAN HET WEGVERKEER

De emissies van het wegverkeer spelen, zoals hierboven aangetoond, een belangrijke rol in onder andere de NO_2 -concentraties in de stad Antwerpen. Een punt dat verder van belang is hierbij is hoe deze emissies verdeeld zijn over de verschillende wegen in Antwerpen. Daarom berekenen we de verhouding van de emissies op de autosnelwegen op de emissies van het wegverkeer over de volledige stad Antwerpen. Dit toont aan dat 53% van de PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ en EC-emissies van het wegverkeer in Antwerpen uitgestoten worden op de autosnelwegen. Voor NO_x loopt dit percentage zelfs op tot 59% van de emissies. Maatregelen die geen of amper effect hebben op de autosnelwegen, zoals in deze studie beschreven, zullen slechts een beperkt effect hebben op de situatie in de stad. Het is dus belangrijk dat bovenlokale overheden maatregelen nemen, om de emissies op o.a. autosnelwegen in Antwerpen te verminderen. Een kilometerheffing voor personen- en vrachtwagens zou hier mogelijks een deel van het antwoord kunnen zijn.

Polluent	% emissies binnen Antwerpen op autosnelwegen
NO_x	59%
NO_2	54%
PM_{10}	53%
$\text{PM}_{2,5}$	53%
EC	53%

Tabel 5 : Percentage van de verkeersemissies binnen de stad Antwerpen die zich bevinden op de autosnelwegen.

2.2.5. METHODOLOGIE

In eerste instantie bepalen we een correcte en actuele weergave van de achtergronden waarin alle emissies vervat zitten, dus ook de emissies van bv. de wegen. De methodologie voor het bepalen van de achtergronden wordt beschreven in Lefebvre et al. (2010a; 2010b). Deze achtergronden worden onder andere ook gebruikt in IFDM-traffic¹² (Lefebvre et al., 2010a; 2010b) en in de studie 'Uitstelaanvraag NO_2 Vlaanderen' (Lefebvre et al., 2011b).

Om een beter beeld te krijgen van de concentraties boven de stad Antwerpen is het noodzakelijk een correcte koppeling te maken tussen deze achtergronden en het IFDM-model, dat gebruikt wordt voor de modellering van de verspreiding van de lokaal uitgestoten emissies. Een beschrijving van IFDM is te vinden in Bijlage A. De koppeling gebeurt door een algoritme te gebruiken dat dubbeltellingen vermijdt (Lefebvre et al., 2010b; 2011a). Deze belangrijke stap in het proces staat beschreven in Bijlage B.

Om de verschillende knelpunten specifiek aan de studie beter te kunnen benaderen, moeten er daarboven detailberekeningen gedaan worden die eigen zijn aan de street canyons. Deze

¹² IFDM-traffic is een tool die het IFDM-model bevat en specifiek gericht is op lijnbronnen.

berekeningen gebeuren door middel van IFDM-street canyon, een vernieuwend model gebaseerd op OSPM (een beschrijving van OSPM is te vinden in Bijlage C).

We brengen in kaart welke weg binnen of buiten een street canyon ligt en bepalen van ieder punt binnen een street canyon de lokale eigenschappen. Voor deze taken werd een preprocessor ontwikkeld. Deze preprocessor bepaalt:

1. de punten waarop gerekend zal worden (Bijlage D)
2. voor elk van deze punten of deze al of niet binnen een street canyon ligt (Bijlage E)
3. voor de punten die binnen een street canyon liggen, de gemiddelde hoogte van de gebouwen aan weerszijden van de straat, de breedte van de street canyon en de afstand tot het dichtsbijzijnde kruispunt of bocht in de straat, en dit in beide richtingen. En tenslotte de hoek tussen de straat en de noord-zuid as.

Deze gegevens worden dan ingebracht in het IFDM-street canyon model. Dit model simuleert eerst de IFDM-concentratie op de geselecteerde punten, maar zonder rekening te houden met de wegen binnen de street canyon. Ook bepaalt het IFDM-model de totale emissie van de wegen binnen de street canyon (Bijlage F). Deze emissie wordt dan gebruikt om de IFDM-street canyon module mee aan te drijven. De IFDM-street canyon module simuleert dan de concentraties rekening houdend met de street canyons en dit voor de punten binnen de street canyons. Deze beide simulaties worden dan gecombineerd met een complexe visualisatieketen (Bijlage G) tot het resultaat dat in dit rapport is terug te vinden.

2.2.6. AANNAMES EN BEPERKINGEN VAN DE STUDIE

Volgende aannames en beperkingen zijn een integraal onderdeel van deze studie:

Achtergrond

- Het Business As Usual-scenario (BAU) uit het IMMI-rapport is de basis van de berekeningen. In het IMMI-rapport (Lefebvre et al., 2010a; 2010b) wordt duidelijk gesteld dat deze achtergronden een bias van ongeveer $-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hebben (voor het jaar 2007, gemiddeld over Vlaanderen). Dit betekent dat de resultaten waarschijnlijk zo'n $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te laag zullen zijn.
- De snelheid op de Ring is begrensd tot 100 km/u in tegenstelling tot het BAU-scenario in de IMMI-studie.

Street canyon

- Er wordt gerekend op punten die standaard op 40 m afstand liggen. Punten kunnen dichter liggen bij korte lijnsegmenten en indien er meerdere verkeersassen door dezelfde street-canyon lopen (bv. de Leien).
- Als er op honderd meter van de locatie waarvoor gerekend wordt, aan één van beide kanten geen gebouw te vinden is, dan wordt de concentratie gelijk gesteld aan de zogenaamde

‘rooftop concentration’, dit wil zeggen, de concentratie die aanwezig is zonder rekening te houden met gebouwen.

- In het uitzonderlijke geval dat een weg een gebouw snijdt in de datasets, wordt deze weg beschouwd als zijnde open aan minstens één kant.
- Indien geen kruispunt te vinden is aan één van beide kanten van de weg wordt de afstand tot het kruispunt gesteld op 30 m.
- De hoogte van de gebouwen aan beide kanten van de straat wordt uitgemiddeld en doorgetrokken (voor dit punt) tot aan de kruispunten.
- Uitgangen van de tunnels (in casu de Waaslandtunnel) worden niet als liggende binnen de street canyon beschouwd. Dit kan lokaal een groot effect hebben.
- De street canyon berekeningen worden uitgesmeerd in een buffer van 30 m rond de wegas, behalve daar waar huizen staan.

Verkeer

- Het aantal voertuigen per uur is berekend op basis van het wegenbestand van Technum-Tractebel dat ook voor de geluidskaarten gebruikt werd.
- Dit aantal voertuigen per uur wordt beschouwd als onveranderlijk tussen het TT-bestand (actuele situatie) en het jaar 2015.
- De emissies van straten met minder dan 50 auto's per uur gemiddeld over de dag wordt als deel van de achtergrond beschouwd. Op deze wegen werden dan ook geen street canyon berekeningen gedaan.

Berekeningen

- Voor ieder stuk weg wordt de NO_2/NO_x -verhouding apart meegenomen.
- Alle berekeningen worden gedaan voor een hoogte van 1,5 m boven de grond.
- Voor de onzekerheden betreffende de achtergrondconcentraties wordt verwezen naar Lefebvre et al. (2010b).
- Zoals gebleken is in Van Poppel et al. (2009) onderschat OSPM de PM_{10} -concentraties binnen de street canyons. Dit wordt vermoedelijk verklaard door een onderschatting van de resuspensie van stof (opwaai) met een diameter liggend tussen de 2,5 μm en 10 μm .
- De sterkte van de belangrijkste puntbronnen in de Haven wordt uit MKM (MilieuKostenModel, Meynaerts et al. (2009)) gehaald. De rest van de puntbronnen wordt bepaald door de EMAPper (Emissie-Mapper¹³).

¹³ Dit is een tool die de totaalemissies boven een bepaalde regio spreidt door gebruik te maken van specifieke kenmerken (bv. lokatie van industriegebieden) (Maes et al., 2009).

- Er wordt in deze berekeningen nog geen rekening gehouden met de mogelijke invloed van geluidsschermen op de luchtkwaliteit. Er zijn aanwijzingen voor positieve effecten op de luchtkwaliteit op korte afstand, tot ongeveer 200m achter het geluidsscherm.
- Om een eventuele overschrijding te bepalen van de dagnorm van PM_{10} wordt gebruik gemaakt van een jaargemiddelde concentratie van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (KEMA, 2009).
- Alle rapportages gelden alleen voor de gebieden binnen de grenzen van de gemeente Antwerpen (inclusief alle districten).

2.2.7. VERSCHILLEN MET VOORGAANDE STUDIES

De gebruikte rekenmodellen en de inputdata die voorzien worden, zijn de laatste jaren enorm verbeterd. Aangezien er de afgelopen jaren meerdere studies uitgevoerd werden door VITO in opdracht van zowel de stad Antwerpen als LNE, beschrijven we hieronder de belangrijkste verschillen ten opzichte van de huidige studie om aan te tonen in hoeverre er een vergelijkingsbasis mogelijk is:

→ de Mobilee Antwerpen studie (Van Poppel et al., 2009)

Voor de Mobilee-studie werd in de zomer van 2008 op een aantal plaatsen meetposten gezet en werd een modellering gedaan van de situatie in 2006 en enkele toekomstscenario's. Deze toekomstscenario's waren iets te optimistisch voor wat betreft de introductie van elektrische voertuigen. Enkele mogelijke redenen voor verschillen in resultaat tussen de Mobilee-Antwerpen studie en deze studie zijn:

1. het gebruik van AURORA/RIO-achtergrond (Lefebvre et al., 2010b) ten opzichte van het gebruik vaste achtergrond gebaseerd op metingen in combinatie met BelEUROS (Van Poppel et al., 2009). Dit is een belangrijk verschilpunt. De aanpassing van de methode tussen beide studies is er gekomen op basis van een verbeterd inzicht in het modelleren van bepaalde gebieden en het omgaan met onbekende emissies
2. veranderingen MIMOSA¹⁴: effect is beperkt
3. andere en variabele verhouding NO_2/NO_x : voor Mobilee Antwerpen is voor 2015 een NO_2/NO_x -verhouding van gemiddeld 0,24 gebruikt, terwijl hier de verhouding straat per straat toegepast wordt. Dit effect is lokaal heel belangrijk
4. andere mobiliteitscijfers: In deze studie zijn cijfers gebruikt van Technum-Tractebel terwijl in de Mobilee-studies simulaties van de multi-modale modellen van het Vlaams Verkeerscentrum gebruikt zijn
5. ander meteorologisch jaar (2006: Mobilee Antwerpen; 2007: hier)

¹⁴ MIMOSA is het gebruikte verkeersemissiemodel.

6. veranderingen emissies: voor BelEUROS werd in Mobilee nog een ander IIASA scenario gebruikt dan het scenario dat hier voor AURORA gebruikt werd
7. niet-upload (dus puur IIASA) in Mobilee (Vlaanderen) voor emissies gebruikt in de achtergrondconcentraties
8. toename randvoorwaarden ozon in BelEUROS in IMMI, niet in Mobilee. Het transcontinentale transport van ozon neemt in de toekomst toe, wat blijkt uit de metingen. Dit werd niet meegenomen in de Mobileestudie, maar wel in onderliggende studie
9. het wel meerekenen van alle street canyons in de totaalkaarten in deze studie. In Mobilee werden slechts voor enkele straten de street canyon-effecten bepaald. Dit was vooral mogelijk omdat we nu zowel de automatische koppeling binnen IFDM-street-canyon hebben als de SGS-kaart waarvan de lijnsegmenten de gebouwen niet kruisen (in tegenstelling tot de MIMOSA-wegsegmenten)
10. de Oosterweelverbinding (BAM-tracé met Lange Wapper) werd als gebouwd beschouwd tegen 2015 in Mobilee Antwerpen, terwijl er geen Oosterweelverbinding wordt meegenomen in deze studie, aangezien in de huidige planning de realisatie hiervan slechts plaatsvindt rond het jaar 2020

→ **Verschillen met de IMMI2 (Lefebvre et al., 2010a; 2010b) en de Uitstelaanvraag NO₂-Vlaanderen-studie (Lefebvre et al., 2011b)**

Er zijn minder verschillen tussen deze studie en de IMMI2 en Uitstelaanvraag NO₂-studies (Lefebvre et al., 2010a; 2010b; 2011b) die uitgevoerd zijn in opdracht van LNE, maar de verschillen die er zijn, zijn wel belangrijk. We plaatsen ze hier even op een rijtje:

1. snelheid van het verkeer op de Ring was in het BAU-scenario van IMMI2 niet beperkt tot 100 km/u. Er werd aangetoond in het IMMI-rapport (Lefebvre et al., 2010a; 2010b) dat dit wel degelijk een belangrijk effect heeft op de concentraties in de stad Antwerpen
2. NO_x-split¹⁵ is in deze studie gedaan per straat (zie Figuur 10), terwijl deze in de IMMI-studie voor het volledige Vlaamse grondgebied in één maal bepaald werd. Doordat er relatief meer autosnelwegemissies (ten opzichte van andere verkeersemissies) gedaan worden in Antwerpen is de gemiddelde NO₂/NO_x-verhouding in Antwerpen iets lager dan in Vlaanderen (0,32 in plaats van 0,34)
3. de totale hoeveelheid en de verdeling van de emissies bekomen op basis van het wegenbestand van Technum-Tractebel (deze studie) is verschillend van wat bekomen werd op basis van het MMM-bestand¹⁶ (IMMI en uitstelaanvraag-studies). De verschillen bevinden zich hierin:
 - a. andere voertuighoeveelheden tussen beide bestanden

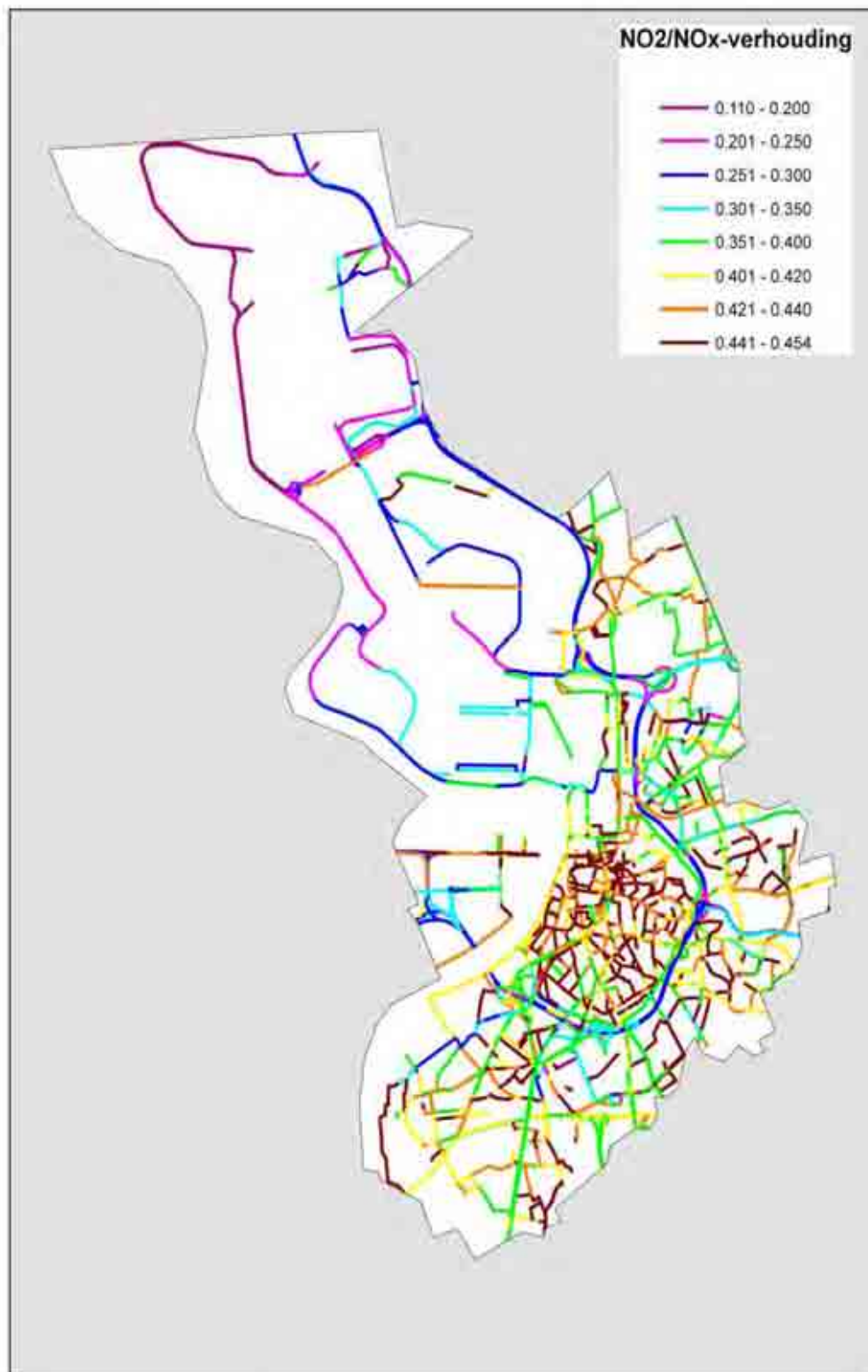
¹⁵ De NO_x-split is de verdeling van de uitgestoten NO_x-emissies in NO-emissies en NO₂-emissies. Deze split is belangrijk voor de bepaling van de uiteindelijke hoeveelheid NO₂ in de lucht.

¹⁶ Multi-modale modellen

- b. de verhouding lichte/zware voertuigen is sterk verschillend tussen beide bestanden. In het MMM-bestand zijn er meer vrachtwagens en minder personenwagens
 - c. de snelheden zijn verschillend. Voor de verwerking van het MMM-bestand werden generische snelheden gebruikt, voor de verwerking van het TT-bestand werden werkelijke snelheden gebruikt. Dit uit zich op de Ring (zie puntje 1) en in de zones 50 en 30 in de stad
 - d. in het TT-bestand staan verkeersintensiteiten voor de actuele situatie. De verkeersintensiteiten zullen verschillend zijn (waarschijnlijk hoger) in de toekomst, maar dit is hier niet meegenomen. Dit was wel meegenomen in de IMMI-studie
- 4. de Oosterweelverbinding (BAM-tracé met Lange Wapper) werd als gebouwd beschouwd tegen 2015 in IMMI, terwijl er geen Oosterweelverbinding wordt meegenomen in deze studie
 - 5. het wel meerekenen van street canyons in de totaalkaarten in deze studie. De IMMI-studie hield geen rekening met street canyons
 - 6. er wordt in deze studie aangenomen dat de verkeersstromen niet veranderen tussen de actuele situatie en het jaar 2015

Dit betekent dat de resultaten uit deze studie lagere concentraties vertonen (in het bijzonder voor NO_2) dan in de IMMI2 studie, specifiek in de gebieden met de hoogste concentraties. Dit heeft als gevolg dat er een kleiner aantal mensen woont in een gebied met overschrijding van de Europese normen. Deze vergelijking geldt echter niet voor de street canyons.

Uit voorgaande analyse weten we dat de resultaten uit deze studie veel dichterbij zullen liggen bij de IMMI2 studie dan bij de Mobileestudie. De concentratiedaling in de Mobileestudie is echter veel groter tussen 2006 en 2015 ($8 \text{ à } 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Borgerhout, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor Luchtbal) dan bij IMMI2 tussen 2007 en 2015 ($1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Borgerhout, $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor Luchtbal). Dit verschil komt grotendeels uit de achtergrond (en dus zijn mogelijke verklaringen: NO_2/NO_x split in BelEUROS, het gebruik van ongecorrigeerde IASA-gegevens voor Vlaanderen in Mobilee, waar nu gegevens van VMM en LNE gebruikt worden en de toename O_3 -achtergrond die nu wel in BelEUROS meegerekend wordt en vroeger niet).



Figuur 10 : De gebruikte NO_2/NO_x -split in het basisscenario.

HOOFDSTUK 3. PLAN VAN AANPAK

In dit hoofdstuk wordt kort besproken hoe de studie opgezet en uitgevoerd werd. Dankzij goede afspraken en communicatie tussen alle betrokken partijen werd de studie, ondanks zijn korte tijdsduur, zeer pragmatisch en doelgericht aangepakt, zoals mag blijken uit volgende hoofdstukken.

3.1. MAATREGELENLIJST

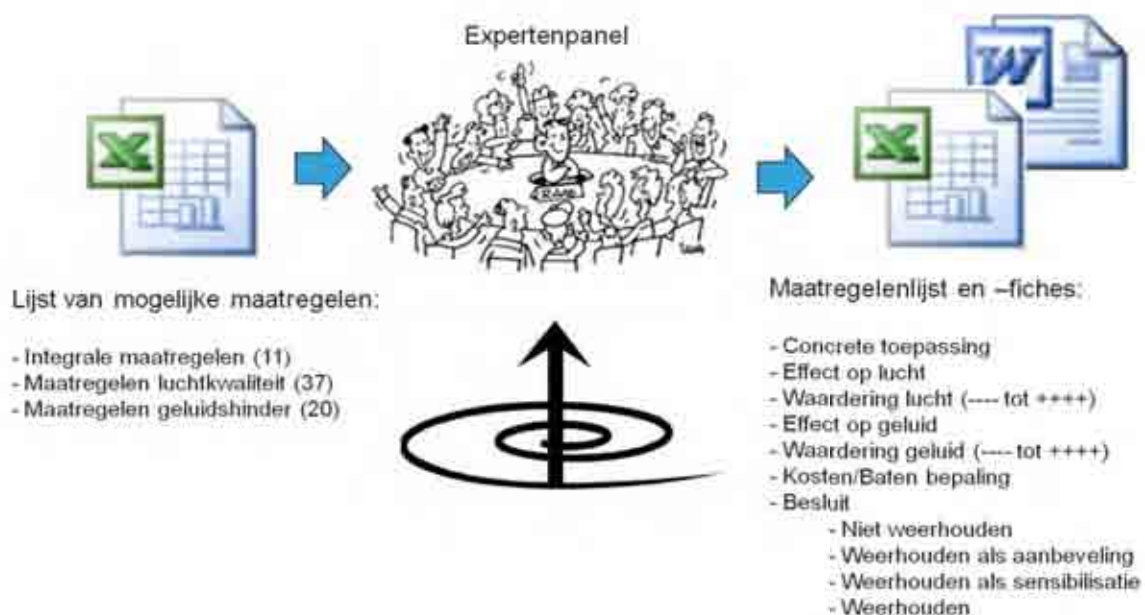
Belangrijk vertrekpunt voor het bepalen van een optimaal maatregelenscenario ten behoeve van een geïntegreerd actieplan voor de stad Antwerpen was het verkrijgen van een volledig, gevalideerde knelpunt-maatregelen matrix. Een eerste stap hierin was het opstellen van een gevalideerde maatregelenlijst, aangevuld door een “expert”-waardering van iedere maatregel en de mogelijke impact op zowel luchtkwaliteit als geluidshinder, specifiek en concreet toegepast op het onderzoeksgebied, namelijk de agglomeratie Antwerpen.

Bij aanvang van de studie ontvingen we een initiële maatregelenlijst, opgesteld door de milieudienst van de stad Antwerpen, waarbij al een eerste screening van maatregelen was gebeurd met potentieel in het studiegebied. Vervolgens werd deze lijst geanalyseerd en aangevuld door een groep van experts, gezien de timing en scope van het project. Voor iedere maatregel werden de verwachte effecten geschat op basis van ‘expert-opinion’ en ervaring uit voorgaande projecten of uit bestaande literatuurstudies.

Belangrijke meerwaarde bij de keuze van de experts was de ervaring en kennis over het studiegebied, namelijk de Antwerpse agglomeratie:

- Luc Schillemans, geluidsexpert TTE is geboren en getogen in de stad Antwerpen en uitvoerder van al meerdere geluidsprojecten binnen het studiegebied.
- Voor VITO waren Stijn Janssen, woonachtig in Antwerpen en Wouter Lefebvre, uitvoerder van de Mobilee studie aanwezig zijn om de luchtkwaliteitsaspecten van het studiegebied mee te beoordelen. Ook Jean Vankerkom (VITO), die meer dan 10 jaar ervaring heeft met emissiereducerende maatregelen, zorgde voor beter inzicht in de luchtmaatregelen.
- Jan Dumez van TRITEL, mobiliteitsexpert met uitstekende kennis van het huidig en toekomstig mobiliteitsbeleid in heel het gebied.
- Jan Bel en Gregory Colson van de milieudienst, Mark Monté van de dienst mobiliteit, Pieter Beck van de dienst ruimtelijke planning en Joost Schouppe van de studiedienst stadsobservatie.

De uitkomst van deze verschillende overlegmomenten is een uitgebreide maatregelenlijst in Excel en een geëxporteerde versie in de vorm van maatregelenfiche (zie Figuur 12). Deze worden samen met het eindrapport opgeleverd.



Figuur 11 : De gebruikte methodologie voor het analyseren, concretiseren en vervolledigen van de maatregelen

3.2. SELECTIE MAATREGELEN

Om uiteindelijk tot één (of meerdere) optima(a)l(e) scenario('s) te komen moesten er keuzes gemaakt worden. Een eerste belangrijke parameter voor de beoordeling en waardering van lucht- en geluidsaspecten was de beleidshorizon 2015. Dit wil zeggen dat iedere maatregel beoordeeld werd naar zijn haalbaarheid in 2015 en de impact die een maatregel kan hebben geschat is tegen dit tijdsframe.

Vertrekkende hiervan deelden we de maatregelen op in volgende categorieën:

- **Weerhouden:** de mogelijke maatregelen die potentieel kunnen worden toegepast in de agglomeratie Antwerpen rekening houdend met positieve impact, kostenefficiëntie en tijdshorizon.
- **Weerhouden als aanbeveling:** de mogelijke maatregelen die op basis van 'expert-opinion' zeker zullen bijdragen tot verbetering van luchtkwaliteit en/of vermindering van de geluidshinder, maar die niet meegenomen kunnen worden in de rekenmodellen wegens ontbrekende data, of onmogelijk uitvoerbaar zijn tegen 2015.
- **Weerhouden als sensibilisatie:** de mogelijke maatregelen die weinig direct effect hebben, maar wel best deel kunnen uitmaken van het toekomstig beleid gezien een mogelijke

sensibilisatie-impact op de bevolking. Hierbij werden vooral de maatregelen in eigen beheer van de diensten binnen de stad Antwerpen geselecteerd.

- **Niet weerhouden:** maatregelen die niet weerhouden werden, gezien hun geringe impact, onhaalbaarheid of kostprijs.

Per maatregel wordt de keuze verantwoord in de maatregelenfiche:

Maatregel GL 09: Energiezuinige woningen

Omschrijving	Promoten van energiezuinige woningen: stookinstallatie/zonneboiler/isolatie/... (zie website Stad Antwerpen)				
Effect op lucht	Het installeren van energiezuinige woningen zal zeker een positief effect hebben op de luchtkwaliteit. De grootte orde is echter onduidelijk en onzeker, waardoor we het effect tegen 2015 beperkt inschatten.				
Effect op geluid	Enkel aangepast glas kan gevelisolatie verbeteren maar speciaal thermisch glas is niet veel akoestisch beter. We verwijzen voor geluid specifiek naar maatregel SG.01.				
Waardering lucht	0 tot +	Waardering geluid	0		
Besluit	Op Vlaams niveau wordt hier al veel actie ondernomen. De Stad Antwerpen zou bepaalde maatregelen kunnen steunen om dit proces te bevorderen. Wegens beperkte cijfers kunnen we die niet meenemen in de berekening, maar wordt deze maatregel wel als aanbeveling meegenomen.				
Optimaal scenario	Weerhouden als aanbeveling	Rekenmodel Lucht	Nee	Rekenmodel Geluid	Nee

Kosten/baten afweging

Overheid / Stad Antwerpen	+	
	-	- Kost sensibiliseringscampagne (enkel voor nieuwe maatregelen) - Kost verbonden aan premies (indien van toepassing) (enkel voor nieuwe maatregelen)
Transport gebruikers	+	
	-	
Bedrijven	+	
	-	
Andere	+	- Netto kostenbesparing (hele levensduur) bij efficiëntere ketel/kachel, betere beglazing en dakisolatie - Premies (indien van toepassing) - betere luchtkwaliteit
	-	- Netto meerkost (hele levensduur) bij zonneboiler, muurisolatie, vloerisolatie, lager E-peil
Opmerking(en)	Hier enkel meerkost opnemen ten gevolge van nieuwe maatregelen door de stad Antwerpen	

Figuur 12: Voorbeeld van maatregelenfiche

3.3. KNELPUNTENLIJST

Naast de initiële maatregelenlijst leverde de stad Antwerpen ook een knelpuntenlijst op, waarin aan de hand van bestaande blootstellingskaarten voor zowel luchtkwaliteit als geluidshinder, alle knelpuntgebieden over de agglomeratie Antwerpen werden geïnventariseerd (zie Figuur 14).

Doelstelling van de studie was om voor deze knelpuntgebieden een gepast en geoptimaliseerd maatregelen scenario op te stellen en de impact ervan te berekenen.

In eerste instantie hebben we de knelpuntenlijst GIS-gekoppeld, zodat de impact op de verschillende knelpuntgebieden geografisch weergegeven konden worden. Door deze koppeling konden we verder kijken dan enkel knelpunt per knelpunt en de blootstellingsanalyse naar bevolking over het hele gebied optimaliseren.



Figuur 13 : Locaties van de gedefinieerde knelpunten

Knelpunt	Wegcategorie			Emissie (t/jaar)							Huidig bestel beleid
	Bestemming	Type	Markering	PM10	PM2.5	NO2	subtotaal lucht	subtotaal geluid	L000	L001	
Singel	GEWEST	stedelijke hoofdweg	ligt op huidige park		2		0	0	0	0	14 ligt op huidige park
Jan van Gentstraat	STAD				2		0	0	0	0	14
Namenstraat	STAD	hoofdstraat			2		0	0	0	0	14
Ledegasthuis	STAD	wijkverzameling			2		0	0	0	0	14
Generaal Amstelsingel	GEWEST	stedelijke hoofdweg			2		0	0	0	0	14
Emiel Vloerstraat	GEWEST	stedelijke hoofdweg	OV-route		2		0	0	0	0	12 OV-route
Sint-Bernardus Steenweg	GEWEST	hoofdstraat	OV-route		2		0	0	0	0	12 OV-route
Kolonel Schoutenstraat	GEWEST	stedelijke hoofdweg	OV-route		2		0	0	0	0	14 OV-route
D'Herfensdijk	STAD	wijkverzameling			2		0	0	0	0	14
Nathweg	STAD				2		0	0	0	0	14
Dierweg	STAD				2		0	0	0	0	14
Schroevenweg	STAD				2		0	0	0	0	14
Herengasthuis	STAD				2		0	0	0	0	14
De Gasthuisdijk	STAD	wijkverzameling	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Geckelstraat	STAD	wijkverzameling	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Sint-Michielstraat	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2		0	0	0	0	14 ligt op huidige park
Plantsoen	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Ernest Van Dijkstraat	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Jordensdijk	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Orpheusdijk	STAD	wijkverzameling	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Tennishof	STAD	wijkverzameling	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Rijksweg	STAD		ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Brouwerdijk	STAD	wijkverzameling	OV-route		2		0	0	0	0	14 OV-route
Oude Levensdijk	STAD	wijkverzameling	OV-route		2		0	0	0	0	14 OV-route
Ankerdijk	STAD	wijkverzameling	OV-route		2		0	0	0	0	14 OV-route
Tunnelpark	GEWEST		OV-route		2		0	0	0	0	14 OV-route
Sint-Pieterdijk	STAD	hoofdstraat	OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
Sint-Paulusdijk	STAD	hoofdstraat	OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
Minderdijk	STAD	hoofdstraat	OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
Sint-Katharinestraat	STAD	hoofdstraat	OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
Mertweg	STAD	hoofdstraat	OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
Hoofdverkeersdijk	STAD		ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Lange Gasthuisdijk	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2		0	0	0	0	14 ligt op huidige park
Sint-Jansdijk	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2		0	0	0	0	14 ligt op huidige park
Mechelsteendijk	GEWEST	wijkverzameling			2		0	0	0	0	14
Boulevard	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2		0	0	0	0	14 ligt op huidige park
Leopolddijk	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2		0	0	0	0	14 ligt op huidige park
Komedieplaats	STAD				2		0	0	0	0	14
Schoonmarkt	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Groenplaats	STAD		OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
Nationalestraat	STAD	hoofdstraat	ligt op huidige park		2	2	0	0	0	0	13 ligt op huidige park
Geuzenstraat	STAD		OV-route		2	2	0	0	0	0	13 OV-route
De Vrijheid	STAD		OV-route		2		0	0	0	0	14 OV-route

Figuur 14: Screenshot van opgeleverde knelpuntenlijst door opdrachtgever

Voor luchtkwaliteit werden de concentratie-impacten per optimaal scenario aangevuld en opgeleverd in de knelpuntenlijst zelf, terwijl voor geluidshinder alle knelpunten voorzien werden van een knelpuntfiche (zie ook verder, Figuur 26).

3.4. BEREKENINGEN

In samenspraak met de stad Antwerpen werd besloten om naast het basisscenario, uiteindelijk 3 verschillende optimale scenario's uit te rekenen voor zowel lucht als geluid:

○ Basisscenario

Berekening van de situatie in 2015 als er bovenop het huidige beleid geen extra maatregelen worden genomen. Voor het huidige beleid kiezen we, op aangeven van de dienst LHRMG van departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) voor het Business As Usual (BAU) scenario.

○ Maatregelenpakket 1

Uitvoeren van maatregelenpakket 1, namelijk alle maatregelen die weerhouden zijn in de maatregelenlijst en gecatalogeerd worden onder de noemer “eenvoudig en snel uit te voeren maatregelen binnen beleidshorizon 2015”¹⁷

○ Maatregelenpakket 2

Binnen dit maatregelenpakket wordt de impact van 2 specifieke maatregelen bekeken en het effect op luchtkwaliteit en geluidshinder, cumulatief bovenop maatregelenpakket 1

- Low Emission Zone (LEZ)
- Congestion Charge (CC)

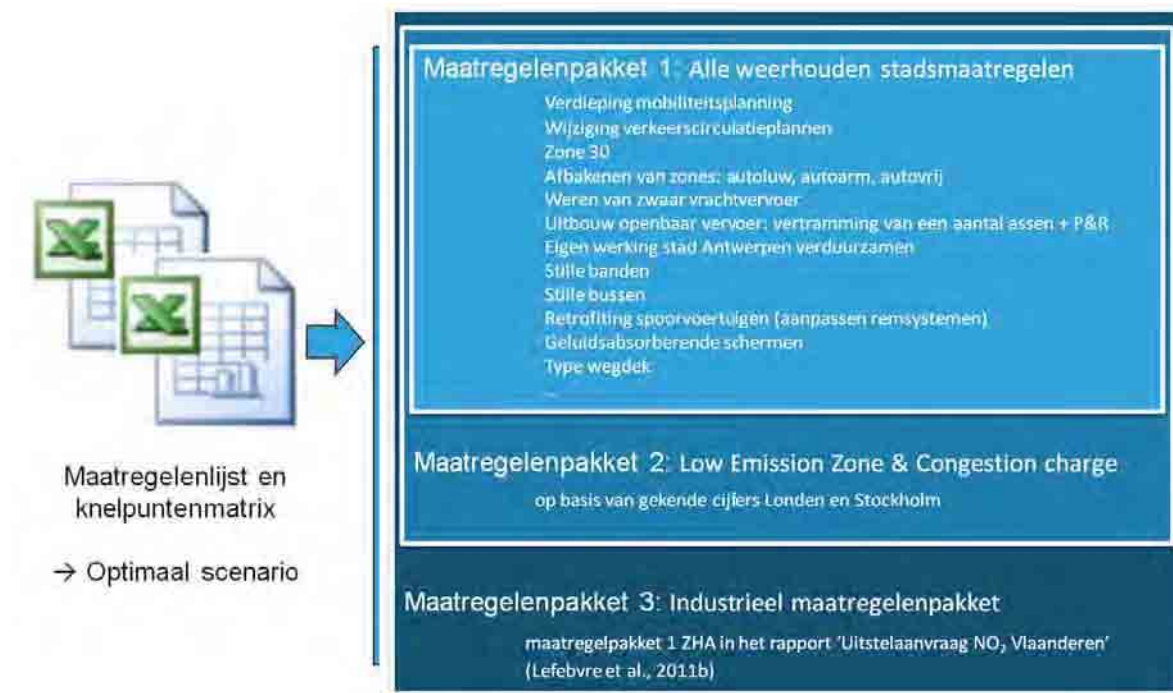
○ Maatregelenpakket 3

Binnen dit maatregelenpakket wordt er specifiek gekeken naar industriële maatregelen in het Antwerpse havengebied. De maatregelen die genomen worden in dit pakket zijn de maatregelen van pakket 2 + de industriële maatregelen die beschreven staan onder maatregelenpakket 1 ZHA in het rapport ‘Uitstelaanvraag NO₂ Vlaanderen’ (Lefebvre et al., 2011b)¹⁸. Deze maatregelen bestaan uit specifieke acties bij enkele individuele bedrijven in de Antwerpse Haven.

Om de verschillende maatregelenpakketten, die cumulatief opgebouwd zijn, beter te kunnen interpreteren werden er telkens verschilkaarten geproduceerd om in te schatten welke maatregelen de grootste effecten hebben.

¹⁷ Een nuance dient gemaakt te worden naar het aangepaste wegdekkenbeleid. Dit werd in de simulatie doorgevoerd voor alle, relevante en geprioritiseerde, knelpunten. In welke mate dit gerealiseerd zal worden is afhankelijk van beleidsbeslissingen. Dat dit een continu gegeven is spreekt voor zich (vb. Heraanleg van Amsterdamstraat, Londenstraat, Nationalestraat, ...).

¹⁸ De veranderingen in wagenpark binnen het maatregelenpakket 1 van de zone Haven Antwerpen uit Lefebvre et al. (2011b) worden niet meegenomen in het maatregelenpakket 3 van deze studie.



Figuur 15 : De maatregelpakketten

In de hoofdstukken 4, 5, 6 en 7 worden respectievelijk de resultaten voor het basisscenario, maatregelenpakket 1, maatregelenpakket 2 en maatregelenpakket 3 besproken.

3.5. INTEGRALE BENADERING

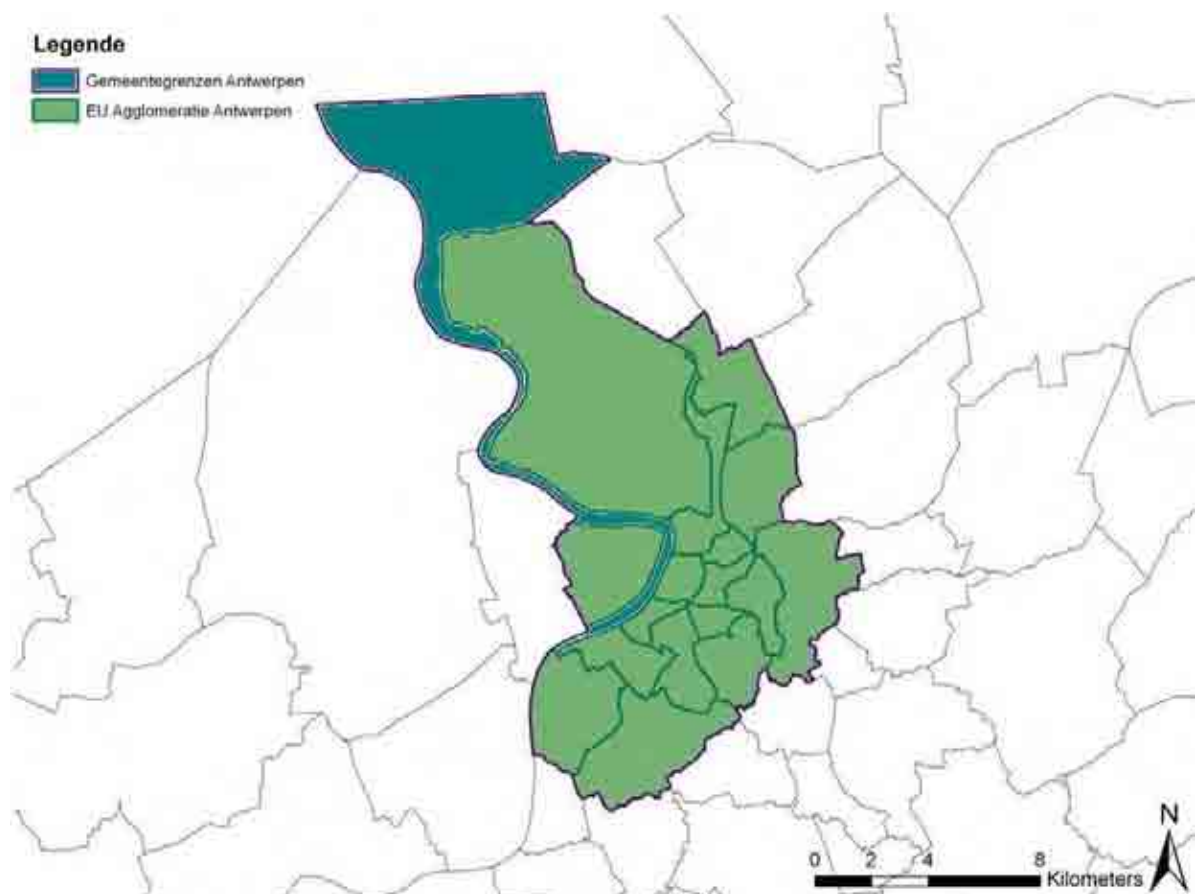
Tijdens het vervolledigen van de maatregelenlijst en de uitgevoerde berekeningen worden geluid en lucht apart benaderd, omdat het moeilijk is beide te vergelijken. Enkel tijdens de keuze van maatregelen in het optimaal scenario is er in een aantal gevallen een kwalitatieve keuze gemaakt voor ofwel geluidsimpact ofwel luchtkwaliteitsimpact. Zo is bijvoorbeeld een snelheidverlaging van 70 naar 50 km/u positief voor het reduceren van geluidshinder en negatief voor de lokale luchtkwaliteit, maar werd er geopteerd om de maatregel te weerhouden, omdat het verslechteren van de luchtkwaliteit niet opweegt tegen de positieve impact voor geluid.

In het laatste hoofdstuk slagen we erin om beide aspecten te vergelijken op basis van het verlies aan Disability Adjusted Life Years of DALY's, door de effecten van lawaai en luchtverontreiniging op gezondheid te berekenen. Dit kan later eventueel als input gebruikt worden in zogenaamde 'impact pathway studies'. Deze studies kunnen dan een rechtstreeks verband leggen tussen de concentraties van verschillende pollutanten en het aantal verloren levensjaren.

HOOFDSTUK 4. HET BASISSCENARIO

4.1. STUDIEGEBIED

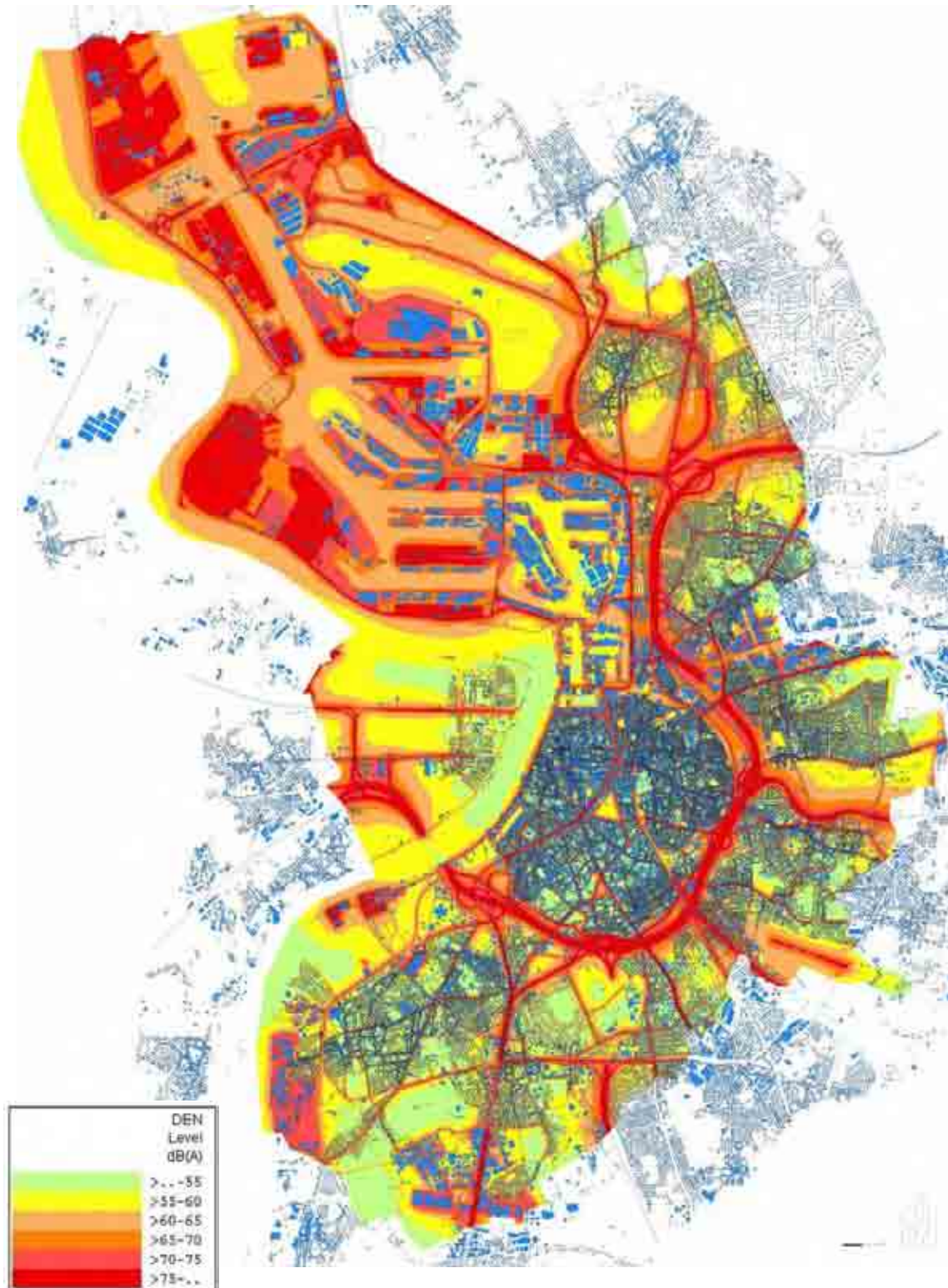
De studie behelst het gebied dat valt binnen de gemeentegrenzen van de stad Antwerpen. Dit gebied komt overeen met het gebied van de agglomeratie Antwerpen, zoals gedefinieerd in het besluit van de Vlaamse Regering van 7 september 2007, mits uitgebreid met het district Berendrecht, Zandvliet en Lillo.



Figuur 16 : Grenzen van het studiegebied

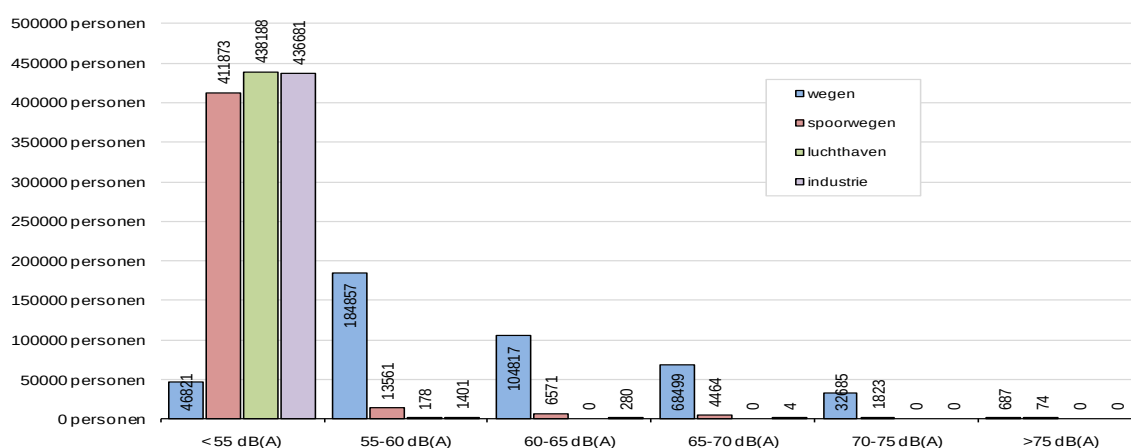
4.2. GELUID

4.2.1. BESTAANDE GELUIDSKAART



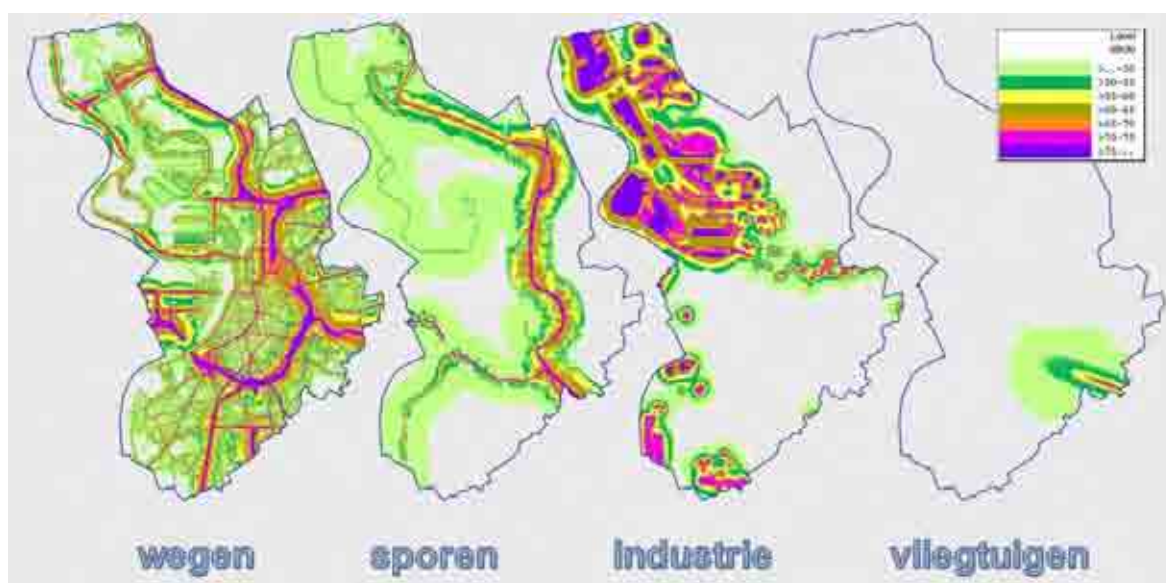
Figuur 17 : Cumulatieve geluidskaart Antwerpen L_{DEN}

In het najaar van 2009 werden geluidskaarten opgesteld voor Antwerpen¹⁹. Deze kaarten werden berekend binnen de grenzen van de agglomeratie Antwerpen. De uitbreiding Berendrecht-Zandvliet-Lillo werd hier dus nog niet berekend. Bovenstaande kaart toont het berekende cumulatieve geluidsniveau veroorzaakt door weg-, spoor- en vliegverkeer alsook de industriële bronnen. In onderstaande tabel wordt voor elke deelbron het aantal blootgesteld personen gegeven in verschillende klassen van geluidsniveaus.



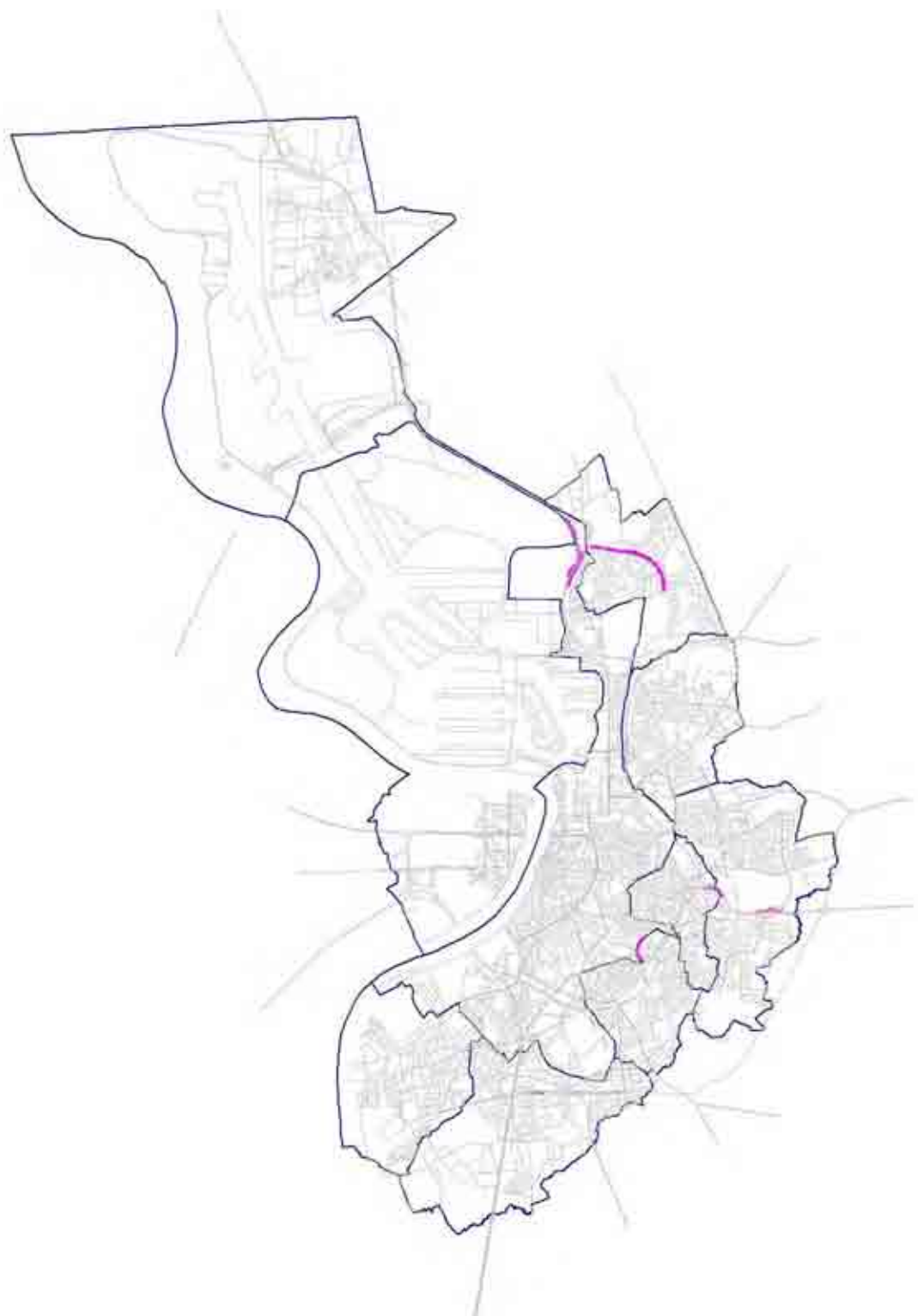
Figuur 18 : Blootstelling in functie van brontype

Hieruit blijkt duidelijk dat het wegverkeer het merendeel van de blootgestellten treft. Dit heeft natuurlijk veel te maken met de proximiteit van de bewoners ten opzichte van deze bronnen. Daarenboven is het wegverkeer alom aanwezig, terwijl spoor-, industrie- en vliegtuiglawaai meer plaatsgebonden effecten heeft. Dit wordt ook duidelijk weergegeven op onderstaande figuur.



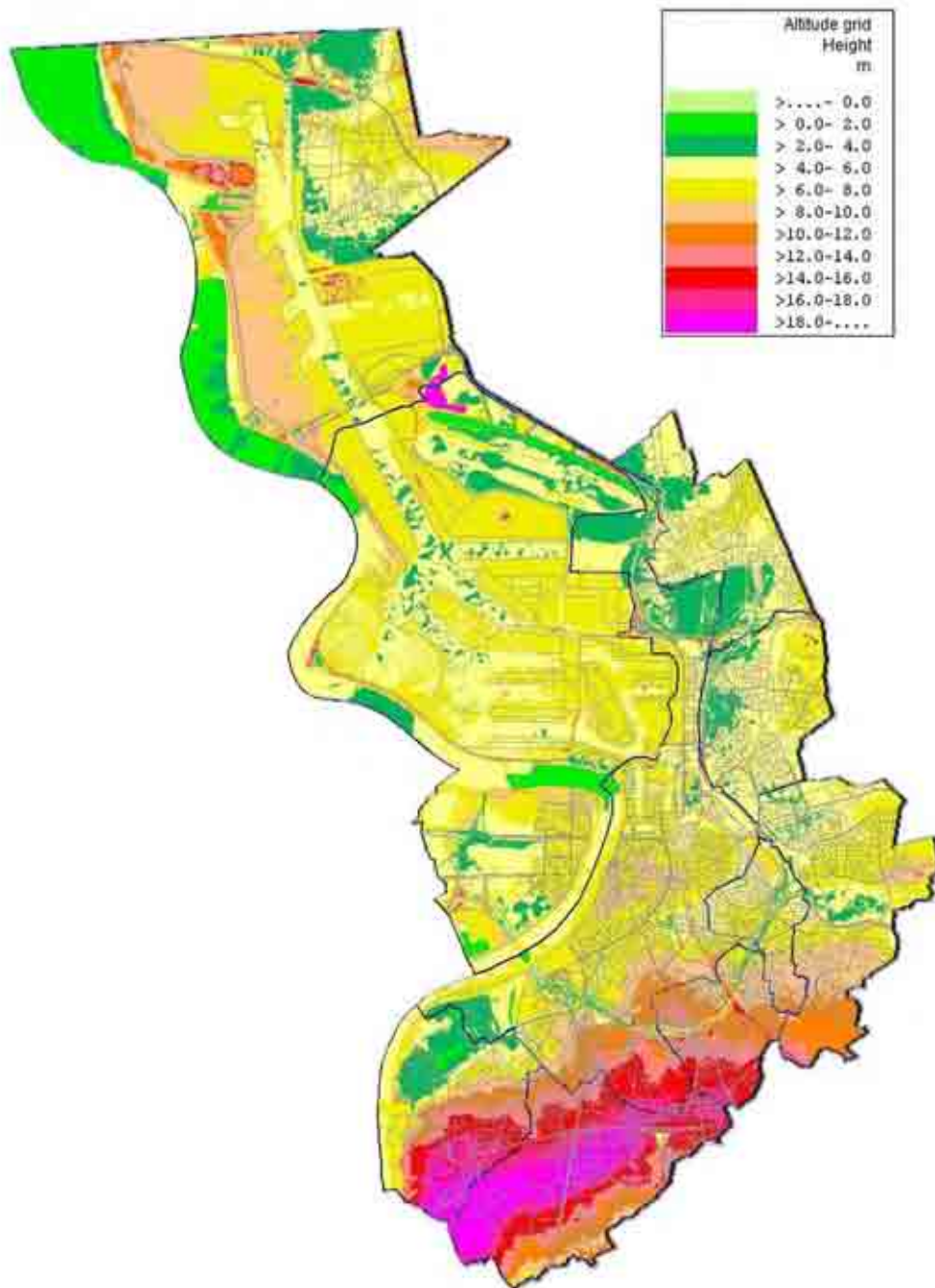
Figuur 19: Impact van de verschillende bronnen over het studiegebied

¹⁹ Geluidsstudie van SGS, goedkeuring ervan door het schepencollege van Antwerpen op 19 maart 2010.



Figuur 20 : Schermen voorzien in het geluidsmodel bestaande toestand

Ter informatie worden de plaatsen van de geluidschermen getoond zoals meegenomen in het numerieke akoestische rekenmodel. Ook worden hierna de terreinhoogtes aangegeven.



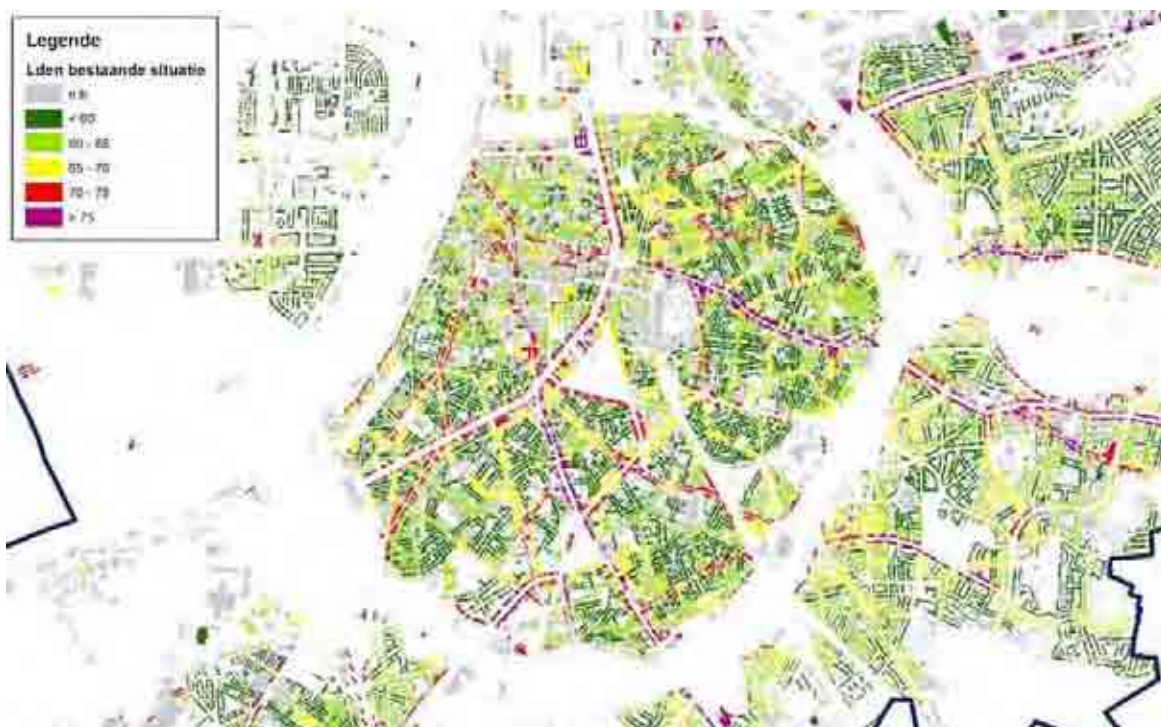
Figuur 21 : Topografie van het studiegebied

Merk op dat de ring op het hoogtebeeld duidelijk zichtbaar is aangezien deze zich voor een groot deel in uitgraving bevindt ten opzicht van de omgeving.

4.2.2. HERBEREKENING EN DETAILS BESTAANDE TOESTAND IN VERBAND MET WEGVERKEER

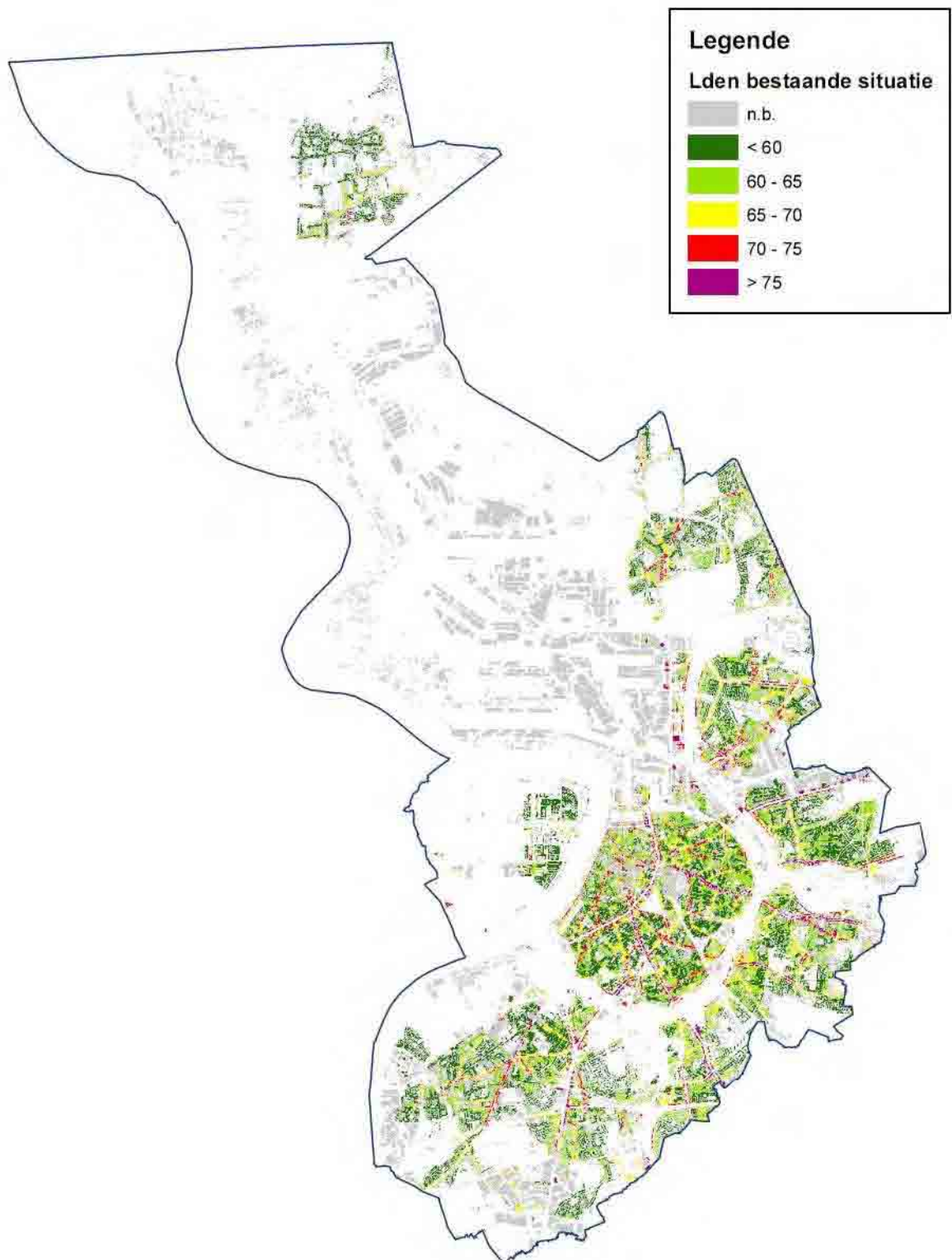
Het akoestische model werd uitgebreid tot de stedelijke grenzen inclusief het gebied Berendrecht-Zandvliet-Lillo en vervolgens herberekend. In tegenstelling tot de bestaande geluidskarten worden nu de bewoonde en geluidsgevoelige, gebouwen ingekleurd in functie van hun akoestische gevelbelasting.

De geluidskarten tonen immers enkel waar hoge niveaus optreden. Bij onbewoonde gebouwen of onbebouwde gebieden mogen hoge geluidsniveaus optreden, aangezien hier strikt genomen geen hinder optreedt. In dit voorstel voor een actieplan verschuiven we de focus naar de bewoners.

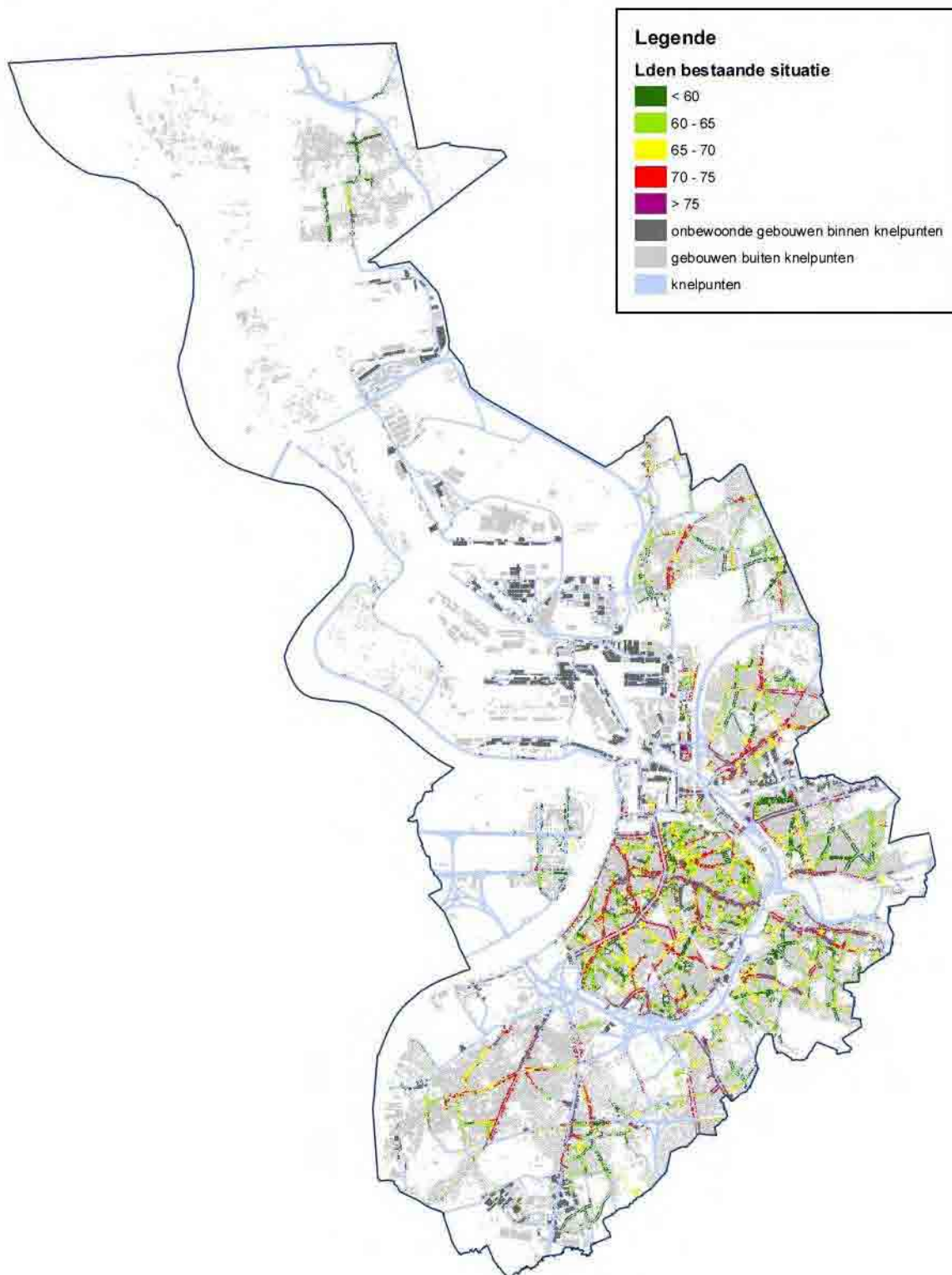


Figuur 22 : Detail centrum Antwerpen blootstelling L_{den}

In voorgaande figuur wordt een detail voor de binnenstad gegeven in verband met het aantal mensen dat aan bepaalde geluidsniveaus is blootgesteld. De figuur op de volgende pagina toont de resultaten in het volledige grondgebied. Vervolgens worden ook de resultaten gegeven in de gedefinieerde knelpunten. Zoals in het plan van aanpak vermeld, werden er in het totaal 670 knelpunten gedefinieerd. Een evaluatie van de blootstelling wordt in bestaande toestand ook uitgevoerd op knelpuntniveau. Per knelpunt werd deze evaluatie samengevat in een knelpuntfiche (zie verder).



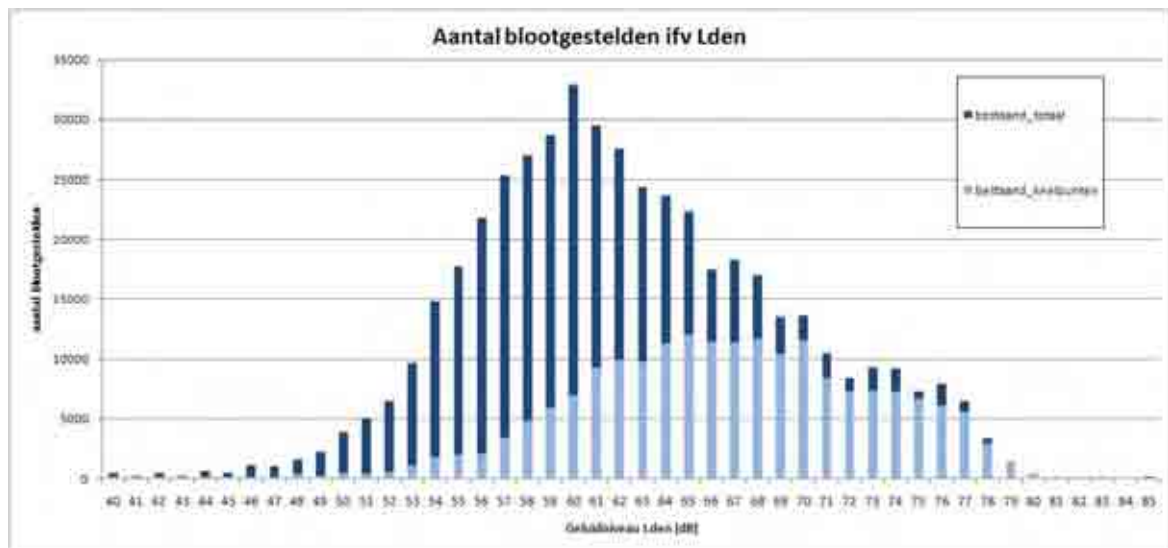
Figuur 23 : Blootstelling L_{den} in het studiegebied



Figuur 24 : Blootstelling L_{den} in de knelpunten van het studiegebied

4.2.3. BLOOTSTELLING VAN DE BEVOLKING AAN GELUID

Voor L_{den} worden de meeste mensen teruggevonden in de blootstellingsklassen rond 60 tot 70 dB. Een belangrijk deel van de mensen wordt nog blootgesteld aan waarden van meer dan 70 dB bij de categorie “bestaande knelpunten”. Merk op dat de knelpunten voor de hoogst belaste groepen volledig dekkend zijn en dat daar de categorie “bestaand totaal” op de grafiek nauw aansluit.



Figuur 25 : Histogram blootgesteld L_{den} bestaande toestand studiegebied en knelpunten

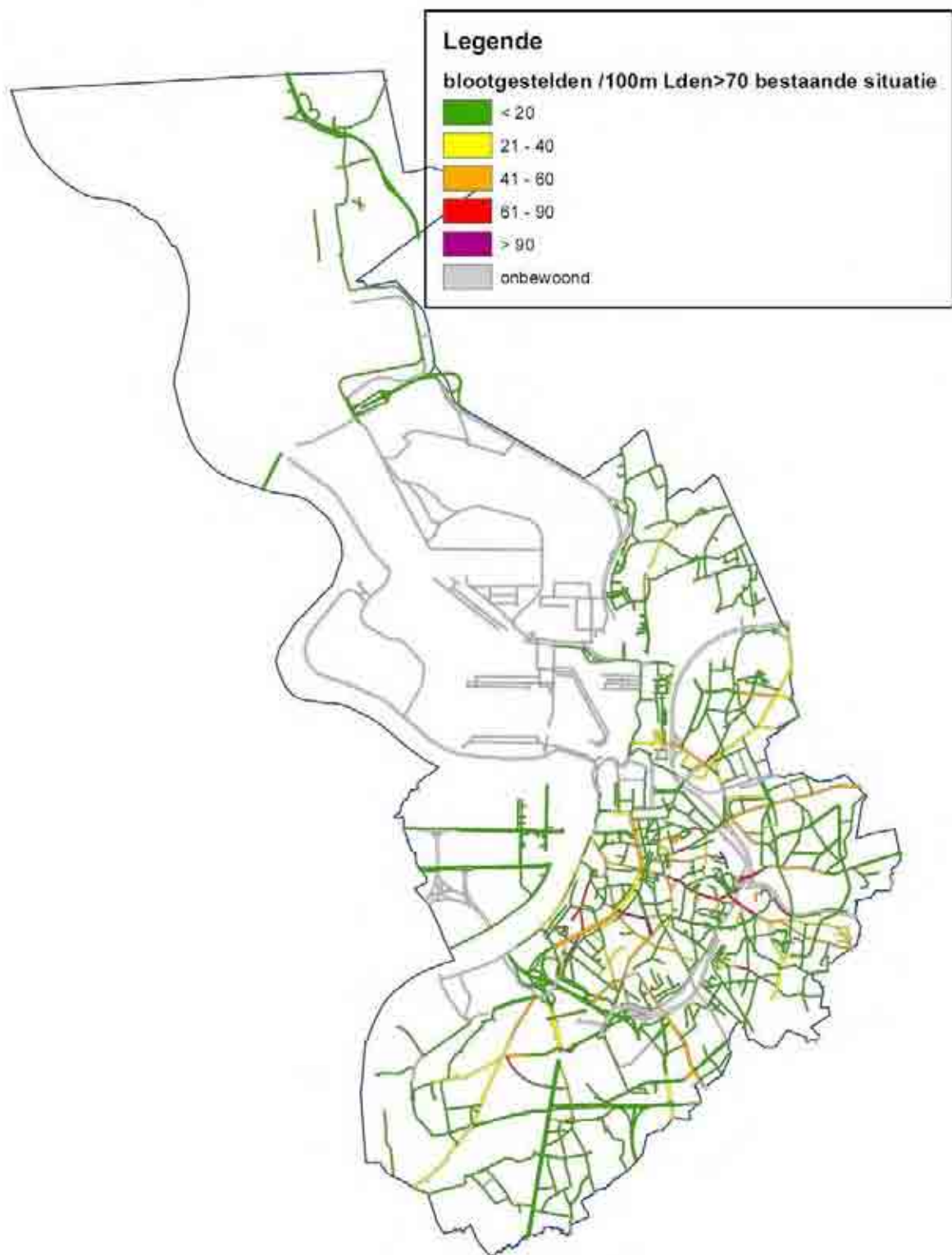
Per knelpunt is een knelpuntfiche beschikbaar die de gegevens in beeld brengt. In deze fiche vindt men onder meer de verkeersgegevens terug qua aantal, snelheid en type voertuigen. Ook wordt de typerende morfologie aangegeven met de afstand tussen de gevels en de representatieve gebouwhoogte.

De tellingen in verband met de blootstellingen worden gegeven voor gebouwen, wooneenheden en bewoners. Deze laatste wordt nog eens opgesplitst naar leeftijdscategorieën. Gemiddeld verkrijgt men dan ook het aantal bewoners per gebouw en per wooneenheid en het aantal wooneenheden per gebouw. De tellingen betreffen vooral de eerstelijnsbebouwing waar de hoogste blootstellingen zich manifesteren.

Het aantal hoog blootgesteld per 100 m knelpunt geeft de relatieve impact aan van het knelpunt en is een maat voor het prioritair toepassen van maatregelen. Maatregelen die evenredig zijn met weglengte (zoals wegdekken) zullen hierbij kosteneffectiever zijn.

Het effect van een geluidsreductie aan de gevel op het totaal aantal blootgesteld boven een referentieniveau wordt berekend voor verschillende vooropgestelde geluidsreducties. Hieruit kan men de optimale reductie aan de gevel bepalen om het aantal hoogst belaste te verminderen.



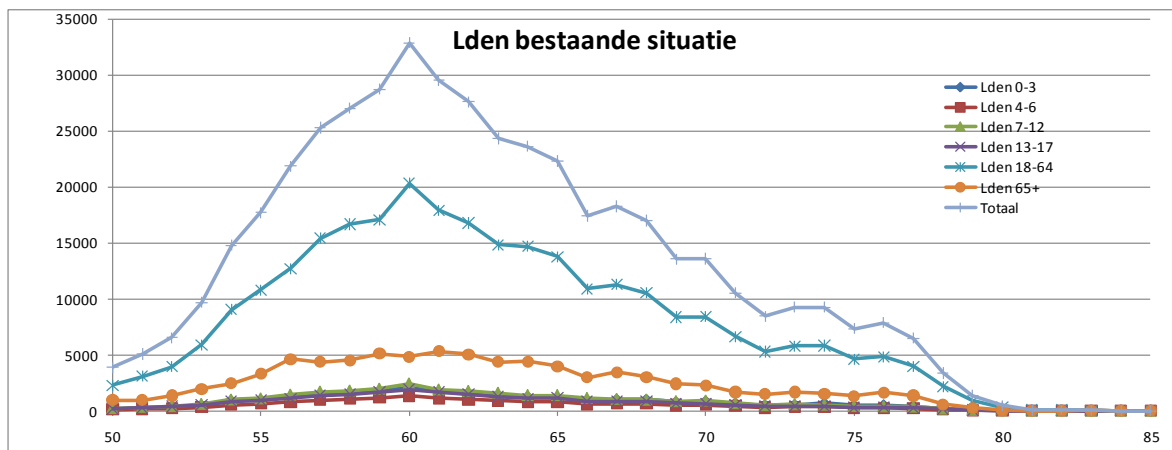


Figuur 27 : Blootstelling voor L_{den} boven 70 dB per 100 m knelpunt bestaande situatie

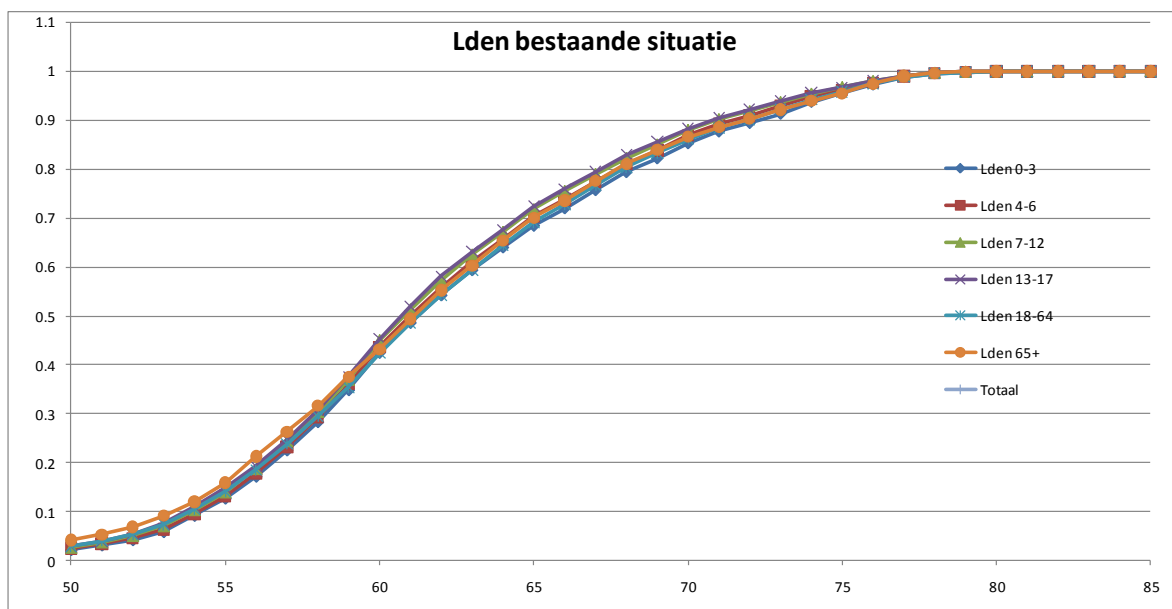
Door het geografisch inkleuren van de impact hoge blootstelling per lengte knelpunt kan men visueel de prioritaire knelpunten onmiddellijk lokaliseren.

4.2.4. INDELING NAAR BEVOLKINGSGROEPEN

Volgende figuren geven de blootstelling weer, opgesplitst in leeftijdsgroepen. De leeftijdscategorie van 18 tot en met 64 jaar bepaalt de blootstelling van de totale bevolking.



Figuur 28 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand opgesplitst in leeftijdsgroepen

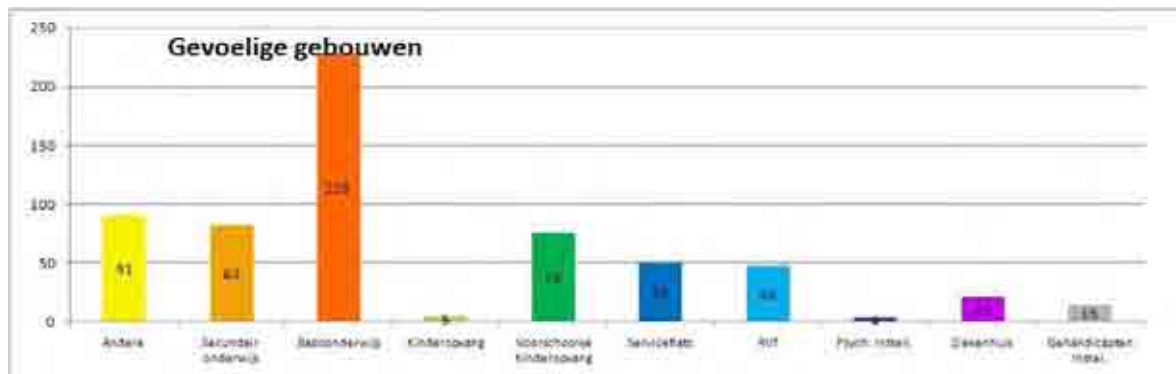


Figuur 29 : Cumulatieve histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand in leeftijdsgroepen

Men merkt dat 50% van de mensen worden blootgesteld aan 61 dB of lager maar ook 50% aan hogere waarden.

4.2.5. INDELING NAAR GEVOELIGE GEBOUWEN

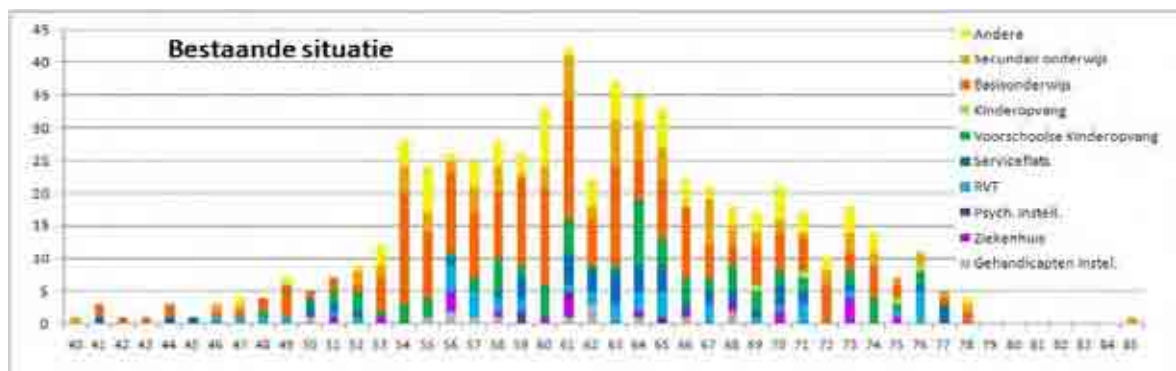
De gevoelige gebouwen werden onderverdeeld in volgende groepen:



Figuur 30 : Aantal gebouwen binnen verschillende groepen gevoelige gebouwen

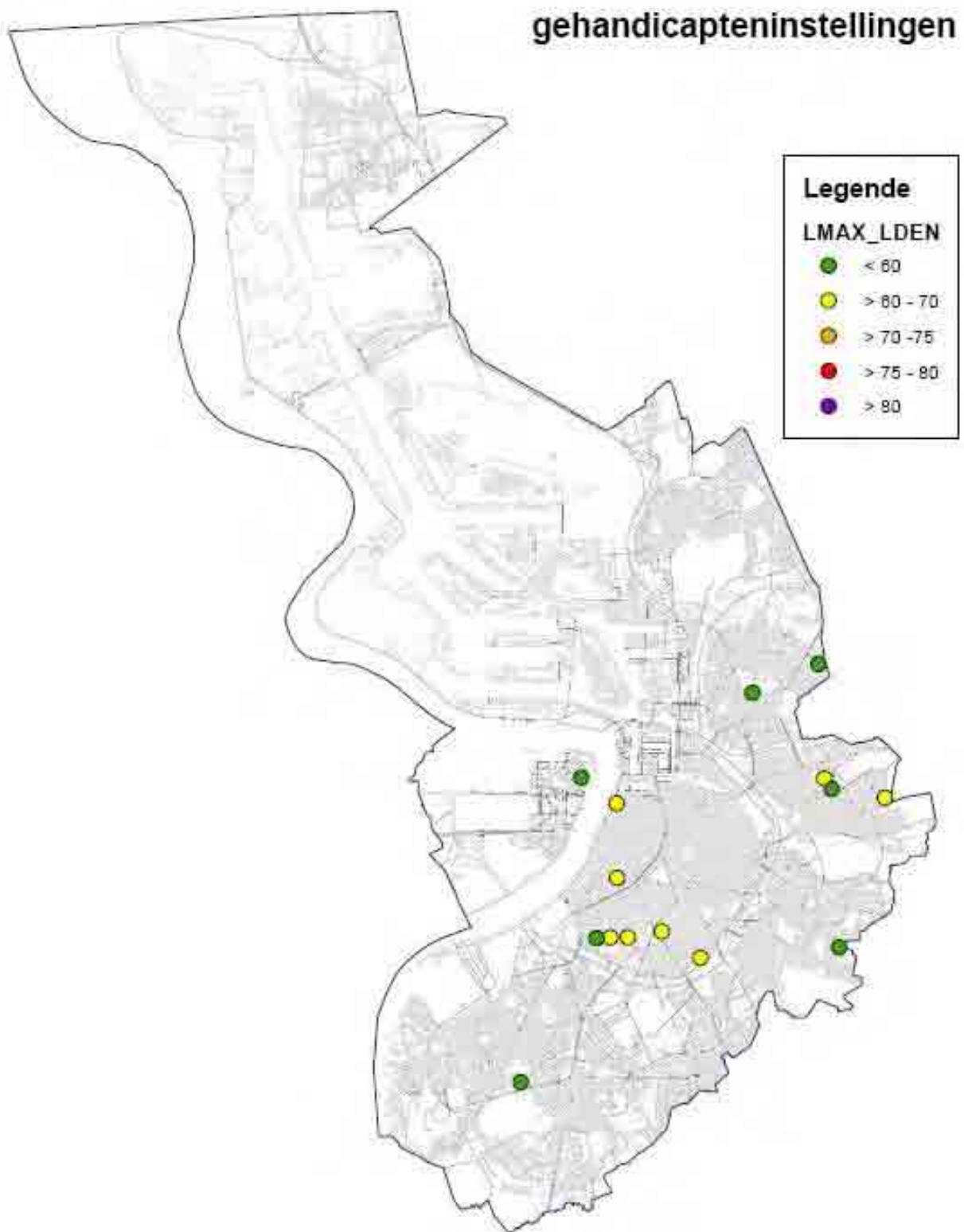
De gevoelige gebouwen waarvoor geen type werd gespecificeerd, werden ondergebracht in de categorie “andere”. Dit zijn waarschijnlijk hogescholen/universiteiten/... en worden daarom verder samen met de scholen behandeld.

Onderstaande figuur geeft de blootstelling weer opgesplitst in deze gevoeligheidscategorieën.

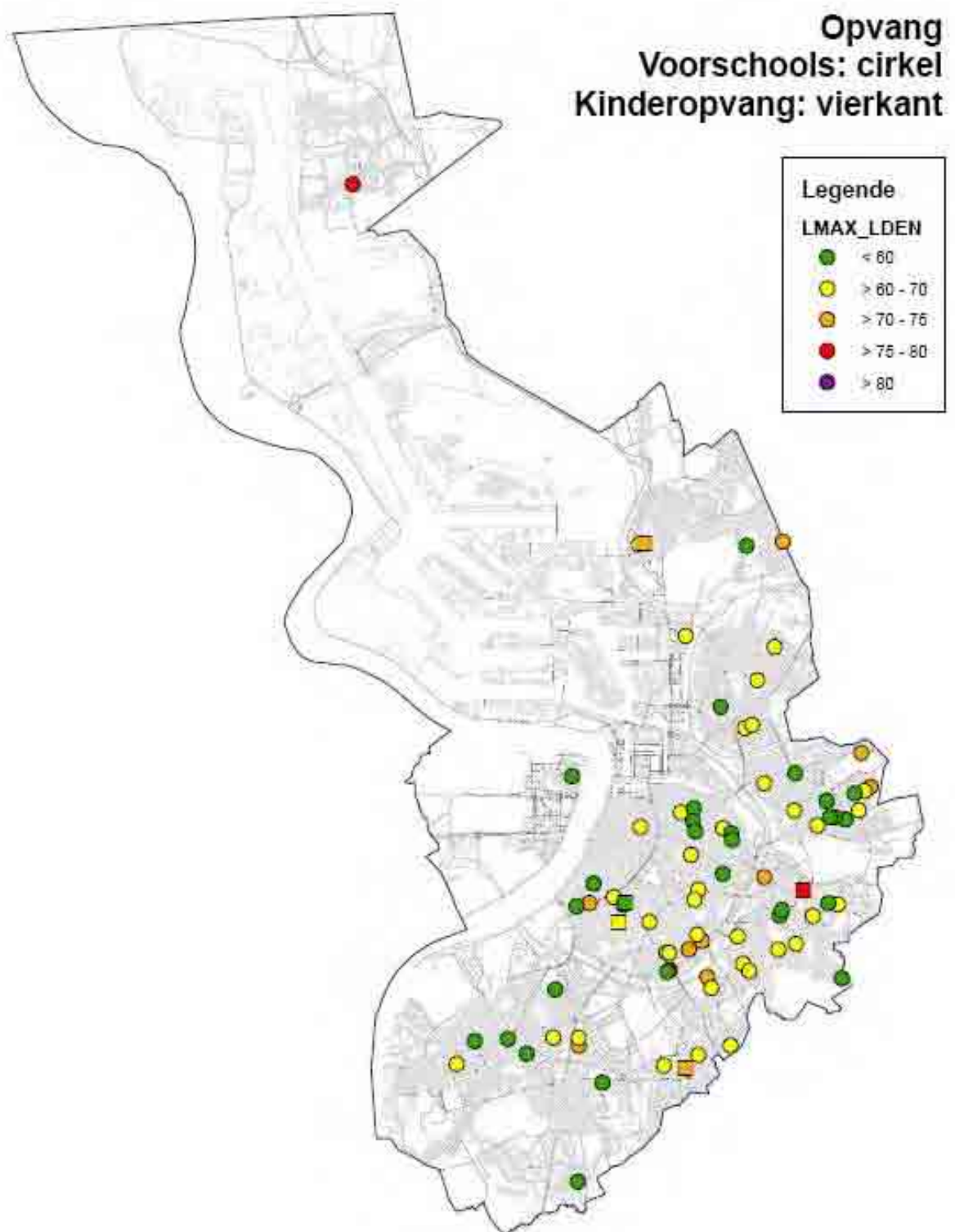


Figuur 31 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande situatie opgesplitst in gevoelige gebouwen

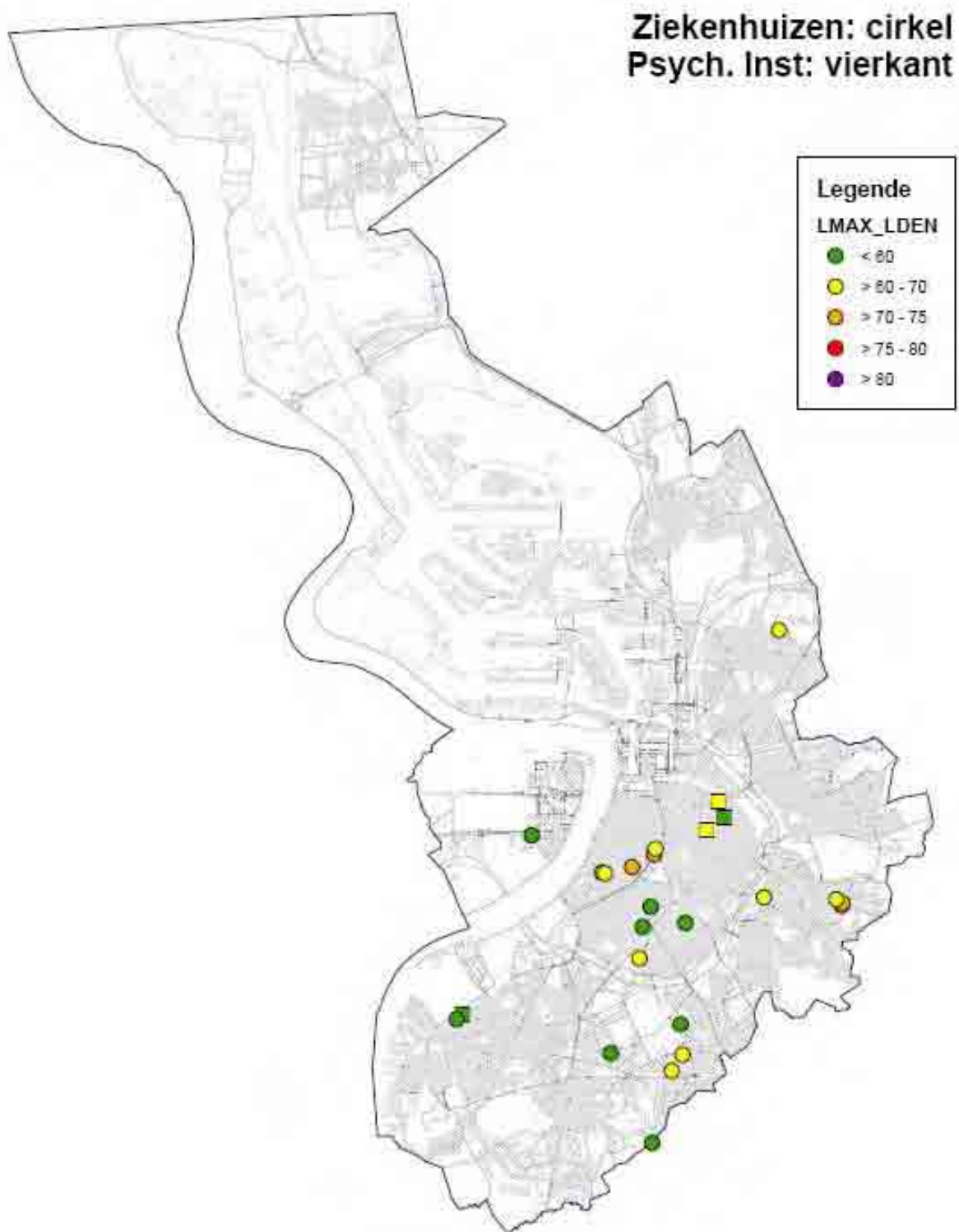
Men merkt dat de gevelbelasting zeer verschillend is tussen de gebouwen. Op volgende figuren wordt het optredende geluidniveau per gevoelig gebouw grafisch weergegeven.



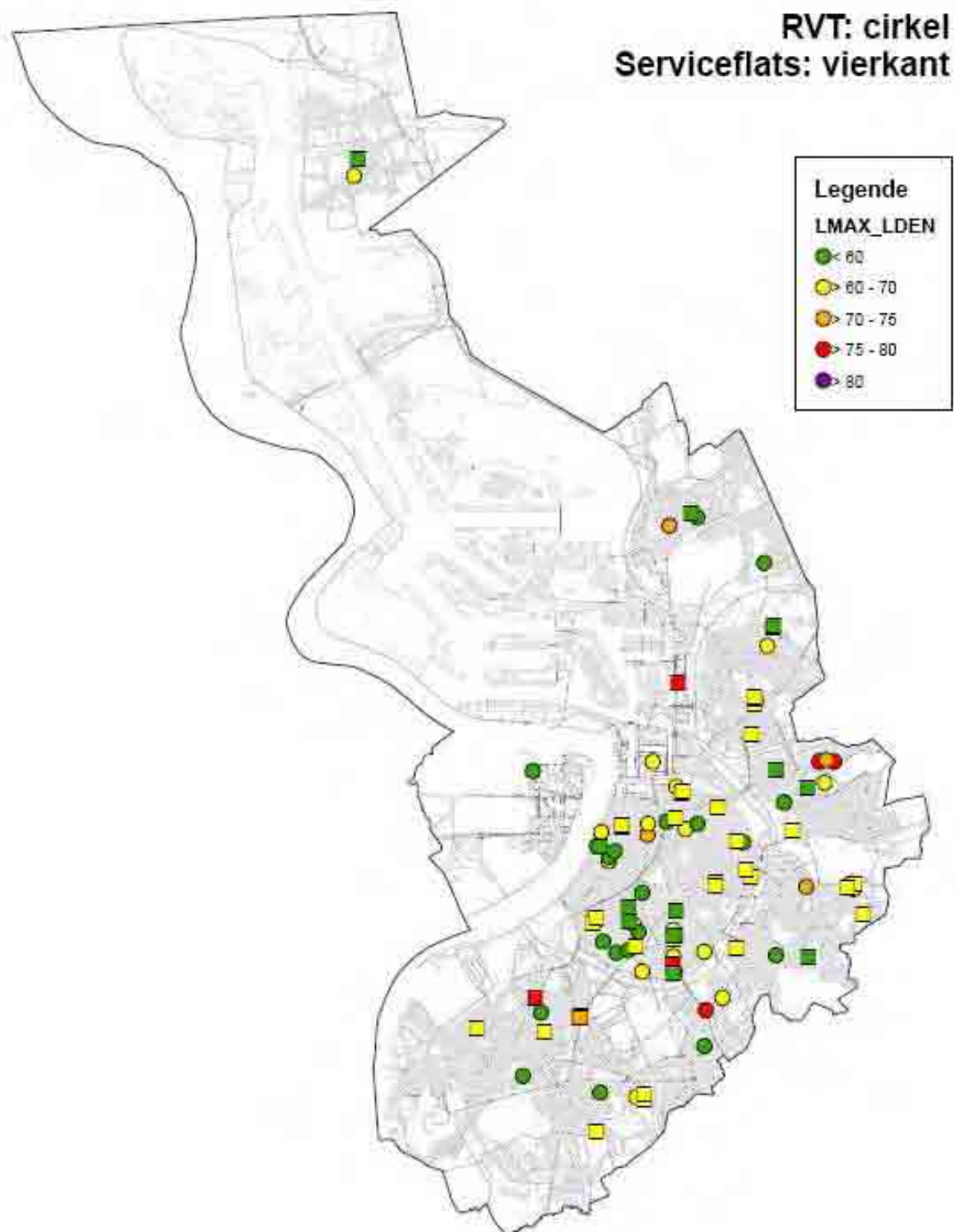
Figuur 32 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie - gehandicapteninstellingen



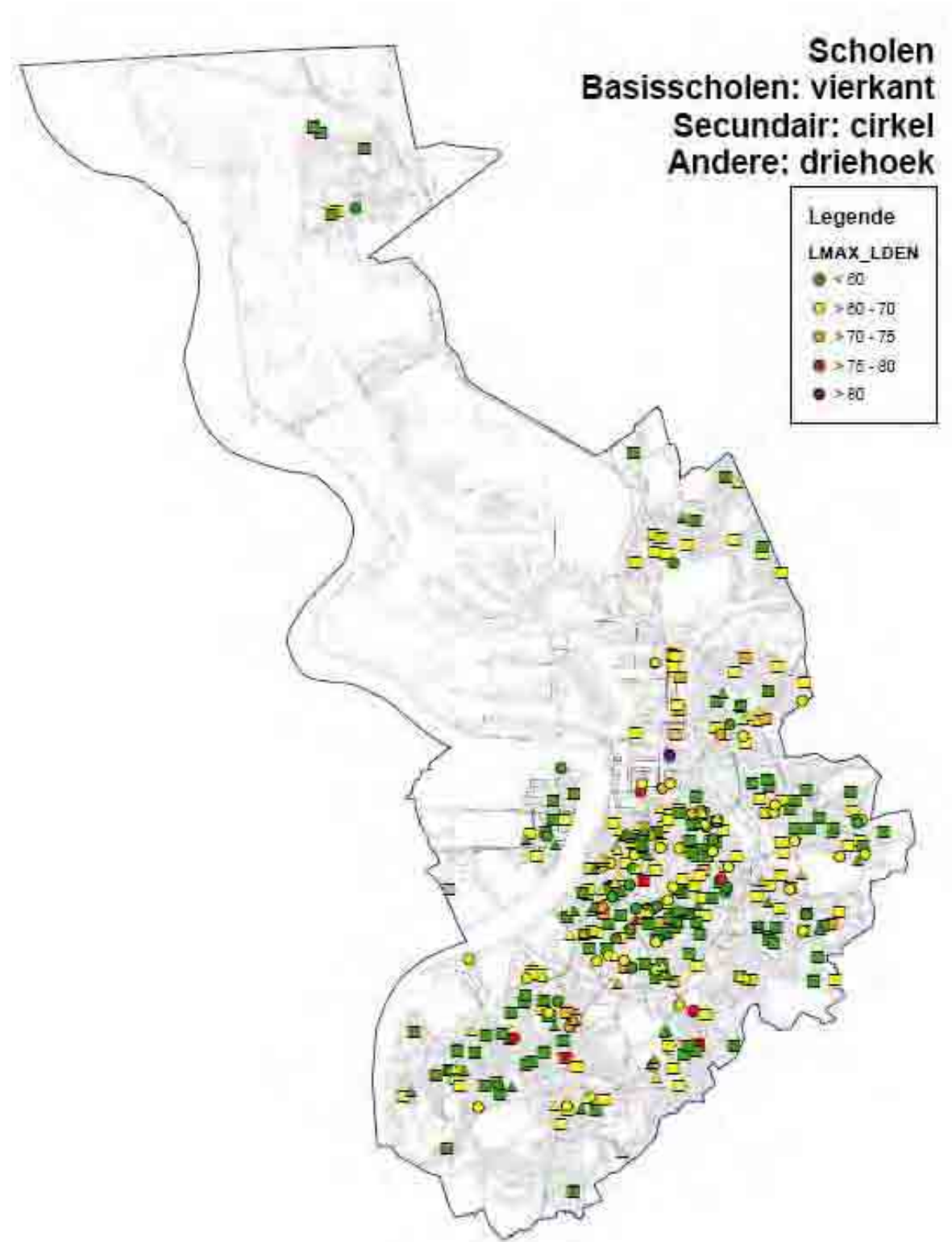
Figuur 33 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – kinderopvang en voorschoolse opvang



Figuur 34 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – ziekenhuizen en psychiatrische instellingen



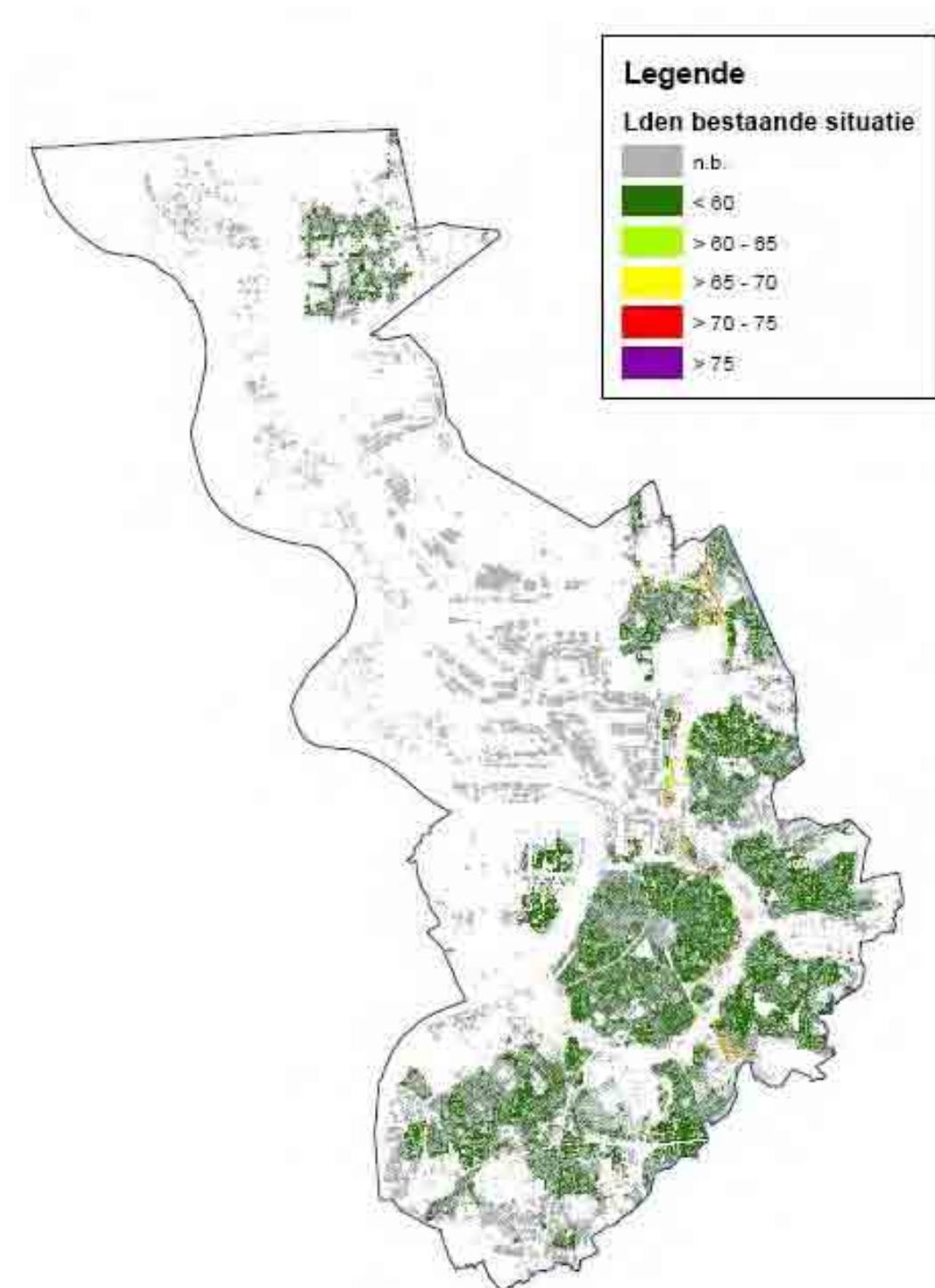
Figuur 35 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – RVT's en serviceflats



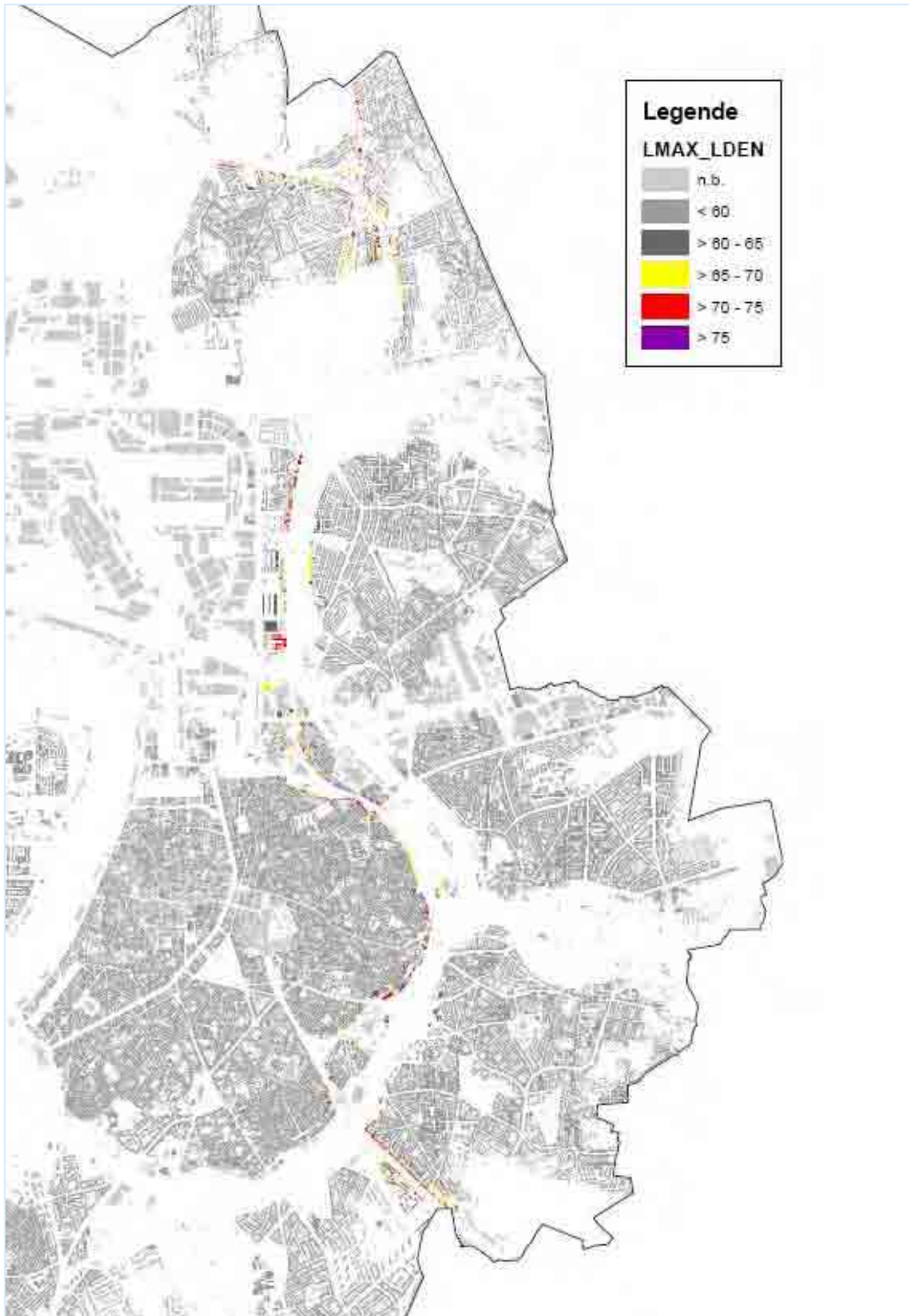
Figuur 36 : Blootstelling voor L_{den} bestaande situatie – scholen

4.2.6. SPOORWEGLAWAAI

Het effect van het spoorweglawaai voor bewoners is veel meer gelokaliseerd in vergelijking met het wegverkeer. Hoge belastingen zijn te verwachten ter hoogte van Ekeren, Luchtbal, het ringspoor en de aansluiting richting Mechelen.



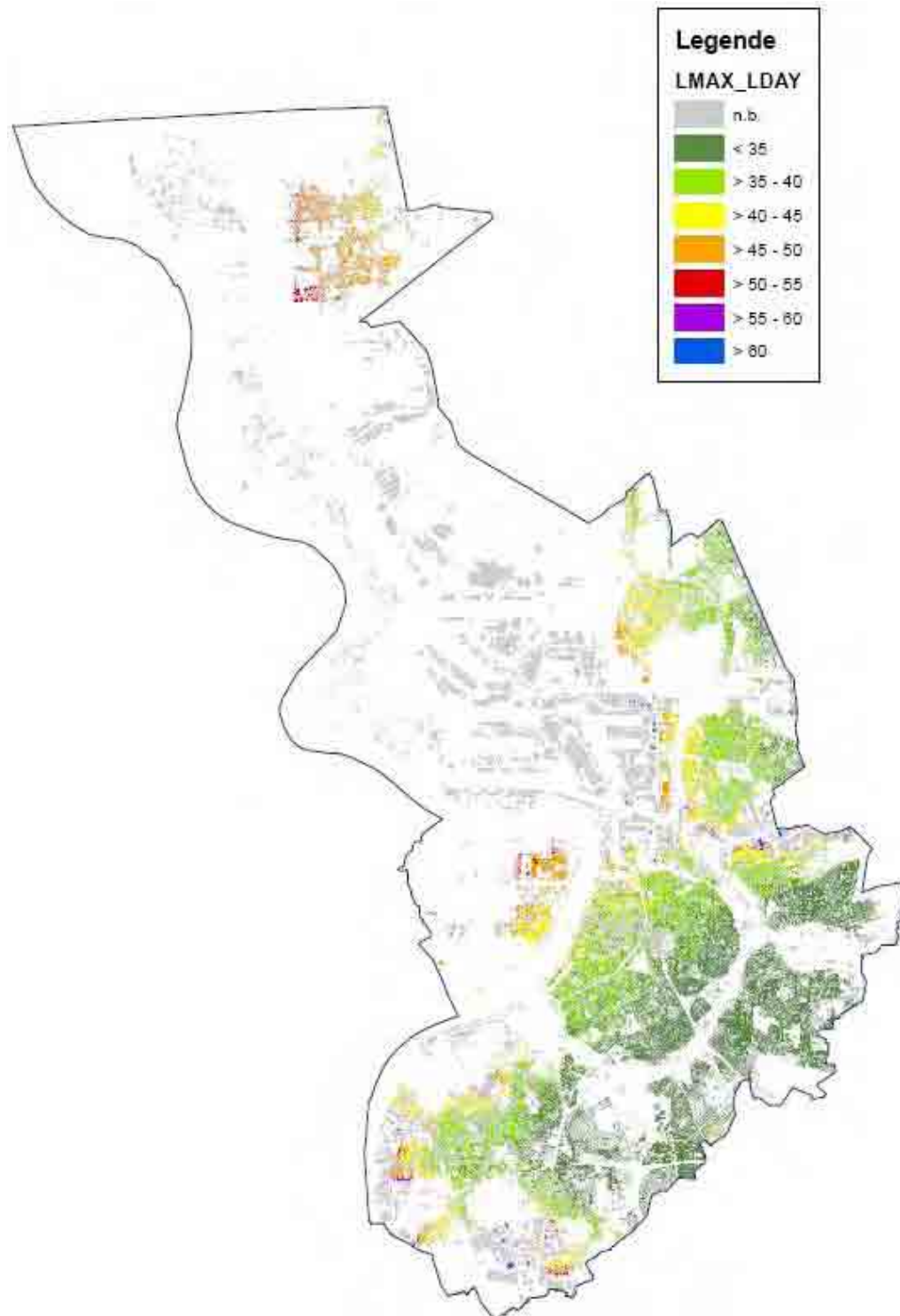
Figuur 37 : Blootstelling L_{den} spoorverkeer bestaande toestand



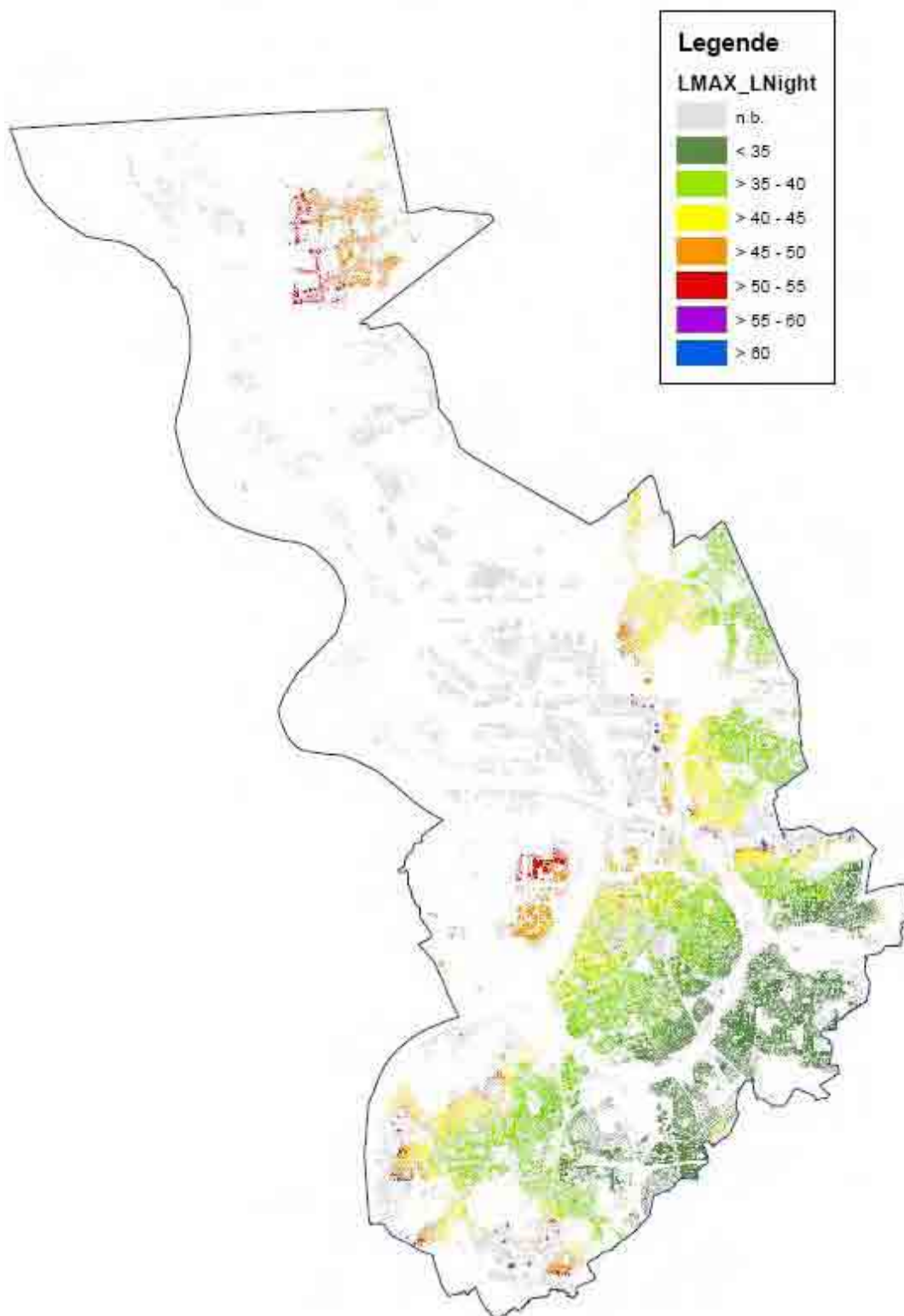
Figuur 38 : Blootstelling L_{den} spoorverkeer bestaande toestand detail

4.2.7. INDUSTRIELAWAAI

Deze kaart werd opgesteld op basis van de herziene bronnen uitgelijst in de geluidsstudie van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en anderzijds aan de hand van de bronnen zoals gegeven in de oorspronkelijke geluidskaart van de agglomeratie Antwerpen voor de industriezones gelegen aan het Albertkanaal en die gelegen aan Antwerpen Zuid (Hoboken).

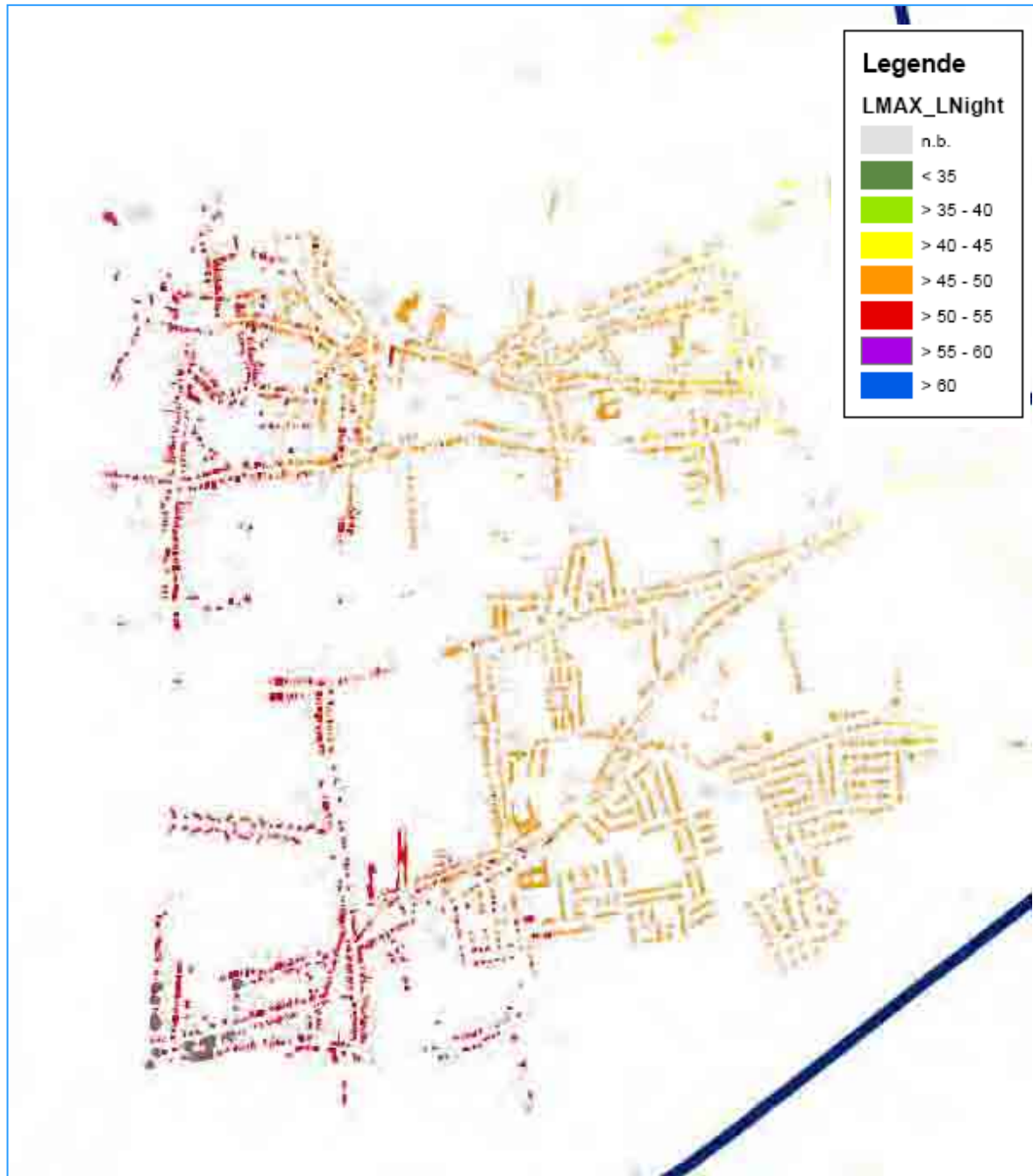


Figuur 39 : Blootstelling L_{day} industrie bestaande toestand

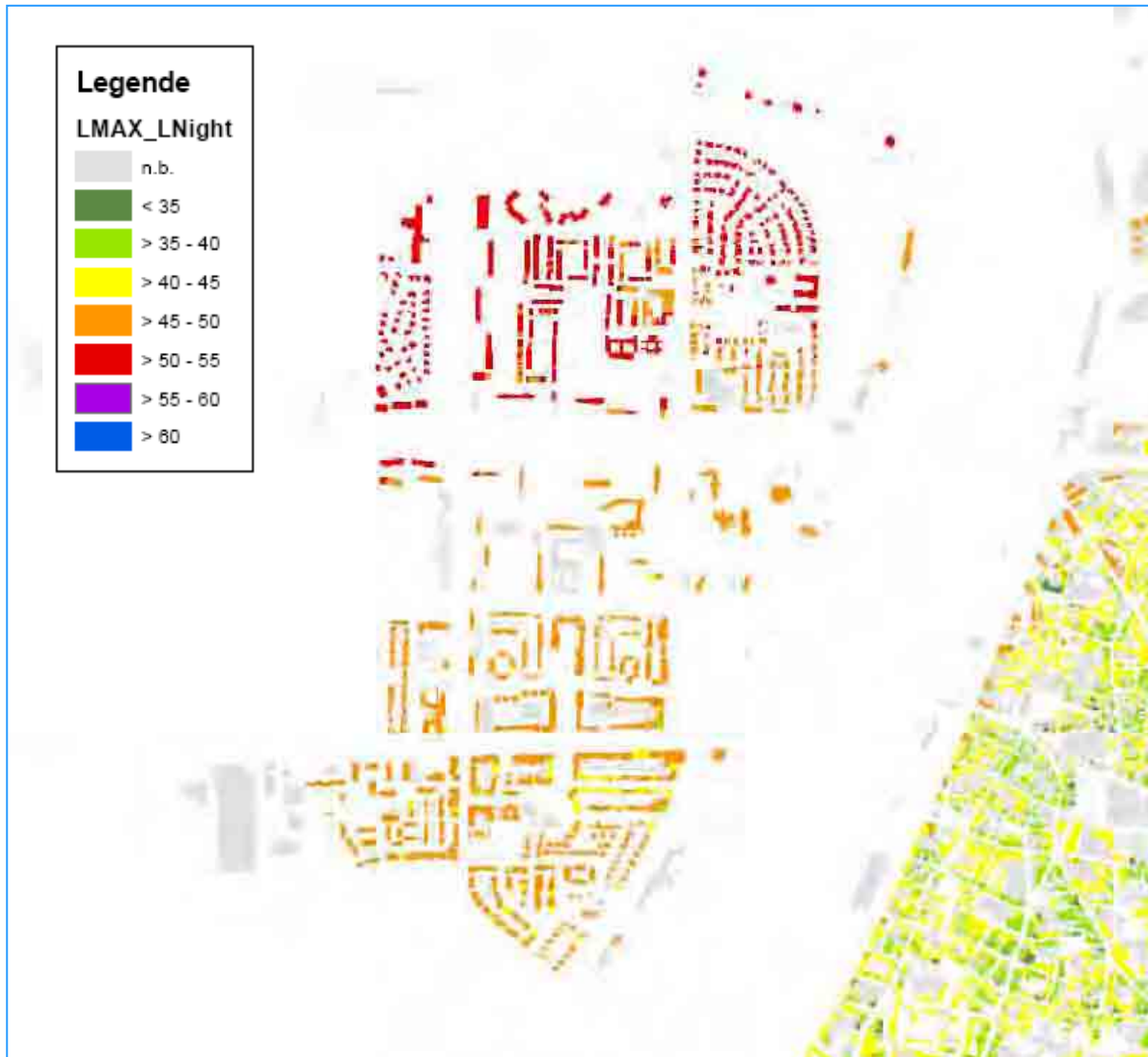


Figuur 40 : Blootstelling L_{night} industrie bestaande toestand

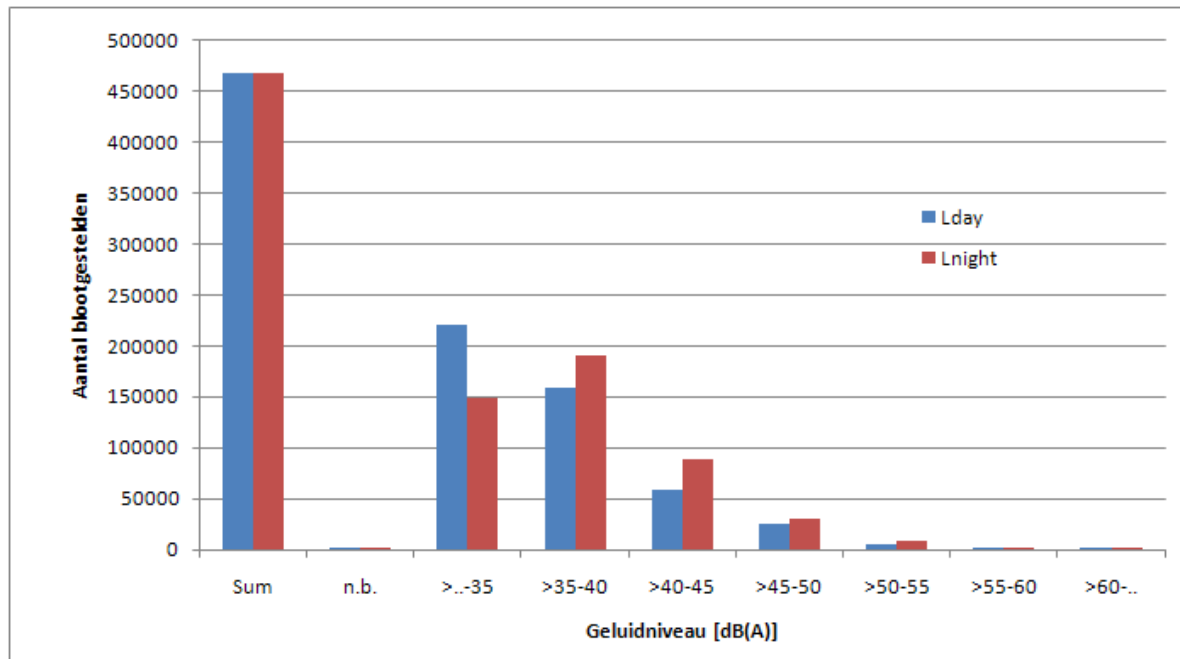
De zones die de hoogste impact hebben van de industriële bronnen in het havengebied bevinden zich in Berendrecht-Zandvliet-Lillo en op Antwerpen Linkeroever. Van beide wordt hiervan een detail gegeven.



Figuur 41 : Blootstelling L_{night} industrie bestaande toestand – detail Berendrecht-Zandvliet-Lillo



Figuur 42 : Blootstelling L_{night} industrie bestaande toestand – detail linkeroever



Figuur 43 : Histogram blootstelling industrie

Merk op dat de geluidsimpact hiervan veel lager ligt dan zowel weg-, spoor- als vliegverkeer in de regio Antwerpen. Dit is echter niet zo verwonderlijk aangezien Vlarem II reeds lange tijd strikte voorwaarden oplegt voor industrielawaai.

Enkele duizenden mensen ervaren een niveau hoger dan 50 dB(A). Deze zijn vooral terug te vinden in Berendrecht-Zandvliet-Lillo en Linkeroever, in mindere mate voor een deel in Ekeren.

4.3. LUCHTVERVUILING

4.3.1. CONCENTRATIEKAARTEN

Hieronder kunt u de vier kaarten vinden met de jaargemiddelde concentraties aan NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} en EC voor het basisscenario in 2015.

De overschrijdingen van de NO₂-jaarnorm zijn vooral te vinden langs de belangrijkste autosnelwegen (in het bijzonder de tunnelmonden). Uitzonderingen zijn bijvoorbeeld het viaduct van Merksem omdat daar de emissie op een hoogte wordt uitgestoten. Meetposten bevinden zich echter op een geringe hoogte boven het maaiveld. Ook in verschillende street canyons wordt de NO₂-norm overschreden en plaatselijk in de Antwerpse Haven. Verhoogde concentraties (> 35 µg/m³) komen voor op vele plaatsen, in het bijzonder in de kernstad (street canyons!) maar ook langs autosnelwegen en street canyons buiten de kernstad. Ook in een relatief grote vlek in de haven zijn er verhoogde concentraties te vinden.

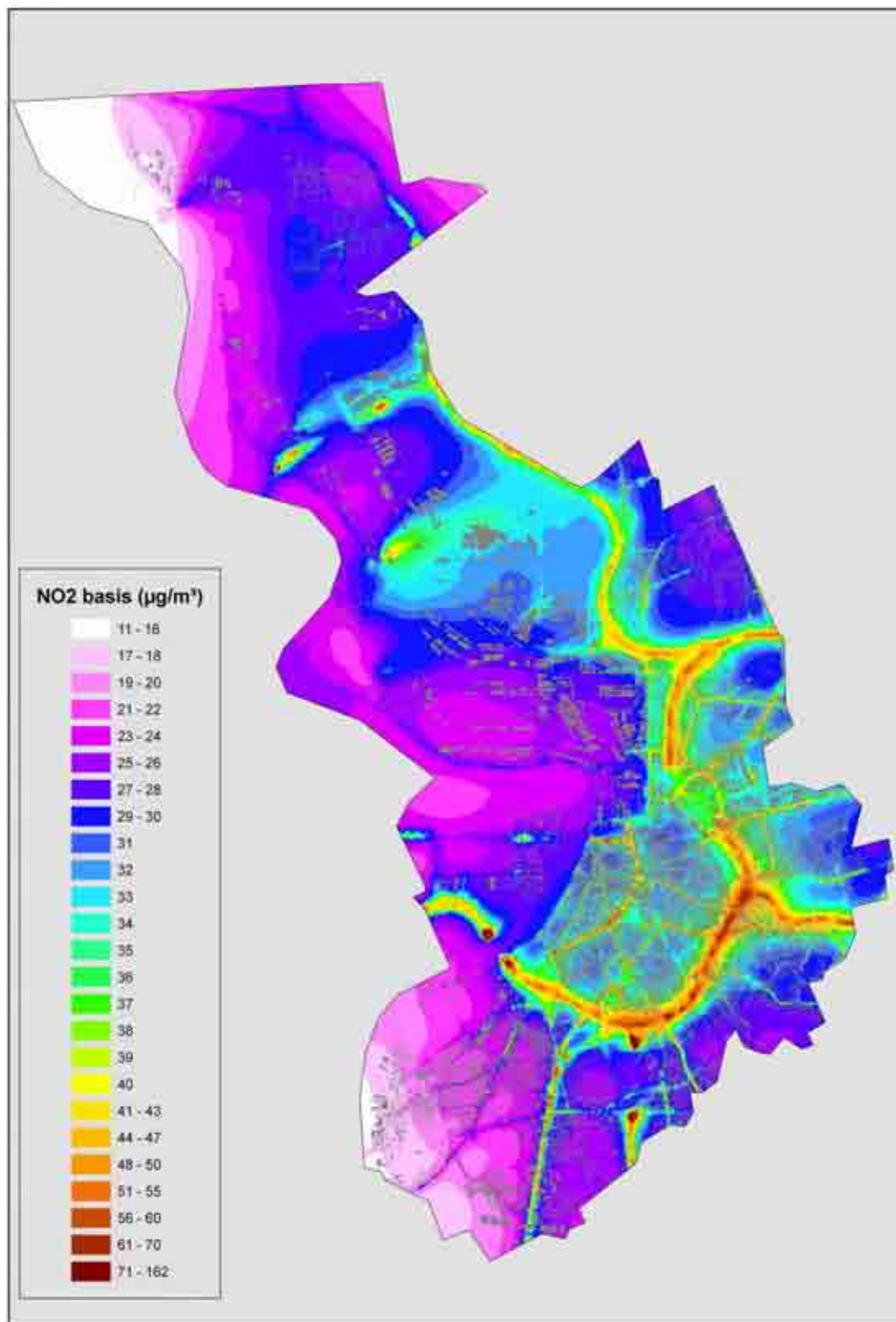
De overschrijdingen van de PM₁₀-jaarnorm beperken zich tot de westelijke uitgang van de Kennedytunnel en de uitgangen van de Craeybeckxtunnel. Gebruiken we echter een grens van jaargemiddelde concentratie van 31 µg/m³ (wat ongeveer overeenkomt met de 35 dagoverschrijdingen van de daggemiddelde concentratie van 50 µg/m³, KEMA et al. (2009)) dan komen we op grotere gebieden met overschrijdingen van de norm. In het bijzonder zijn twee types gebieden merkbaar:

1. Een aantal belangrijke wegen en de tunnelmonden. In het bijzonder de Ring (buiten het viaduct van Merksem), de A12 en de E19 overschrijden deze limiet, net als enkele drukke street canyons (in het bijzonder de Leien).
2. Een gebied in de Antwerpse Haven waar volgens RIO hoge concentraties aan fijn stof voorkomen.

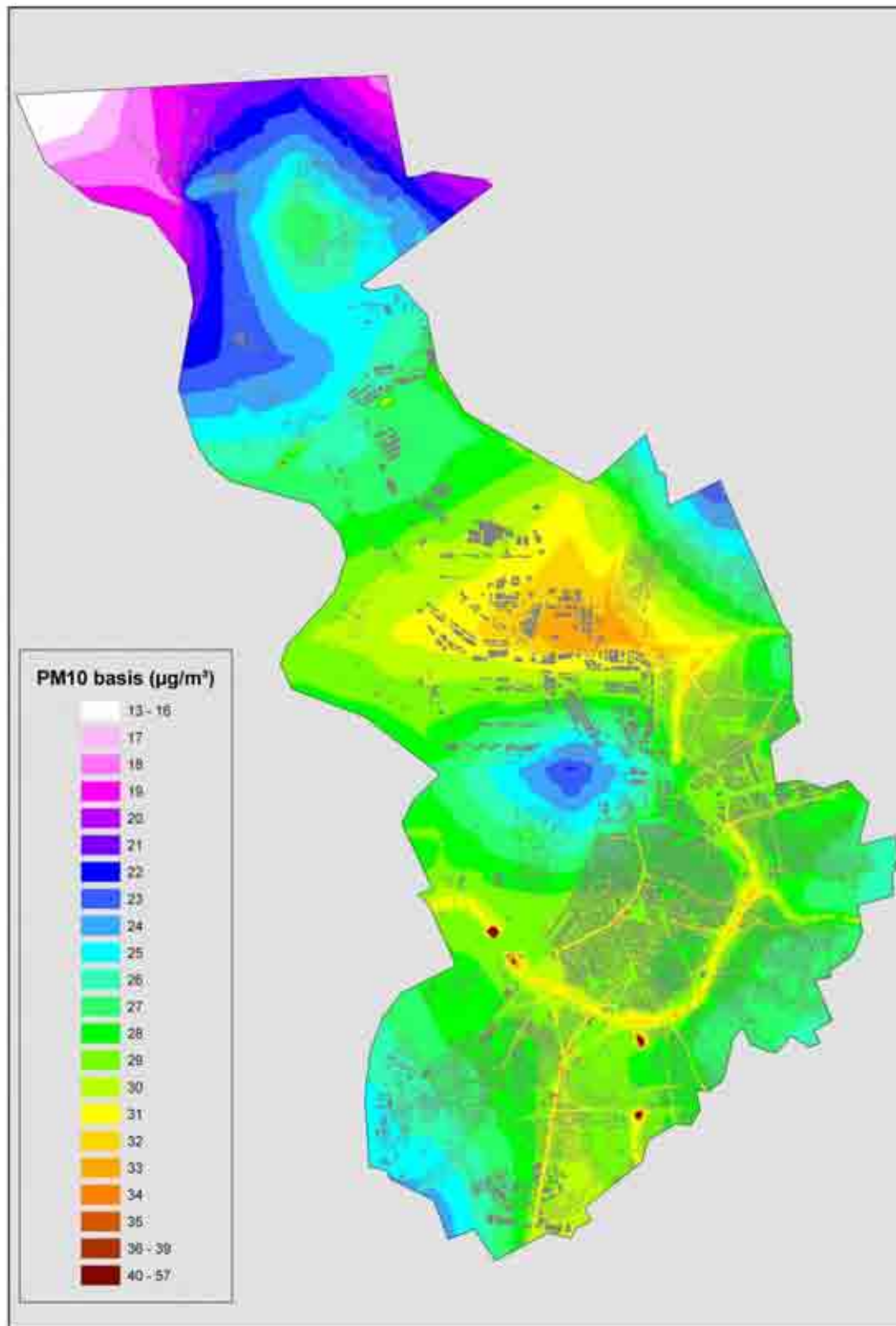
Lagere PM₁₀-concentraties zijn te vinden in het uiterste noorden van Antwerpen, rond het Noordkasteel, het Sint-Annabos, in het zuidwesten van Hoboken en in Noord-Ekeren.

De overschrijdingen van de PM_{2,5}-jaarnorm zijn beperkt tot de tunnelmonden van de Kennedytunnel en de Craeybeckxtunnel. Daarentegen heeft een groot deel van de stad en de zuidelijke haven wel concentraties > 20 µg/m³. In het noorden van de haven, langs de randen van de stad en rond het Noordkasteel en het Sint-Annabos zijn de concentraties lager.

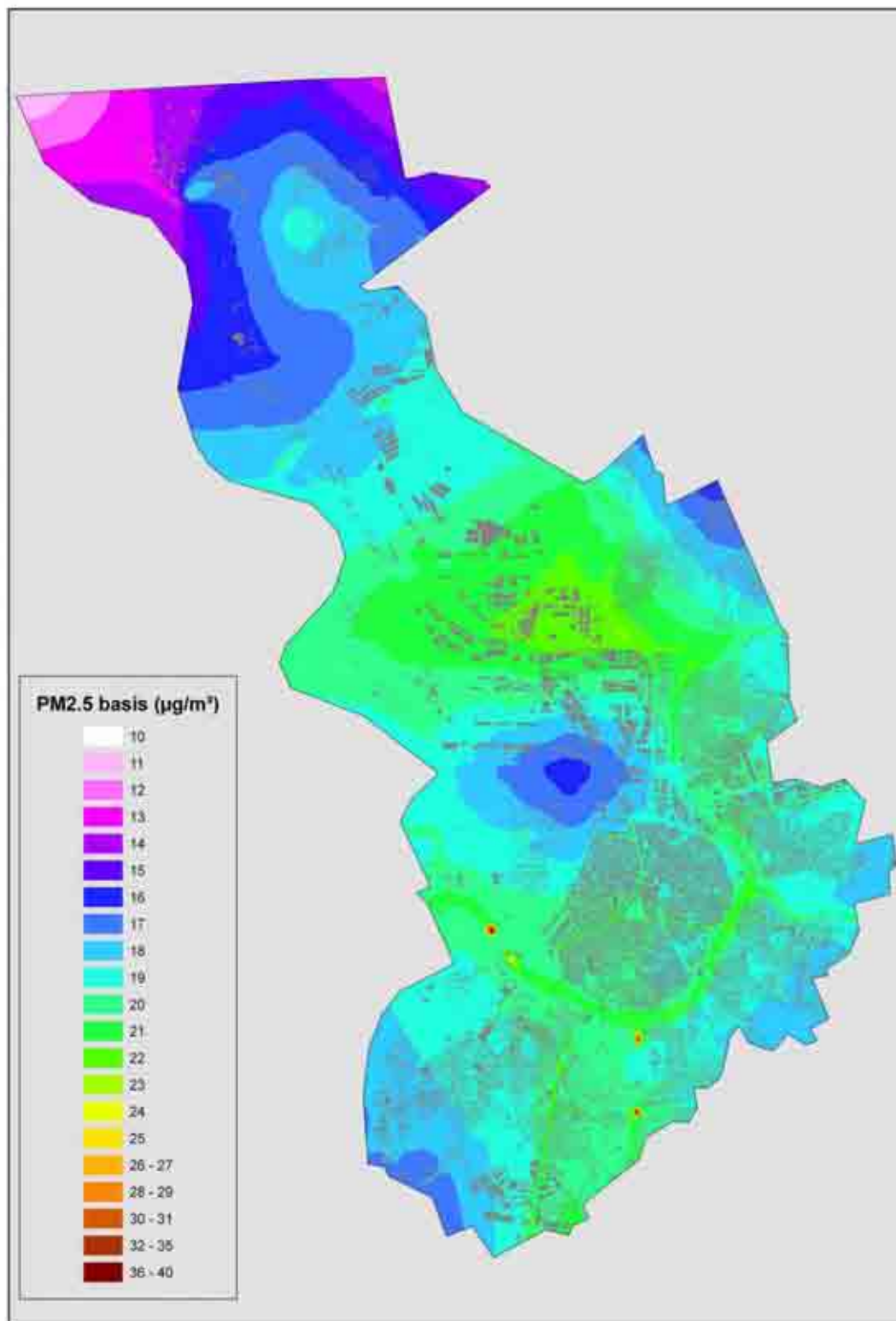
De EC-concentraties vertonen een duidelijke noord-zuid gradiënt. Op de directe omgeving van de tunnelmonden en de autosnelwegen na liggen de concentraties EC lager dan 1 µg/m³ in een groot deel van de haven en rond Berendrecht. Meer naar het zuiden liggen ze overal boven de 1 µg/m³. Concentraties boven 2 µg/m³ zijn terug te vinden langs de belangrijkste wegen in het stadsgebied van Antwerpen en in de belangrijke street canyons (bv. Leien, Bredabaan en Bisschoppenhoflaan).



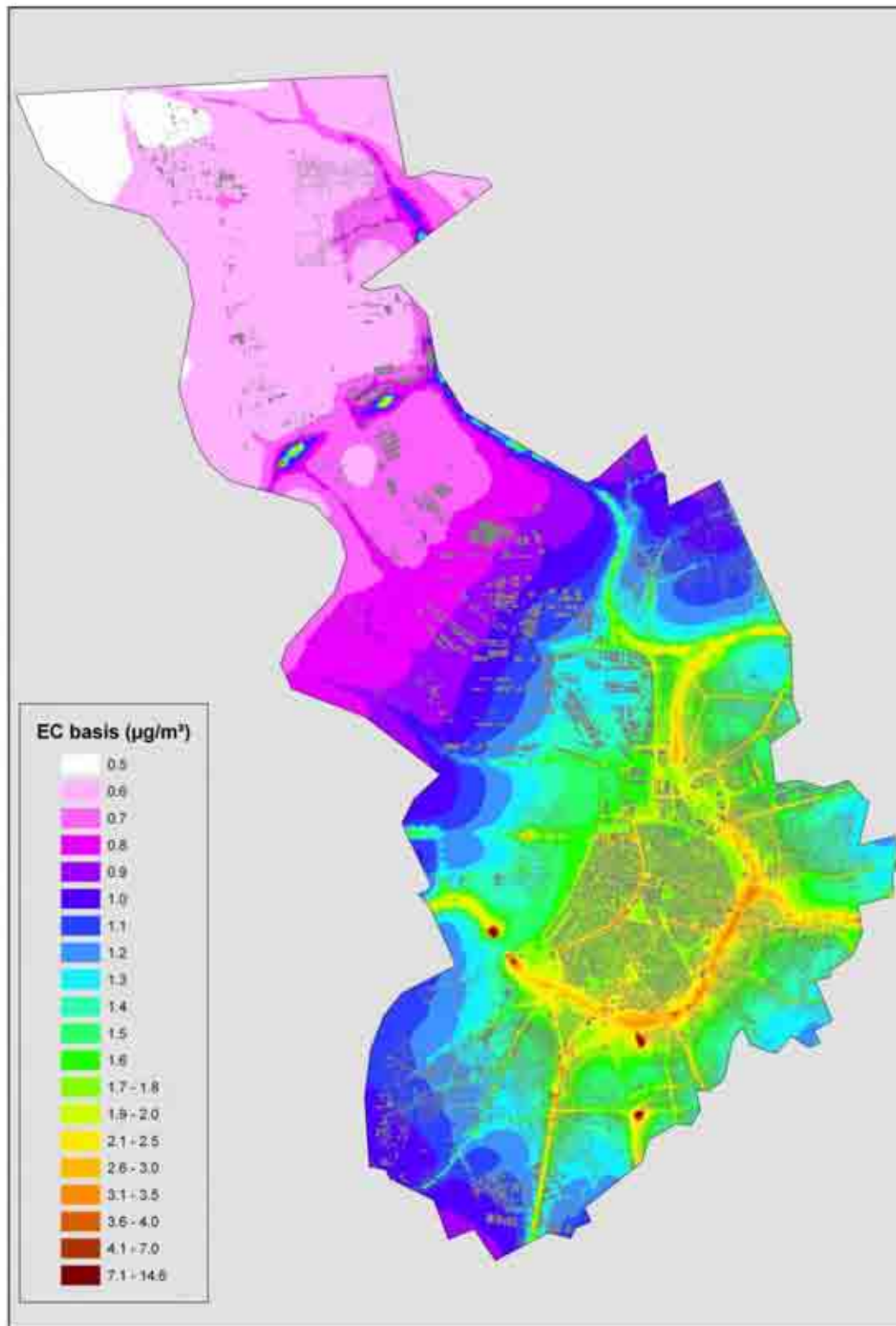
Figuur 44 : Jaargemiddelde NO_2 -concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 45 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 46 : Jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan 21 en kleiner dan 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 47 : Jaargemiddelde EC-concentratiekaart voor het basisscenario (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan $1,5$ en kleiner dan $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3.2. BLOOTSTELLINGSANALYSE

De hoogste bevolkingsdichtheid in Antwerpen is te vinden in Kiel, in de kernstad en in delen van Deurne. Gebieden als Berendrecht en Ekeren zijn veel minder dicht bevolkt en in de haven zelf is er zo goed als geen bewoning (Figuur 48). Het is belangrijk om dit in het achterhoofd te houden wanneer we naar blootstelling gaan kijken. Blootstelling wordt hier gedefinieerd volgens volgende formule: (de concentratie op een bepaalde plaats) * (het aantal inwoners die op die plaats leven). Deze definitie houdt geen rekening met het feit dat men zich niet altijd thuis bevindt, maar kan een goede eerste inschatting zijn van de gebieden waar het belangrijkst is om de concentraties te doen dalen. In feite is men op een dag (24u) vaak langer thuis aanwezig dan op het werk, want men woont, eet en slaapt er vele uren per dag. Thuis is de blootstellingsperiode in aantal uren dus vaak groter dan op het werk. Vandaar dat gezondheidsnormen van bijvoorbeeld de WHO vaak strenger zijn dan gezondheidsnormen uit de arbeidsgeneeskunde.

Voor verkeersgerelateerde polluenten is het echter zo dat in dynamische blootstellingsstudies een belangrijk gedeelte van de blootstelling gebeurt gedurende een korte tijd van de dag. Aangezien blootstelling een vermenigvuldiging is van concentratie en bevolkingsdichtheid zullen patronen van beide terugkomen in blootstellingskaarten. Aangezien bevolkingsdichtheid sneller schommelt dan concentratie zullen vooral patronen die te maken hebben met de bevolkingsdichtheid zichtbaar zijn in de finale kaarten. Voor het bepalen van de blootstelling is alleen maar gebruik gemaakt van de 'roof-top'-concentraties²⁰, omdat voor het bepalen van de gezondheidseffecten nog steeds gebruik gemaakt wordt van dosis-receptorfuncties die gebaseerd zijn op metingen buiten de straat canyons.

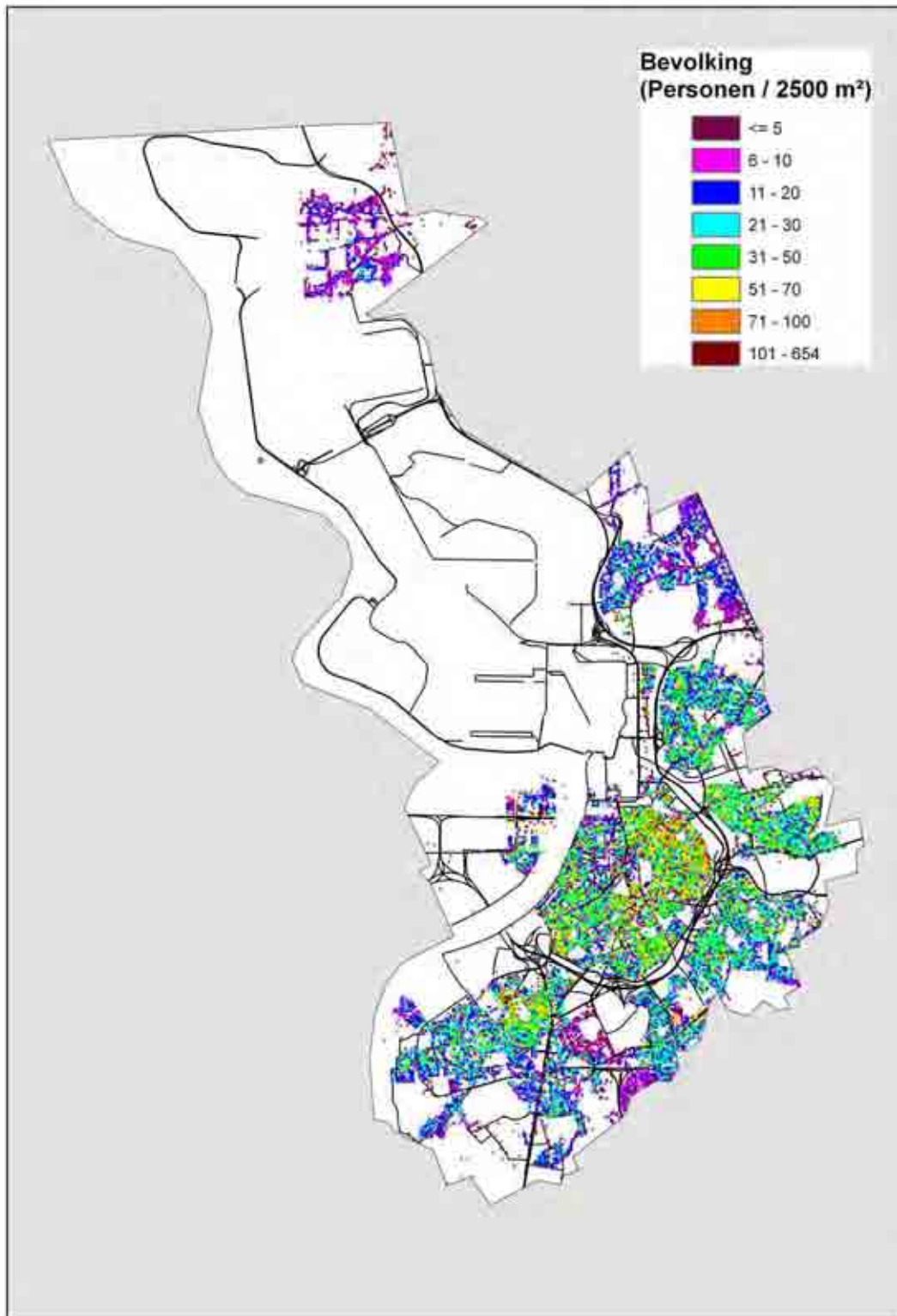
De blootstellingskaarten voor de vier polluenten hebben een gelijkaardig patroon. Er is een hoge blootstelling te vinden in de kernstad, behalve voor locaties waar geen (of minder) mensen wonen zoals de Zoo, het Centraal Station, het Stadspark, het Hof van Leysen, het Koning Albertpark, de omgeving van het vroegere militaire hospitaal, ten zuiden van het station Antwerpen-Oost, de aftakking van de spoorlijn Centraal-Berchem naar Antwerpen-Oost, de omgeving van het Stuivenbergziekenhuis, Park Spoor Noord, het Willemdok en het Bonapartedok. Ook is de blootstelling wat lager in de wijk Stadhuis-Sint Jacob-Hessenhuis en in het noorden van de wijk Sint-Andries-Bourla.

Buiten de kernstad zijn er hoge blootstellingswaardes te vinden in delen van Deurne, Merksem en het Kiel. Lage blootstellingen zijn bijvoorbeeld te vinden in Berendrecht, Ekeren en delen van Wilrijk, terwijl er in de haven volgens deze analyses geen blootstelling is.

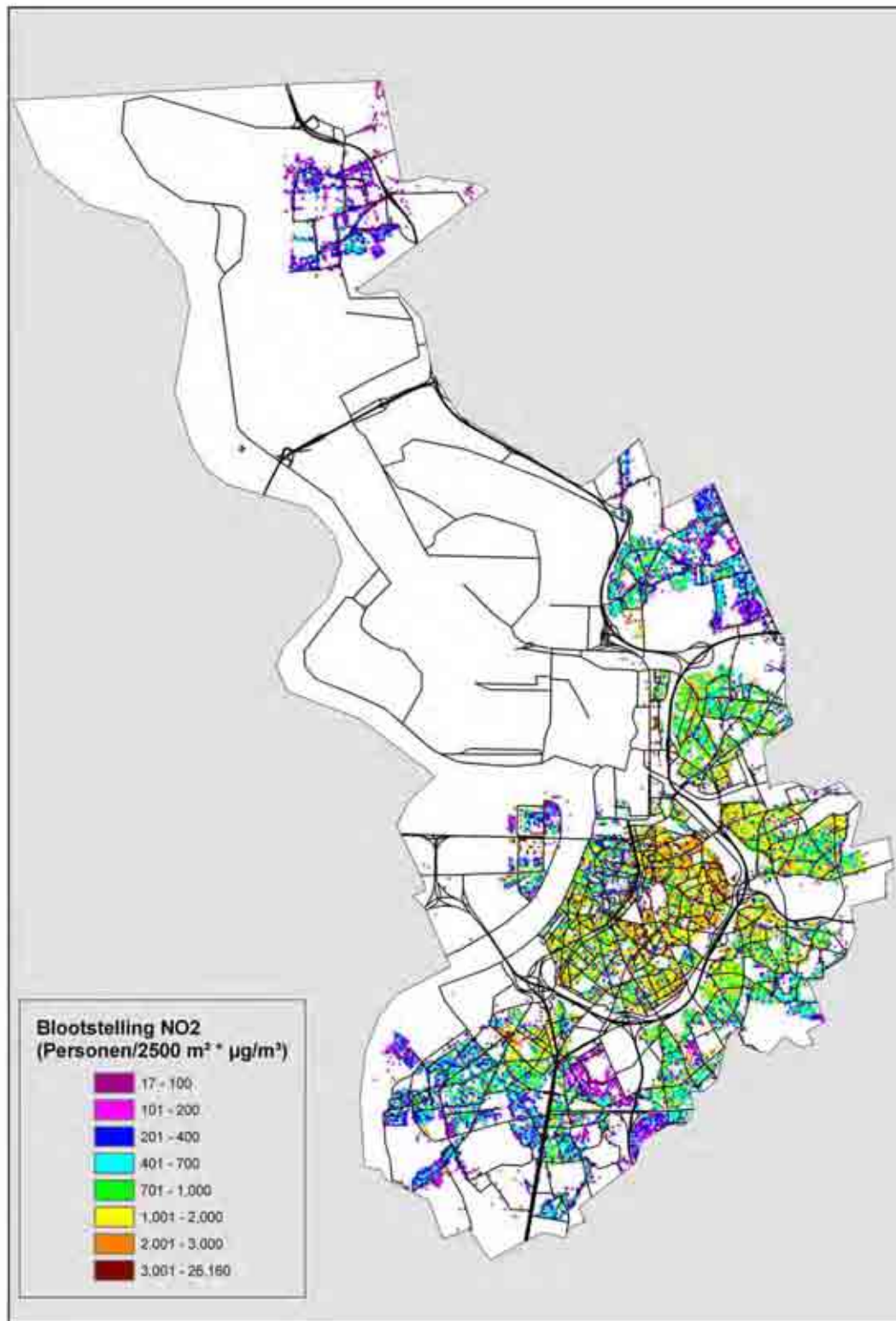
Als we dit integreren over de volledige stad krijgen we de blootstellingsgrafieken die te vinden zijn in Figuur 53. Over het algemeen zijn de curves het steilst voor PM₁₀ en PM_{2,5}. Dit is logisch aangezien de achtergrond het belangrijkst is voor deze polluenten. Voor NO₂ en EC zijn er grotere verschillen tussen de verschillende wijken. Dit resulteert in een bredere spreiding van de concentraties over de bevolking. Op de grafieken kan men zien dat voor slechts een beperkt deel van de Antwerpse bevolking wordt verwacht dat ze in 2015 zullen wonen in een

²⁰ Dit zijn de concentraties zonder rekening te houden met de straat canyons.

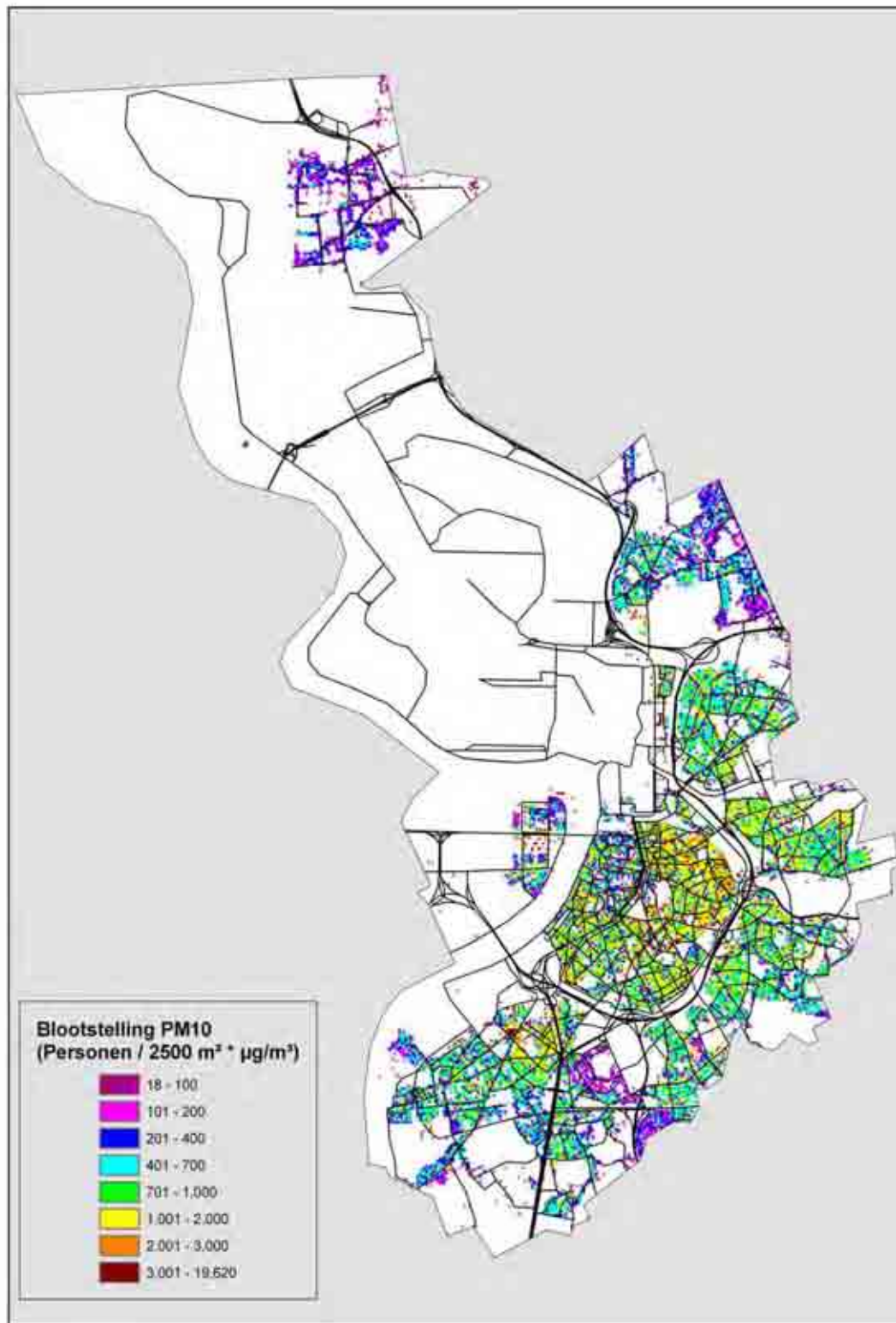
overschrijdingsgebied volgens de Europese normen. Het aantal personen dat echter woont in een gebied waar de concentraties dicht bij de Europese norm aanleunen is wel groot.



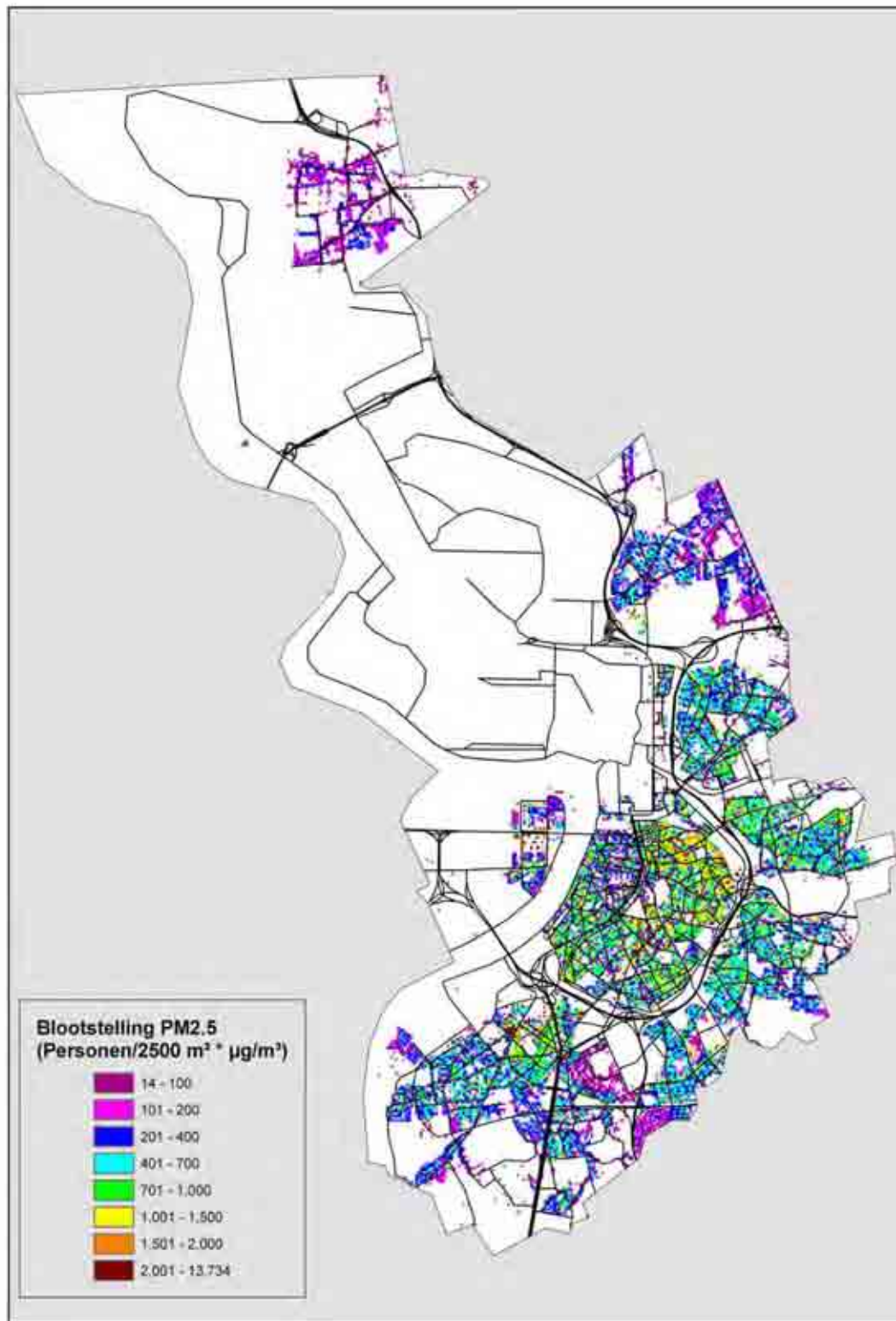
Figuur 48 : De bevolkingskaart van Antwerpen (in personen/2 500 m²).



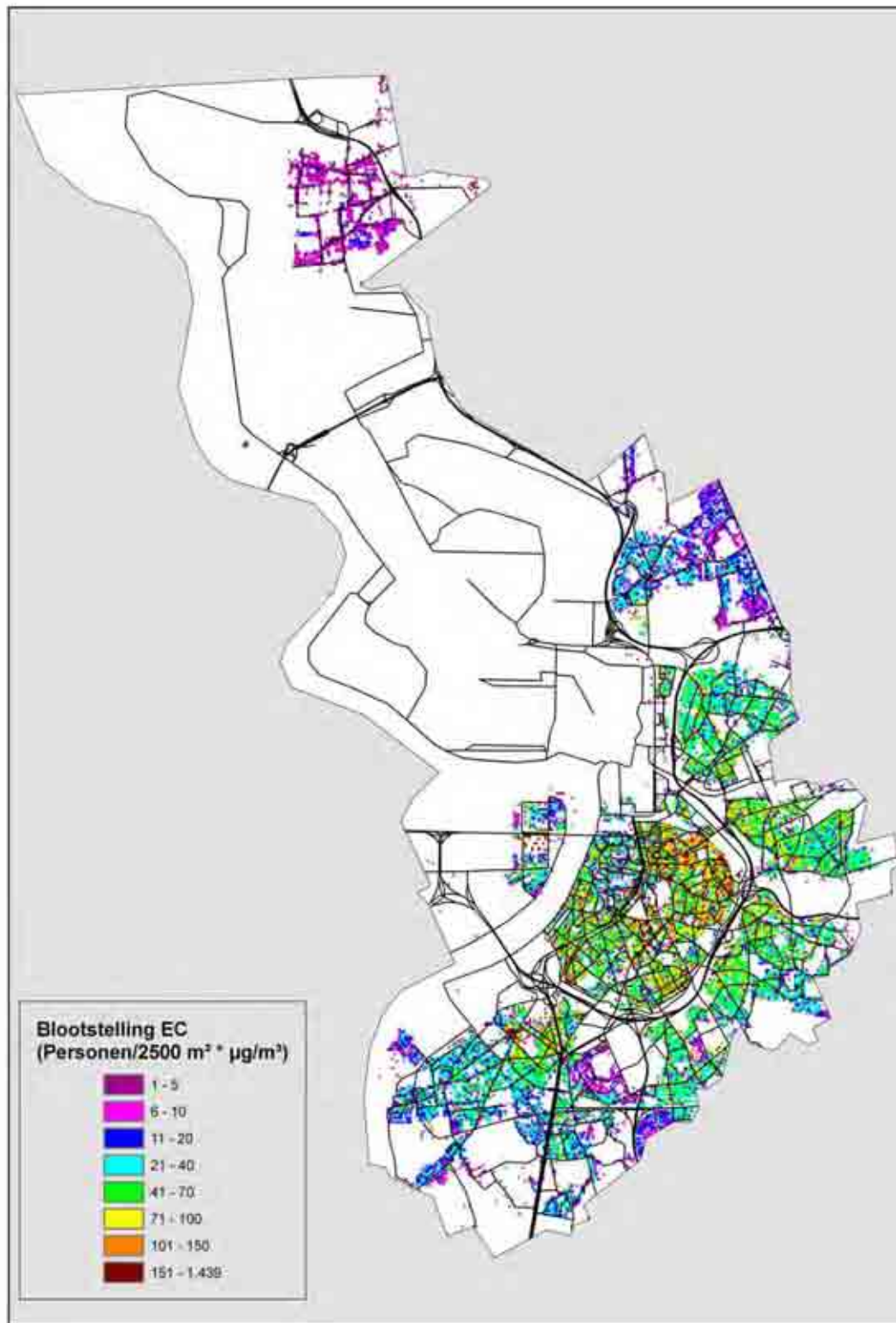
Figuur 49 : De blootstelling van de bevolking aan de NO₂-concentraties (in Personen/2 500 m² * µg/m³).



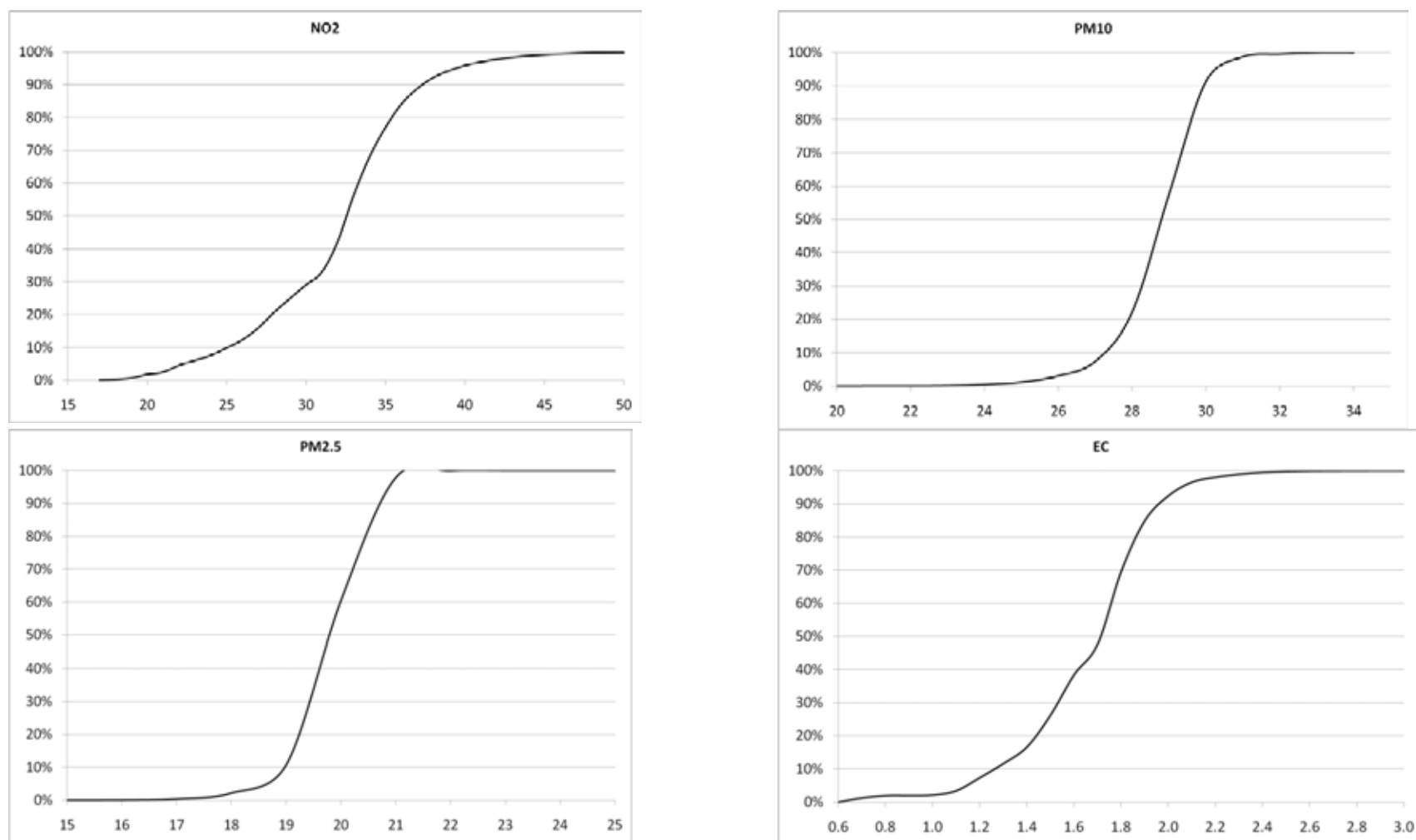
Figuur 50 : De blootstelling van de bevolking aan de PM₁₀-concentraties (in Personen/2 500 m² * µg/m³).



Figuur 51 : De blootstelling van de bevolking aan de PM_{2,5}-concentraties (in Personen/2 500 m² * µg/m³).



*Figuur 52 : De blootstelling van de bevolking aan de EC-concentraties (in Personen/2 500 m² * µg/m³).*



Figuur 53 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan de 4 besproken pollutanten. Op de X-as: concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking. Als de lijn van een pollutant bv. op 20% staat bij een concentratie van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking woont op een locatie met een concentratie lager dan $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

→ Analyse naar leeftijd inwoners

Het is ook mogelijk de voorgaande analyse te maken, opgesplitst naar de leeftijdscategorieën van de Antwerpse bevolking. Er is een significant verschil tussen de verschillende leeftijdscategorieën, waarbij over het algemeen gezegd kan worden dat de oudere leeftijdscategorieën minder blootgesteld worden dan de jongere (Figuur 55).

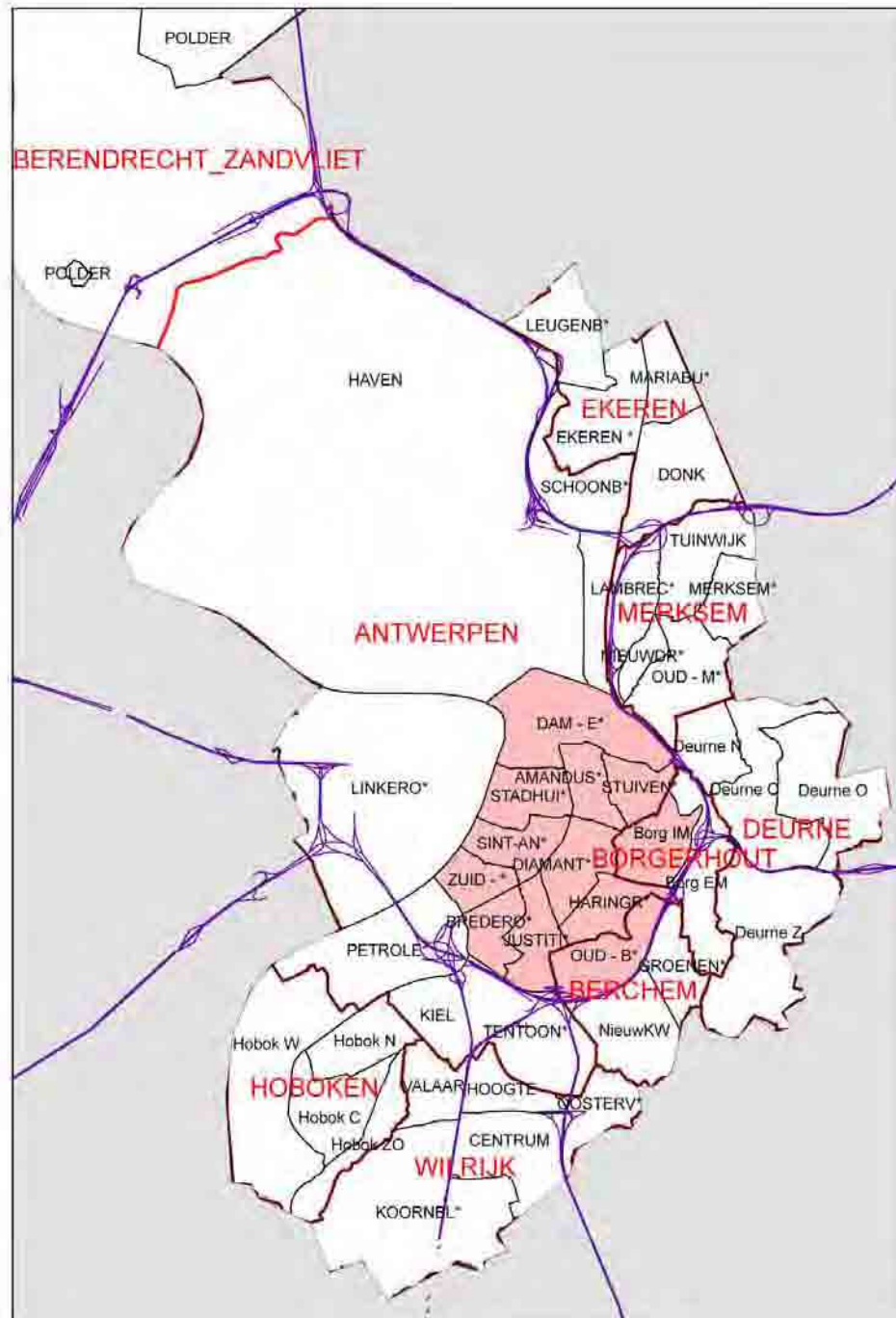
Voor de analyse naar de oorzaak hiervan worden volgende wijken als behorende tot de Kernstad beschouwd (Figuur 54):

- Justitie-Harmonie
- Oud-Berchem
- Brederode
- Haringrode-Zurenborg
- Diamant-Stadspark
- Zuid-Museum
- Amandus-Atheneum
- Stuivenberg
- Sint-Andries-Bourla
- Stadhuis-Sint-Jacob-Hessenhuis
- Borgerhout-Intra Muros
- Dam-Eilandje

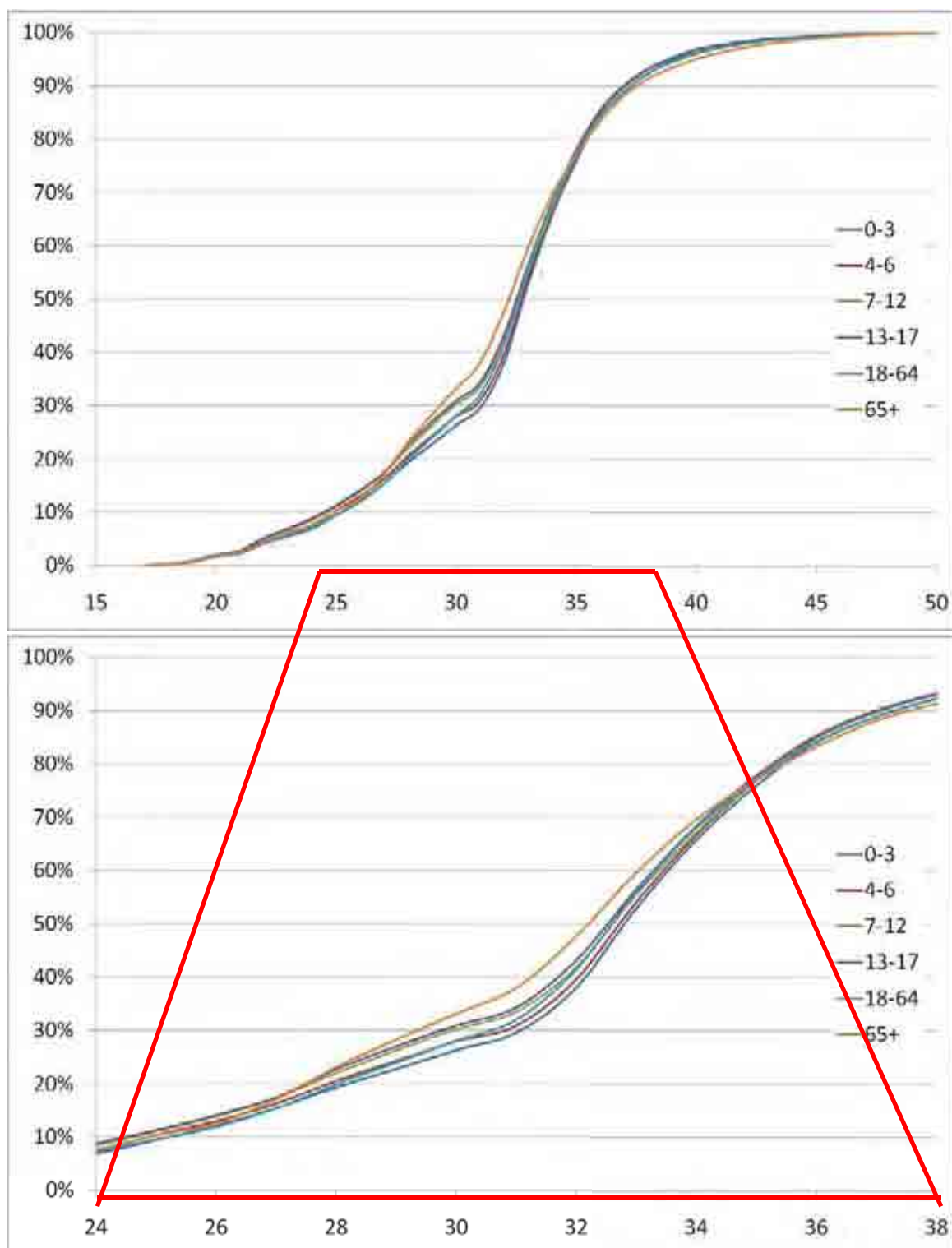
Zoals blijkt uit Figuur 56 is de verdeling van de leeftijdscategorieën in en buiten de kernstad sterk verschillend. Binnen de kernstad wonen relatief meer jonge kinderen en minder ouderen dan buiten de kernstad. Doordat de concentratieprofielen in en buiten de kernstad sterk verschillen (zie bv. Figuur 57) resulteert dit in significant verschillende blootstellingscurves voor de verschillende leeftijdscategorieën.

Over het algemeen kan men stellen dat de oudere bevolking gemiddeld een lagere concentratie heeft op de plaats waar ze woont dan de jongere bevolking. Bij deze laatste is de categorie van de 0-3 jarigen nog de categorie met de grootste blootstelling. Dit is natuurlijk vanuit gezondheidsstandpunt geen ideale situatie. Dat deze veranderende blootstelling tussen de leeftijdscategorieën vooral veroorzaakt wordt door de discrepantie tussen de kernstad en de rest van de stad in demografische verdeling kan gezien worden in Figuur 58. Op de stippellijnen is hierin te zien wat de blootstellingscurves zouden geven indien de verhouding van de verschillende leeftijdscategorieën gelijk zou zijn in de kernstad en buiten de kernstad. Aangezien de stippellijnen veel dichterbij elkaar liggen dan de volle lijnen toont dit aan dat het effect kernstad-buiten

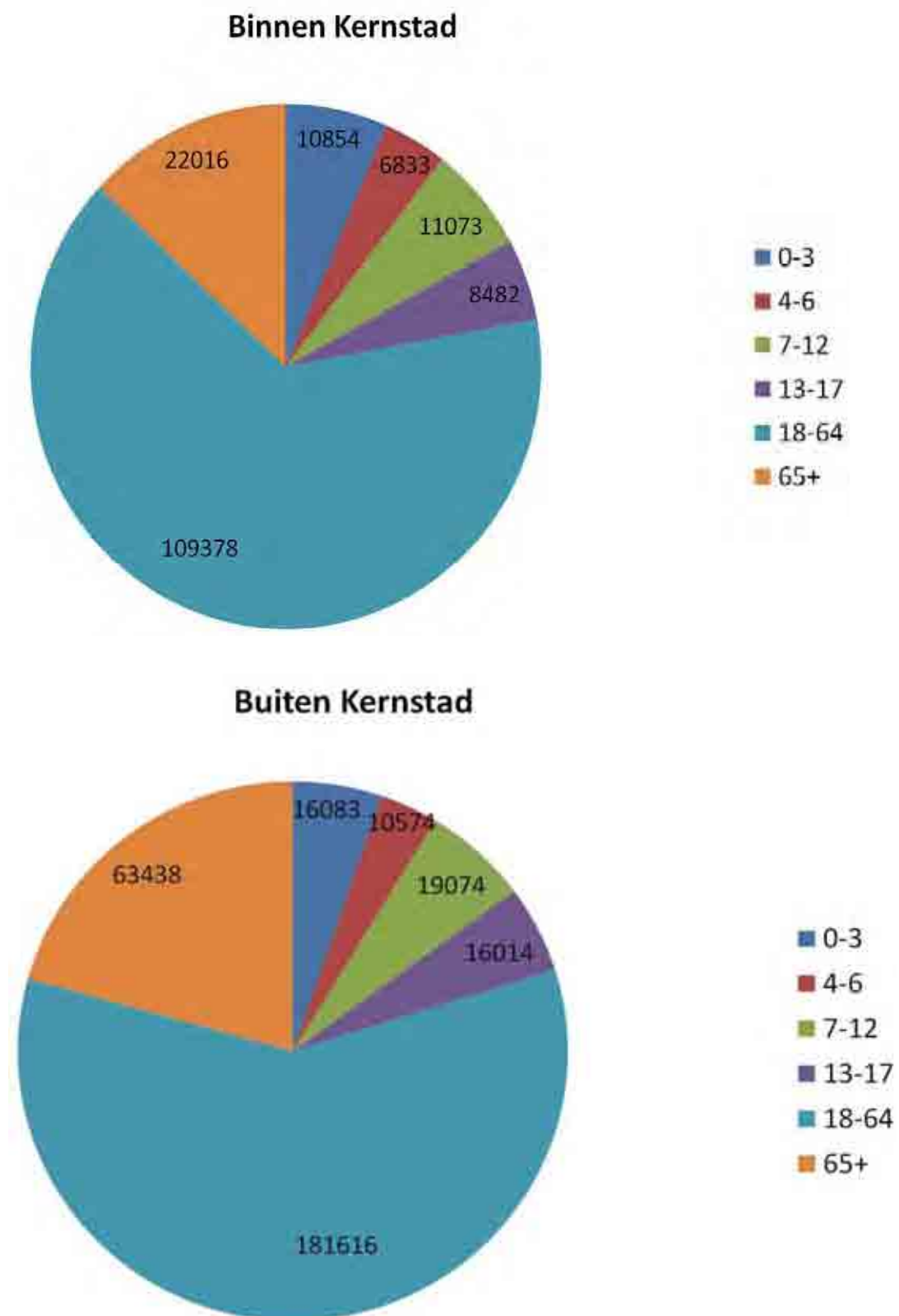
kernstad heel belangrijk is. Het feit dat de stippellijnen niet op elkaar liggen toont aan dat er ook nog andere effecten spelen (bv. andere demografische verdeling binnen de wijken van de kernstad onderling, binnen de wijken buiten de kernstad onderling en intern in de wijken). Deze analyse is hier gemaakt voor NO₂, maar ook voor de andere polluenten zijn analoge effecten te zien.



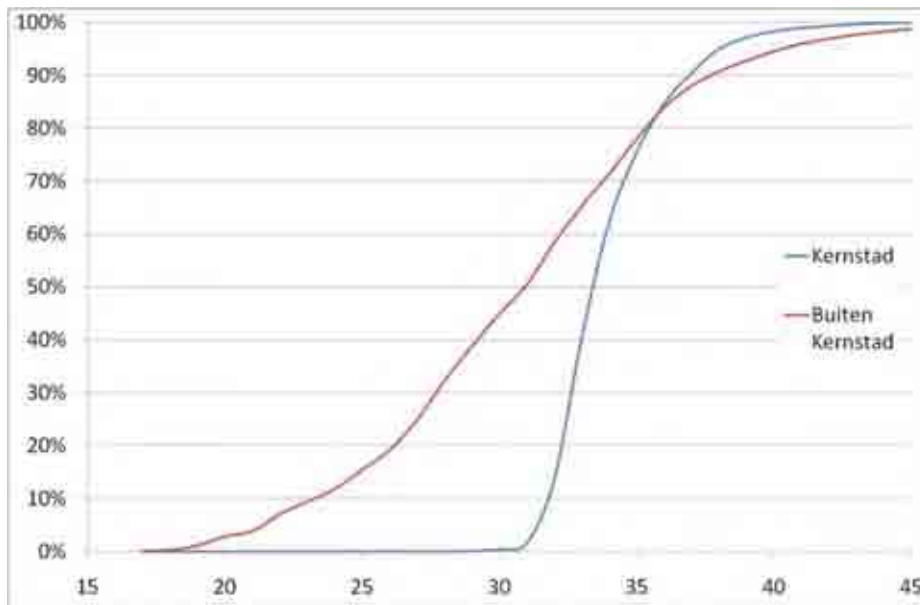
Figuur 54 : De wijken (zwart) en districten (rood) van Antwerpen. De paarse lijnen zijn de autosnelwegen; het rode gebied is de kernstad zoals hier gedefinieerd voor de analyse volgens leeftijd.



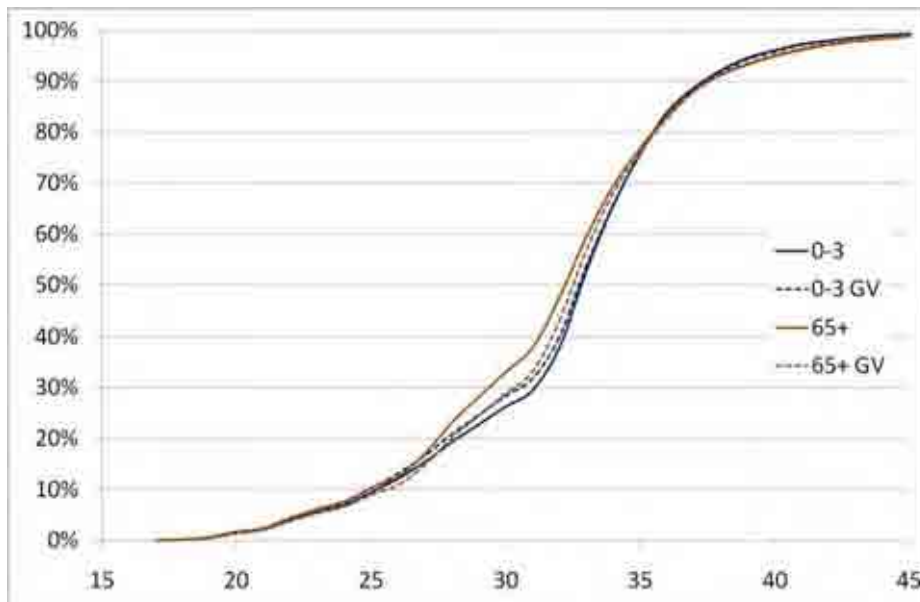
Figuur 55 : 2 grafieken waarvan 1 detail grafiek 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tot 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: blootstelling van de Antwerpse bevolking aan NO_2 , opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



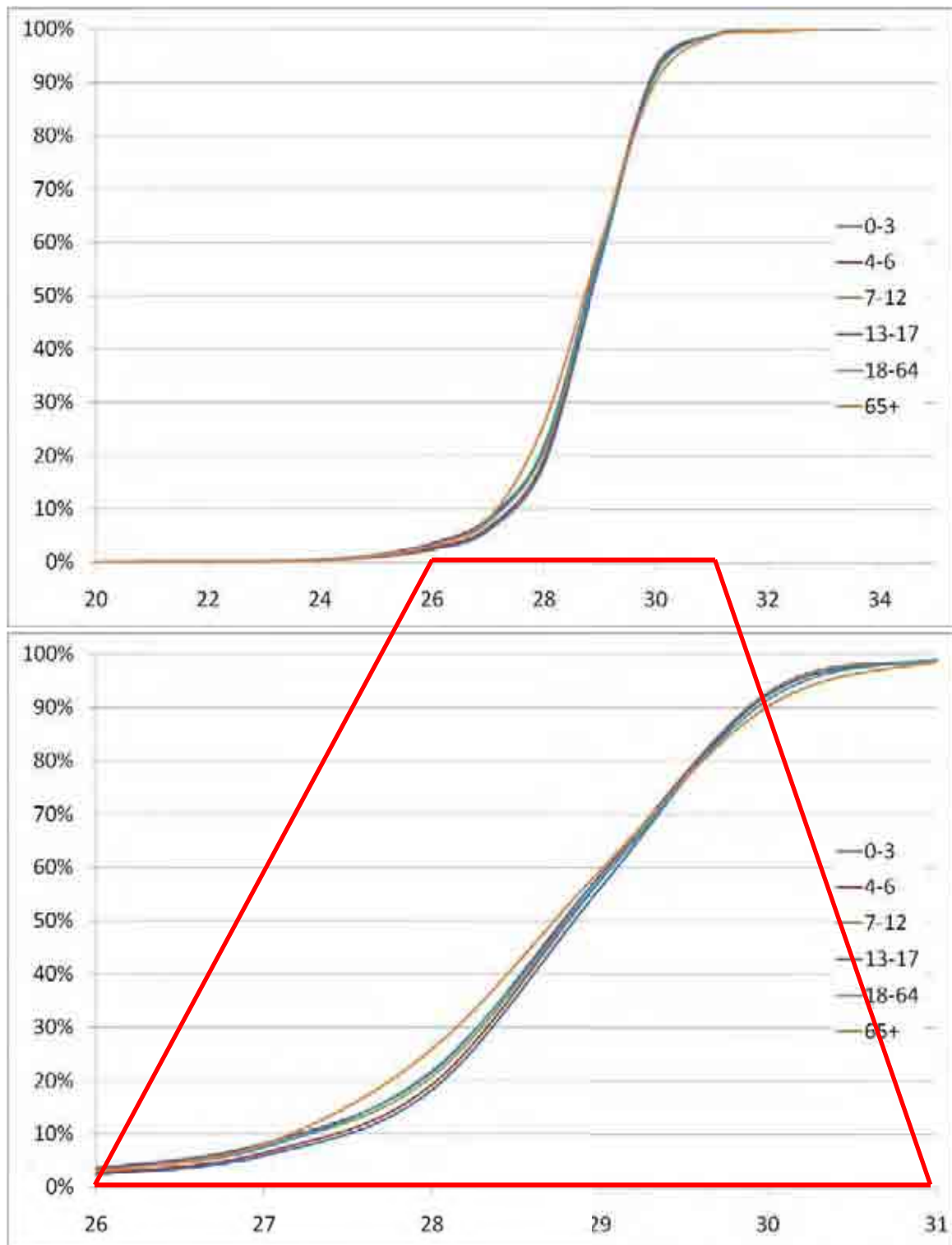
Figuur 56 : De verdeling van de Antwerpse bevolking in leeftijdscategorieën, in de kernstad en erbuiten.



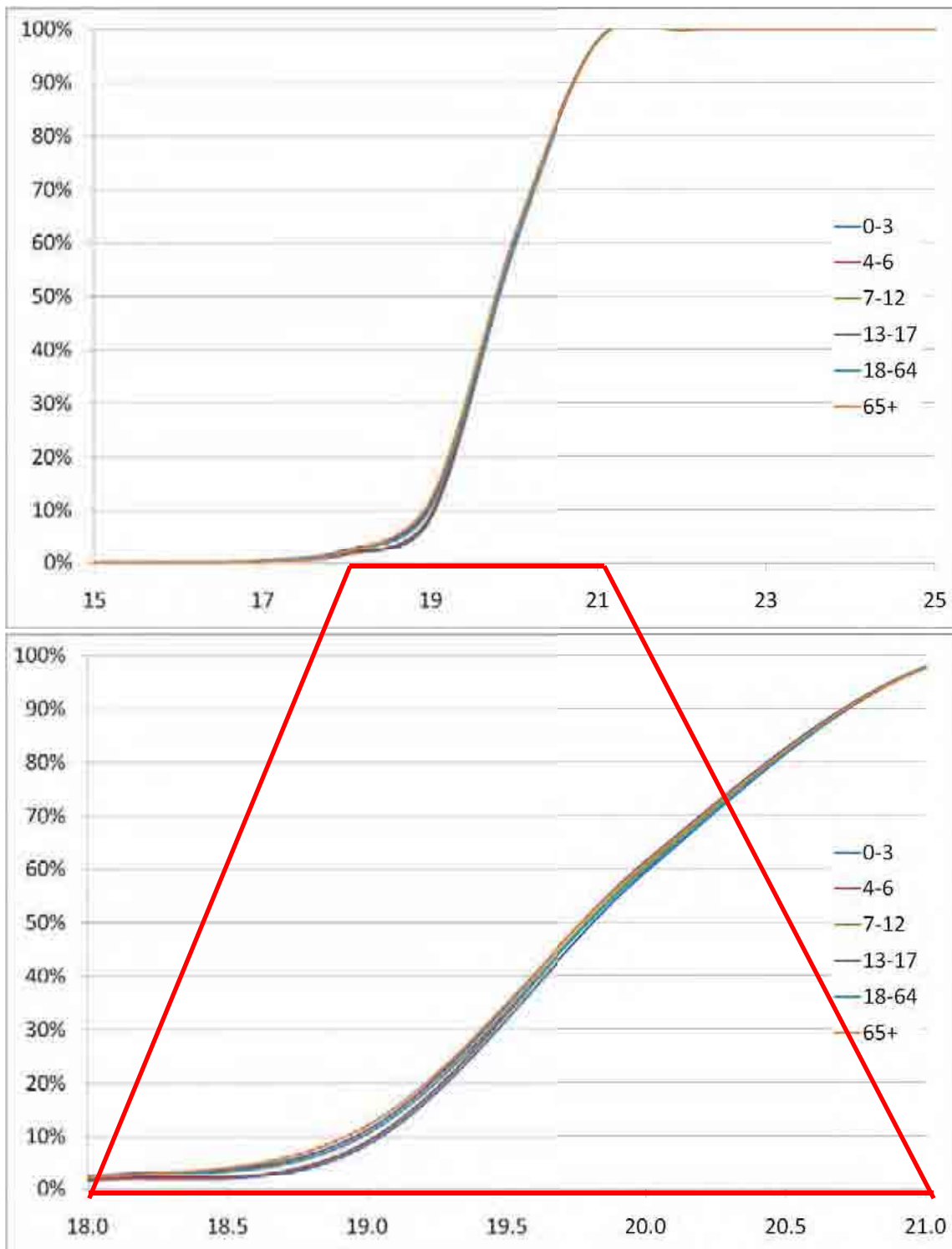
Figuur 57 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan NO₂, opgesplitst naar locatie. Op de X-as: concentratie (in µg/m³). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die woont in de afgebeelde locatie. Als de lijn voor bijvoorbeeld de kernstad op 20% staat bij een concentratie van 32 µg/m³ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking die in de kernstad woont, zich bevindt in een locatie met een concentratie lager dan 32 µg/m³.



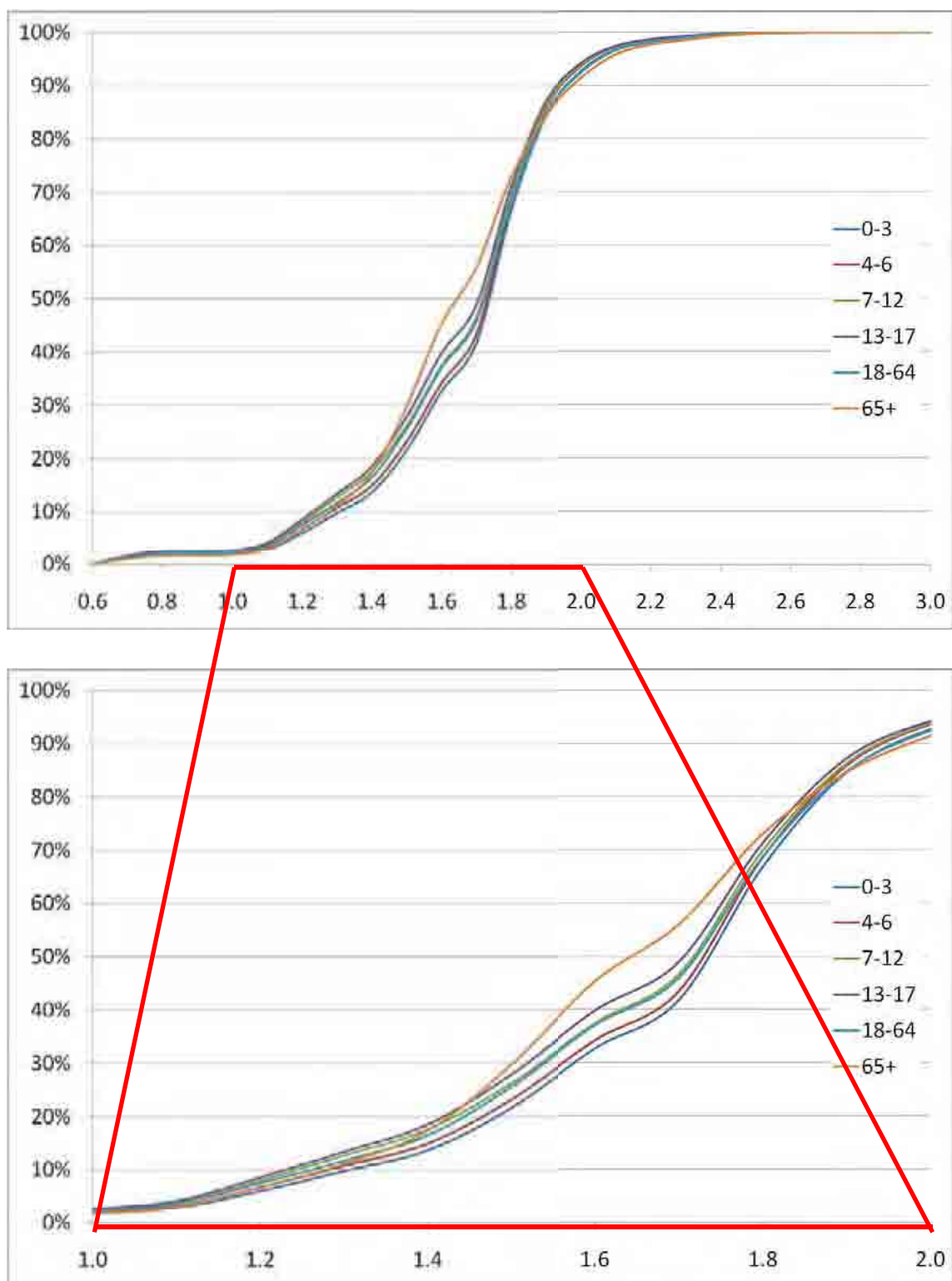
Figuur 58 : GV = gelijke (demografische) verdeling. Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan NO₂, voor de min-driejarigen en de 65+'ers (volle lijnen). In stippelijnen zijn de analoge blootstellingscurves gegeven voor het geval waarbij de demografische verdeling in de kernstad en buiten de kernstad gelijk zou zijn. Op de X-as: concentratie (in µg/m³). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van 28 µg/m³ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan 28 µg/m³.



Figuur 59 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan PM₁₀, opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in µg/m³). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van 28 µg/m³ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan 28 µg/m³. De onderste grafiek is een detail van de bovenste



Figuur 60 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan PM_{2.5}, opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in µg/m³). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 10% staat bij een concentratie van 19 µg/m³ betekent dit dat 10% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan 19 µg/m³. De onderste grafiek is een detail van de bovenste.

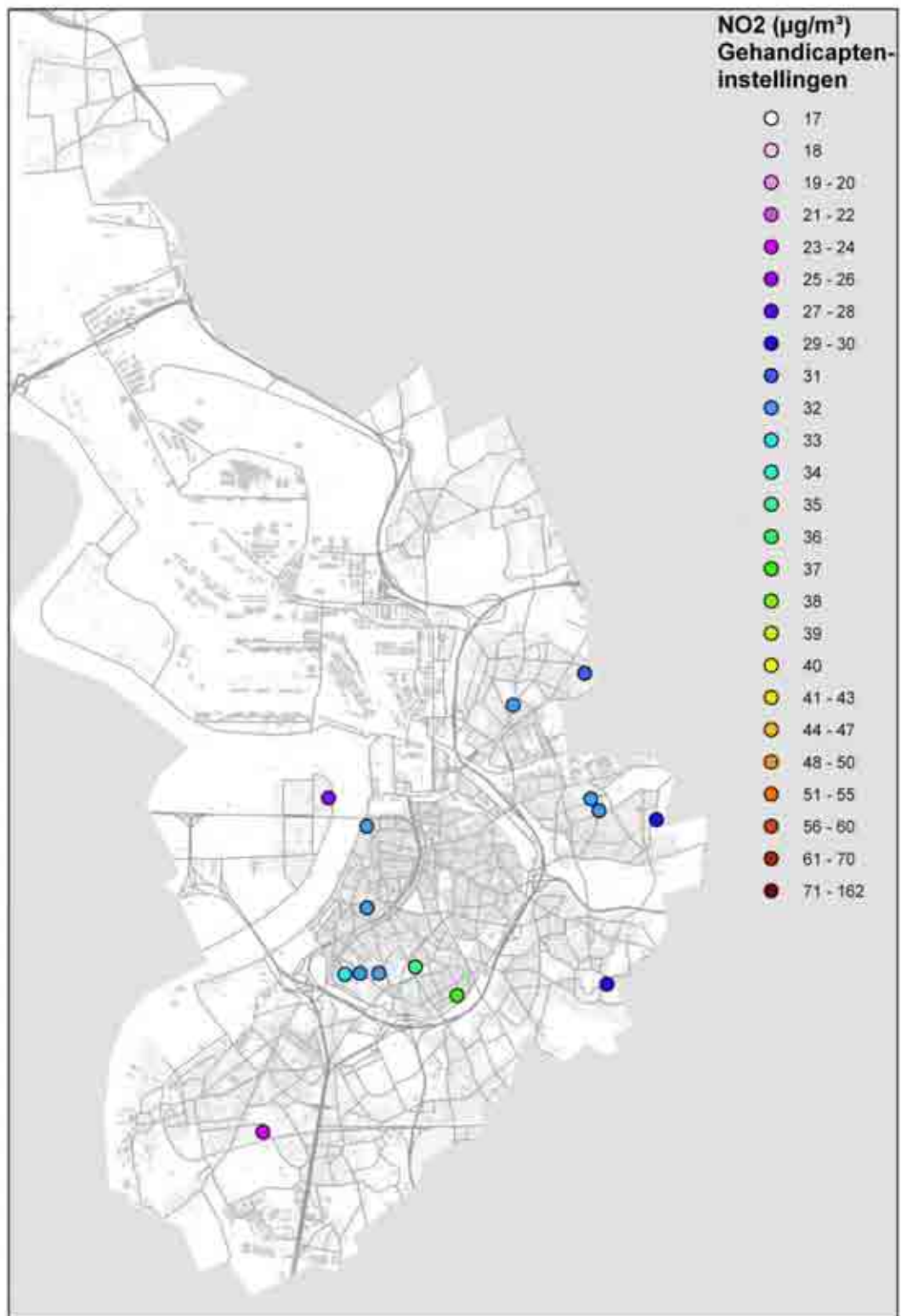


Figuur 61 : Blootstelling van de Antwerpse bevolking aan EC, opgesplitst per leeftijdscategorie. Op de X-as: concentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Op de Y-as: % van de Antwerpse bevolking die valt in de afgebeelde leeftijdscategorie. Als de lijn van een leeftijdscategorie bijvoorbeeld op 20% staat bij een concentratie van $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betekent dit dat 20% van de Antwerpse bevolking behorende tot deze leeftijdscategorie woont op een locatie met een concentratie lager dan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De onderste grafiek is een detail van de bovenste.

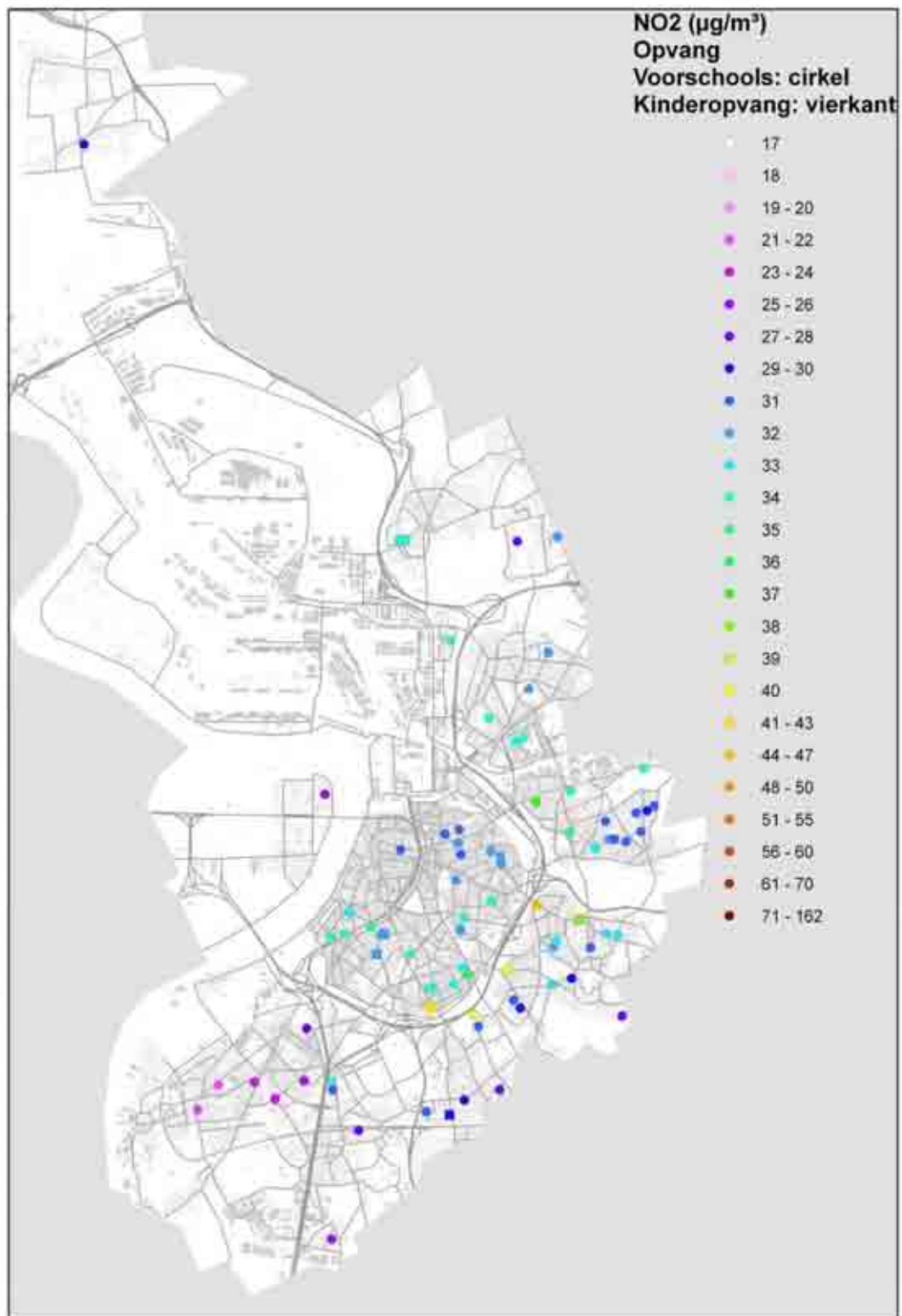
→ Analyse naar gevoelige gebouwen

Op de volgende pagina's kunt u de kaarten vinden waarop voor de gevoelige gebouwen de bijbehorende concentratie aangeduid staat. De kleuren zijn gelijk aan de kleuren van de basiskaarten. Zoals al vroeger vermeld is hier niet gewerkt met de street canyon gegevens. Dit heeft te maken met de manier waarop momenteel de dosis-receptor-functies opgesteld worden. Deze maken namelijk gebruik van metingen buiten de street canyons.

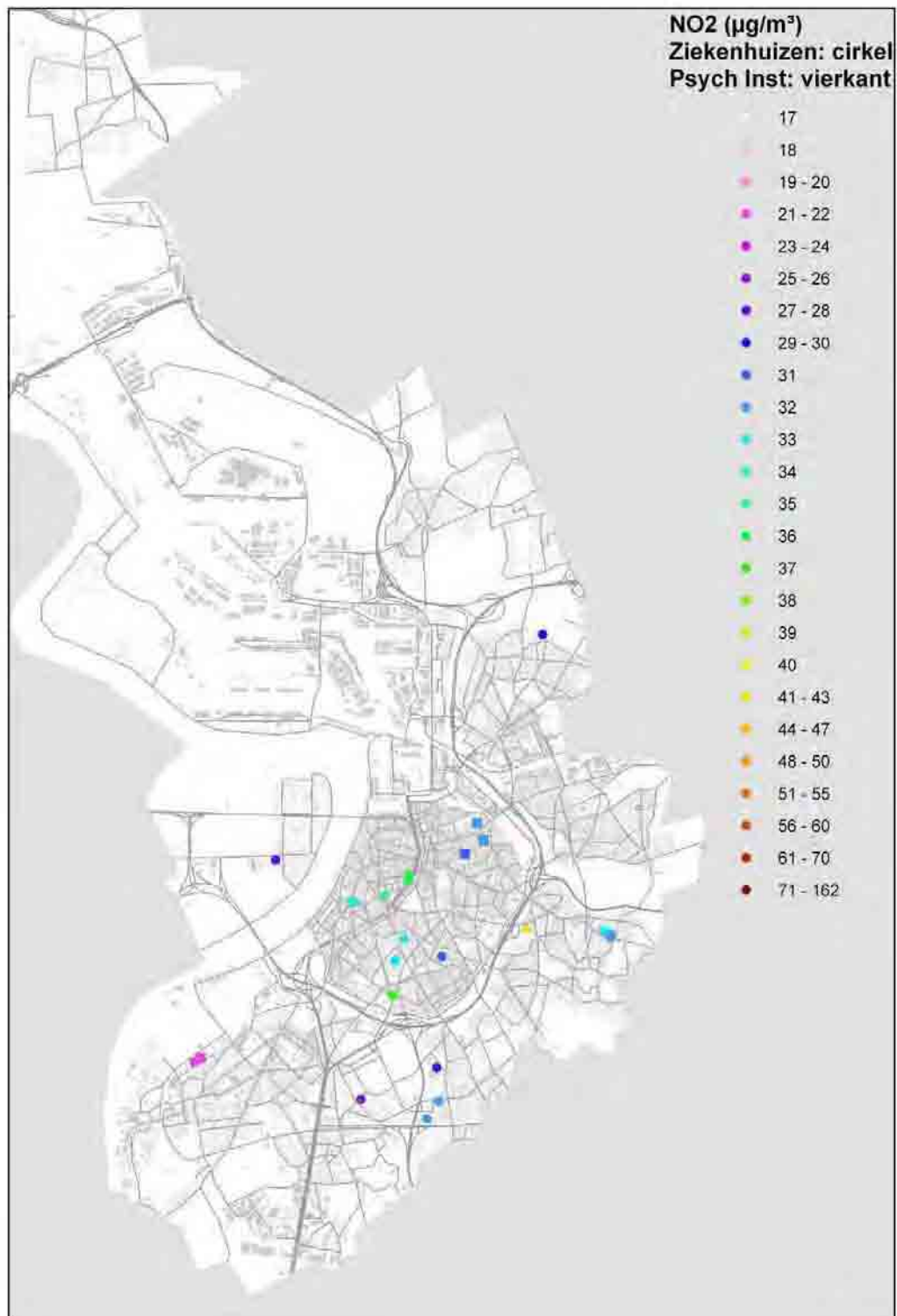
Van de gevoelige gebouwen die geen andere aanduiding hadden van de reden voor hun gevoeligheid is aangenomen dat het hogescholen/universiteiten betreft. Zij werden opgenomen in de categorie: 'Scholen: andere'.



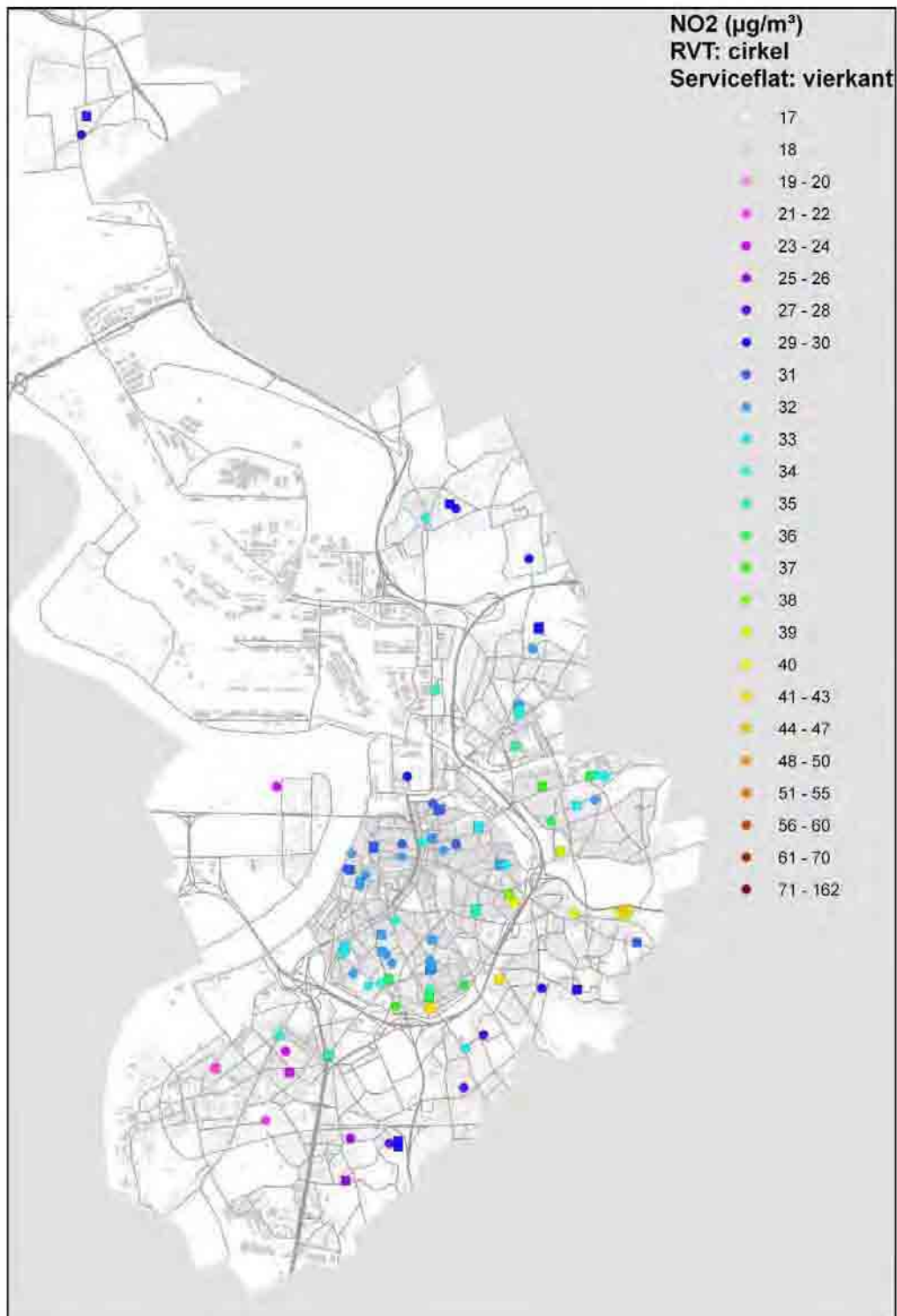
Figuur 62 : De jaargemiddelde NO₂-concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. De grenswaarde is 40 µg/m³.



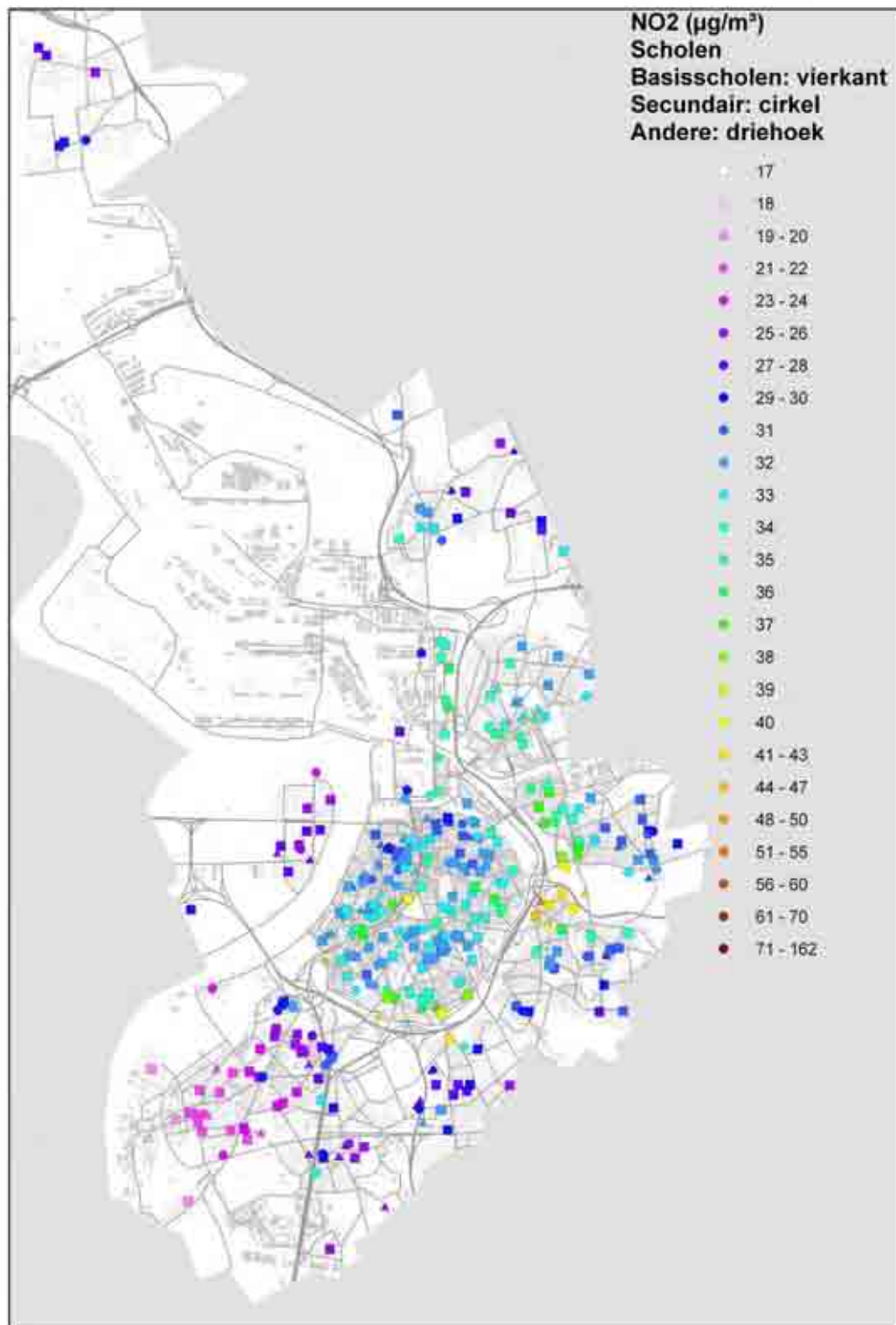
Figuur 63 : De jaargemiddelde NO₂-concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. De grenswaarde is 40 µg/m³.



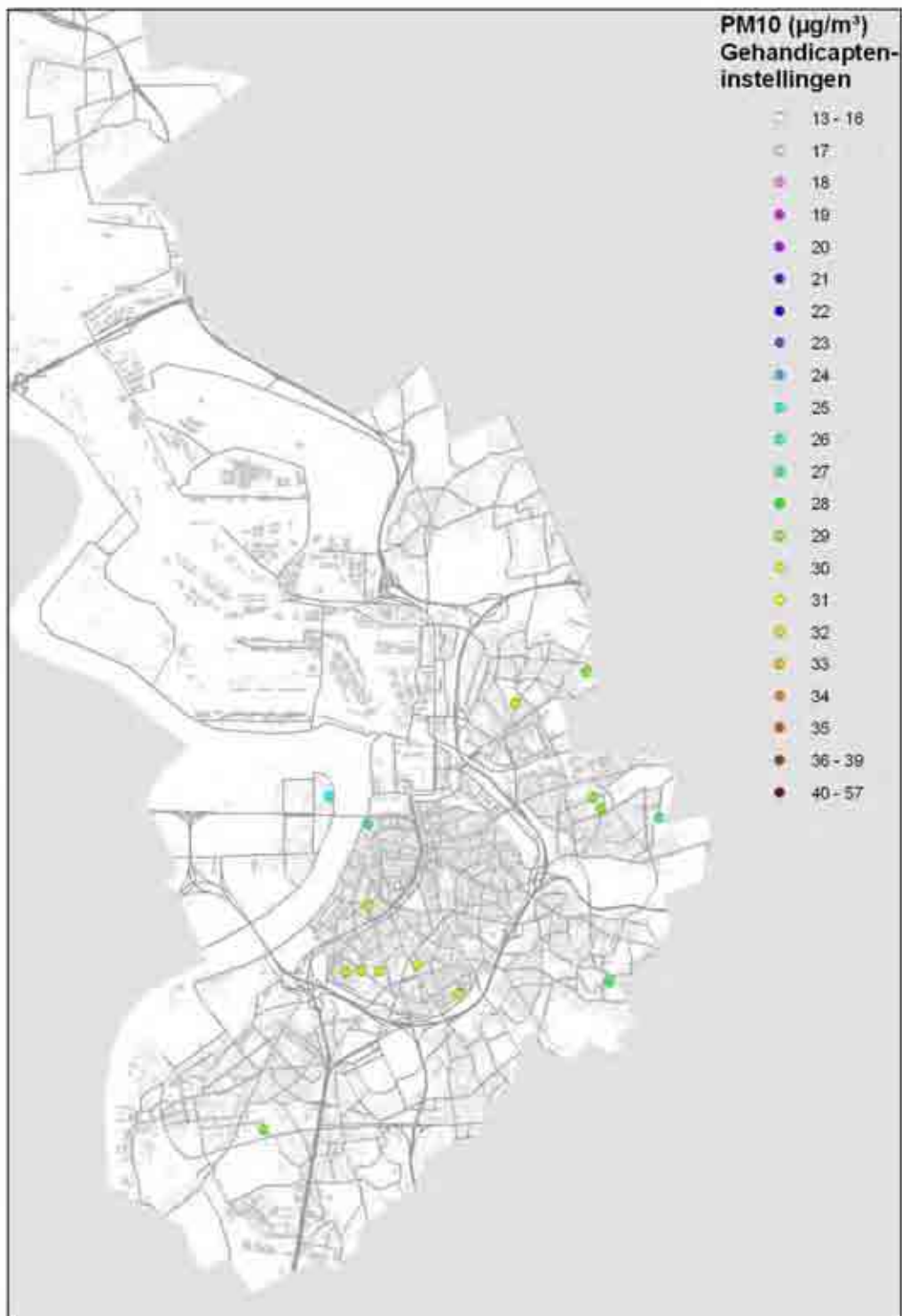
Figuur 64 : De jaargemiddelde NO₂-concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. De grenswaarde is 40 µg/m³.



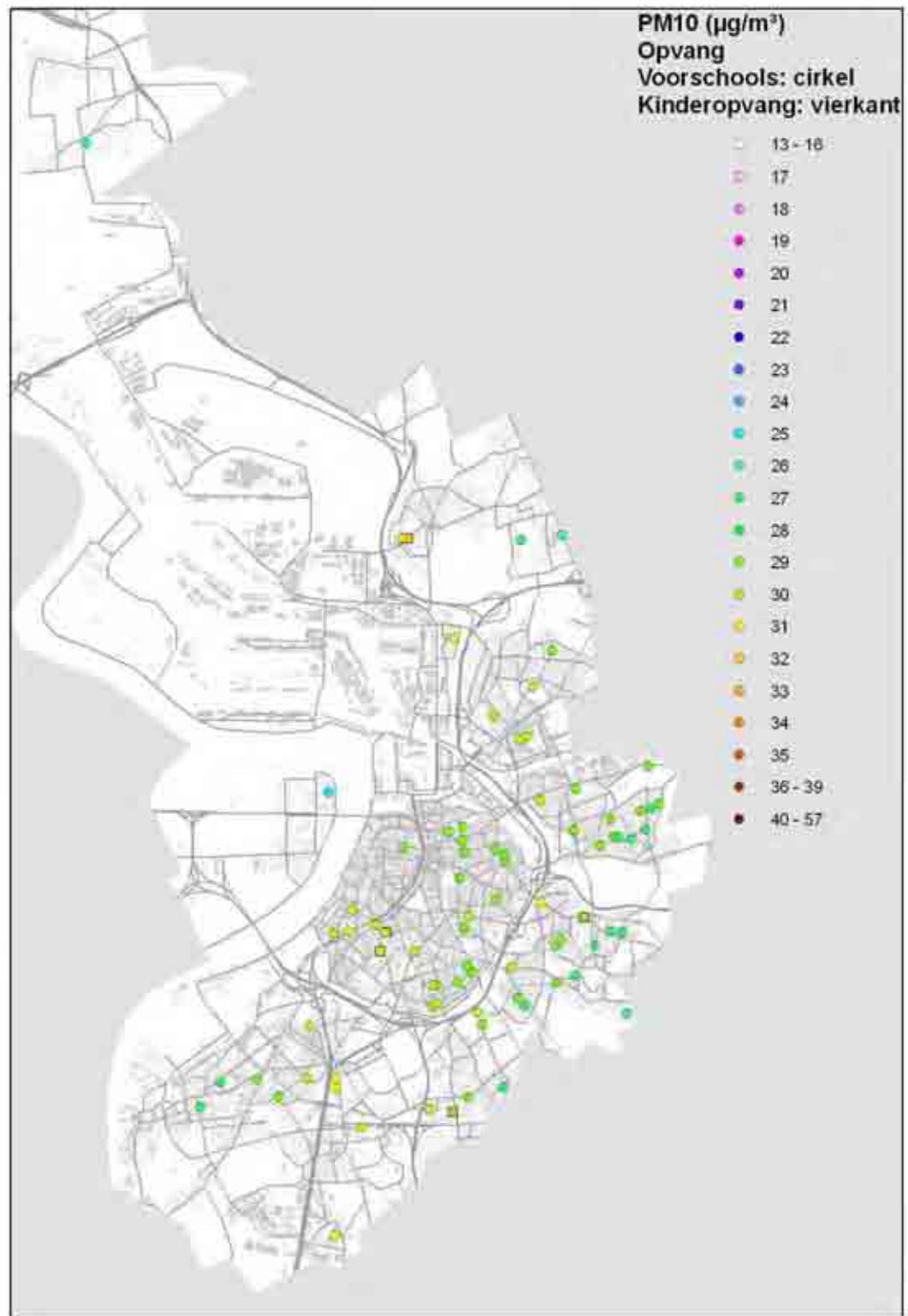
Figuur 65 : De jaargemiddelde NO₂-concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. De grenswaarde is 40 µg/m³.



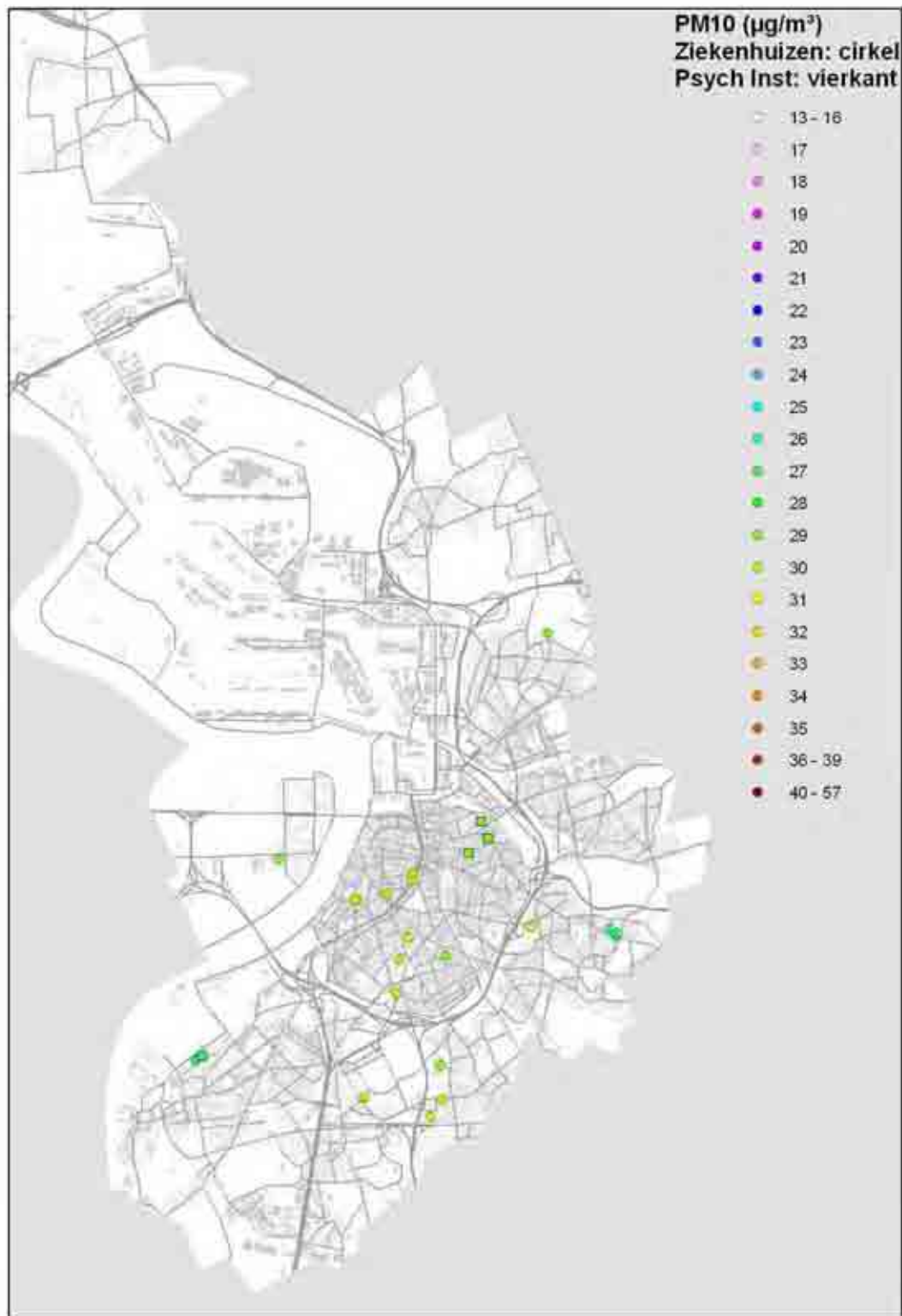
Figuur 66 : De jaargemiddelde NO₂-concentratie op de locatie van de scholen. De grenswaarde is 40 µg/m³.



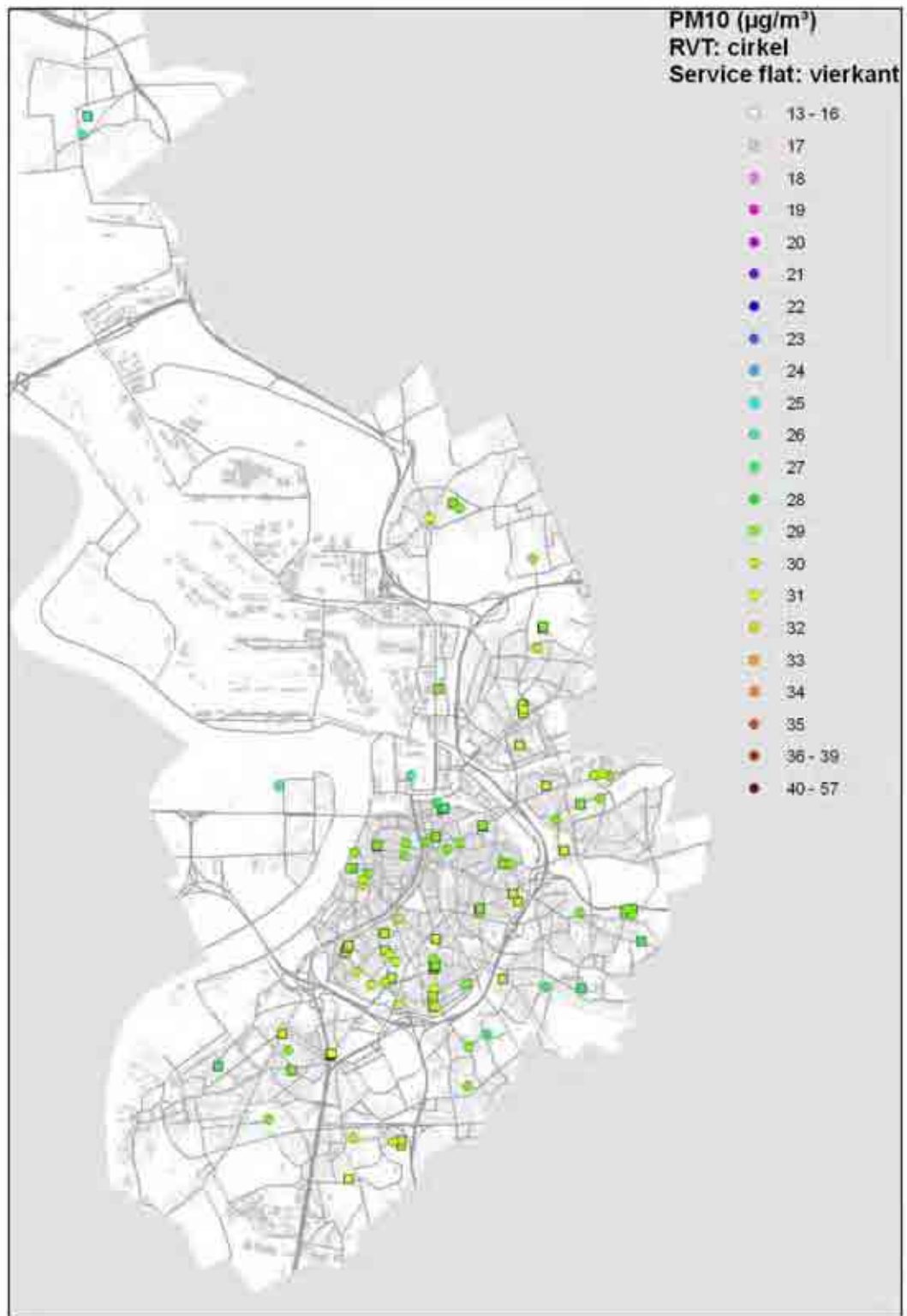
Figuur 67 : De jaargemiddelde PM₁₀-concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. De grenswaarde is 31 µg/m³.



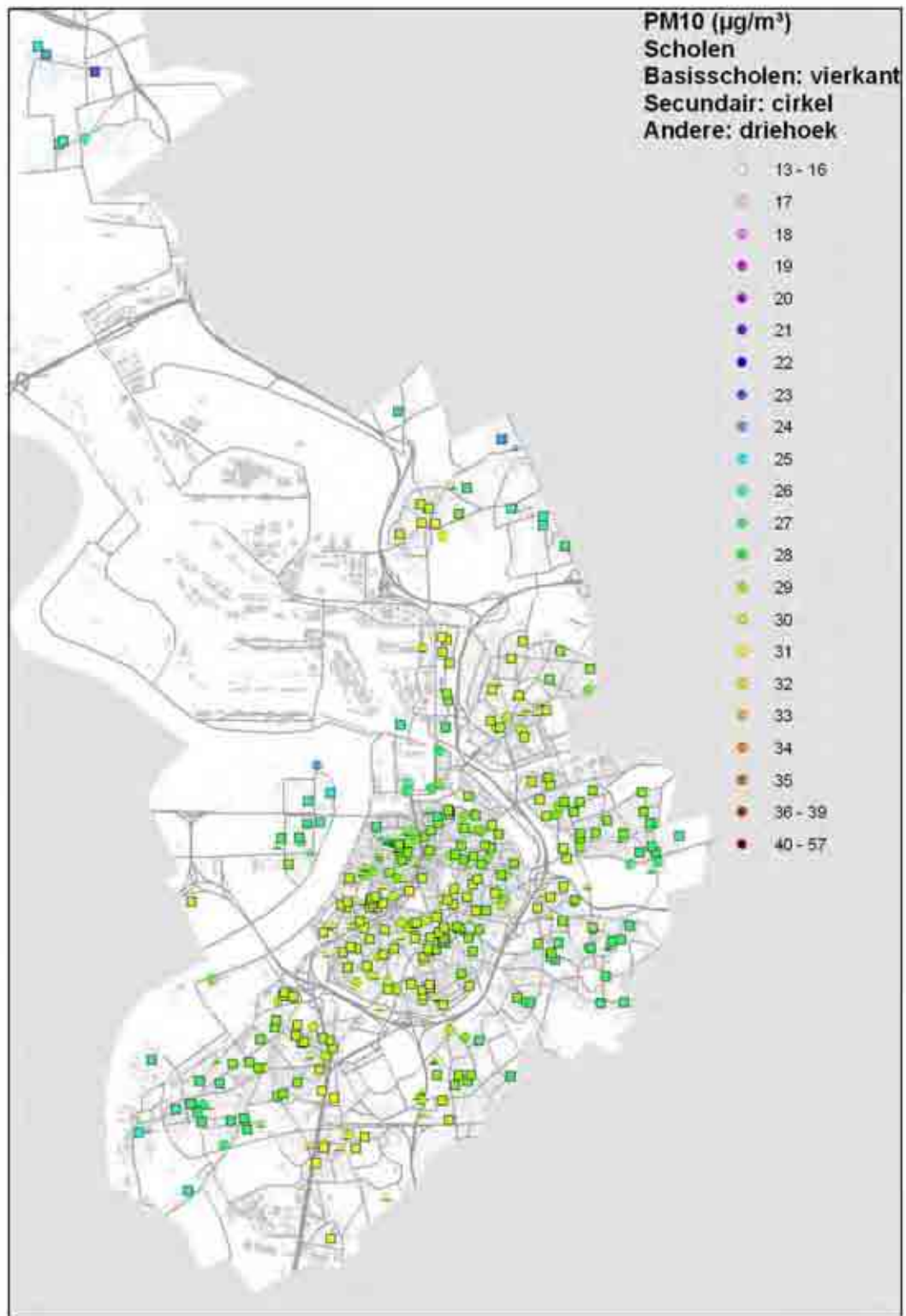
Figuur 68 : De jaargemiddelde PM₁₀-concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. De grenswaarde is 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



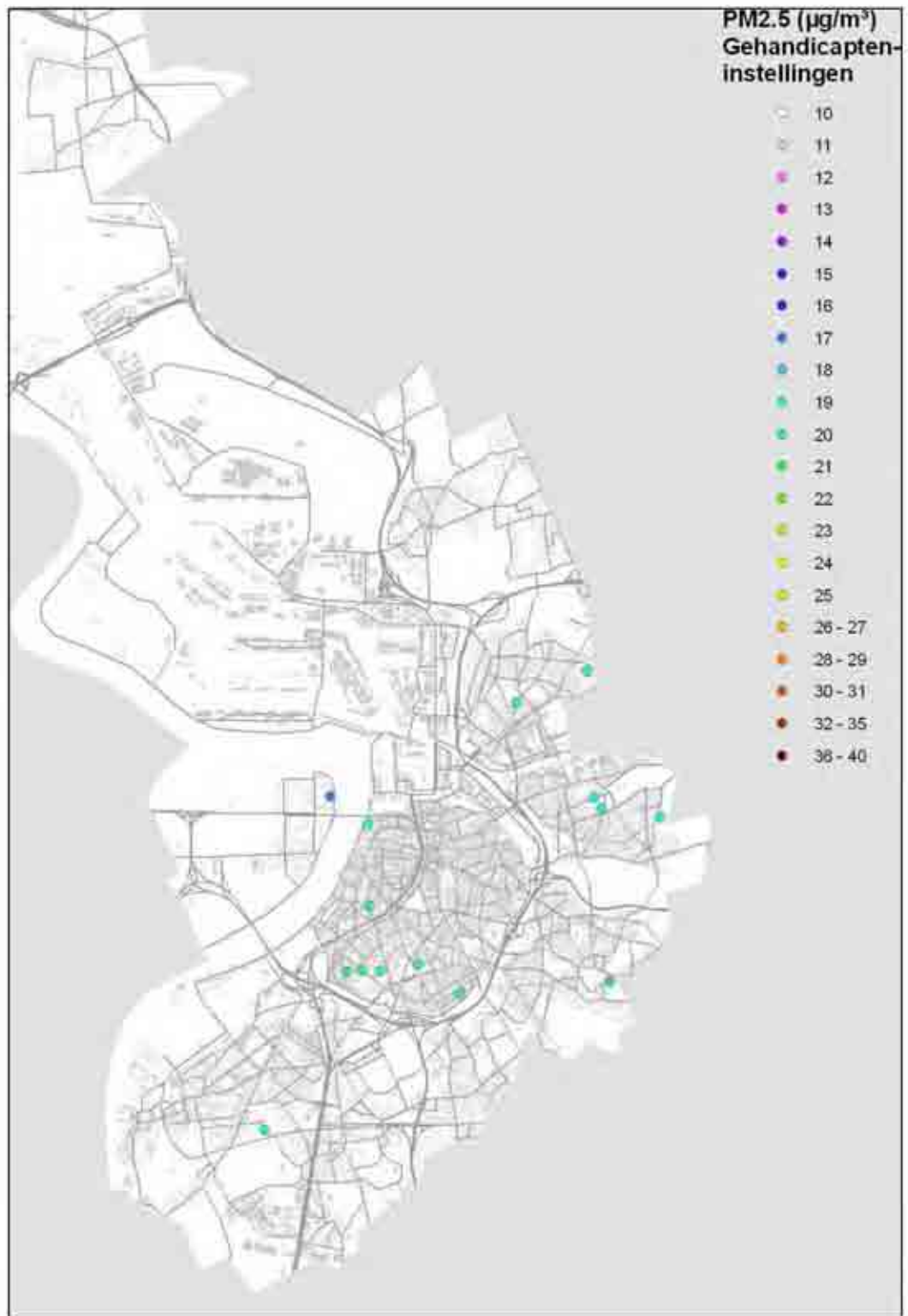
Figuur 69 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



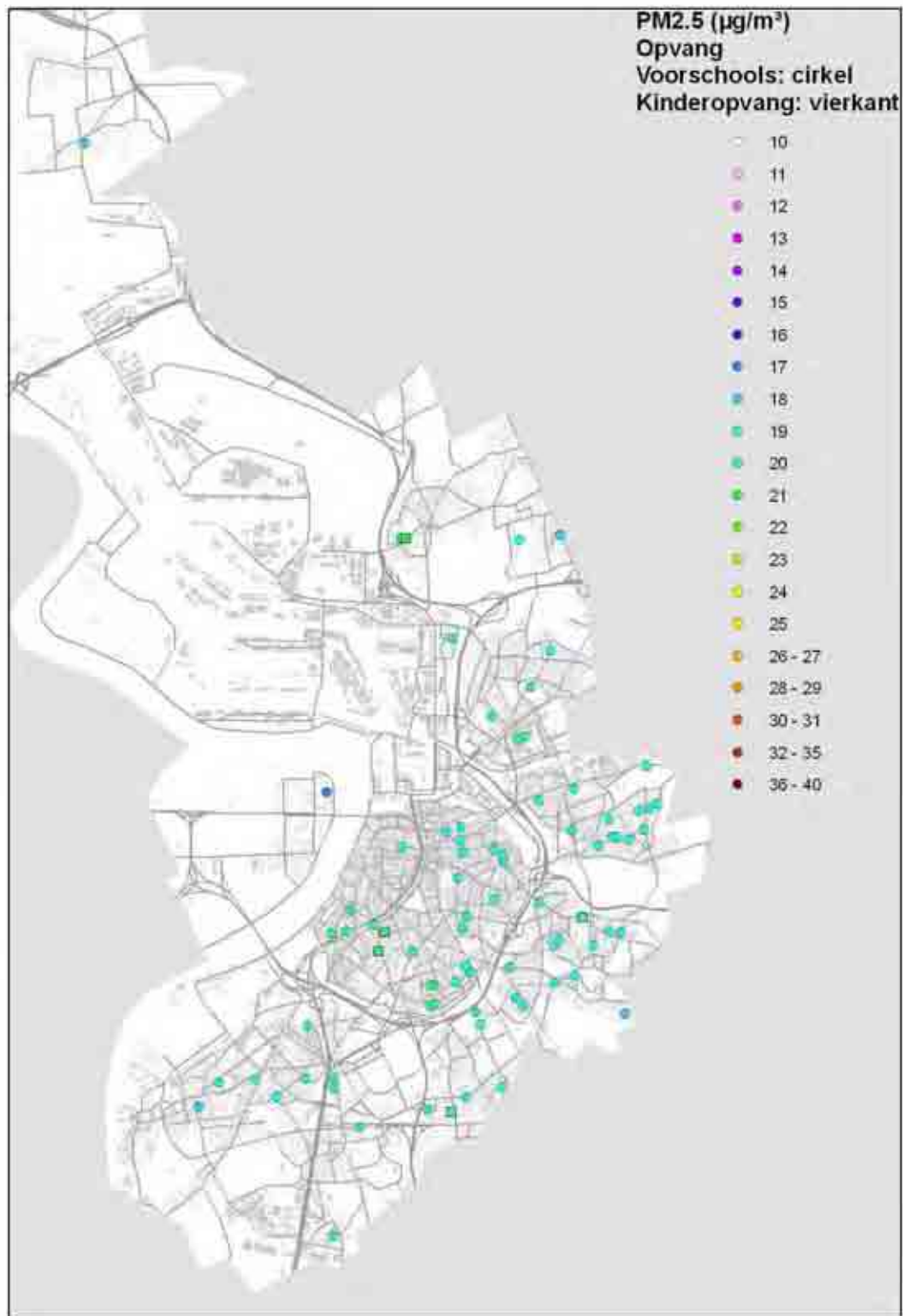
Figuur 70 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



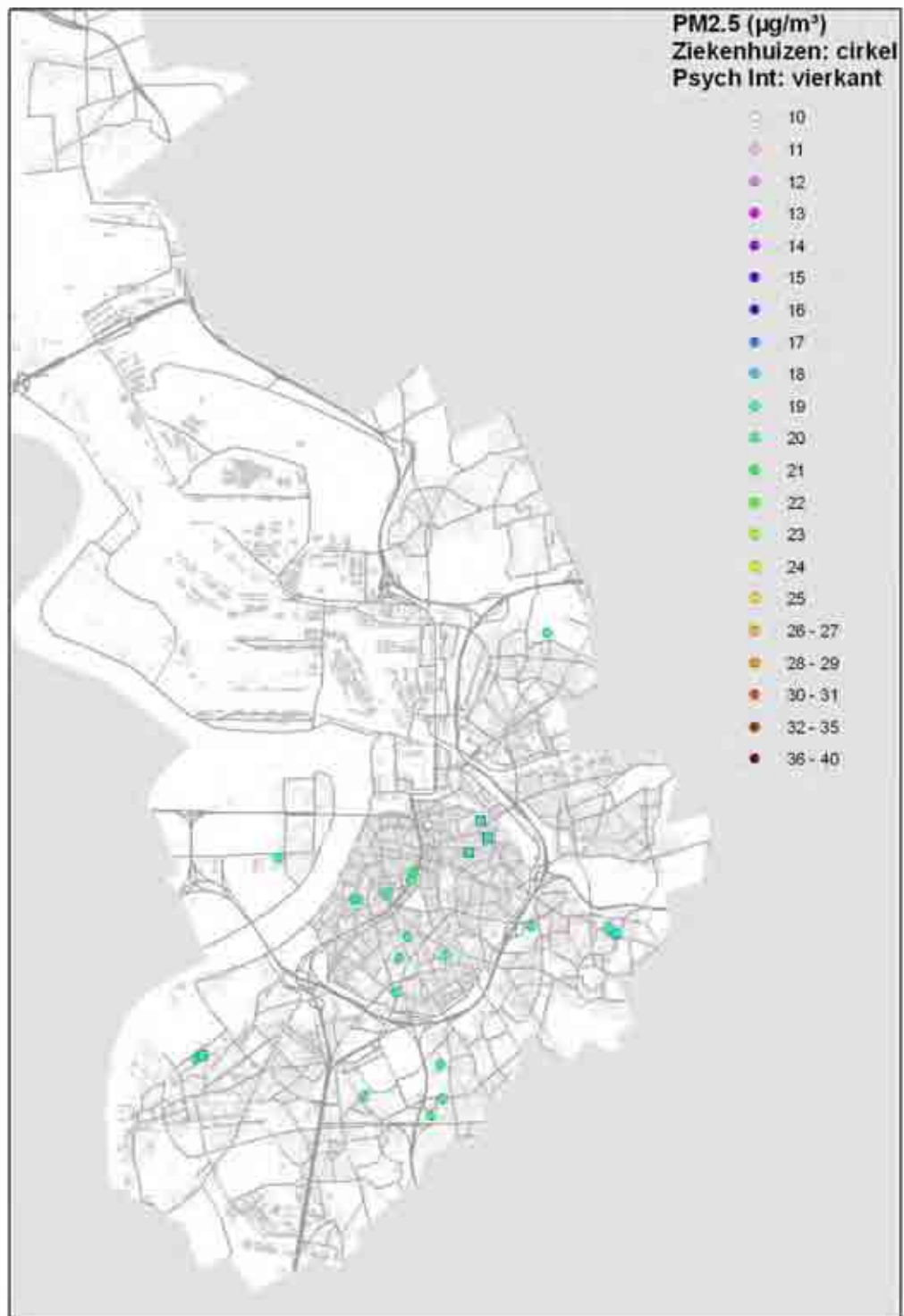
Figuur 71 : De jaargemiddelde PM_{10} -concentratie op de locatie van de scholen. De grenswaarde is $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



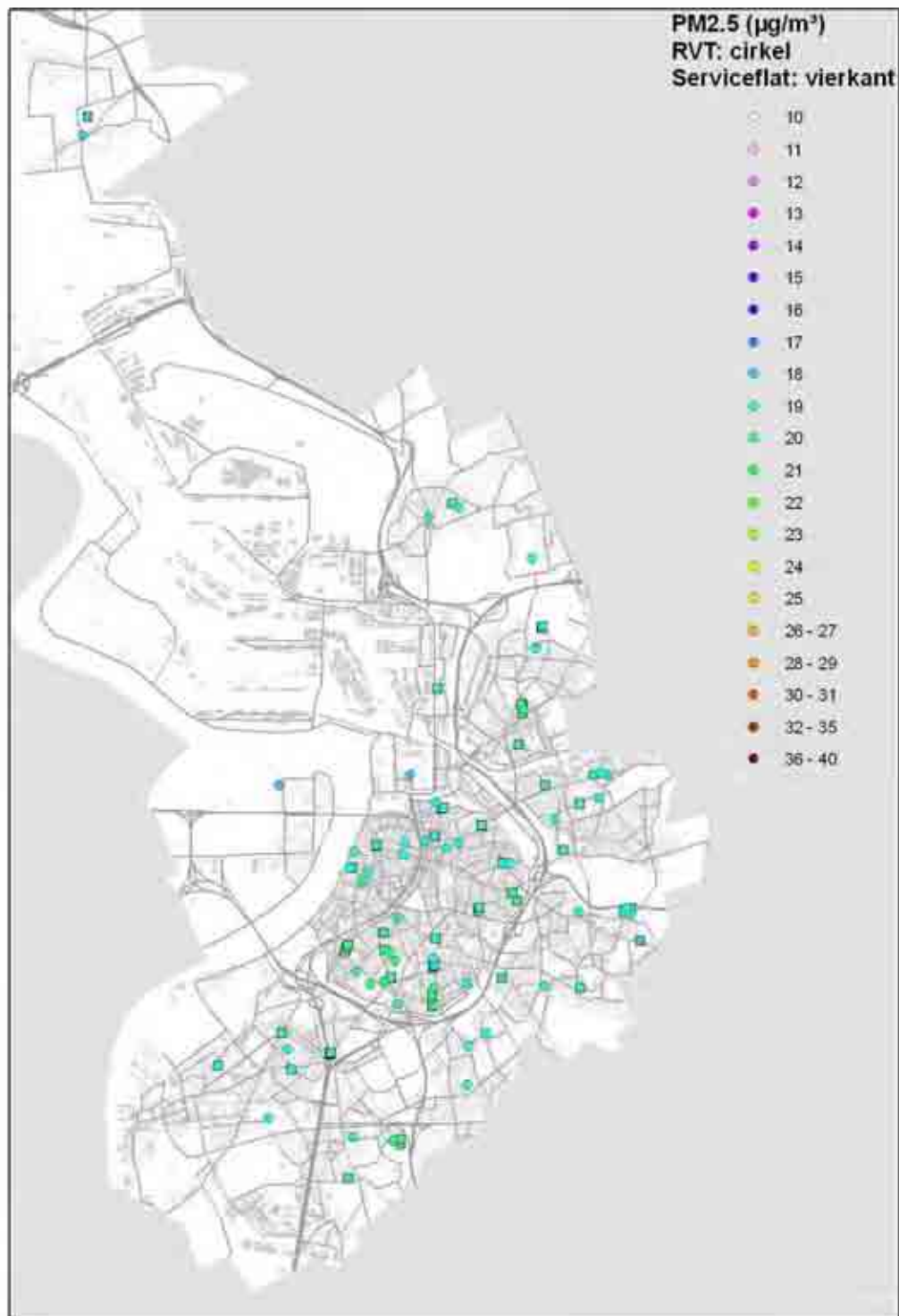
Figuur 72 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. De grenswaarde is $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).



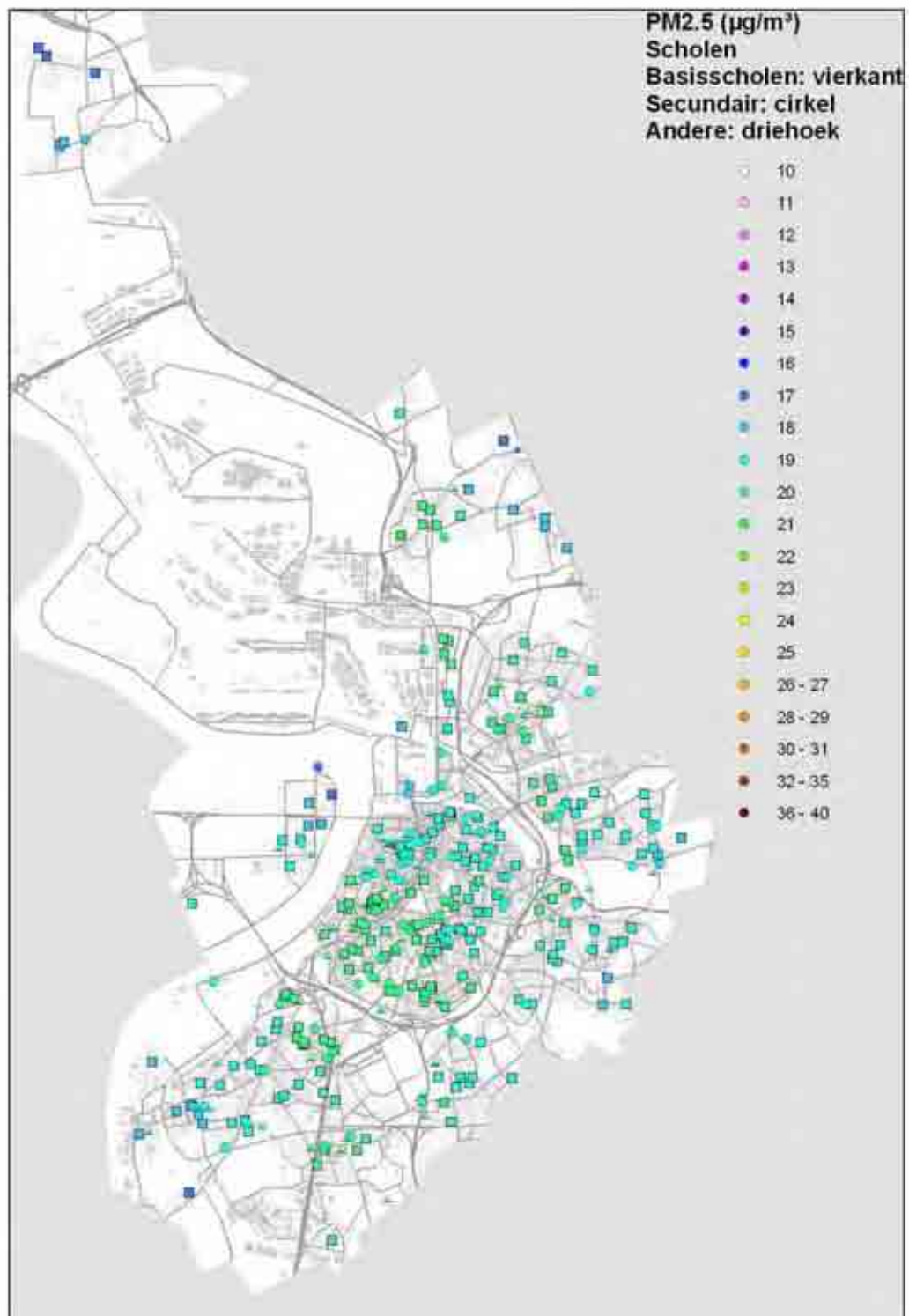
Figuur 73 : De jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. De grenswaarde is 25µg/m³ (vanaf 2015).



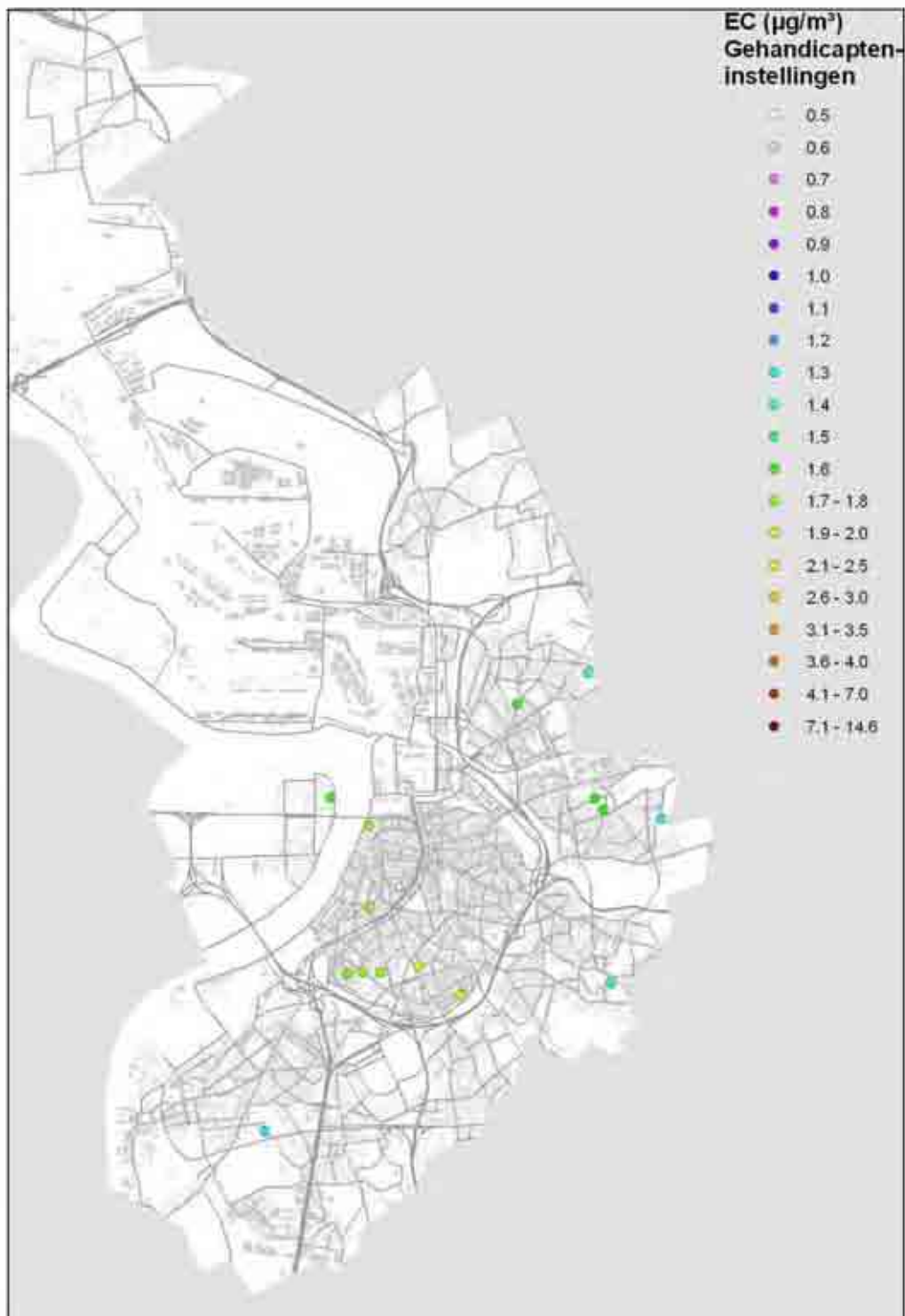
Figuur 74 : De jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. De grenswaarde is 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).



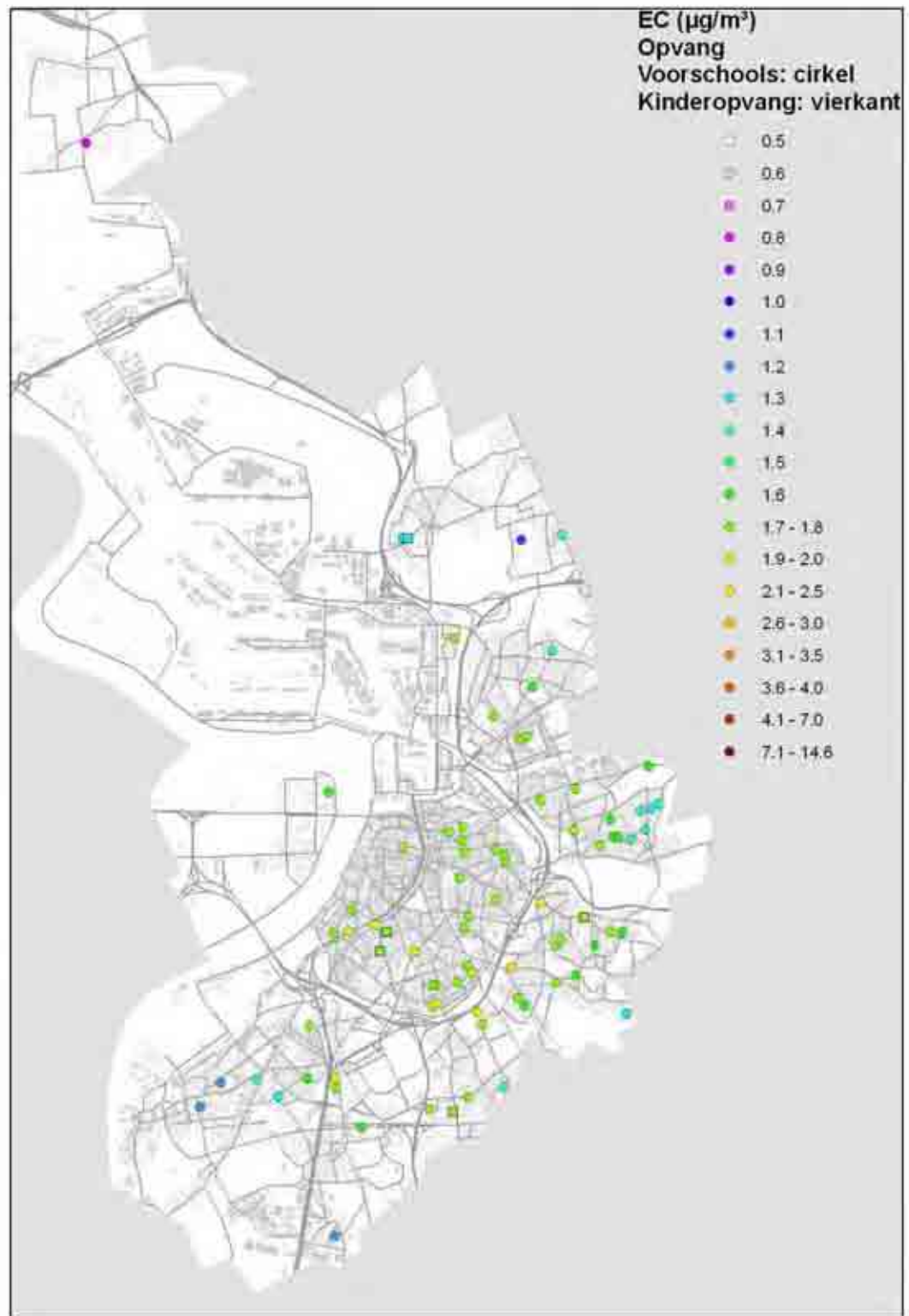
Figuur 75 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. De grenswaarde is $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).



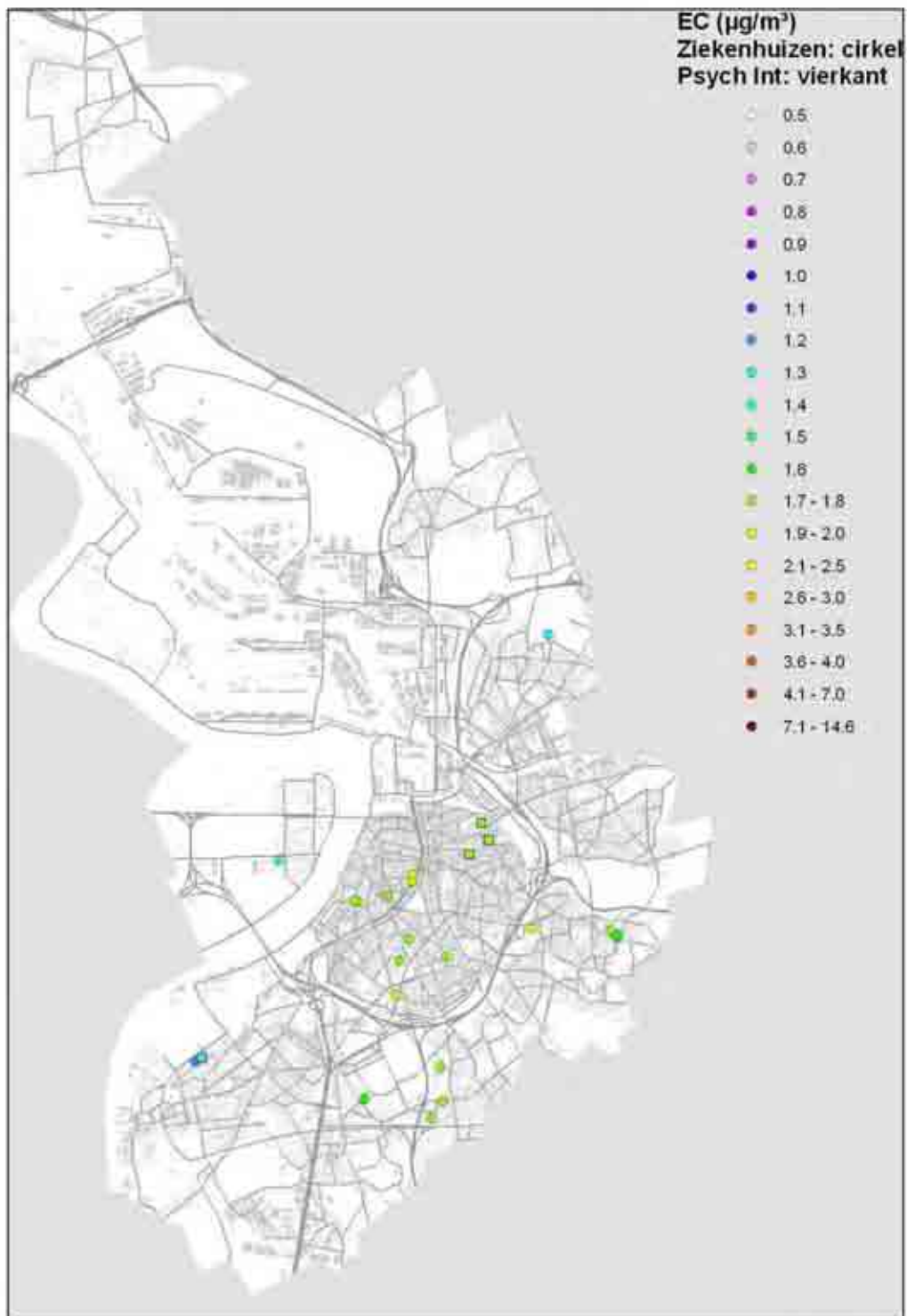
Figuur 76 : De jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentratie op de locatie van de scholen. De grenswaarde is $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vanaf 2015).



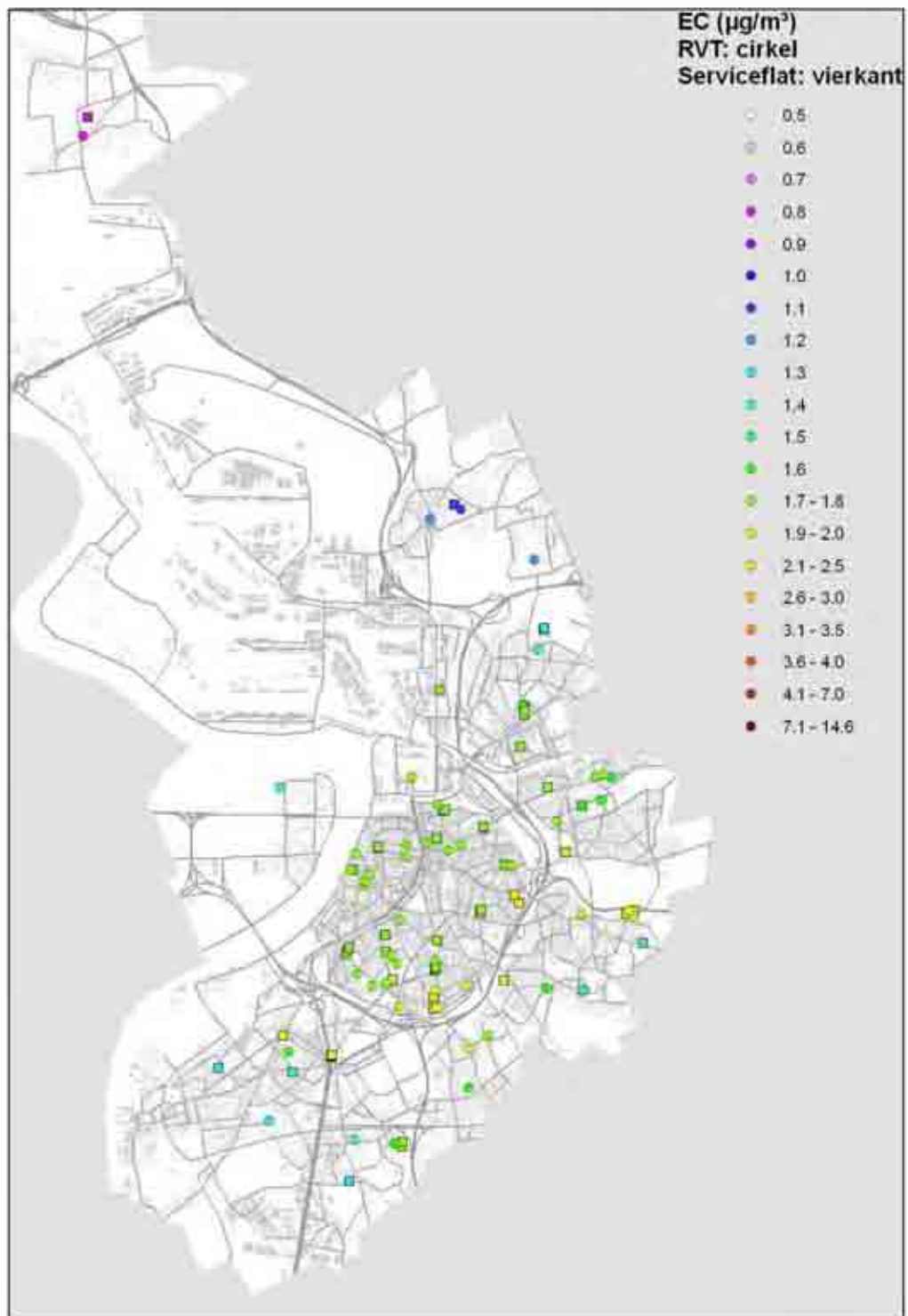
Figuur 77 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de gehandicapteninstellingen. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.



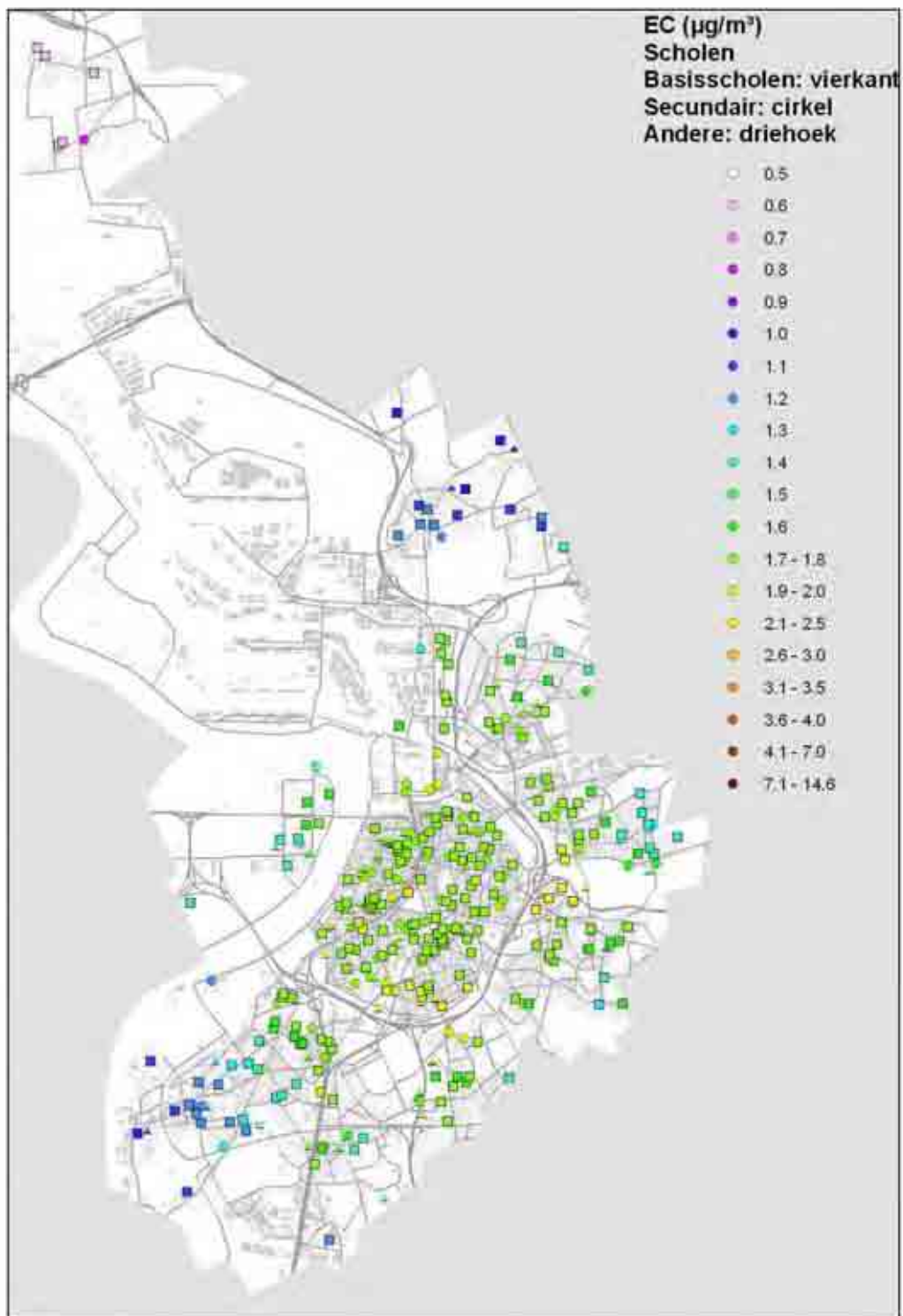
Figuur 78 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de voorschoolse opvang en de kinderopvang. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.



Figuur 79 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de ziekenhuizen en de psychiatrische instellingen. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.



Figuur 80 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de rust- en verzorgingsinstellingen (RVT) en de serviceflats. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.



Figuur 81 : De jaargemiddelde EC-concentratie op de locatie van de scholen. Er zijn nog geen normen vastgelegd voor deze fractie.

HOOFDSTUK 5. MAATREGELENPAKKET 1

Het maatregelenpakket 1 bestaat uit alle geselecteerde maatregelen behalve congestietaks en low-emission zone alsook de maatregelen voor de industrie:

I.01	Verbreiding en verdieping mobiliteitsplan: verminderen van verkeersstromen, halvering aantal autoverplaatsingen
I.03	Afbakenen van zones: autoluw, autoarm, autovrij
I.04	Weren van zwaar vrachtvervoer (niet bussen) - uitzondering voor hybride of elektrische voertuigen
I.06	Terugdringen van autogebruik door carpoolen te stimuleren en telewerken te promoten
I.08	Wijzigingen in verkeerscirculatie
I.10	Uitbouw openbaar vervoer: vertramming van een aantal assen (Convenant met de lijn afsluiten)
I.11	Richtlijnen voor het eigen wagenpark optimaliseren in samenwerking met het voertuigencentrum
GL 14	Uitbreiding van het autodelensysteem in overleg met CAMBIO en AUTOPIA
GL 15	Aanleg van 'park & ride'-zones op strategische verkeersknooppunten
GL 22	Geen diesels meer bij aankoop van nieuwe auto's voor stedelijk wagenpark
SL 01	Inleggen van schone bussen in street canyons
SL 02	Reduceren van aantal busbewegingen
SL 03	Verbeteren van het aanbod openbaar vervoer
SL 04	Verbeteren van betrouwbaarheid en snelheid van het openbaar vervoer
SL 05	Promoten van het gebruik van openbaar vervoer
SL 06	Optimaliseren infrastructuur: instellen van een zone 30
SL 09	Verlaging snelheidsmaxima (eventueel variabel in functie van verkeersaanbod)
GG.01	Stille banden
GG.04	Stille bussen
GG.09	Retrofitting (aanpassen van de remsystemen)
GG.10	Geluidsabsorberende schermen tussen rijvakken/sporen
SG.03	Stil wegdek
SG.04	Snelheidsreductie
SG.05	Weg afsluiten voor doorgaand verkeer
SG.06	Geluidsschermen langs drukke (snel)wegen
SG.07	Geluidsabsorberende schermen tussen wegvakken
SG.08	Gebouwen als scherm voor achterliggende omgeving
SG.12	Herinrichting wegen

In de maatregelenfiches worden deze maatregelen in detail omschreven, maar we hebben de belangrijkste in dit hoofdstuk mee opgenomen en opgedeeld als mobiliteits-, geluids- of luchtmaatregel. De concrete invulling van deze maatregel in het optimaal scenario "Maatregelenpakket 1" wordt hier verder in detail uitgewerkt.

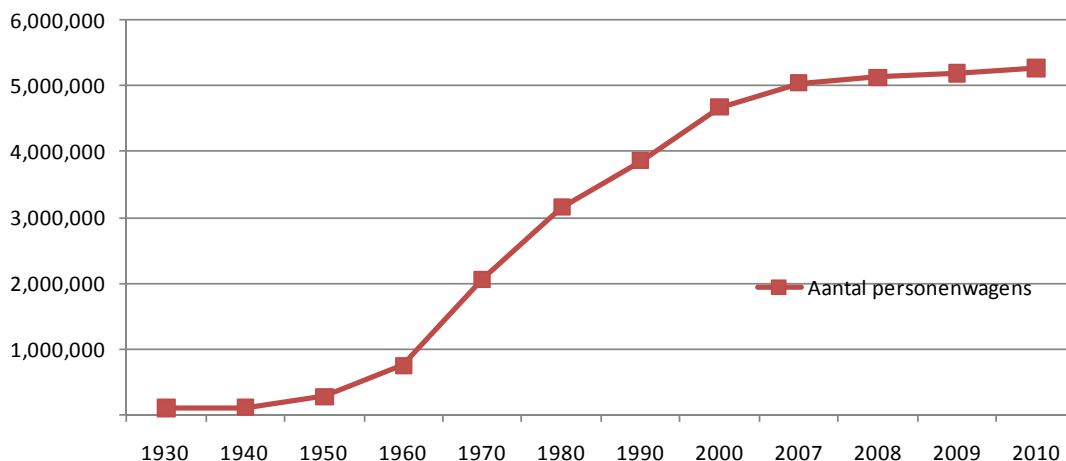
5.1. INSCHATTINGEN OP GEBIED VAN MOBILITEIT

5.1.1. INLEIDEND

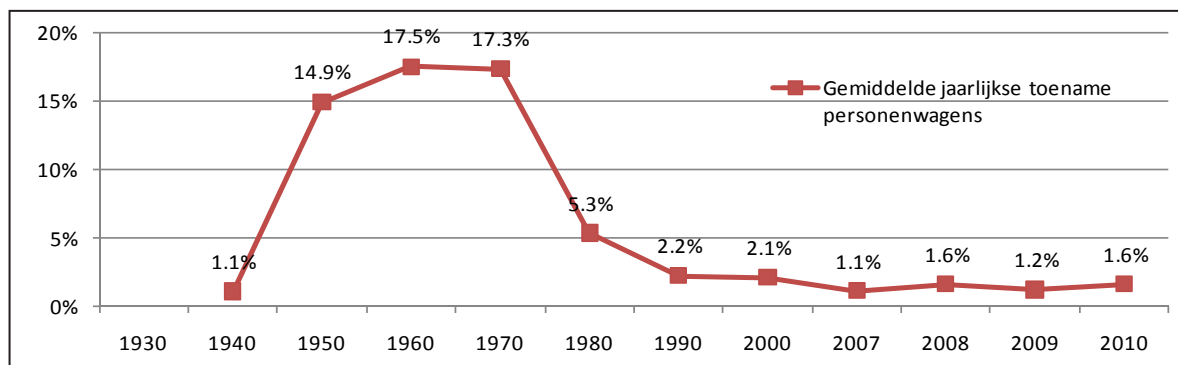
Buiten de spoor- en waterwegen vormt het wegverkeer een belangrijk deel van de mobiliteit. Voor het wegverkeer is het aantal personenwagens het grootst. Daarenboven stijgt het aantal personenwagens nog jaarlijks met 1,6%. Echter, het aantal reizigerskilometers met personenwagens lijkt de laatste jaren te stagneren, meer in het bijzonder na de piek van 2007. Deze kilometers worden gerealiseerd op een nog weinig veranderend aanbod van infrastructuur. Merk op dat het aantal reizigerskilometers maar met 1 dB is toegenomen sinds 1990. De impact naar lawaai toe op basis van het aantal verplaatsingen is niet in belangrijke mate toegenomen sindsdien. Daarentegen was er reeds wel een 3 dB toename tussen 1970 en 1990. Dit geeft een indicatie van het historisch karakter van de lawaai-effecten.



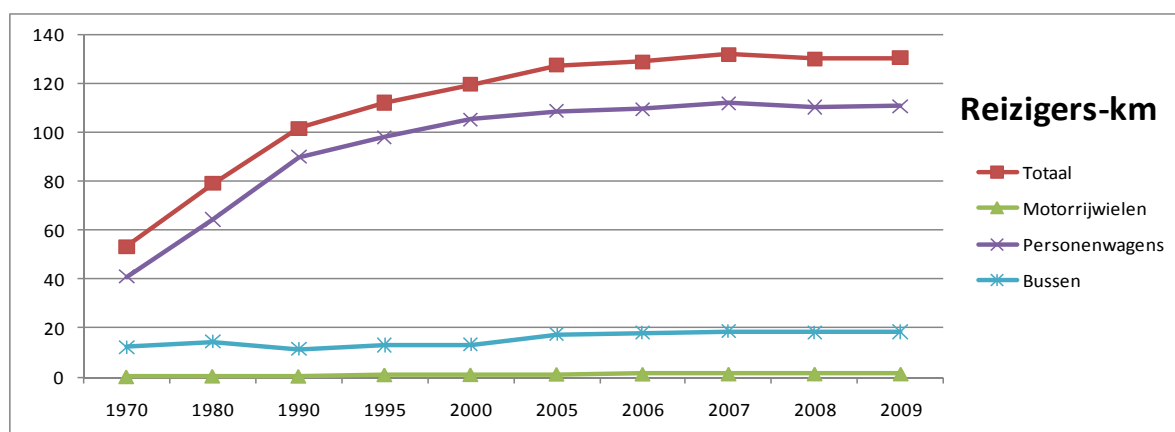
Figuur 82 : Verdeling verschillende types motorvoertuigen in 2010



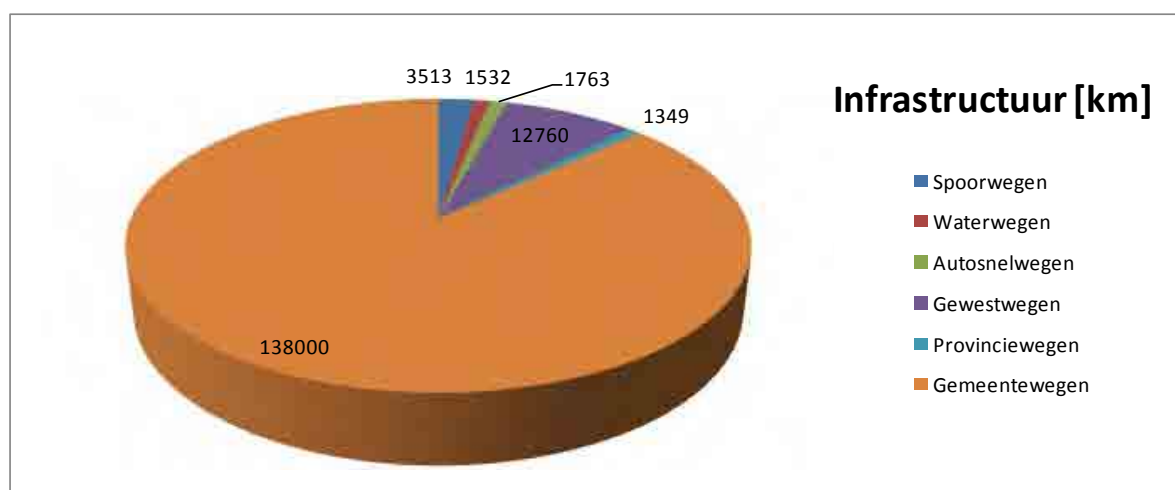
Figuur 83 : Evolutie aantal personenwagens in België tussen 1930 en 2010



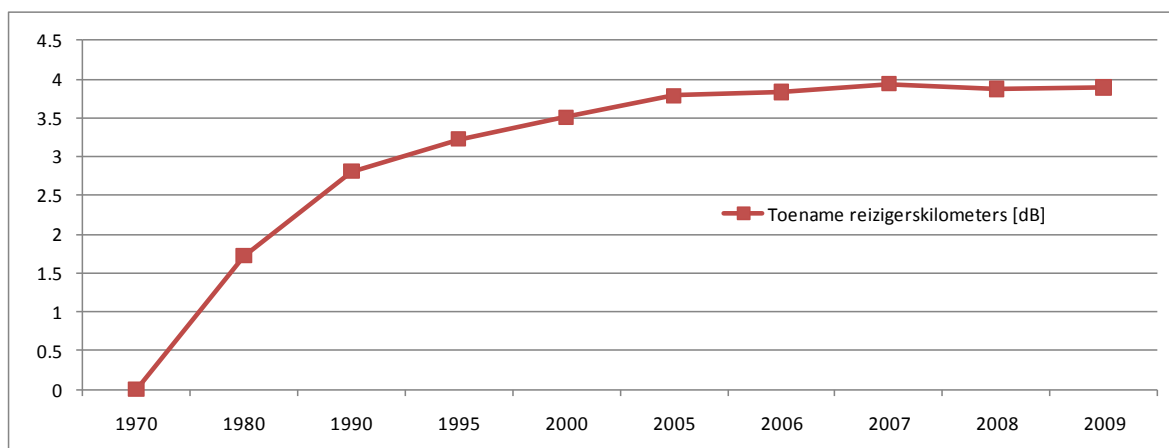
Figuur 84 : Jaarlijkse procentuele toename personenwagens tussen 1930 en 2010



Figuur 85 : Verdeling reizigerskilometers in het wegverkeer tussen 1970 en 2009



Figuur 86 : Verdeling infrastructuur tussen water-, spoor- en autowegen



Figuur 87 : Toename reizigerskilometers wegverkeer logaritmisch uitgezet tussen 1970 en 2009

5.1.2. MAATREGEL I.01: MOBILITEITSPANNING

Mobiliteitsplanning overkoepelt een grote set maatregelen die het beleid neemt teneinde naar een duurzame mobiliteit te evolueren. Het mobiliteitsplan van de stad Antwerpen vormt het document dat het beleid voor de komende jaren weergeeft op vlak van maatregelen rond mobiliteit. Bij het verbreden en verdiepen van het mobiliteitsplan, is het de ambitie van de stad Antwerpen om naar een modal split van 50% autoverplaatsingen te evolueren voor de verplaatsingen van en naar het grootstedelijk gebied Antwerpen.

Een deel van de maatregelen die vervat zitten in het mobiliteitsplan worden verder afzonderlijk beschreven en opgenomen. Het mobiliteitsbeleid bevat echter een aantal ondersteunende maatregelen die een duurzaam beleid mee vorm geven en die inwerken op het gedrag van de mensen.

Onder deze post worden de ondersteunende maatregelen die mee bijdragen aan de gestelde objectieven, opgenomen. Dit pakket bevat een aantal algemene ondersteunende maatregelen die vaak worden opgenomen in het globale mobiliteitsbeleid:

- verhogen parkeertarieven in de binnenstad
- CAMBIO
- bedrijfsvervoerplannen
- fietsontleningssysteem
- stimuleren thuiswerk
- sensibiliseringsacties en communicatie
- ...

Vertrekkende vanuit de bestaande verkeersintensiteiten, werd voor 2015 een globale reductie van 1% op alle voertuigverplaatsingen doorgevoerd op het grondgebied van de stad Antwerpen.

5.1.3. MAATREGEL I.03 & I.08: AFBAKENEN VAN ZONES: AUTOLUW, AUTOARM, AUTOVRIJ, CIRCULATIEMAATREGELEN

Er wordt voorzien om in de toekomst meer te werken met afgebakende zones waar een specifiek snelheidsregime geldt: gaande van zone 70 km/u, zone 50 km/u, zone 30 km/u, tot autovrij. Een heel groot deel van deze maatregelen zit reeds vervat in de maatregel circulatieplannen (I.08), er wordt echter voorgesteld om op een aantal specifieke wegen waarlangs zich bebouwing bevindt, en waar momenteel een regime 70 km/u geldt, de snelheid te reduceren naar 50 km/u.

Het betreft volgende assen:

- Bisschoppenhoflaan tussen grens Wijnegem en Singel;
- Grotesteenweg tussen grens Mortsel en Singel.

Deze maatregelen kunnen eventueel nog verder evolueren naar een dynamisch systeem, vergelijkbaar met de huidige variabele zones 30, waarbij in functie van bepaalde factoren (bv. aanwezigheid van een school) wordt beslist om de snelheid te verlagen van 70 naar 50 of van 50 naar 30.

Verder worden voor een groot aantal gebieden circulatieplannen opgemaakt. Deze circulatieplannen hebben tot doel het doorgaande verkeer doorheen woonzones te weren en te ontraden. Verder wordt getracht het verkeer voornamelijk op de wijkontsluitende assen te organiseren en de tussenliggende zones enkel voor bestemmingsverkeer voor te behouden (zone 50 versus zone 30). Tegelijk heeft het weren van doorgaand verkeer in de woonwijken een effect op de modal shift, waarbij meer duurzame verplaatsingsvormen worden nagestreefd.

De verschillende wijkcirculatieplannen die momenteel in opmaak zijn, hebben uitgewezen dat doorgaans 10 à 15% doorgaand verkeer doorheen de wijk wordt waargenomen. Het overgrote deel van het verkeer heeft dus een relatie met het gebied in kwestie.

Er wordt op een pragmatische manier uitgegaan van een reductie van 10% van de totale verkeersdruk op de woongebieden, als gevolg van het invoeren van de circulatieplannen. Verder wordt, mede door een aantal andere maatregelen zoals het globale mobiliteitsbeleid, geen stijging van de intensiteiten voorzien op de wegen van hogere categorie.

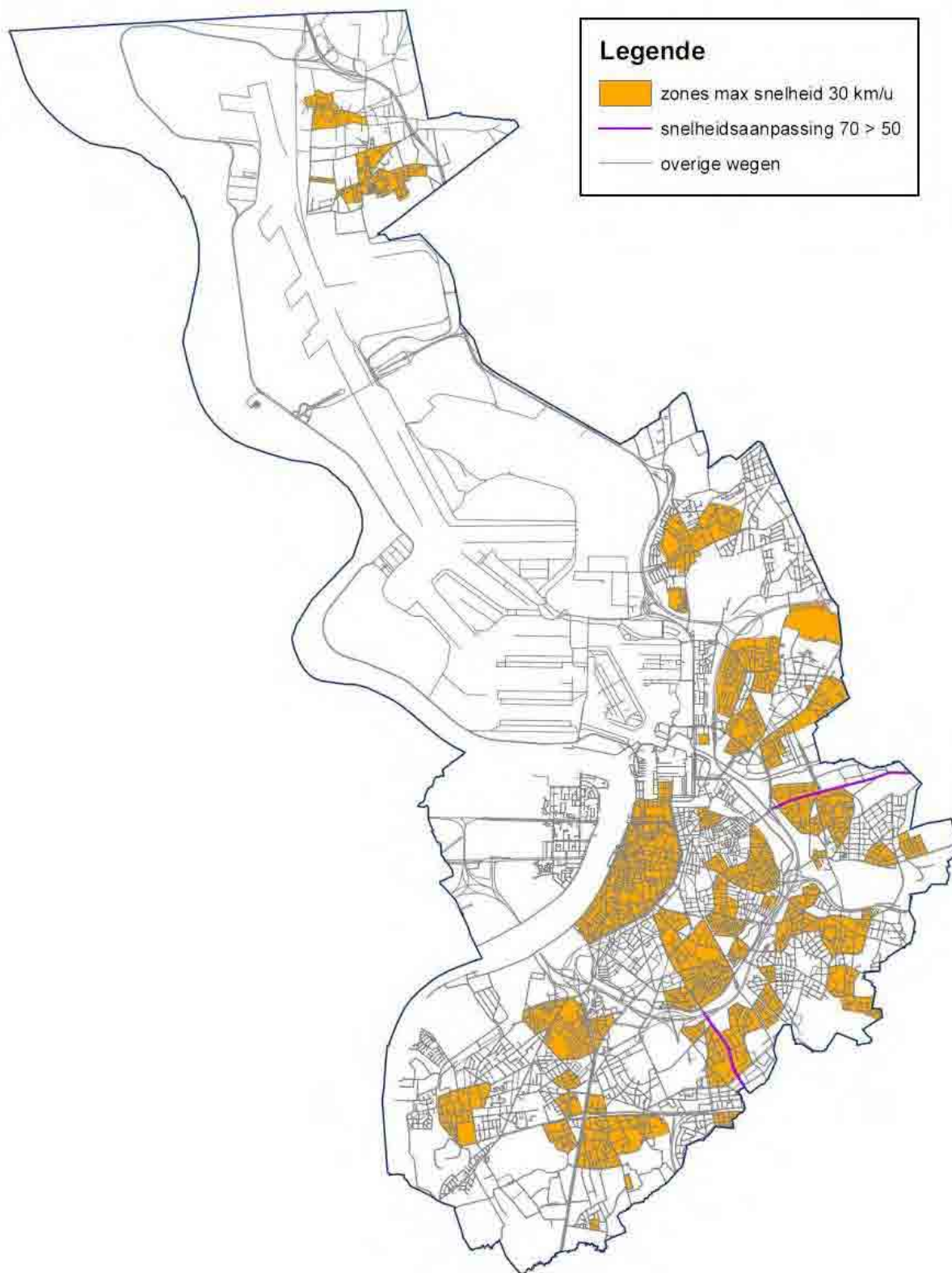
Ook wordt in functie van de geplande heraanleg van de Scheldekaaien een globale daling van de verkeersintensiteiten verwacht van 25%. Deze daling werd op volgende manier verrekend:

- afname van 25% van de verkeersintensiteiten tussen Namenstraat en Amsterdamstraat
- afname van 12,5% op Amsterdamstraat - Londenstraat
- afname van 12,5% op Rijnkaai

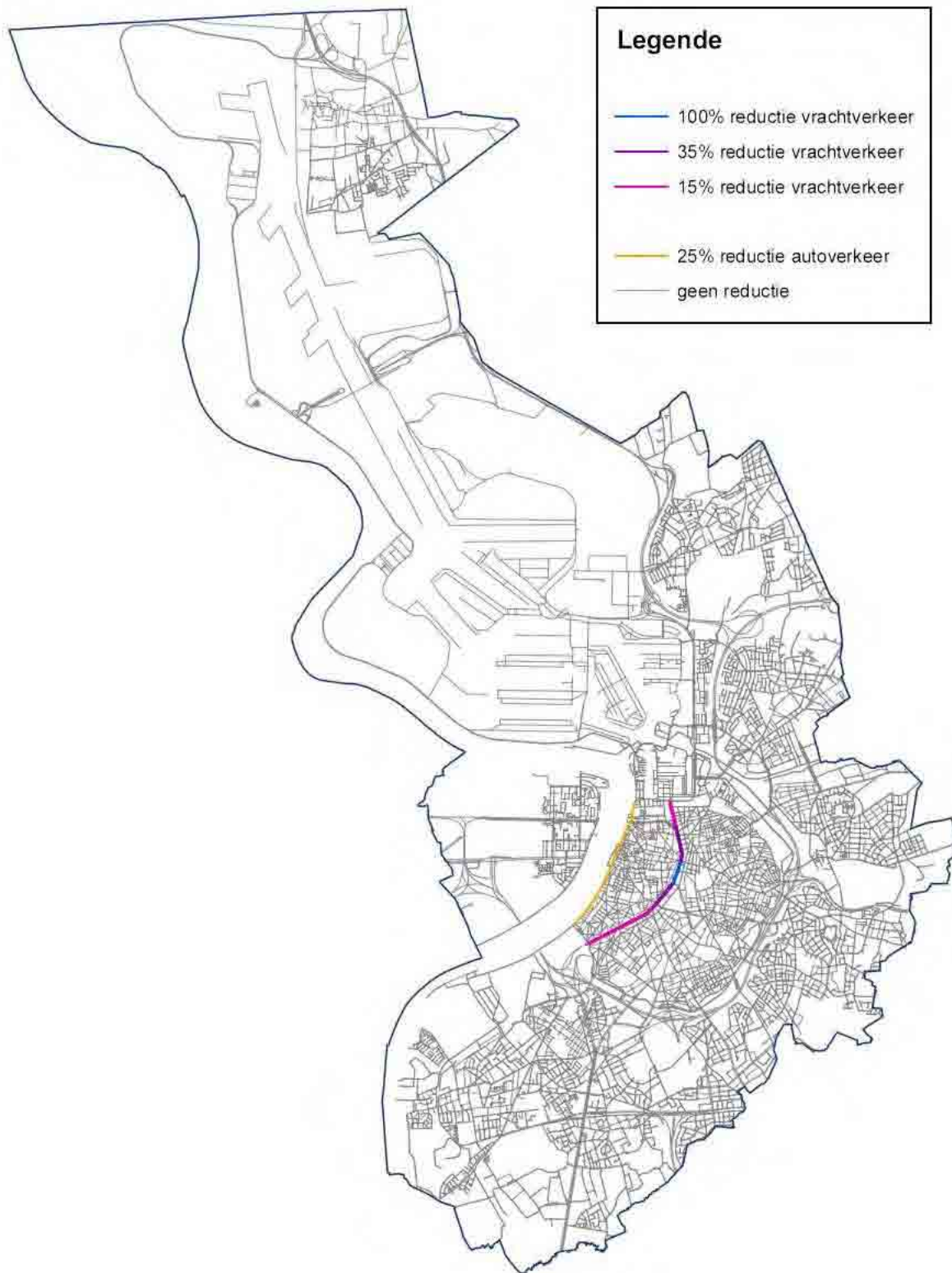
Deze maatregelen dienen te worden ondersteund door:

- verbeteren van het openbaar vervoer (OV) aanbod
- verbeteren van de betrouwbaarheid en snelheid van het OV
- promoten van het gebruik van het OV

Onderstaande figuur geeft een beeld van de gebieden waar een zone 30 wordt ingesteld of al aanwezig is, evenals van de assen waar de snelheid van 70 km/u naar 50 km/u wordt teruggebracht.

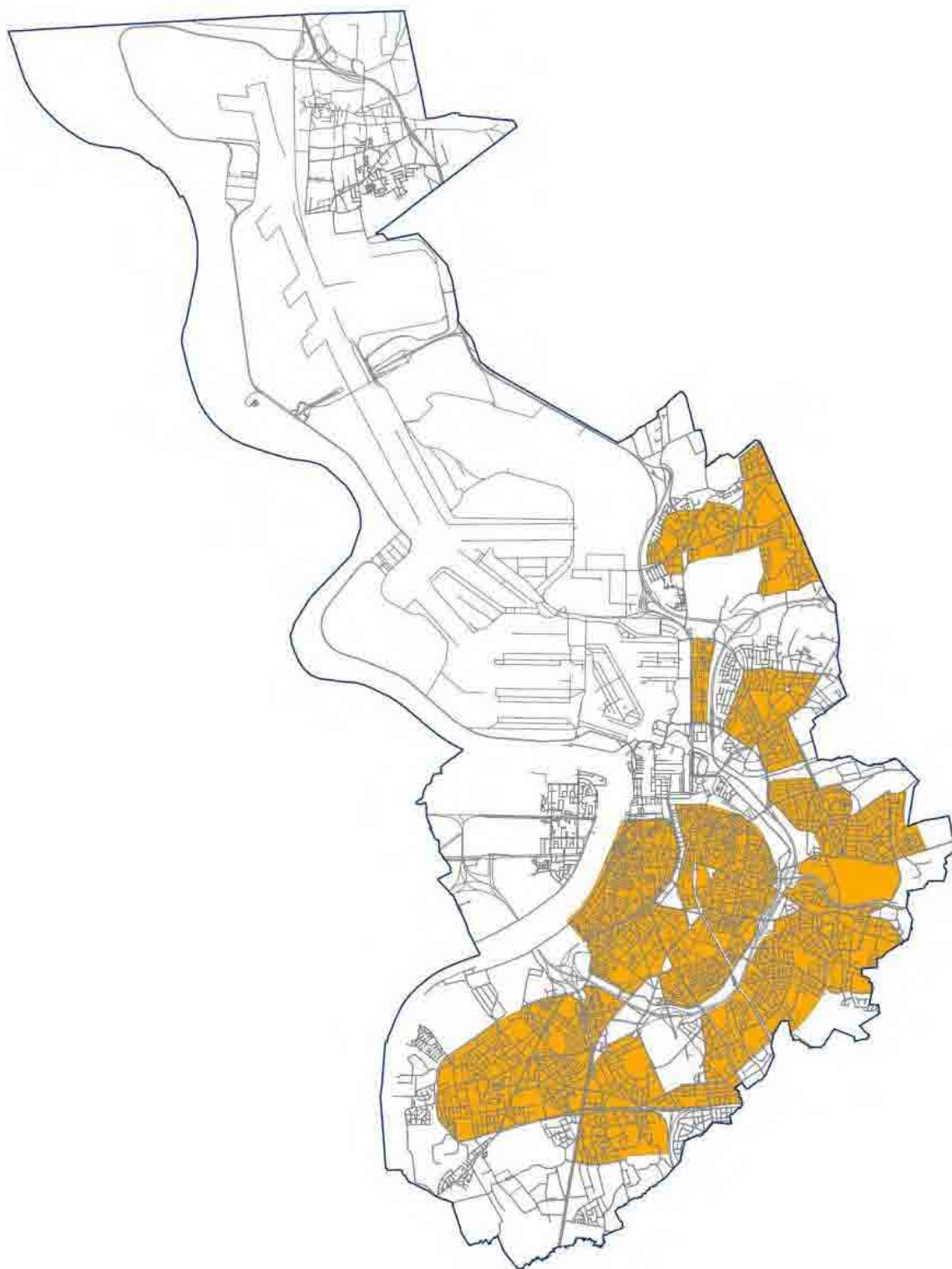


Figuur 88 : Aanne name zones waarvan verwacht wordt dat Zone 30 wordt ingevoerd.

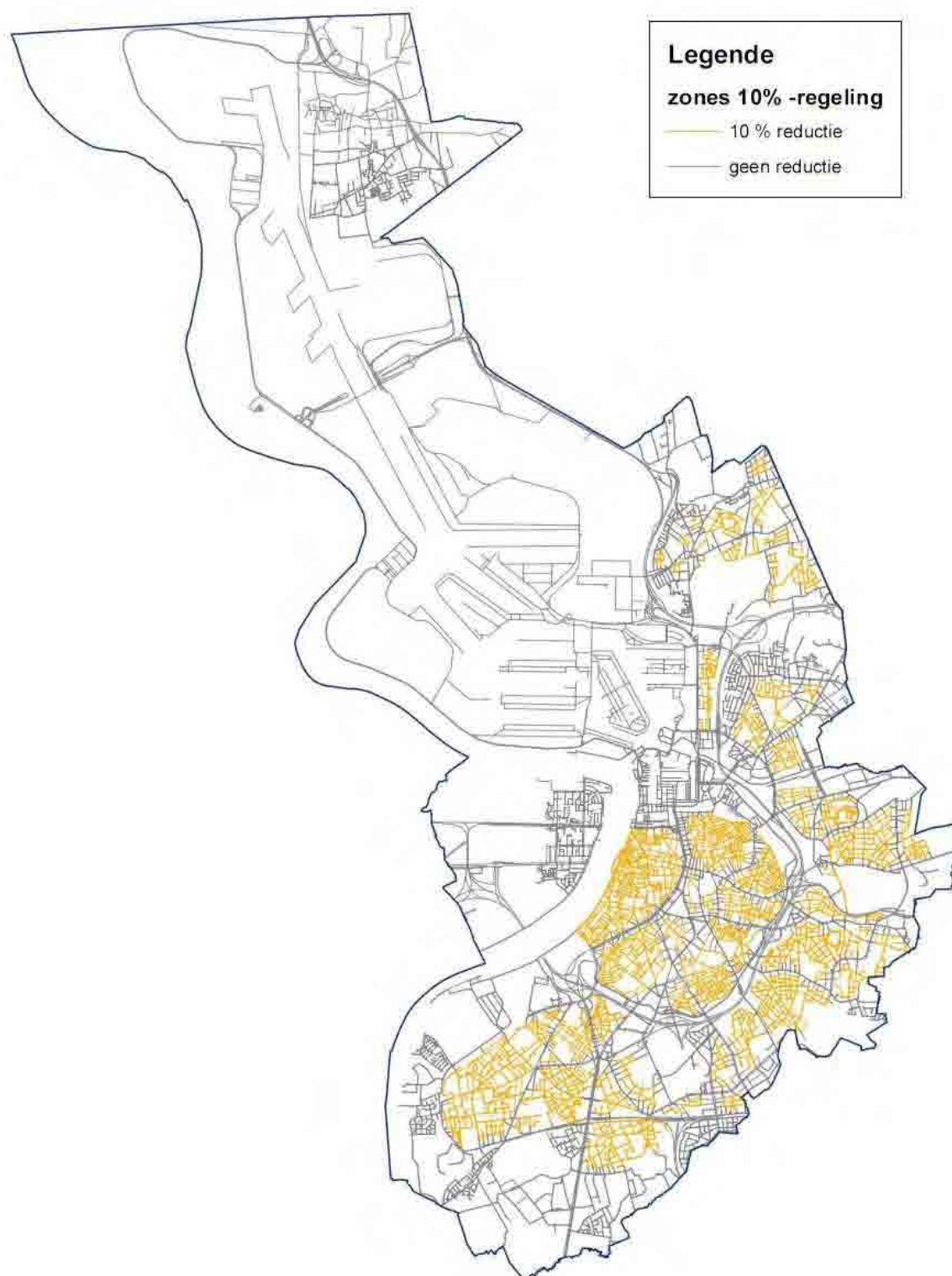


Figuur 89 : Effecten van lokale maatregelen ter hoogte van de Kaaien en Leien

De onderstaande figuren geven een overzicht van de gebieden waar een reductie van 10% op de voertuigverplaatsingen werd toegepast:



Figuur 90 : Aanname zones waarvan verwacht wordt dat via circulatiemaatregelen een verkeersreductie van 10% tegen 2015 kan gerealiseerd worden.



Figuur 91 : Aanname wegen waarvan verwacht wordt dat via circulatiemaatregelen een verkeersreductie van 10% tegen 2015 kan gerealiseerd worden.

5.1.4. MAATREGEL I.04: WEREN VAN ZWAAR VRACHTVERVOER

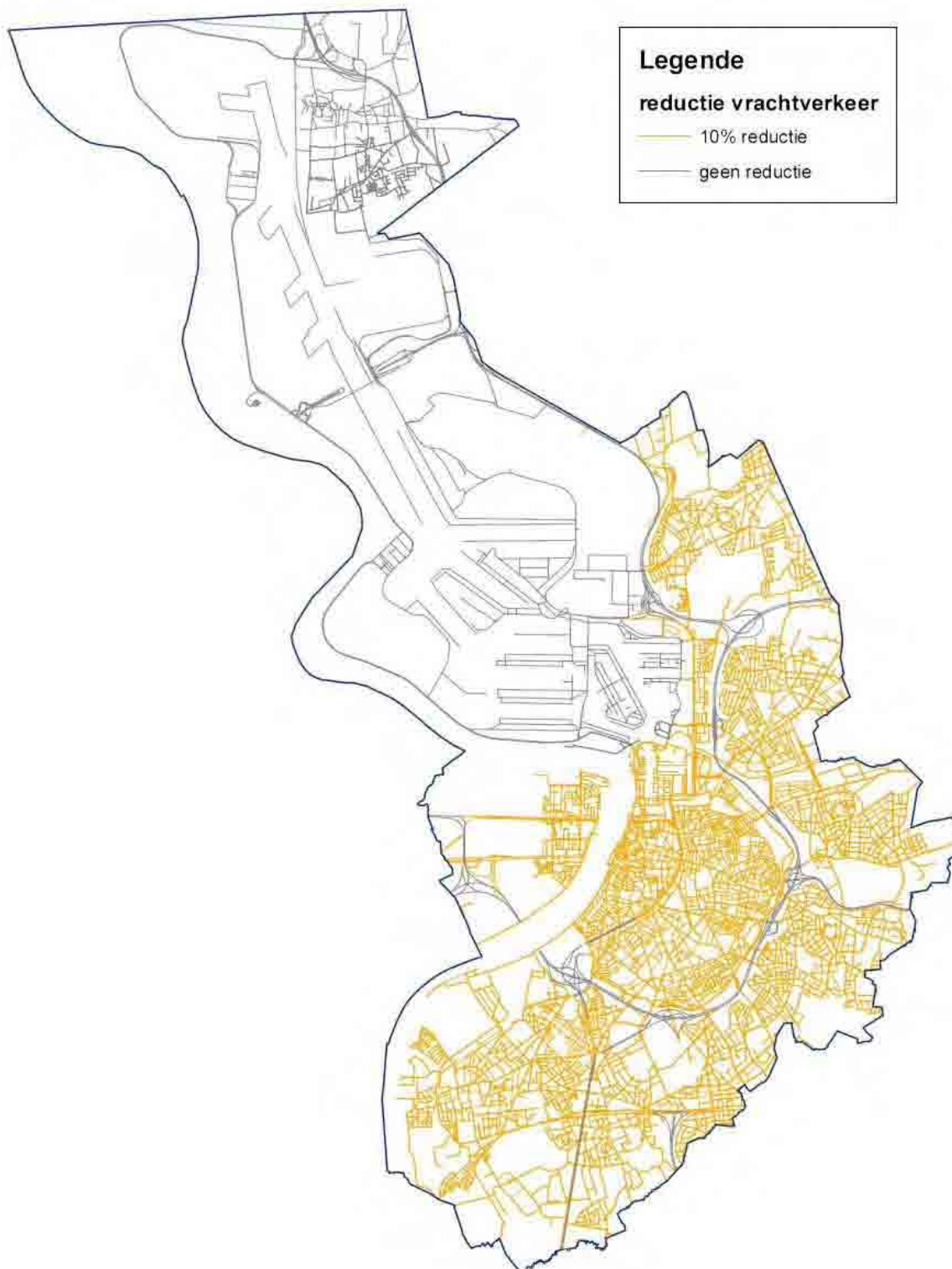
De stad kan in de toekomst op een andere manier omgaan met vrachtverkeer dat een bestemming heeft in de stad, naast het weren van doorgaand vrachtverkeer op plaatsen waar dit niet gewenst is.

Langs de ene kant wordt in de nabije toekomst een aantal initiatieven genomen teneinde de beleving van de binnenstad op een betere, efficiëntere en meer duurzame manier te organiseren (stedelijk watergebonden distributiecentrum (SWDC), elektrische voertuigen, enz.). Bovendien wordt op specifieke plaatsen een verbod voor vrachtverkeer ingesteld zoals ter hoogte van het Operaplein.

Het gaat om volgende gebieden en wegen waar een reductie van vrachtverkeer werd meegenomen:

- grondgebied stad Antwerpen (uitgezonderd het havengebied en belangrijke wegen):
reductie 10%
- afname 100% op Leien tussen Kipdorpbrug en M. Theresialei
- afname van 35% tussen Tunnelplaats en Kipdorpbrug
- afname van 35% tussen Nationale Bank en M. Theresialei
- afname van 15% tussen Noorderplaats en Tunnelplaats
- afname van 15% tussen Bolivarplaats en Nationale Bank

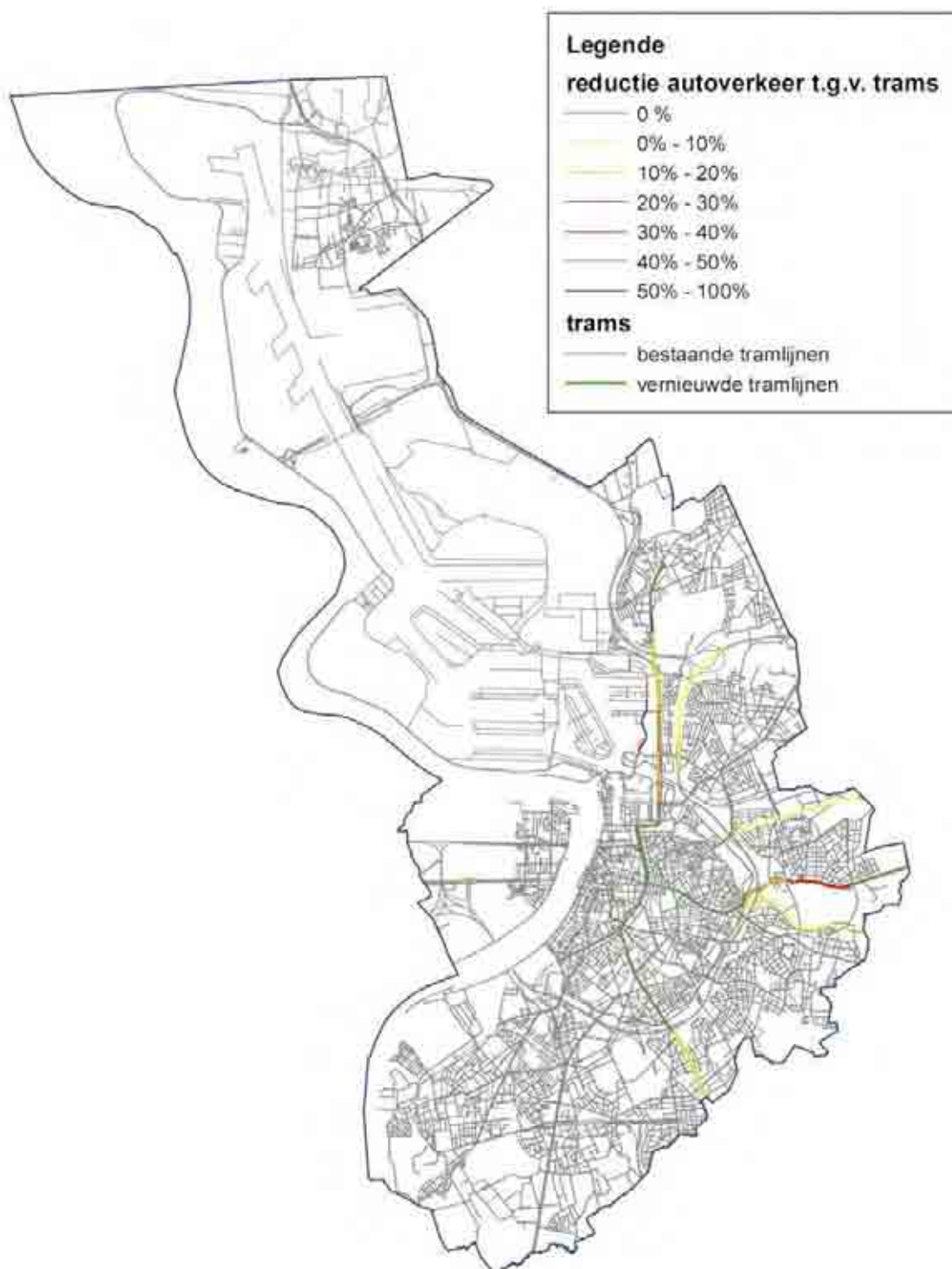
De onderstaande figuur geeft een overzicht van het gebied waar een reductie van vrachtverkeer van 10% werd toegepast.



Figuur 92 : Aanname wegen waar een reductie van het vrachtverkeer van 10% wordt verwacht.

5.1.5. MAATREGEL I.10: UITBOUW OPENBAAR VERVOER: VERTRAMMING VAN EEN AANTAL ASSEN

Momenteel is een aantal projecten in voorbereiding, dat het tramnet de komende jaren gevoelig zal uitbreiden. Verder wordt, gekoppeld aan deze tramlijnen, een aantal P+R faciliteiten aangelegd waardoor een model shift ondersteund wordt.



Figuur 93 : Effecten van vertraming op het autoverkeer

Binnen de tijdshorizon 2015, wordt voorzien om volgende assen te “vertrammen” of bijkomende infrastructuur aan te leggen:

- Brabo 1: corridor N12, Deurne – Wijnegem (tram tot Wijnegem Shopping Center)
- Brabo 1: corridor N10-N1, Mortsel – Boechout (tram); P+R Capenberg
- Brabo 2: corridor N180-N114, Leien Fase 2 – Ekeren (tram); creatie P+R Kazerne
- Brabo 2: corridor Eilandje (tram)
- creatie P+R Olympiade ter hoogte van eindhalte tram 6

Momenteel is niet volledig duidelijk op welke wijze de busbediening zal beïnvloed worden door deze tramverlengingen. Er wordt echter op korte termijn uitgegaan van de huidige busbediening op de verschillende assen. Verder wordt ervan uitgegaan dat de modal shift op de betreffende tramcorridors, ondersteund zal worden door een aantal begeleidende maatregelen zoals ondermeer het verhogen van parkeertarieven op straatniveau in de binnenstad.

Naast de verlenging van de tramassen zelf, wordt verder een verhoging van de frequentie meegerekend:

- Brabo 1: tramlijnen L5 en L10 naar 10/u op elke lijn
- Brabo 1: tramlijn 7 naar 10/u
- Brabo 2 (Ekeren): tramlijn X naar 10/u
- Brabo 2 (Eilandje): tramlijn X naar 10/u

Er wordt bij de modelleringen van uitgegaan dat tramverlengingen en aanleg P+R parkings, een invloed hebben op de as zelf en de omliggende corridor.

Rekening houdend met de bestaande vraag, het al dan niet voorzien van een P+R, alsook de context waarin de tramlijn wordt aangelegd, wordt volgend effect verwacht:

Daling voertuigen				
N12	326	50%	vtg/u	Tussen R11 - Singel
N120	163	25%	vtg/u	Tussen R11 - Singel
E313	163	25%	vtg/u	Tussen Wommelgem en R1

Tabel 6 : Brabo 1: corridor N12, Deurne-Wijnegem

Daling voertuigen				
N10	228	50%	vtg/u	Tussen Borsbeeksesteenweg en Singel
N1	114	25%	vtg/u	Tussen N10 en Singel
Borsbeek-R11	114	25%	vtg/u	Op as Borsbeeksesteenweg - De Robianostraat

Tabel 7 : Brabo 1: corridor N10-N1, Mortsel-Boechout; P+R Capenberg

Daling voertuigen				
N114	98	15%	vtg/u	Tussen F. Verbieststraat en N180
N180	326	50%	vtg/u	Tussen N114 en Noorderplaats
R1	163	25%	vtg/u	Tussen Antwerpen Noord en afrit 1 Merksem
Vosseschijnstraat	163	25%	vtg/u	Tussen K. Wielenstraat en Straatsburgbrug

Tabel 8 : Brabo 2: corridor N180-N114, Leien F2-Ekeren; P+R Kazerne

Daling voertuigen				
Kattendijkdok oostkaai	261	100%	vtg/u	Tussen Mexicobrug en kpt Londenstraat
Leien	130	50%	vtg/u	Tussen Noorderplaats en Operaplein
Kaaien	130	50%	vtg/u	Tussen Amsterdamstraat en Suikerrui

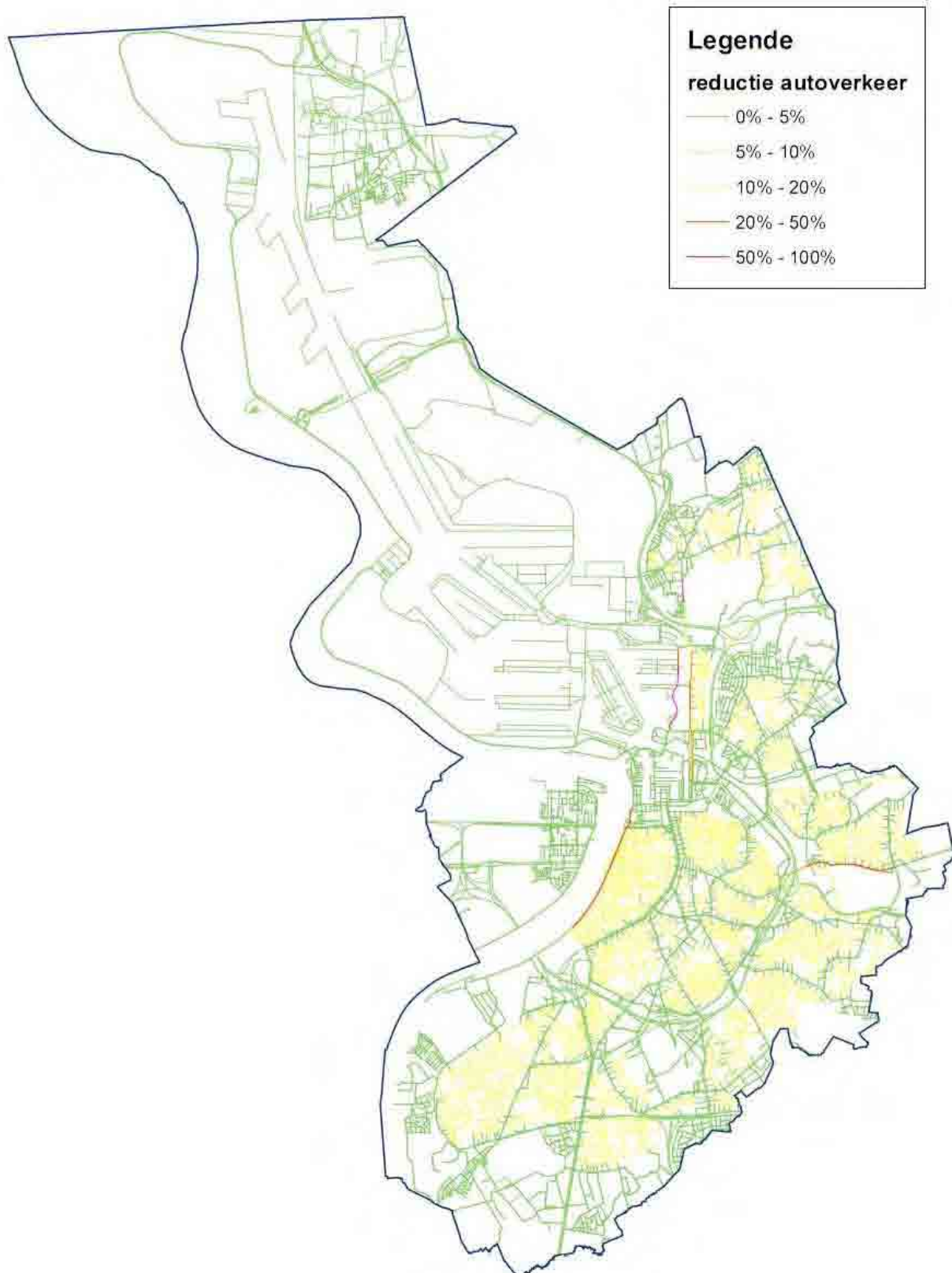
Tabel 9 : Brabo 2: corridor Eilandje

Daling voertuigen				
J. Van Rijswijcklaan	56	50%	vtg/u	Tussen kpt Olympiade en Singel
J. De Voslei	56	50%	vtg/u	Tussen kpt Olympiade en K. Silvertopstraat

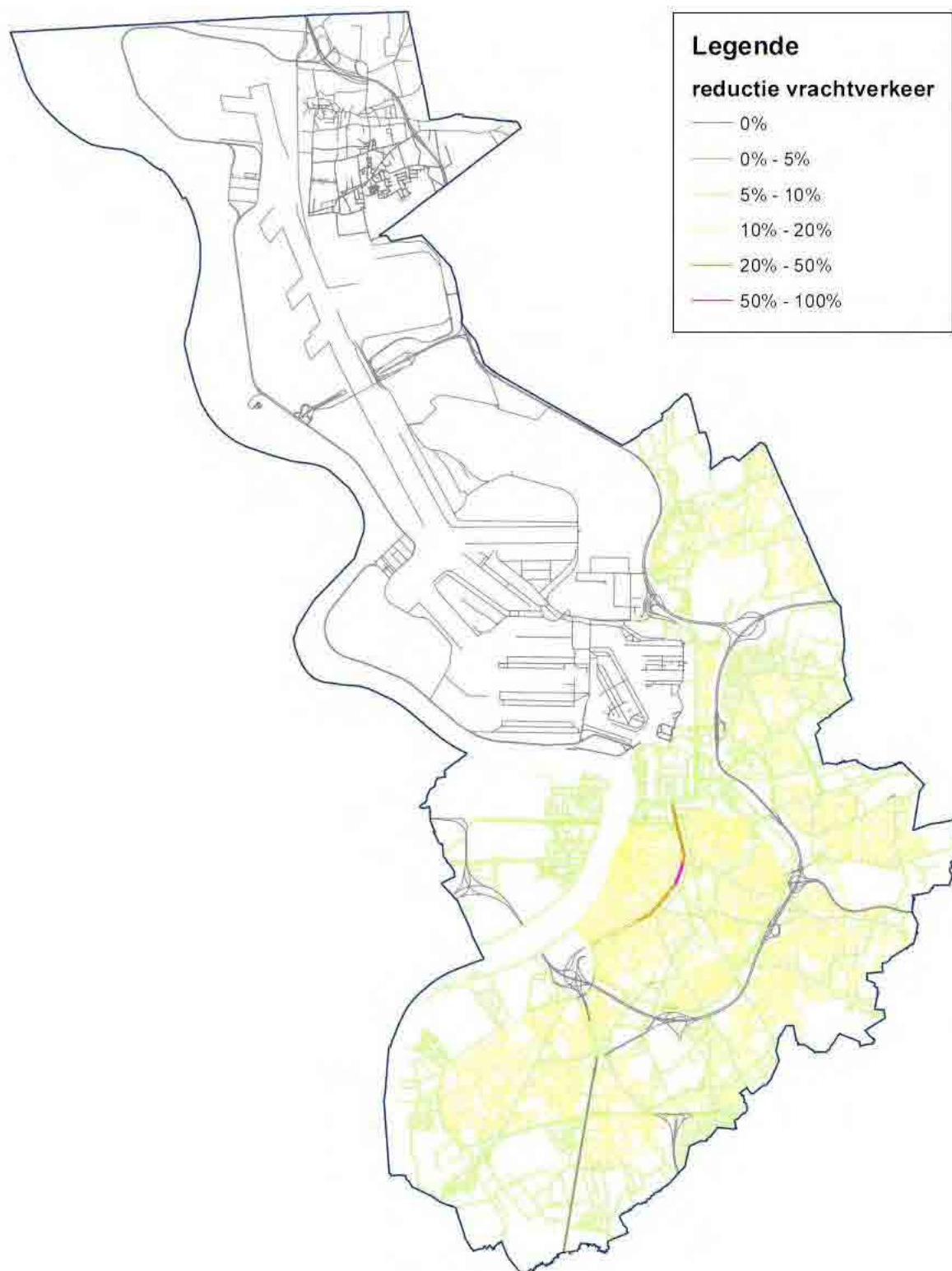
Tabel 10 : P+R Olympiade

5.1.6. CUMULATIEF VERKEERSREDUCTIEMODEL: MAATREGELENPAKKET 1

In onderstaande figuren worden de reducties van alle doorgevoerde maatregelen van maatregelenpakket 1 weergegeven voor respectievelijk auto- en vrachtverkeer. De verschillende maatregelen zijn hierin duidelijk te herkennen.



Figuur 94 : Reductie autoverkeer bij toepassing van alle mobiliteitsmaatregelen uit maatregelenpakket 1



Figuur 95 : Reductie vrachtverkeer bij toepassing van alle mobiliteitsmaatregelen uit maatregelenpakket 1

5.2. INSCHATTINGEN OP GEBIED VAN GELUID

5.2.1. INLEIDEND

Het is op dit moment opportuun om even aan te geven wat dominante parameters zijn bij de bepaling van de impact van het verkeerslawaaï op een bepaalde afstand van een bron.

Er is een belangrijk verschil tussen type voertuigen. Bij 50 km/u geeft een middelzwaar tot zwaar voertuig respectievelijk 6,6 en 9,6 dB meer dan een licht voertuig. Indien de snelheid verdubbelt tot 100 km/u dan is de impact van een licht voertuig 5,3 dB(A) hoger. Het verschil met een middelzwaar tot zwaar voertuig is op dat moment respectievelijk 4,0 en 6,7 dB. De samenstelling van het verkeer in verhouding licht, middelzwaar en zwaar is dus een belangrijke parameter.

De snelheid van het verkeer is hierbij ook van belang. Voor personenwagens kan men grofweg stellen dat men 3 dB wint bij een verlaging van 70 naar 50 km/u en dit nog eens indien men 50 naar 30 km/u brengt. Dit gaat echter niet op voor middelzwaar en zwaar vervoer.

Telkens het aantal voertuigen verdubbelt, zal de impact met 3 dB(A) toenemen. Daarbij zal de impact verminderen met -3 dB(A) indien de afstand tussen bron en ontvanger verdubbelt. De impact van een bron met een dubbele intensiteit verandert dus niet indien de afstand verdubbelt.

voertuigen / uur	Verschil	Afstand tov lijnbron	Verschil	Snelheid voertuig	Bronterm LE (SRMI)		
					Licht	Middel-zwaar	Zwaar
1	Ref	1 m	Ref	30 km/u	42,9	51,4	54,6
2	+3 dB	2 m	-3 dB	40 km/u	45,1	52,6	55,6
4	+6 dB	4 m	-6 dB	50 km/u	46,8	53,4	56,4
8	+9 dB	8 m	-9 dB	60 km/u	48,2	54,1	57,0
16	+12 dB	16 m	-12 dB	70 km/u	49,3	54,7	57,5
32	+15 dB	32 m	-15 dB	80 km/u	50,4	55,3	58,0
64	+18 dB	64 m	-18 dB	90 km/u	51,3	55,7	58,4
128	+21 dB	128 m	-21 dB	100 km/u	52,1	56,1	58,8
256	+24 dB	256 m	-24 dB	110 km/u	52,8	56,5	59,1
512	+27 dB	512 m	-27 dB	120 km/u	53,5	56,9	59,4

Tabel 11 : Relatieve effecten intensiteit, afstand en snelheid op geluidsniveau

Indien men grofweg stelt dat een autobus een equivalente capaciteit heeft van 30 auto's dan heeft de bus een bronvermogen van 56,4 dB(A) @ 50 km/u en de 30 auto's een gezamenlijk bronvermogen van 61,6 dB(A). De bus is vanuit dat opzicht 5,2 dB(A) minder lawaaierig. Multimodale scenario's of scenario's met een modal shift kunnen dus wel degelijk een positief effect hebben op de lawaai-impact indien de bezetting een minimum niveau bereikt.

5.2.2. MOGELIJKE MAATREGELEN

Op basis van de algemene beschrijvingen wordt aangegeven welke maatregelen genomen kunnen worden:

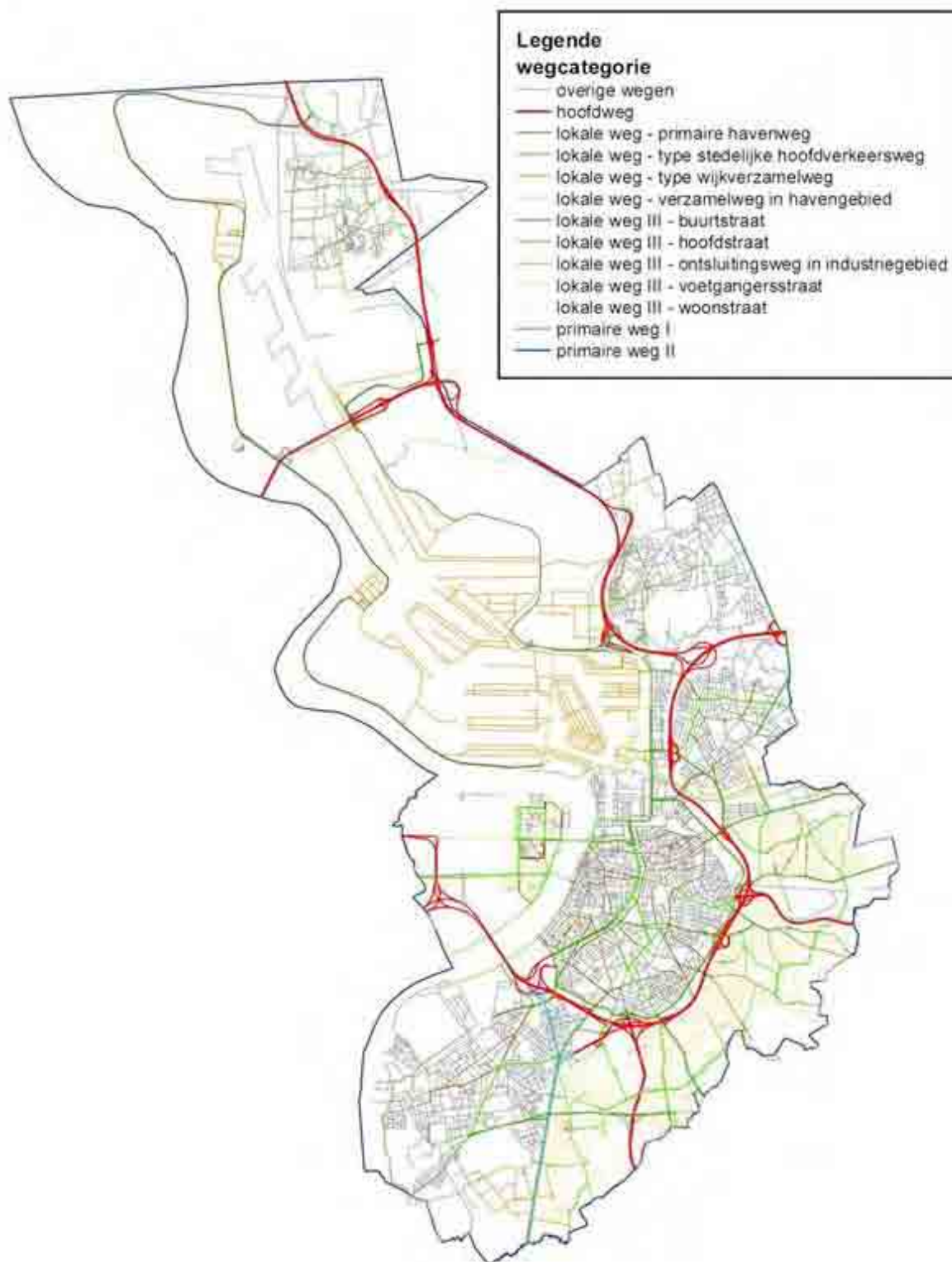
- maatregelen aan de bron (vermindering van de geluidsproductie)
- maatregelen in de overdracht (vermindering geluidshoeveelheid die de bewoning bereikt)
- maatregelen bij de ontvanger (gevelisolatie)

MAATREGELEN GELUID				
Waar?	Wat?	Hoe?	(G)eneriek / (Z)onaal / (K)nelpunt?	Effect
bron	type voertuigen	weren vrachtvervoer	Z	+
		binnenstedelijk bij lagere snelheden - stiller (vracht)vervoer	Z	+
		modal shift	G	+
	snelheid voertuigen	zone 50	K	++
		zone 30	K	++
	aantal voertuigen	vertrammings	Z	0
		verbussing (bezettingspercentage) vooral binnenstedelijk in dichte woonzones	Z	+
		carpooling (stimulansen)	G	+
		premetro	Z	++
		vervoer knippen / ontmoedigen / omleiden	K	+
		Ter hoogte van bron aangepaste wegdekken	K	++++
		stille banden hebben effect overal / aanmoediging, stimulering, sensibilisering	G	+
		hybride / elektrische wagens bij lage snelheden op lange termijn	G	+
Overdracht sweg	afstand	relatieve afstand bron-ontvanger	K	+
	geluidsscherm	op korte afstand van bron	K	++
	landscaping	indien voldoende ruimte	K	++
	inplanting gebouwen	bij woonontwikkelingen in combinatie met gevelisolatie en stille gevel	K	++
ontvanger	gevelisolatie	Meest belaste gevel extra geïsoleerd	K	++
	stille gevel	Eén kant van de woning geluidsluw	K	+
	woonbeleid	wonen in de stad = minder vervoer + OV / Fiets (Bike to Work)	G	++

Tabel 12 : Principiële determinerende maatregelen geluid

Huidige vraagstellingen, impacten en beleidsopties kunnen ook eventueel bekeken worden in een visietabel die gebruik maakt van een onderverdeling in hoofdwegen, primaire, secundaire en lokale wegen, met een verschillende mobiliteitsfunctie volgens het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV).

Zo kan voor bijvoorbeeld lokale wegen en secundaire wegen het beleid aangepast worden aan "zones" zoals binnen de Leien, buiten de Leien maar binnen de ring, directe omgeving van de ring en buiten de ring, in districten of havengebied.



Figuur 96 : Wegencategorisering stad Antwerpen

Elk knelpunt kan op die manier een bijkomende indeling naar wegcategorie en zonering krijgen waarop een meer uniform gestructureerd beleid kan geformuleerd worden in plaats van een ad hoc beslissing per knelpunt. Het is ook duidelijk dat gezien de soms beperkte winsten het geluidsprobleem niet kan aangepakt worden met één maatregel maar meer via een cumulatief effect van een aantal generieke, zonale en/of knelpuntmaatregelen.

Welke maatregel het meest aangewezen is, is afhankelijk van de concrete lokale situatie. Voor de lokale situatie is de keuze meer variabel en werd rekening gehouden met intensiteiten, samenstelling verkeer, morfologie van de weg- en woonsituatie. Tijdens de vervollediging van de maatregelenlijst werd, specifiek voor geluid, rekening gehouden met tabellen opgemaakt in het kader van de studie maatregelen wegverkeerslawaaai Vlaams Gewest (zie Bijlage I).

Alle geluidsmaatregelen zijn ingeschat op horizon 2015 met uitzondering van de spoorwegmaatregelen en de aangepaste wegdekken per knelpunt. Dit laatste werd gedaan omdat het op dit moment niet mogelijk is in te schatten hoeveel knelpunten zullen aangepakt worden in deze horizon. Dit is een beleidsbeslissing. De resultaten voor de wegdekken gelden dus wanneer dit toegepast is volgens de voorstellen op alle knelpunten.

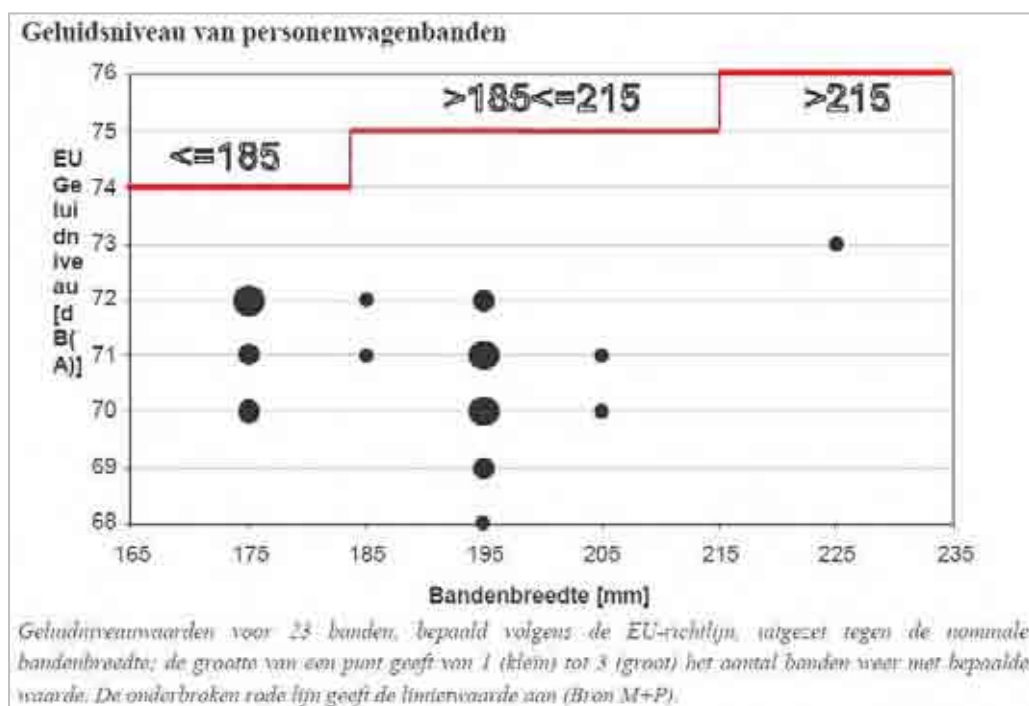
5.2.3. MAATREGEL GG.01: STILLE BANDEN

Niet alle banden zijn even lawaaiërig. Dit heeft met veel factoren te maken zoals breedte, hoogte, samenstelling, materiaalgebruik, profiel, bandendruk, ...



Figuur 97 : Voorbeelden van verschillende bandenprofielen

Op dit moment voldoen alle banden aan de Europese richtwaarden zoals aangegeven in de figuur beneden met de rode lijn (functie van de bandbreedte).

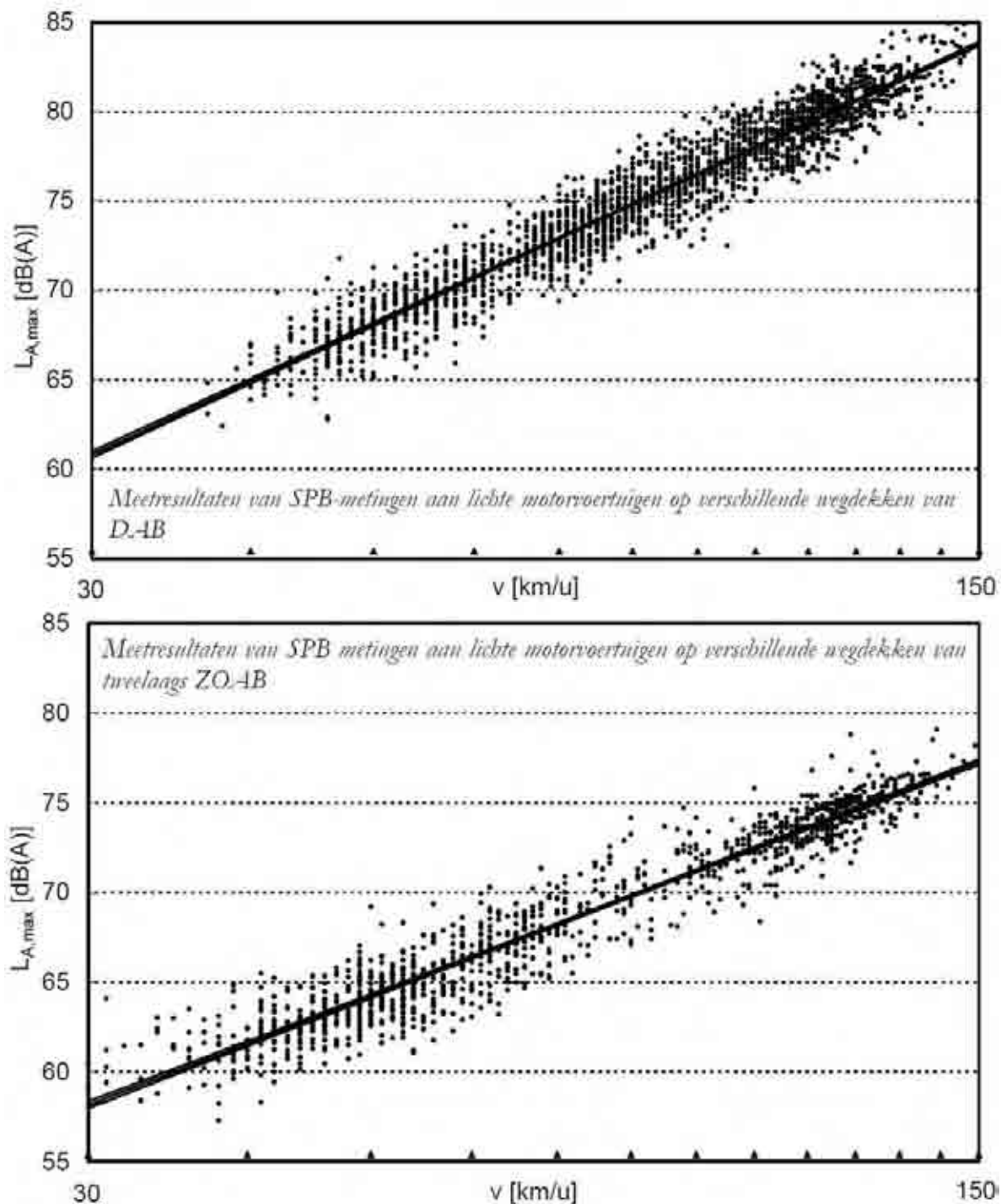


Figuur 98 : Lawaainiveau van een aantal banden vergeleken met de criteria EU-richtlijn

De Europese Unie stelt in een nieuwe verordening (EG 661/2009) strengere eisen aan de maximale geluidproductie van banden vanaf 2016. Veel banden van vrachtauto's blijken echter nu al te voldoen aan de nieuwe normen. Voor personenauto's is het wel waarschijnlijk dat ze enkele dB's stiller worden dankzij de nieuwe normen²¹. Voor bandbreedtes tussen 185 en 216 mm wordt 71dB(A) toegelaten (voor klasse C1 banden).

Dat er veel verschillende banden in gebruik zijn wordt ook geïllustreerd door pass-by metingen. De volgende grafieken tonen de geluid meetwaarde in functie van de snelheid. Op eenzelfde snelheid kan gemakkelijk een spreiding tot 5 dB(A) optreden.

²¹ Vanaf november 2012 krijgen ook alle nieuwe banden in de EU een label met informatie over de brandstofefficiëntie, grip op nat wegdek en de geluidsemissies van de band.



Figuur 99 : SPB meting licht voertuig in functie van snelheid op DAB en ZOAB²² wegdek

De volgende tabel toont in volgorde van beste akoestische prestatie een reeks banden die vandaag verkrijgbaar zijn. Deze zijn tot 8 dB(A) onder de EU-richtlijn waarbij nu meestal banden met 4 à 5 dB(A) waarden onder de richtlijn worden toegepast. Er is dus nog een potentiële marge van, zeg maar, 3 dB(A).

²² DAB = Dicht asfaltbeton, ZOAB = Zeer open asfaltbeton

dB(A) onder EU limiet waarde	Merk en Type	Afmeting
8	Falken FK 451	225/45 R17 91Y
8	Goodyear Eagle F1 GS D3	205/55 R16 91W
8	Marangoni Zeta ESC	225/45 R17 91W
8	Yokohama AVS db V550	205/55 R16 94V
7	Goodyear Excellence	205/55 R16 91V
7	Goodyear Vector 5	195/65 R15 91T
7	Pneumant PN 950 Tritec	225/45 R17 91W
7	Yokohama AVS dB 500	195/65 R15 91H
6	Avon ZV3	195/65 R15 91H
6	Bridgestone SO-3	225/45 R17 91Y
6	Continental ContiPremiumContact	205/55 R16 91H
6	Firestone FW 930 Winter	205/55 R16 91H
6	Goodyear Eagle F1	205/55 R16 91W
6	GT Radial Champiro 65	195/65 R15 91H
6	Hankook 886	195/60 R15 88H
6	Hankook K406	195/65 R15 91H
6	Interstate Sport IXT-1	225/45ZR17 94W
6	Interstate Sport IXT-1	195/50 R15 82V
6	Marangoni Heron	195/65 R15 91H
6	Pirelli P6000 Powergy	195/65 R15 91H
6	Toyo Roadpro 610	195/65 R15 91H
6	Toyo S 940	195/65 R15 91T
6	Uniroyal Rallye 550	195/65 R15 91H
6	Vredestein Snowtrac	165/70 R14C 89/87R
6	Yokohama A. Drive	195/65 R15 91H
5	Barum OR 58	195/65 R15 91H
5	Bridgestone B 381 Ecopia	155/60 R14 75T

Tabel 13 : Voorbeeld van de best akoestisch presterende banden op de markt

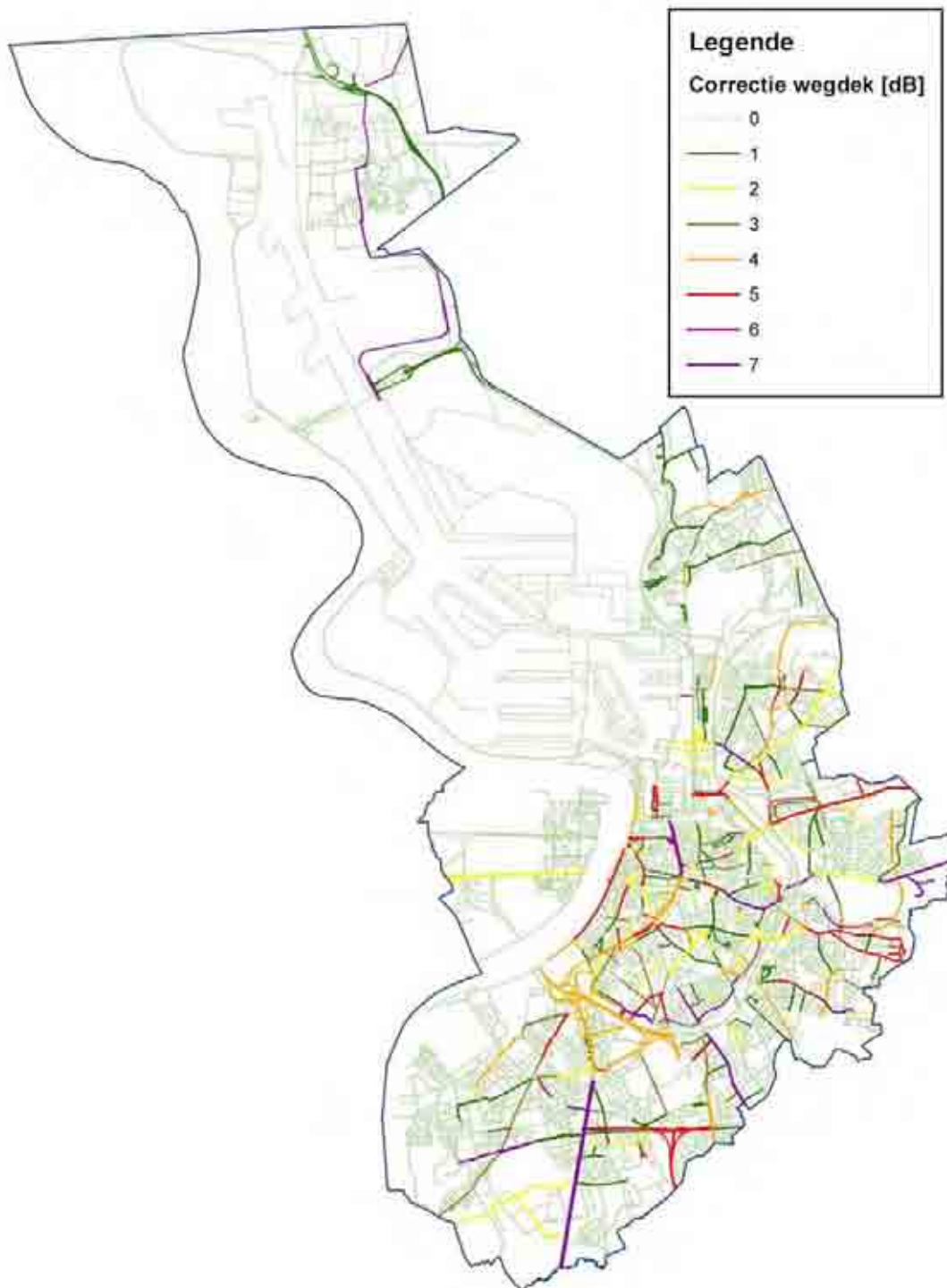
Op dit moment wordt het gebruik van stille banden op horizon 2015 geschat op 25%. Dit zal in praktijk echter van veel factoren afhangen. In de veronderstelling dat stille banden 3 dB minder lawaai genereren zal bij een implementatiegraad van 25% dit 0,6 dB winst opleveren.

Situatie		Implementatiegraad				
Huidige toestand	0,0dB	100%	75%	50%	25%	0%
Stille banden	-3,0dB	0%	25%	50%	75%	100%
totaal		0,0dB	-0,6dB	-1,2dB	-2,0dB	-3,0dB

Tabel 14 : Globale effect van stille banden in functie van implementatiegraad

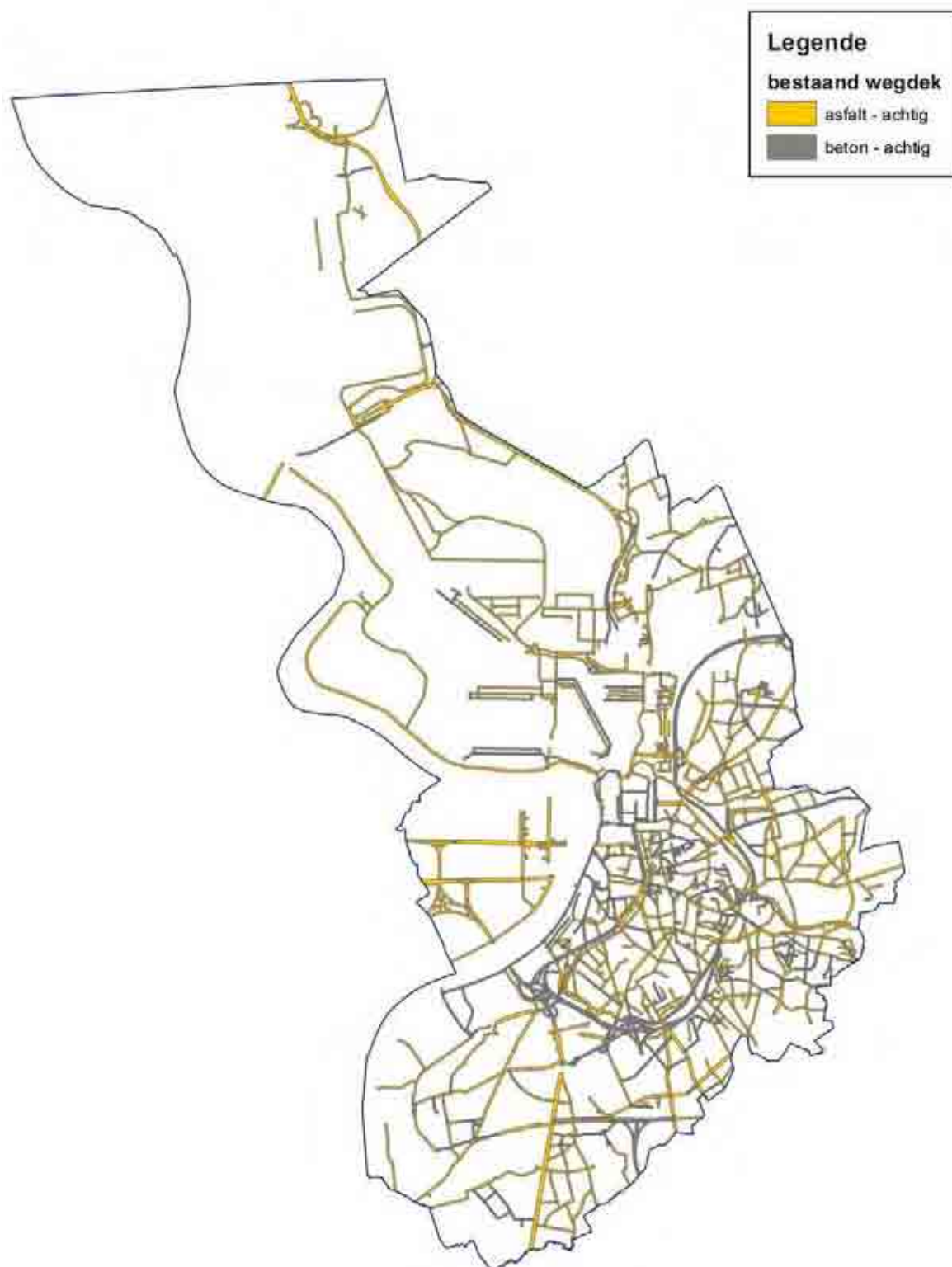
5.2.4. MAATREGEL SG.03: AANGEPASTE WEGDEKYPES PER KNELPUNT

Een aangepast wegdekkenbeleid is een belangrijk onderdeel in de beleidsplannen om het geluidsniveau substantieel te verminderen. In Bijlage J verwijzen we naar een proefonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden (testcircuit) waarbij 16 bandentypes worden gemeten op 15 types asfaltwegdek en 17 types betonwegdek van verschillende samenstelling, afwerking en kwaliteit.

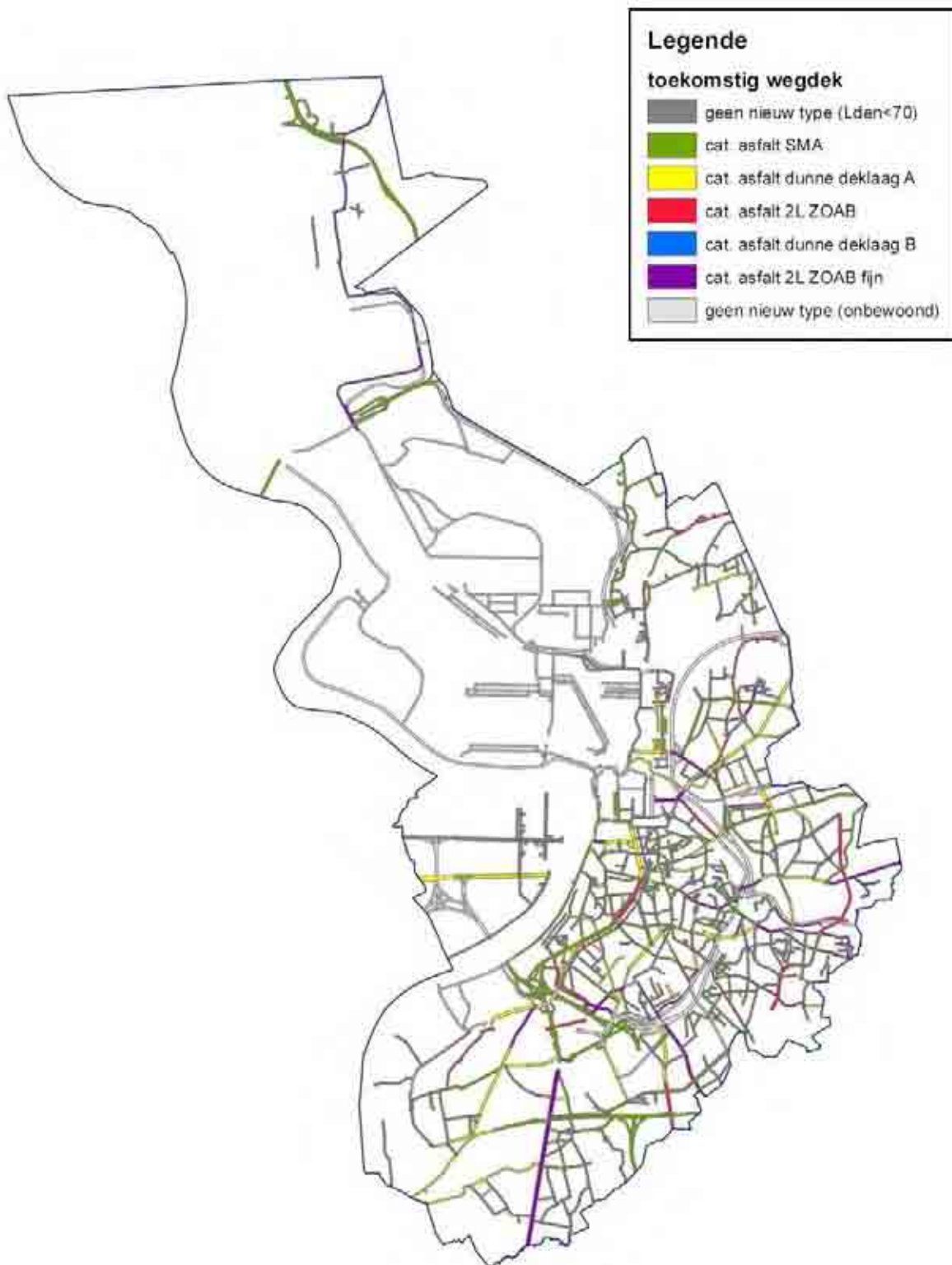


Figuur 100 : Optimale reducties ten gevolge van. aangepaste wegdektypes in functie van. knelpunteigenschappen

Op basis van de knelpuntanalyses werd een optimale kostenefficiënte geluidsreductie bepaald. Op basis van deze reductie én rekening houdend met het bestaande wegdek werd een toekomstig type wegdek bepaald.



Figuur 101 : Bestaande wegdektypes



Figuur 102 : Voorgestelde wegdektypeaanpassingen per knelpunt

5.2.5. MAATREGEL GG.09: SPOORWEGEN

Op het niveau van de spoorwegen worden voor het rollend materieel naar de toekomst twee maatregelen voorzien met een belangrijke impact, namelijk enerzijds het aanpassen van het remsysteem op de goederenwagons én anderzijds het voldoen aan strengere eisen voor het reizigersmaterieel via vervanging van ouder materieel.

Horizon	Goederen TSI ²³ conform	Reizigers Tsi conform
	TSI conform wordt -8 dB aangenomen	TSI conform waarbij cat 3 ipv cat 2 aangenomen ²⁴
2015	15%	40% rijtuigaantal, 50% rijtuigkm
2020	50%	Idem 2015
2030	100%	100%

Tabel 15 : Emissieveranderingen in Pakket 1 ten opzichte van het basisscenario.

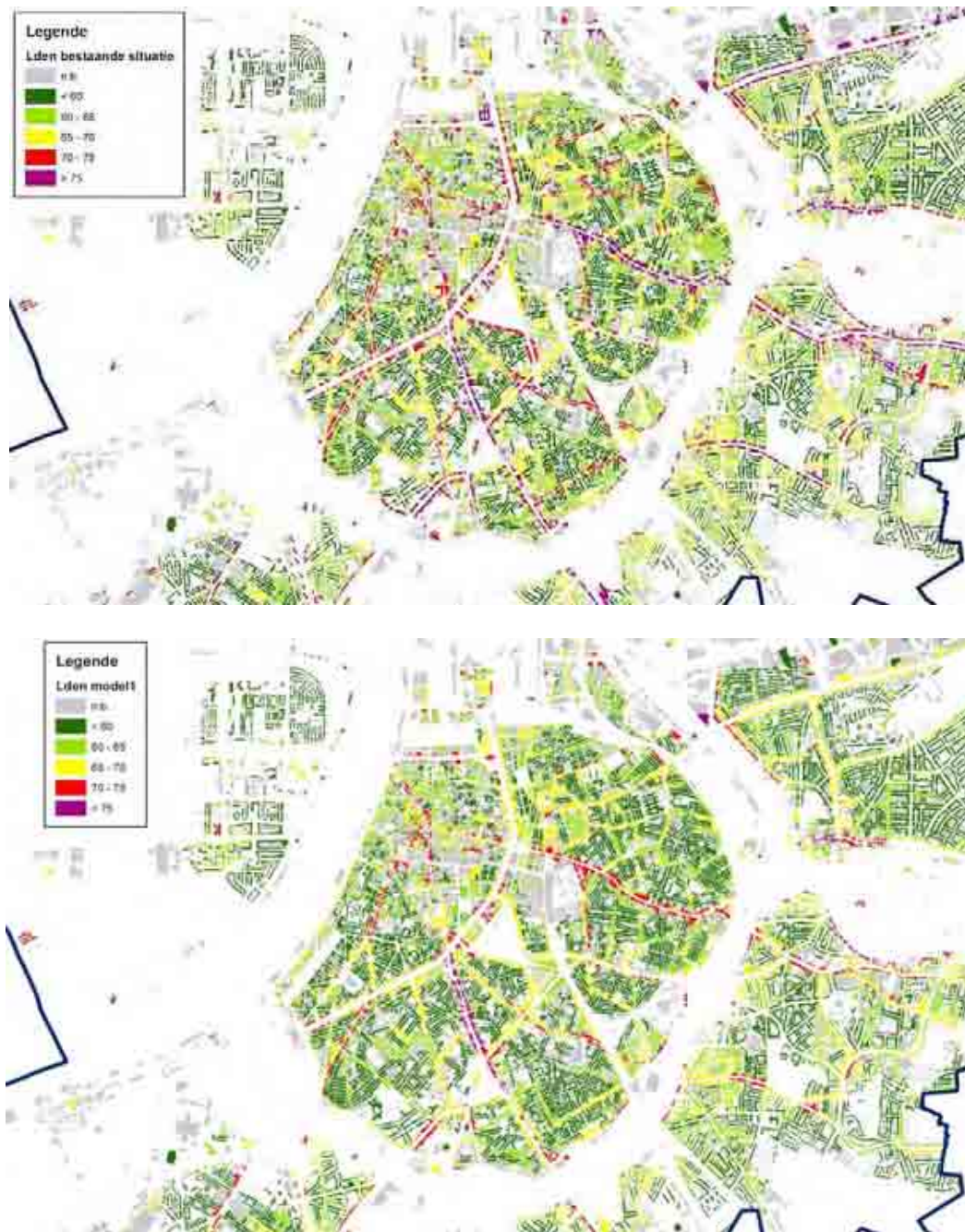
De simulaties voorzien in het toekomstpakket op langere termijn.

²³ TSI: Technical Specifications for Interoperability

²⁴ Bij ontstentenis van een aangepaste categorie TSI conform volgens de rekenmethode.

5.3. RESULTATEN OP HET GEBIED VAN GELUID

Door toepassing van de weerhouden en gemodelleerde maatregelen kan men een substantiële reductie herkennen op de maximale blootstellingen. In volgende figuren wordt de bestaande situatie vergeleken met het maatregelenpakket 1. De bewoonde en gevoelige gebouwen werden ingekleurd volgens het optredende geluidniveau aan de gevels. Beide figuren hanteren dezelfde kleurschaal, waardoor de behaalde reducties duidelijk in het oog springen.



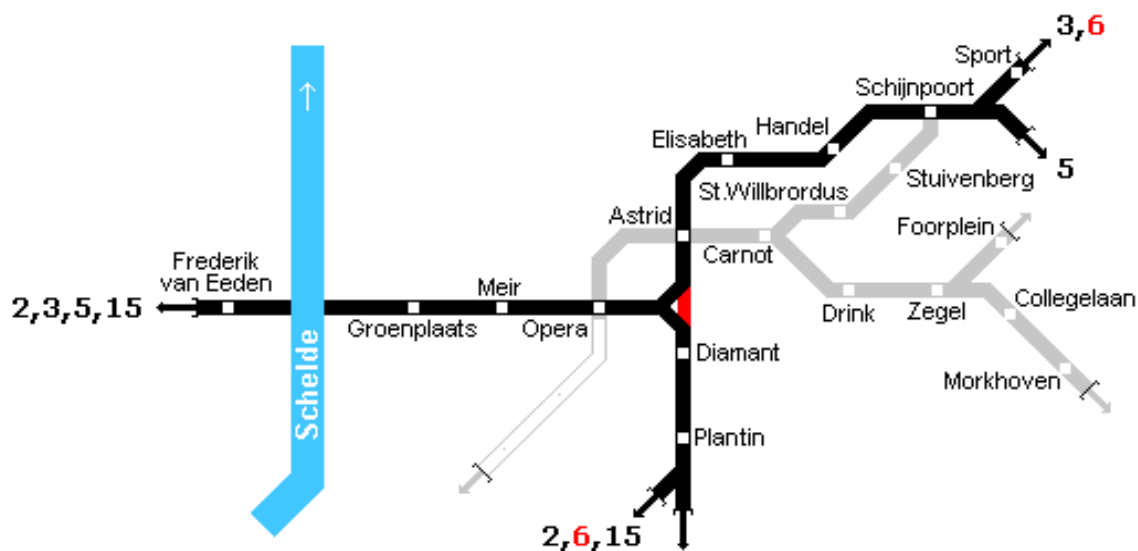
Figuur 103 : L_{den} Blootstelling centrum Antwerpen voor huidige toestand en na maatregelen

Het valt op dat het deel Mechelsesteenweg tussen de Leien en de Belgiëlei niet aangepakt is geweest, hoewel de geluidbelasting er aanzienlijk is. Dat werd niet opgenomen in de

oorspronkelijke knelpuntenlijst, maar zal daar aan toegevoegd worden, in het bijzonder het deel tussen de Gounodstraat en de Leien met een versmalling van de straat inclusief tramvervoer.

Her knelpunt Carnotstraat / Turnhoutsebaan is maximaal aangepakt met alle maatregelen voorhanden maar heeft nog steeds een belangrijke geluidbelasting. Dit knelpunt dient op projectniveau nog verder uitgewerkt te worden eventueel met een herziene inrichting.

Dit kan hand in hand gaan met de geplande ingebruikneming van de "slapende" premetro tunnels (West-Oost verinding) in Antwerpen waarbij de mobiliteit intermodaal wordt verbeterd. Bij de herinrichting kan men overwegen om de hoogste geluidsbronnen op een centrale as te leggen met aparte busbanen dicht bij de gevels.



Figuur 104 : Premetro netwerk Antwerpen (grijze delen zijn afgewerkt in ruwbouw)



Figuur 105 : Zicht op een "slapende" premetro tunnel

Dit laatste is gemakkelijker te doen indien men tegelijk de voertuigstromen aanpakt in aangepaste mobiliteitsplannen. Vooral voor het deel binnen de ring is het, ook naar voorbeeld van andere

steden, misschien wenselijk om een strikter routeverloop op te leggen waarbij gewerkt wordt met hoofdassen die eenrichting zijn. Dit principe wordt ondersteund door de aanwezigheid van de Singel. De figuur toont enkel indicatief het principe van in- en uitgaande verkeersstromen naar de stad.



Figuur 106 : Principe van één richting stadsstromen binnen ring/Singel

Het principe werkt ontmoedigend voor automobilisten en stimuleert het gebruik van openbaar vervoer. Het maakt de kernstad echter aanzienlijk meer leefbaar en nodigt nog meer mensen uit tot een dagje toeven in de binnenstad.



Figuur 107 : Scheiding buurtweg en hoofdweg ter hoogte van de Bolivarplaats

Hierbij worden "alternatieve" mogelijkheden, die snel leiden tot sluiptwegen, geëlimineerd. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven voor de Jan van Beersstraat en de Brusselstraat die gescheiden werden van de Singel.

De doorgaande functie van de stad wordt geëlimineerd. De stad kan niet langer diametraal doorkruist worden. Afhankelijk van de eindbestemming kan men via verschillende poorten de stad binnenrijden, maar ze moet wel in eenzelfde richting verlaten worden.

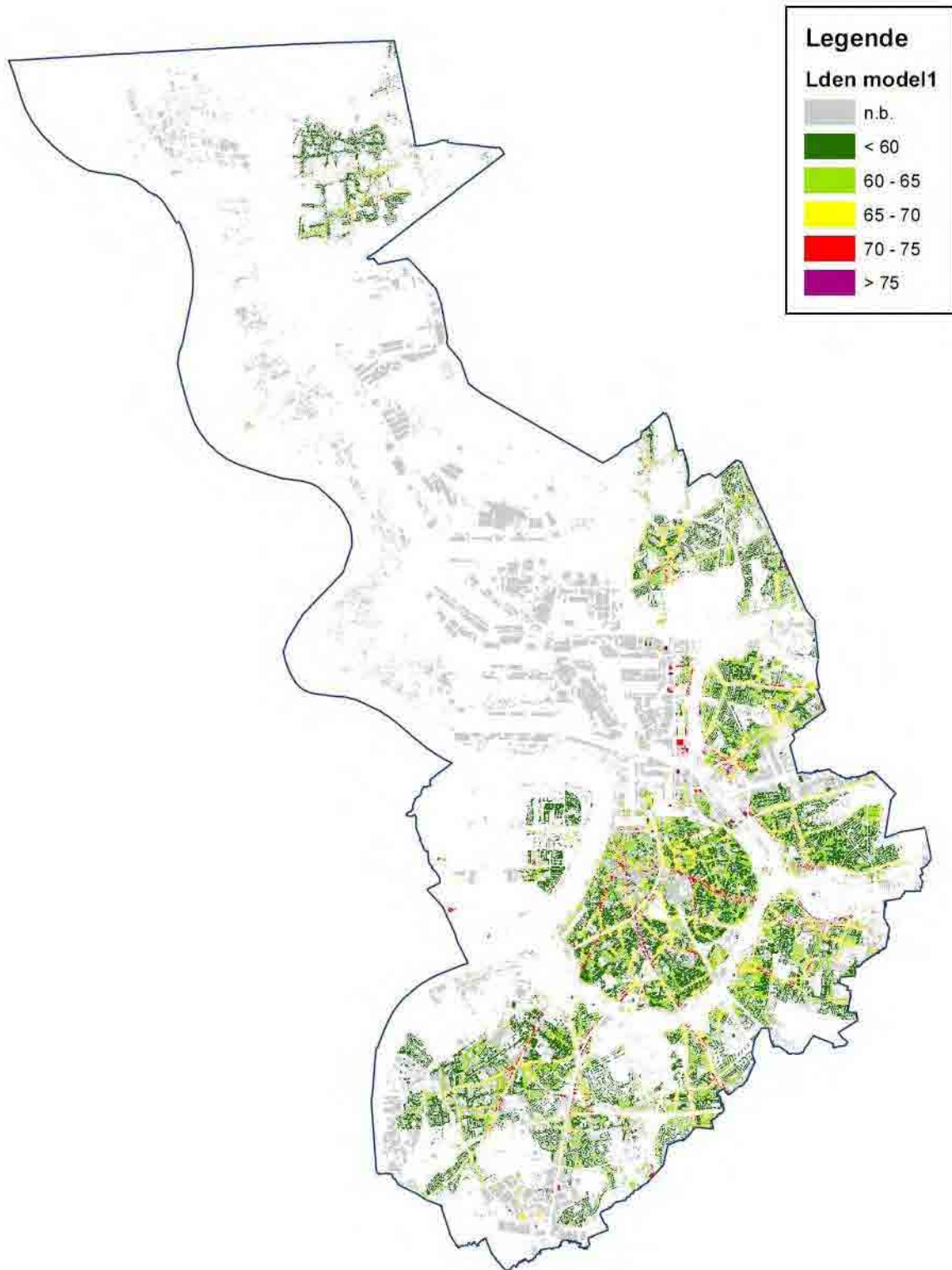
Er valt een belangrijke vermindering te verwachten van het aantal auto's in de binnenstad. De invalswegen kunnen bij herinrichting de meest lawaaiige bronnen centraal leggen. Tegelijk zijn de verkeersstromen beter te geleiden. Een groene golf is mogelijk. De ingrepen zullen ook de verkeersveiligheid ten goede komen.

Op deze belangrijkste invalswegen heeft men ook dikwijls, vanzelfsprekend, een concentratie van verschillende buslijnen. Het gebruik van hybride bussen, in het bijzonder in de binnenstad, is dan ook alleen maar toe te juichen²⁵. Het verschil in lawaai is vooral te merken bij het optrekken en bij het rijden op lage snelheid als het motorgeluid dominant is. De bus is wat goedkoper in verbruik maar evenwel aanzienlijk duurder in aankoop.



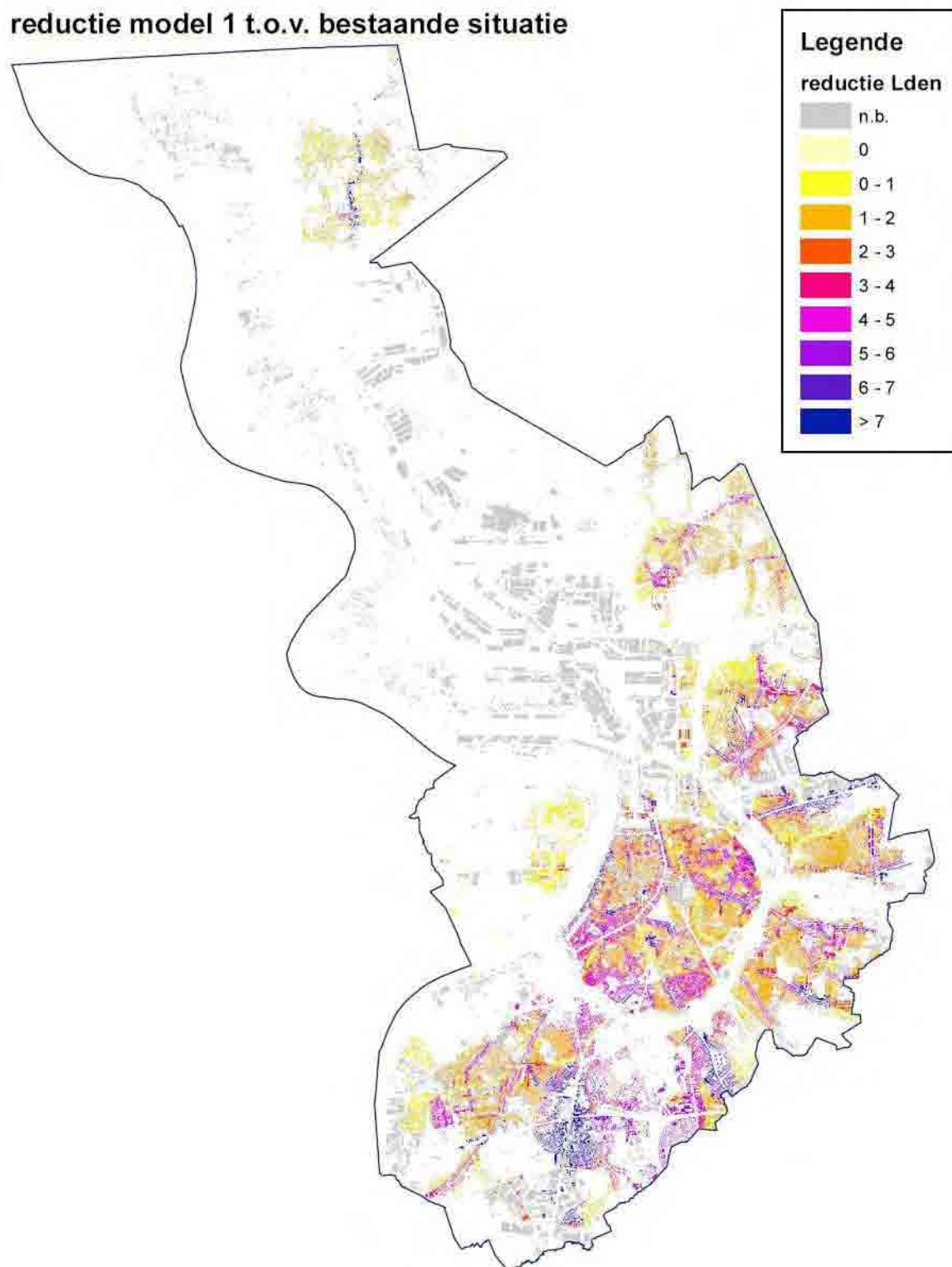
Niet onbelangrijk te vermelden is het feit dat het wegdekkenbeleid één van de meest effectieve maatregelen is naar geluid toe. Het is aanbevolen bij elke heraanleg ook het meest geschikte wegdek te bepalen. Daarenboven kan men bij herinrichting ook de rijbanen herdefiniëren. Voor een goede keuze lijkt het essentieel dat telkens een akoestisch advies wordt ingewonnen. Als voorbeeld mag verwezen worden naar de heraanleg van de Amsterdamstraat, Londenstraat, Nationalestraat, en andere straten die al op het programma staan. Deze adviezen kunnen ook reeds ingewonnen worden voor lopende infrastructuurprojecten.

²⁵ Vanaf maart zullen reeds tien hybride dieselmotoren worden ingezet op de lijn 30 en 34 in Antwerpen Zuid. De hybride bussen worden aangedreven door elektromotoren gevoed door een dieselgenerator in combinatie met condensatoren op het dak, die als herlaadbare batterijen werken (ze slaan de energie op die vrijkomt bij het remmen en geven de energie af bij het vertrek). Door de energierecuperatie wordt een kwart minder diesel gebruikt (bij ecodriving). Een dergelijke bus is wel 50% duurder.



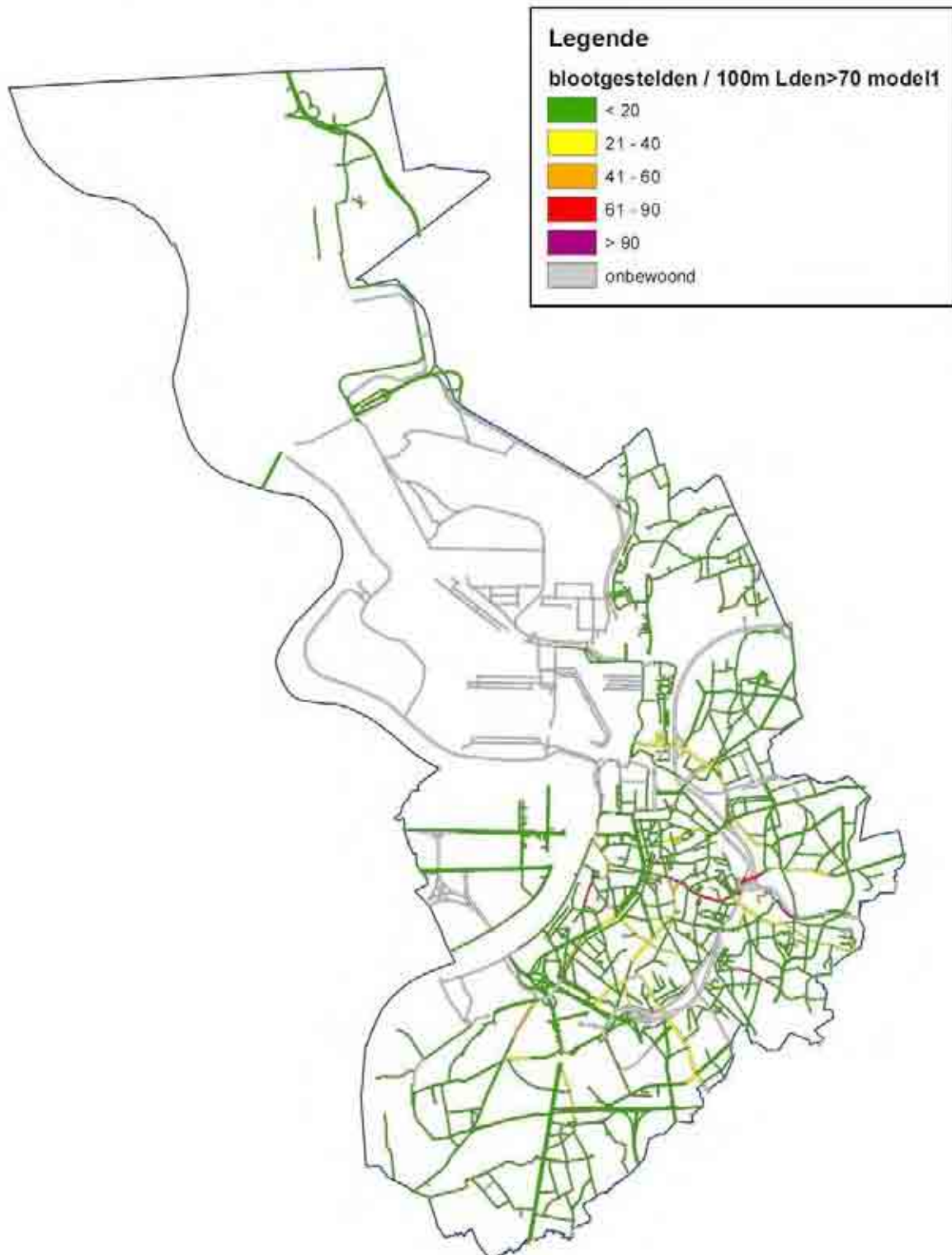
Figuur 108 : L_{den} blootstelling studiegebied na toepassing van maatregelen

Ter verduidelijking wordt hieronder de behaalde reductie uitgezet in stappen van 1 dB(A).



Figuur 109 : Verschil L_{den} blootstelling na toepassing van maatregelen ten opzichte van de huidige toestand

Op onderstaande figuur wordt per knelpunt de impact hoge blootstelling per lengte knelpunt ingekleurd voor maatregelenpakket 1. In vergelijking met Figuur 27 kan men het effect van dit maatregelenpakket op de knelpunten zien.



Figuur 110 : Blootstelling voor L_{den} boven 70 dB per 100 m knelpunt na maatregelen

Er wordt opgemerkt dat veel knelpunten, gedefinieerd naar hoogste blootstellingen, terug te vinden zijn op de belangrijkste invalswegen.

De ring heeft, naar hoogste blootstelling, een meer beperkte impact. Het is wel belangrijk om te vermelden dat dit niet van toepassing is voor de achtergevels van de woningen aan de westkant van de Ten Eekhovenlei waar de ring naar het viaduct van Merksem overgaat.

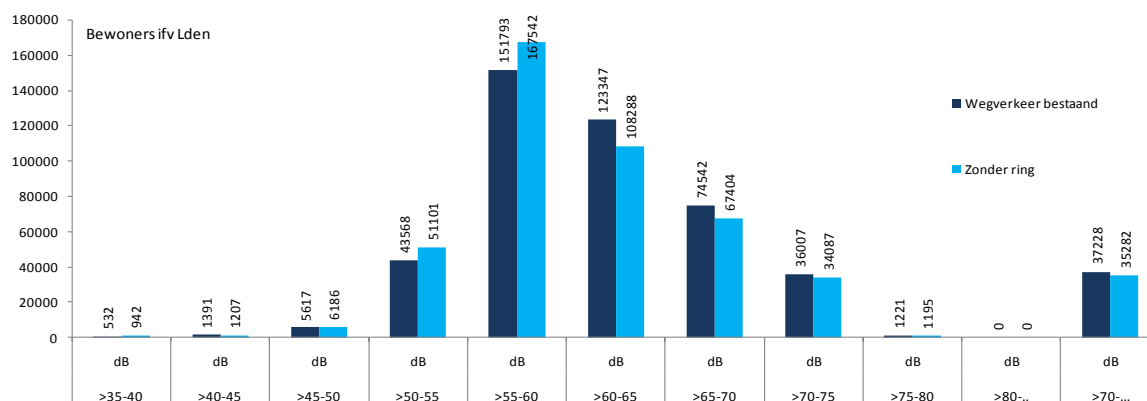


Figuur 111 : Ring ter hoogte van de Ten Eekhovenlei in Deurne

Bij een lopende studie in opdracht van het Vlaams Gewest wordt een indicatie gegeven van de effecten indien men de bijdrage van de ring zou kunnen suppresseren.



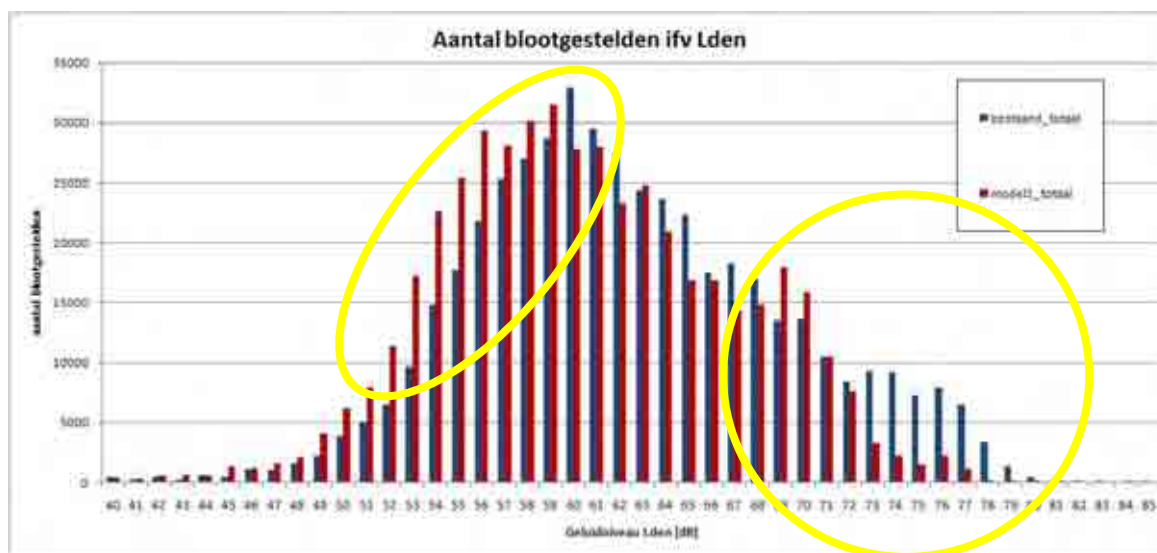
Figuur 112 : Geluidskaart met en zonder de effecten van de ring



Figuur 113 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand met en zonder ring

Hieruit blijkt dat de groep van mensen met de hoogste geluidsbelastingen (voor L_{den} boven 70 dB(A)) echter maar beperkt vermindert, in verhouding tot de maatregel, met ongeveer 2 000 bewoners op een totaal van 37 000²⁶, ofwel ongeveer 5%. Dit is vooral te wijten aan het feit dat de allerhoogste gevelblootstellingen minder veroorzaakt worden door de Ring dan wel door de belangrijkste invalswegen.

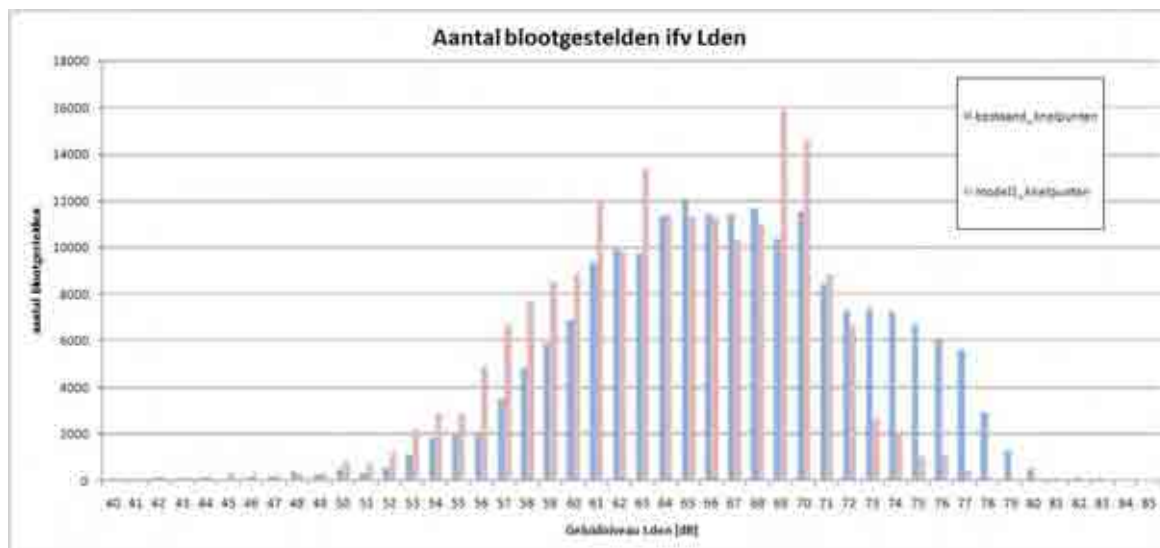
5.3.1. IMPACT BLOOTGESTELDEN



Figuur 114 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand en met maatregelen in studiegebied

Het histogram van de blootstelling toont een duidelijke verschuiving van de hoogste belasting naar lagere waarden. Het aantal personen blootgesteld aan L_{den} waarden boven 70 gaat van 64 600 naar 28 600, een vermindering met 56%. Daarenboven merkt men ook een significante verschuiving van de groep tussen 50 en 60 dB in de richting van lagere geluidsniveaus.

²⁶ De absolute cijfers uit die studie kunnen afwijken van de huidige aangezien bij de huidige studie de bevolkingsgegevens zijn geactualiseerd naar 2010.

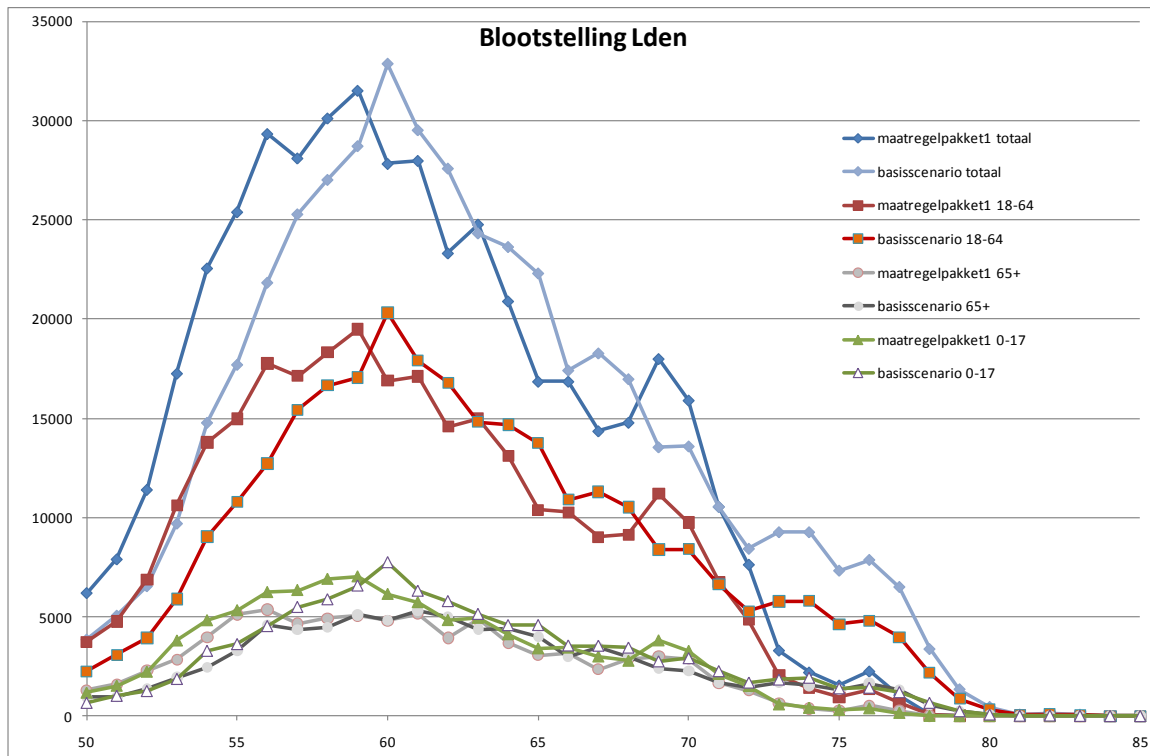


Figuur 115 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand en met maatregelen op de knelpunten

Het reduceren van de hoogste belasting vindt men duidelijker op de knelpunten terug. Deze verschuiving van de hoogste belasting naar lagere waarden is voor een belangrijk deel toe te schrijven aan de toepassing van stille wegdekken op de knelpunten.

5.3.2. INDELING IN BEVOLKINGSGROEPEN

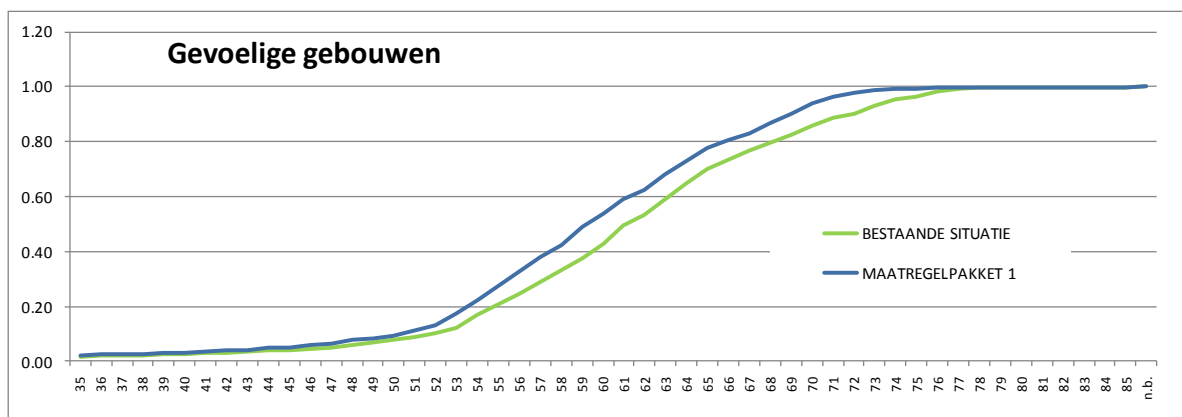
De verdeling van de blootstelling volgens leeftijdsgroepen toont een kleine verschuiving voor de groep 65+ naar beneden toe, hoewel niet significant. Ook hier weer is de leeftijdsgroep van 18 tot en met 64 jaar bepalend voor de blootstelling van de totale bevolking.



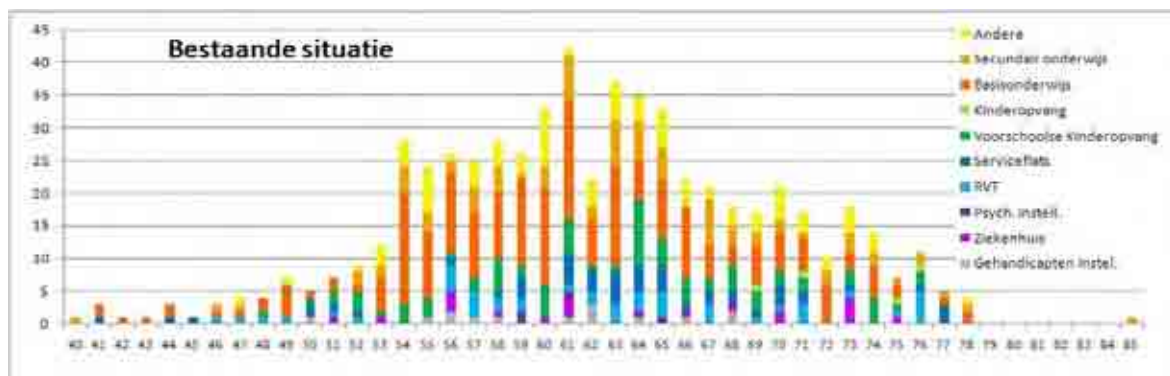
Figuur 116 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand en met maatregelen

5.3.3. INDELING IN GEVOELIGE GEBOUWEN

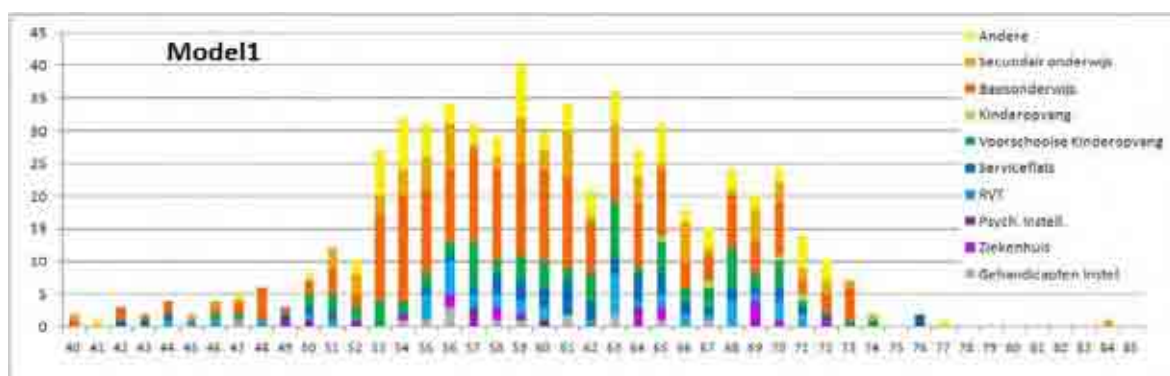
Bij de gevoelige gebouwen kunnen we eenzelfde trend als bij alle bewoonde gebouwen terugvinden, namelijk een verschuiving van de hoogste belasting naar lagere waarden.



Figuur 117 : Cumulatief histogram blootstelling voor de gevoelige gebouwen



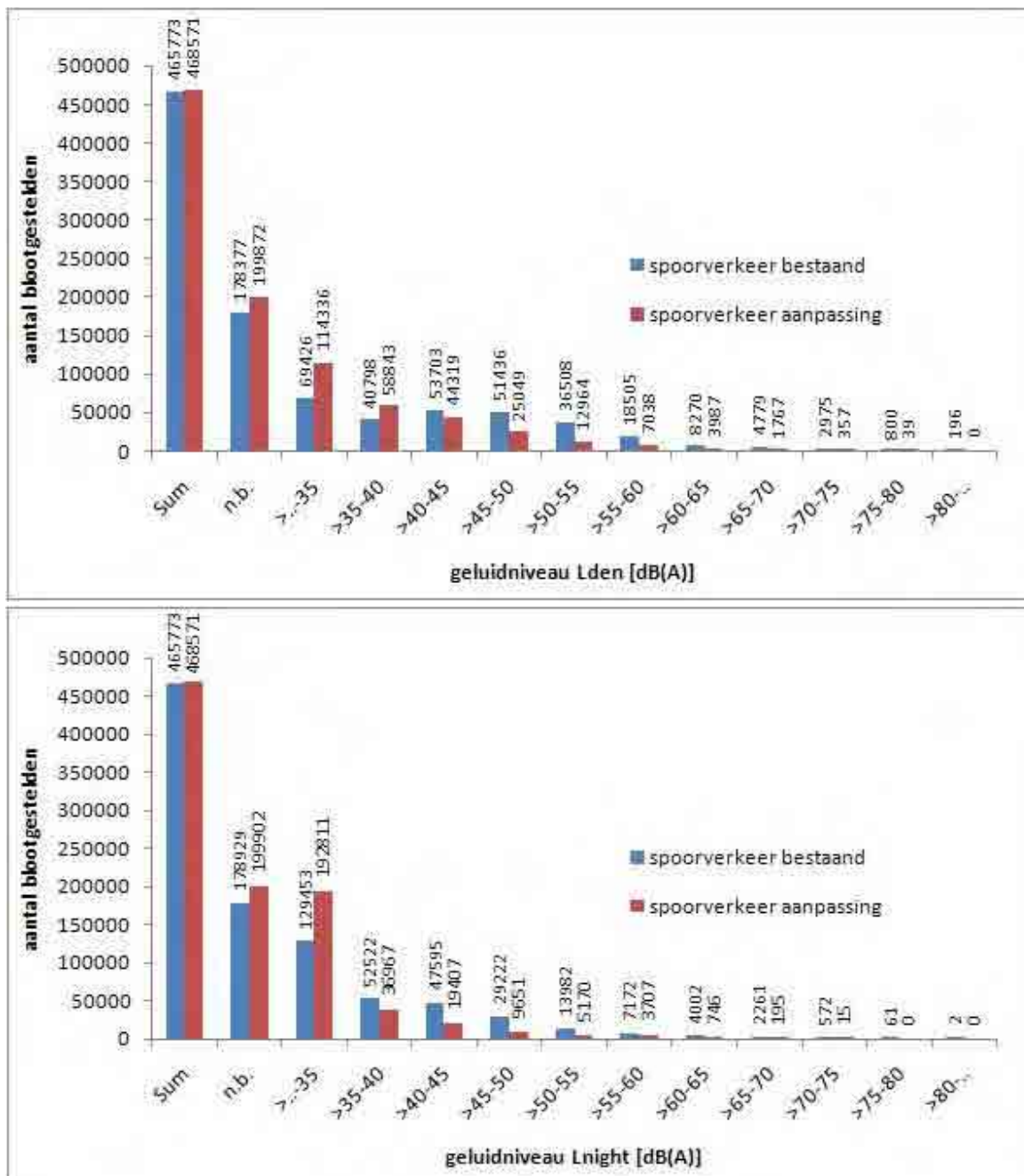
Figuur 118 : Histogram blootstelling L_{den} voor de bestaande toestand in functie van gevoeligheidscategorieën



Figuur 119 : Histogram blootstelling L_{den} model 1 opgesplitst in gevoeligheidscategorieën

5.3.4. SPOORWEGLAWAAI

In de bestaande toestand ervaren bijna 4 000 personen een geluidsniveau hoger dan 70 dB(A). Na toepassing van de maatregelen wordt dit gereduceerd tot 400 personen.



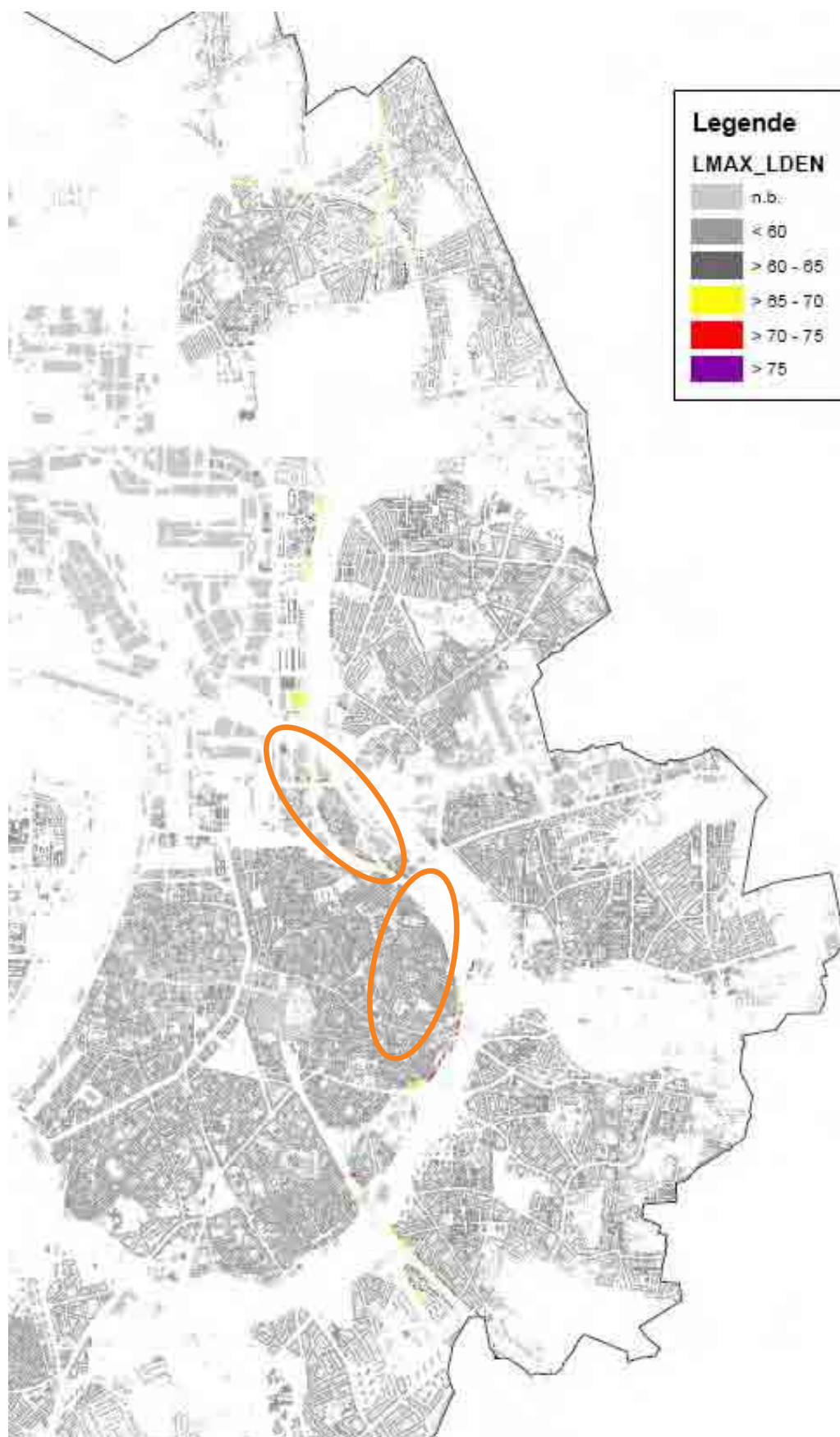
Figuur 120 : Histogram blootstelling L_{den} en L_{nacht} spoorweglawaai voor de bestaande toestand en met maatregelen

Deze personen zijn bijna allen terug te vinden op één plaats, namelijk in Antwerpen-Oost / Borgerhout ter hoogte van de Engelselei.



Figuur 121 : Blootstelling spoorweglawaai ter hoogte van de Engelselei in Borgerhout

Op deze plaats ligt het spoor op een verhoogde berm toch wel kort bij de gevel van de woningen. De berm schermt wel het wegverkeerslawaai af van de singel en de ring maar geeft hoegenaamd geen verbetering naar het spoorweglawaai, integendeel. Hoewel een eigenlijk toetsingscriterium misschien 73 dB(A) zou moeten bedragen, wordt er geadviseerd om, vooral in deze zone, bijkomende maatregelen te voorzien. Bij voorkeur is dit een scherm. Ten opzichte van de gebouwen zal een scherm hier efficiënter zijn aangezien het spoor op een verhoogde berm ligt. Om te voorkomen dat het scherm te hoog is om effectief te zijn kan men een verbetering verkrijgen door tussen de sporen ook een scherm te voorzien.



Figuur 122 : Blootstelling L_{den} spoorverkeer met maatregelen in detail

5.4. RESULTATEN OP GEBIED VAN LUCHTKWALITEIT

5.4.1. EMISSIEBEREKENINGEN

De maatregelen uit pakket 1, zoals hierboven beschreven, hebben elk hun impact op de emissies in het stadsgebied Antwerpen. De veranderingen in de emissies beslaan twee grote onderdelen: de veranderingen in mobiliteit (zie boven, §5.1) en de veranderingen aan het wagenpark.

Sommige maatregelen voorzien in pakket 1, hebben een invloed op de vlootsamenstelling. De belangrijkste ervan is het weren van dieselwagens bij het vernieuwen van het stedelijk wagenpark. Andere maatregelen hebben een rechtstreeks effect op de emissies zoals het gebruik van stille banden, het optimaliseren van de bandenspanning, het plaatsen van roetfilters, enz.. De 2 laatste maatregelen komen enkel in aanmerking voor de voertuigen van de stad Antwerpen en haar dochters.

Op basis van het aantal voertuigen bij de stad en het totaal aantal gereden kilometers per jaar door deze voertuigen, kan berekend worden dat deze voertuigen een maximaal aandeel van 0,9% van het verkeer in het bestudeerd gebied betekenen. Controle van de bandenspanning op deze voertuigen zou het brandstofverbruik gemiddeld met 5% kunnen verminderen, globaal betekent dit een vermindering van maximum 0,05%.

Stille banden kunnen het brandstofverbruik met 3% laten dalen (http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/2005_06_green_paper_book_nl.pdf en <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/786&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=fr>). Als naar schatting 20% van alle voertuigen met zulke banden zouden kunnen uitgerust worden, is een totale vermindering van 0,6% mogelijk.

Het effect van deze maatregelen op het brandstofverbruik is bekend, hun effect op andere emissies minder. In het model MIMOSA dat gebruikt wordt voor de berekening van de emissies, is voor zulke maatregelen enkel het effect op brandstofverbruik voorzien. Om toch een effect voor deze maatregelen te kunnen hebben, is ervoor geopteerd om de veranderingen in de vlootsamenstelling door de maatregelen die door de stad genomen zullen worden, maximaal te voorzien.

De normale verjonging van de vloot is al in het gebruikte 2015 scenario voorzien, het gaat dus hier over een bijkomende inspanning van de stad. In praktijk voor de berekening worden alle voertuigen met een euronorm lager dan euro 4 (lichte benzine- en dieselvoertuigen) die mogelijk (percentuele verdeling) die in de vloot van de stad zouden kunnen zijn, omgezet in euro 5 voertuigen van verschillend brandstoftype maar geen zuivere dieselvoertuigen, naar rato van de gangbare relatieve verdeling.

Voor de zware voertuigen wordt het zelfde gedaan, maar de nieuwe voertuigen worden voor de helft euro 6 voertuigen. Omdat het hier niet anders kan, worden natuurlijk wel ook dieselvoertuigen aangekocht. Euro 6 voertuigen verschijnen vermoedelijk pas laat in de loop van

2013, maar de stad zou door de vervanging te vertragen, toch relatief meer voertuigen van het nieuwe type kunnen aanschaffen.

Gezien de volledige vervanging van de voertuigen met een euronorm lager dan euro 4 en het klein percentage van euro 4 stadsvoertuigen ten opzichte van het totaal aantal voertuigen in het gebied, heeft het plaatsen van roetfilters op de stadsvoertuigen een zeer gering effect op de totale emissies en kan verwaarloosd worden. Dit wil echter niet zeggen dat de stad dit niet zou moeten doen. De percentages zijn klein, maar er spelen twee effecten. Ten eerste is elke daling in fijn stof een gezondheidswinst. Ten tweede heeft deze maatregel een sensibiliserend effect.

In totaal, gesommeerd over het gebied van de Stad Antwerpen, hebben ze een positieve invloed op de emissies, dit wil zeggen een daling van de emissies, zowel voor NO_x, PM₁₀ als PM_{2,5}. In Tabel 16 wordt het effect van maatregelenpakket 1 op de verkeersemisies opgegeven.

Polluent	Emissie: basisscenario Ton/jaar	Emissie: Pakket 1 Ton/jaar	Verschil %
NO _x	2193	2157	-1,6%
NO ₂	702	685	-2,5%
PM ₁₀	153	150	-2,2%
PM _{2,5}	99	97	-2,3%
EC	66	64	-2,3%

Tabel 16 : Emissieveranderingen in Pakket 1 ten opzichte van het basisscenario.

Deze veranderingen zijn betrekkelijk klein. Dit zal zijn impact hebben op de concentraties, vooral als er rekening mee gehouden wordt dat slechts een beperkt gedeelte van de concentraties bepaald is door de verkeersemisies (zie §2.2.3).

Lokaal treden stijgingen van emissies op door snelheidsverlagingen. Dit zal ook te zien zijn op de resulterende concentratiekaarten.

5.4.2. CONCENTRATIEBEREKENINGEN

Over het algemeen zijn de dalingen in de concentraties voor pakket 1 klein. Voor NO₂ zijn er amper verschillen in Berendrecht-Zandvliet-Lillo en in de Haven (< 0,3%). De kleine stijging die waargenomen wordt langs één straat in Berendrecht wordt veroorzaakt door een lokale snelheidsverlaging. De veranderingen in Ekeren zijn ook klein (rond de 0,3%). In Ekeren-centrum wordt rond enkele straten een stijging berekend door de invoering van een zone 30. Elders in de wijken Ekeren-centrum, Mariaburg en Leugenberg zijn er lokaal dalingen van de concentratie die verklaard kunnen worden door verminderde voertuigstromen (rond de 0,3%). In de wijk Donk (ongeveer een 0,5%) zijn de dalingen net iets groter, waarschijnlijk door een combinatie van invloed van verder gelegen veranderingen en lokale dalingen in het verkeer.

De dalingen op de Ring, op de Henry Fordlaan en op de Noorderlaan (N180) ter hoogte van Luchtbal geven lokaal een grotere daling van de NO₂-concentraties. Deze lopen op tot 2 à 3% op de locaties waar de Noorderlaan zich in een street canyon bevindt. In de wijk Luchtbal resulteert dit in dalingen tussen 1,3 en 2%. Deze dalingen strekken zich uit tot in Merksem, met dalingen rond 1% in West-Merksem, maar slechts kleine dalingen in Oost-Merksem, waar lokaal door snelheidsverlagingen zelfs een stijging te zien is.

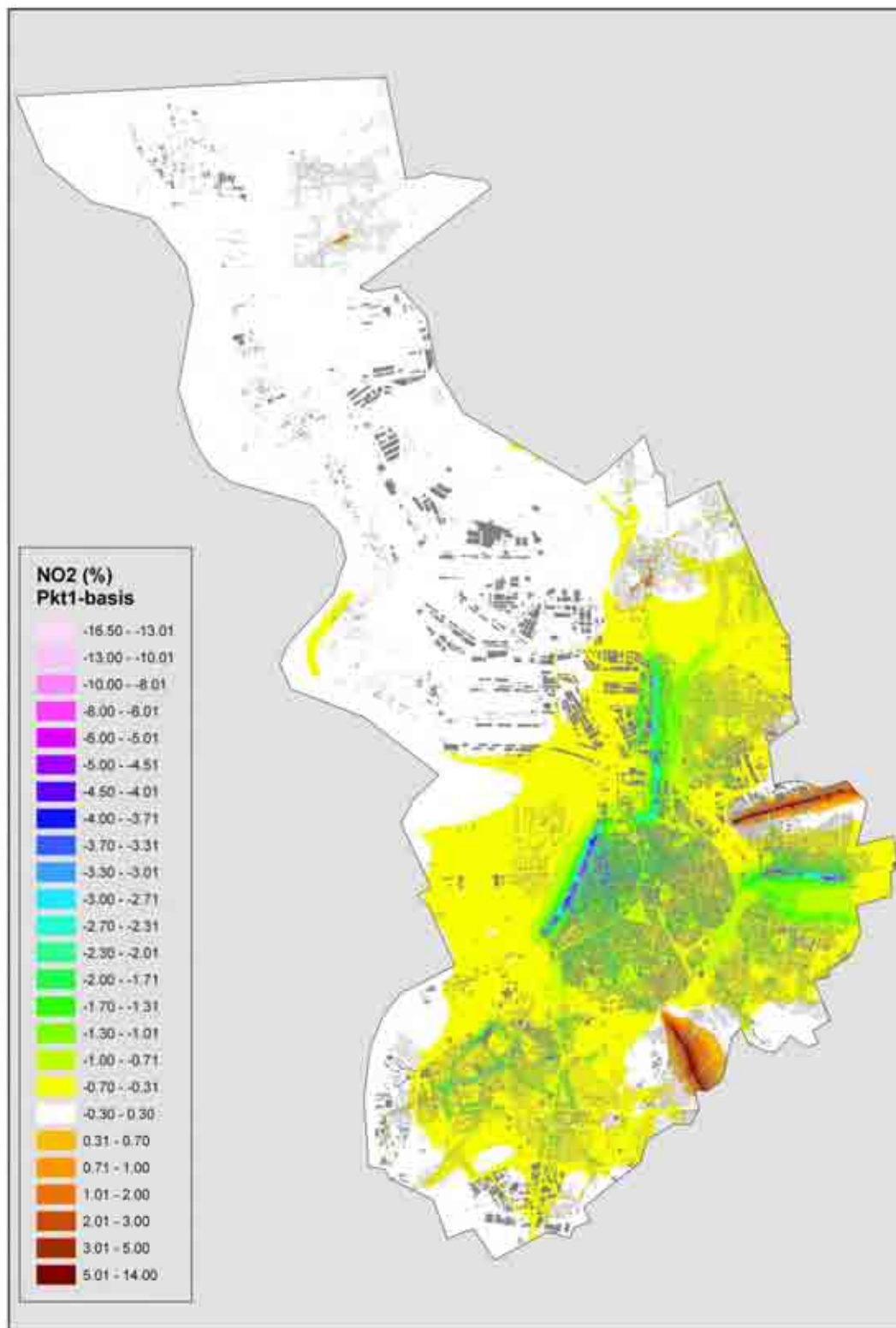
In Deurne spelen twee effecten een belangrijke rol: een lichte stijging van de NO₂-concentraties in Deurne-Noord door een snelheidsverlaging op de Bisschoppenhoflaan (N120) en een daling van de concentraties in Deurne-Zuid, het zuiden van Deurne-Centrum en Deurne-Oost door een daling in verkeer, vooral op de Turnhoutsebaan (N12) en de E313/E34. De stijging rond de Bisschoppenhoflaan bedraagt meestal 1 à 2%, met een maximum van 4% buiten de street canyon. Binnen de street canyon is de stijging vaak gelegen tussen de 4 en 11%. De dalingen binnen de street canyon van de Turnhoutsebaan zijn hoger dan 5%. Buiten de street canyon zijn zij echter meestal beperkt tot maximaal 2%. In het westen van Deurne-Zuid en het noorden van Borgerhout-Extra Muros zijn de dalingen ongeveer 1%, elders in Deurne-Zuid en Borgerhout-Extra Muros zijn ze eerder rond een halve procent.

In Berchem zijn de veranderingen in de NO₂-concentraties vooral bepaald door de snelheidsverlaging op de Grotesteenweg (N1). Dit resulteert in lokale verhogingen van de NO₂-concentraties in de wijk Nieuw-Kwartier in Berchem, met stijgingen tot 5%. Binnen de street canyon zijn de stijgingen nog hoger. In de wijk Groenenhoek in Berchem zijn de verschillen klein. In Wilrijk en Hoboken kan men op de meeste plaatsen een daling van de concentratie vinden die tussen 0,3 en 0,7% gelegen is. Op enkele grote assen zijn de dalingen groter. Deze dalingen houden verband met de lagere verkeersintensiteiten in de regio.

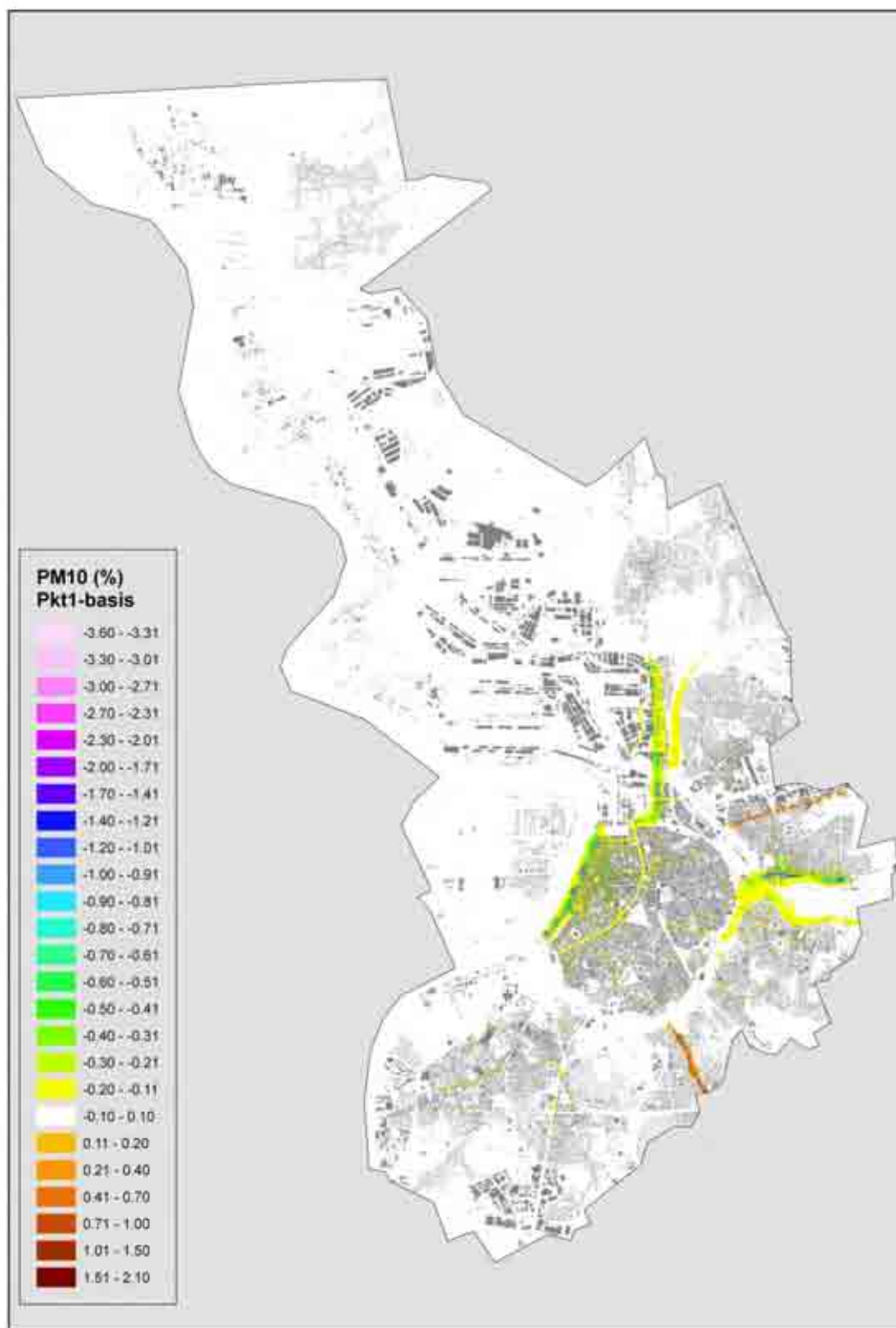
In de kernstad zijn de dalingen groot rond de Kaaian en in de Antwerpse binnenstad. De dalingen zijn kleiner in Borgerhout-Intra Muros en Oud-Berchem, waar ze onder 1% liggen. In de binnenstad zijn echter dalingen rond de 2% (en hoger in de street canyons) te vinden. Op de kaaian zijn er dalingen tot meer dan 5% door de sterke vermindering van het verkeer. Deze vermindering van het verkeer heeft ook een kleine invloed op linkeroever met dalingen tussen 0,3 en 0,7%.

De veranderingen voor de andere pollutanten hebben een gelijkaardig patroon en dezelfde oorzaken. Daarom bespreken we ze in minder detail. Wat betreft PM₁₀ en PM_{2,5} zijn alleen in de Antwerpse binnenstad, in Luchtbal en in de omgeving van de Ring, E313/E34 en de Turnhoutsebaan in Deurne grote gebieden te vinden waar de dalingen in PM-concentratie groter zijn dan 0,1%. De grootste dalingen blijven over het algemeen beperkt tot een 0,5%. Stijgingen zijn te vinden in de omgeving van de Bisschoppenhoflaan in Deurne en de Grotesteenweg in Berchem, maar ook deze stijgingen blijven zeer beperkt.

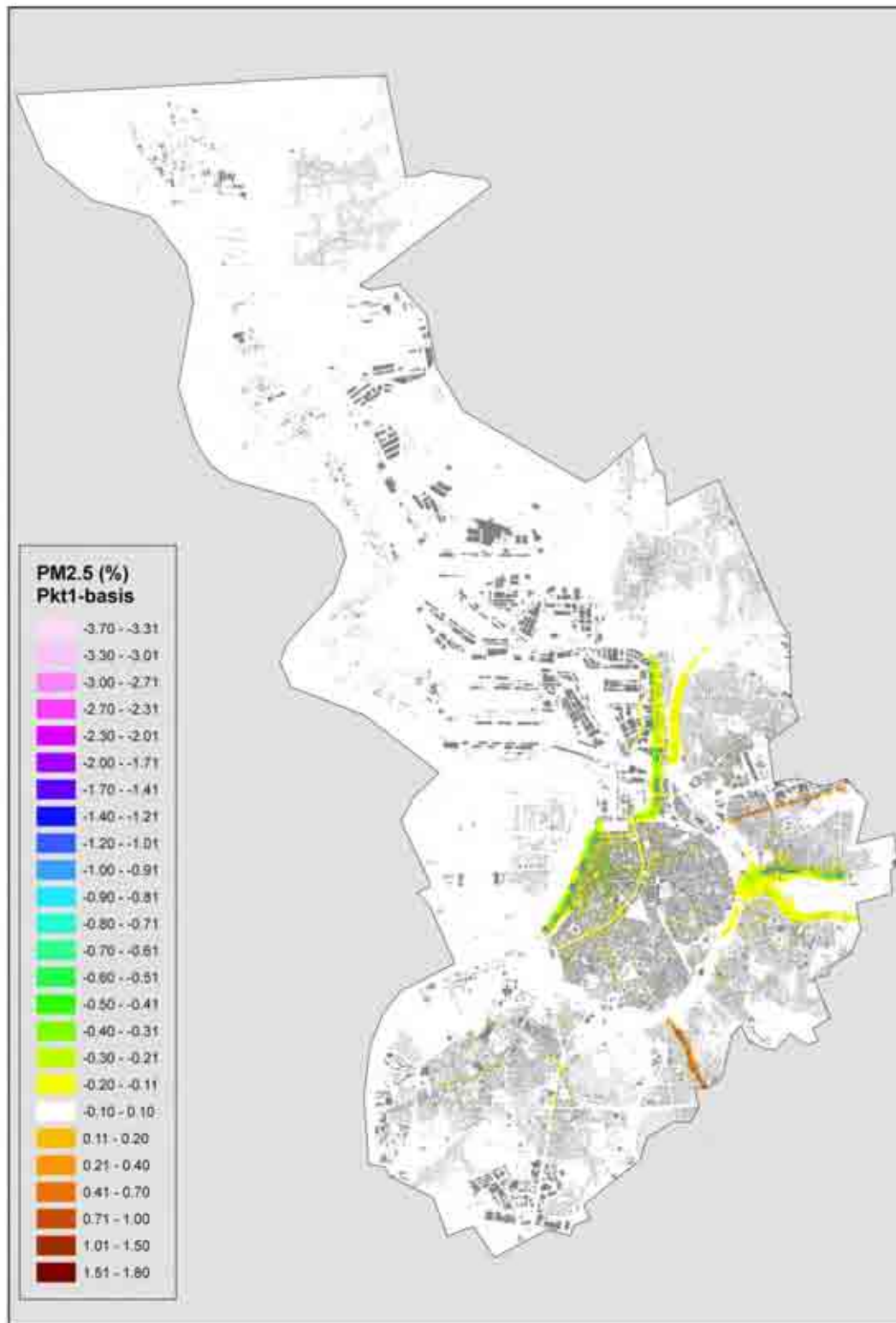
Finaal, wat betreft elementair koolstof (EC) zijn de dalingen in patroon en grootteorde gelijklopend aan NO₂. Het belangrijkste verschil is te vinden in het kleinere effect van de snelheidsverlagingen. Dit resulteert in minder concentratiestijgingen rond de Bisschoppenhoflaan en de Grotesteenweg. Daarenboven is het gebied met stijgingen kleiner.



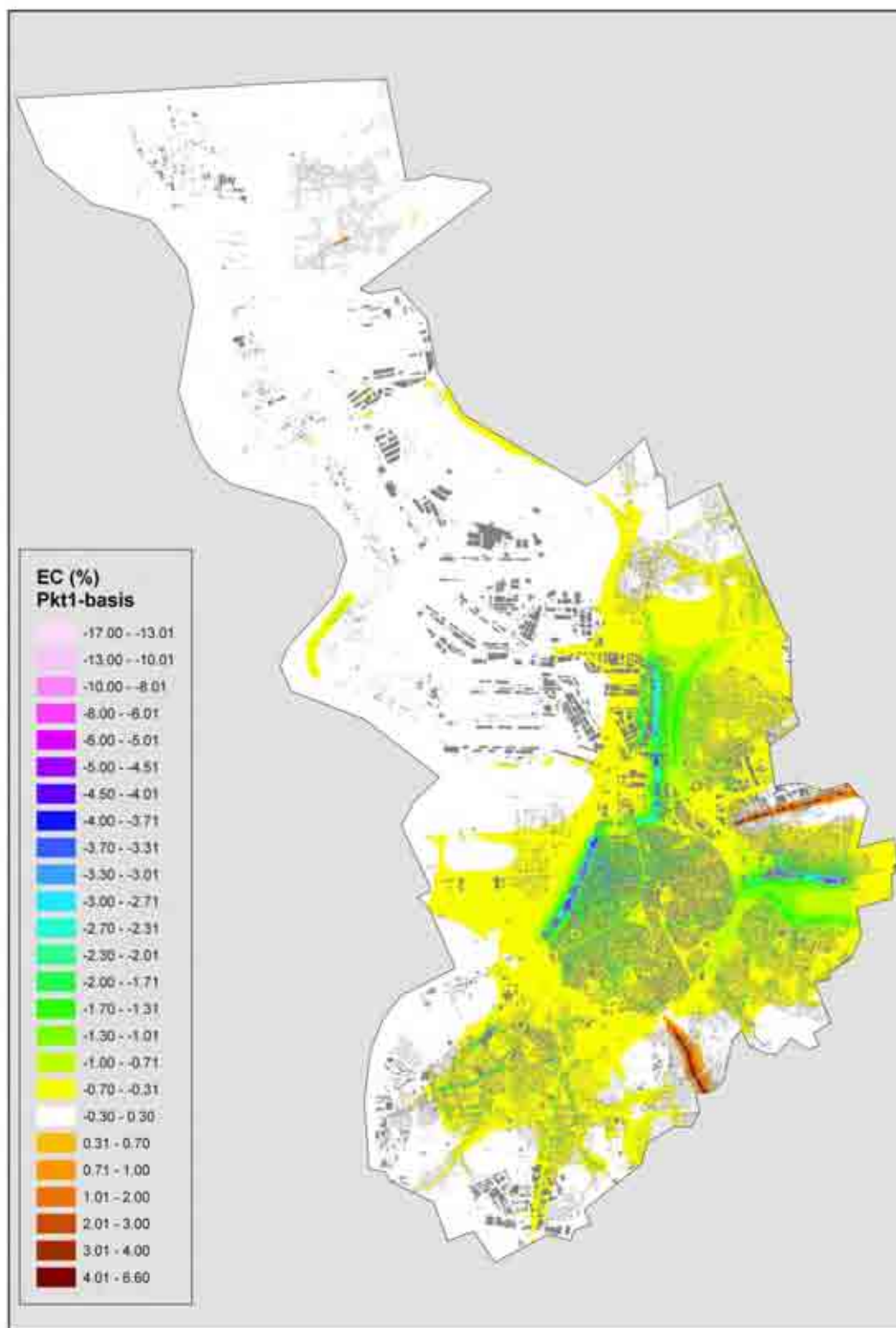
Figuur 123 : Het verschil in NO₂-concentratie (in %) tussen het pakket 1 en het basisscenario.



Figuur 124 : Het verschil in PM₁₀-concentratie (in %) tussen het pakket 1 en het basisscenario.



Figuur 125 : Het verschil in PM_{2.5}-concentratie(in %) tussen het Pakket 1 en het basisscenario.



Figuur 126 : Het verschil in EC-concentratie (in %) tussen het Pakket 1 en het basisscenario.

HOOFDSTUK 6. MAATREGELENPAKKET 2

Een trend die we de laatste jaren zien in meerdere Europese grootsteden is de invoering van zogenaamde milieuzones. Met een milieuzone wordt een gebied bedoeld waar het auto- en of vrachtverkeer op één of andere manier wordt beperkt om te werken aan een betere luchtkwaliteit. De steden kiezen ervoor om hun stad volledig of gedeeltelijk verkeersvrij te maken of te experimenteren met een stadstol, anderen laten enkel de nieuwste wagens binnen, nog anderen laten enkel elektrische wagens in het stadscentrum.

In Duitsland bijvoorbeeld is er een speciaal vignet nodig om bepaalde steden te mogen binnenrijden, in de Noorse hoofdstad Oslo moet er een bepaald bedrag betaald worden bij het binnenrijden van de kernstad. Zelfs in Nederland zijn er in Breda, Den Haag, Eindhoven, 's-Hertogenbosch, Maastricht, Rotterdam, Tilburg, Utrecht en Amsterdam milieuzones. In deze steden mogen niet alle vrachtwagens meer binnen. De meest vervuilende vrachtwagens wordt de toegang ontzegd.

In maatregelenpakket 2 onderzoeken we de impact voor de stad Antwerpen voor twee specifieke maatregelen: een congestion charge en een low-emission zone. Op onderstaande figuur bakenen we het gebied af waarop dit van toepassing zou zijn. De resultaten worden berekend bovenop maatregelenpakket 1, maar door verschilkaarten te maken, weten we wat de afzonderlijke impact is van beide maatregelen, die ook ontkoppeld kunnen worden.



Figuur 127 : De zone waarin de congestion charge en de Low Emission Zone (LEZ) ingesteld wordt in maatregelenpakket 2 (lichtgroen).

6.1. INSCHATTINGEN OP GEBIED VAN MOBILITEIT

6.1.1. MAATREGELEN I.07 & I.09: INSCHATTING VAN HET EFFECT VAN DE CONGESTION CHARGE OP DE MOBILITEIT

Voor de inschatting van het effect van de congestietaks baseren we ons vooral op het voorbeeld van de 'congestion charge' in Londen en Stockholm. Het aantal voertuigkilometers van vier- of meerwielige vervoermiddelen is daar bij de invoering gedaald met 18% (Transport for London, 2006). Dit bestaat uit een grotere daling voor personenwagens, maar een stijging voor taxi's en bussen.

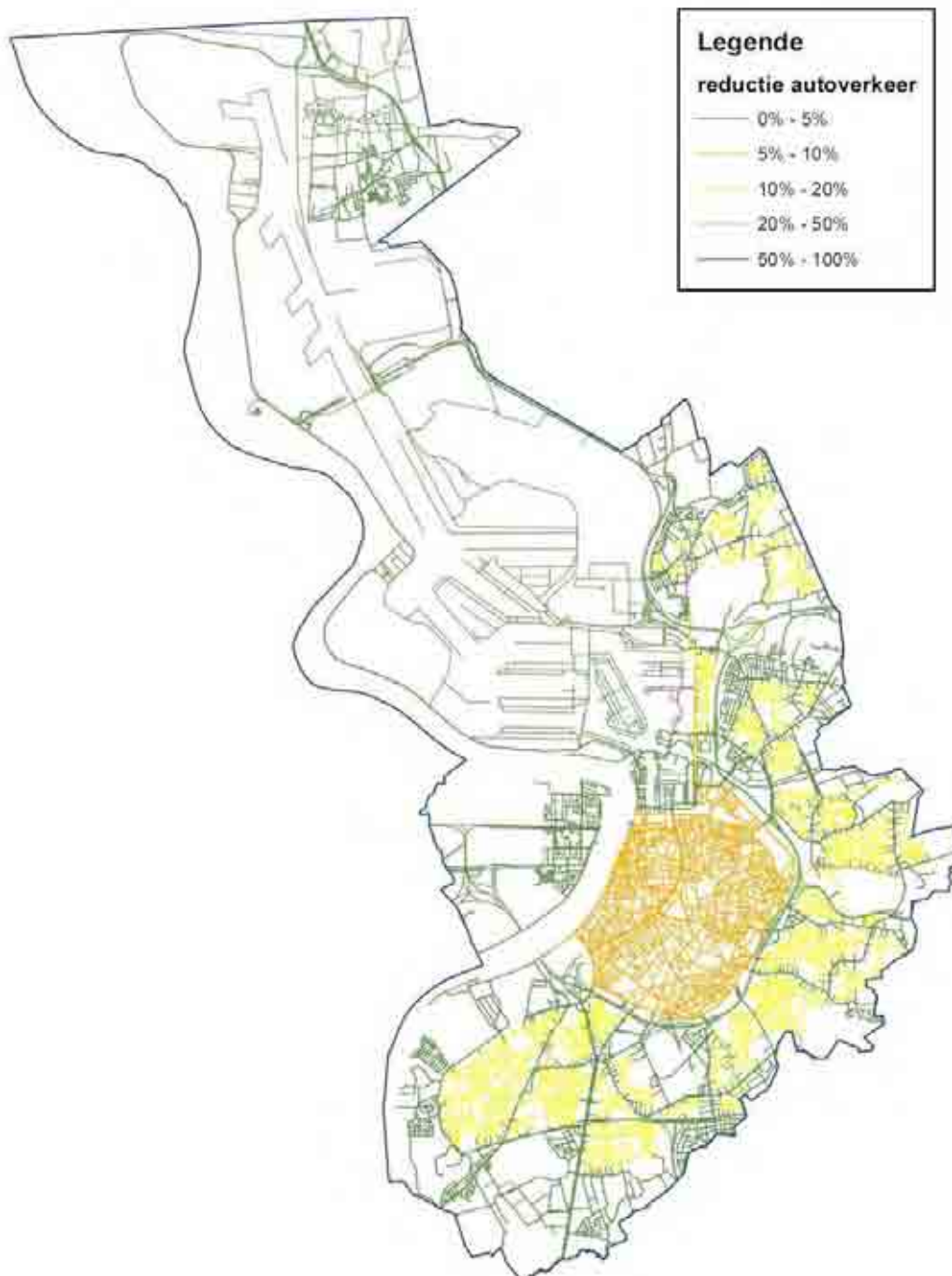
Omdat we niet verwachten dat het aantal taxi's in Antwerpen zo sterk zou toenemen (en a priori al niet zo hoog lag) als in Londen hebben we volgende redenering toegepast bij het bepalen van de veranderende verkeersstromen:

1. Het grootste deel van het zwaar vervoer binnen de Kernstad zijn bussen. Dus we beschouwen in deze oefening alle zwaar vervoer als bussen.
2. Een bus vervangt ongeveer het equivalent van 30 auto's.
3. De daling in aantal voertuigkilometers moet 18% zijn.
4. De wegen binnen de Kernstad zijn van het type *urban*. Voor de berekening maken we gebruik van het aantal voertuigkilometers, komende uit MIMOSA binnen de grenzen van de Stad Antwerpen op het wegtype *urban*.

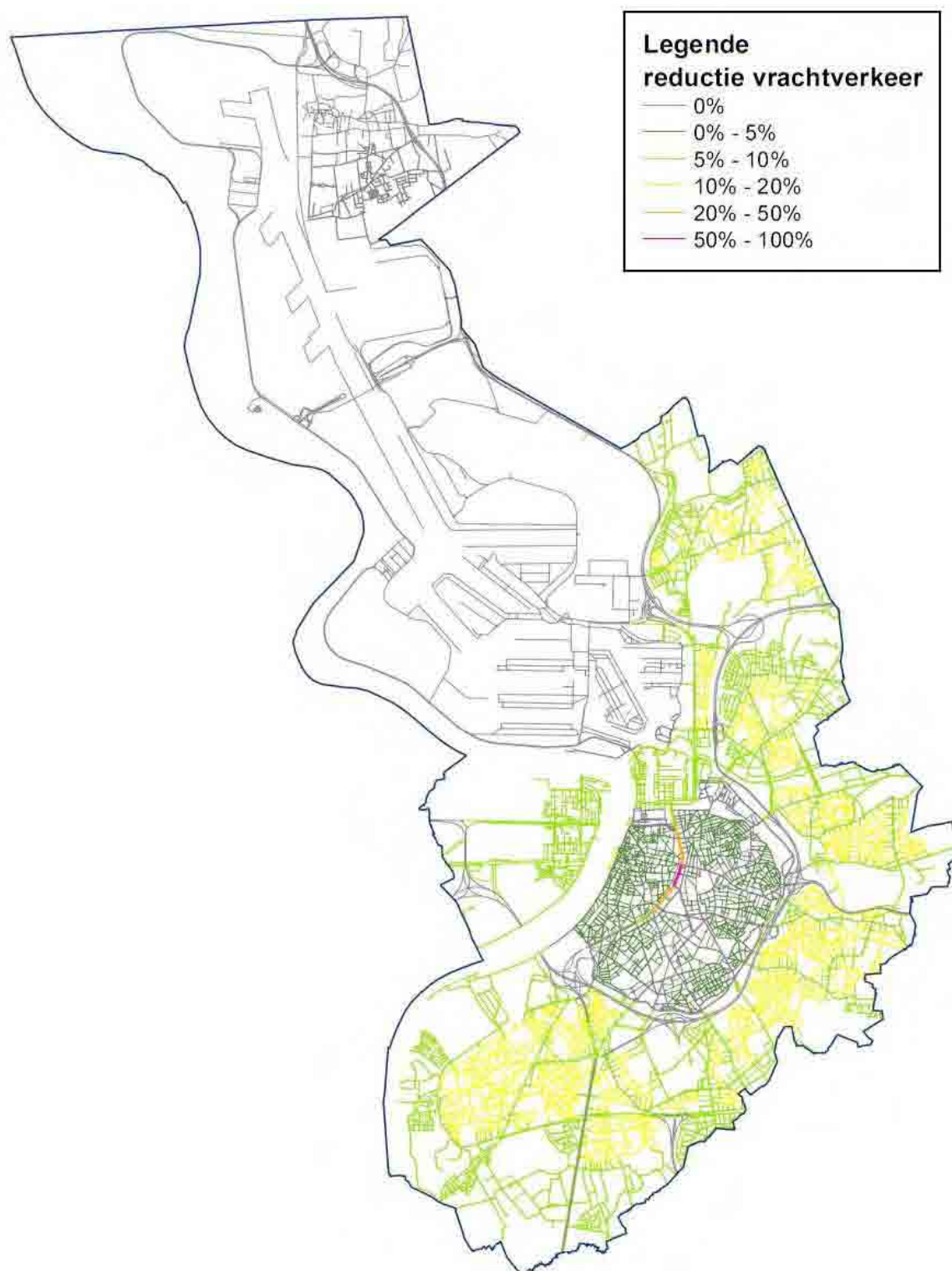
Volgens deze redenering komen we aan volgende dalingen: een daling van het licht vervoer met 19,2% en een stijging van het zwaar vervoer van 22,8% binnen de Kernstad. Buiten de Kernstad verwachten we geen significante veranderingen (in overeenstemming met de situatie in Stockholm en Londen).

6.1.2. CUMULATIEF VERKEERSREDUCTIEMODEL: MAATREGELENPAKKET 2 (ALLE MAATREGELEN INCLUSIEF CC & LEZ)

In onderstaande figuren worden de reducties van alle doorgevoerde maatregelen van maatregelenpakket 1 + 2 samen weergegeven voor respectievelijk auto- en vrachtverkeer. De verschillende maatregelen zijn hierin duidelijk te herkennen.

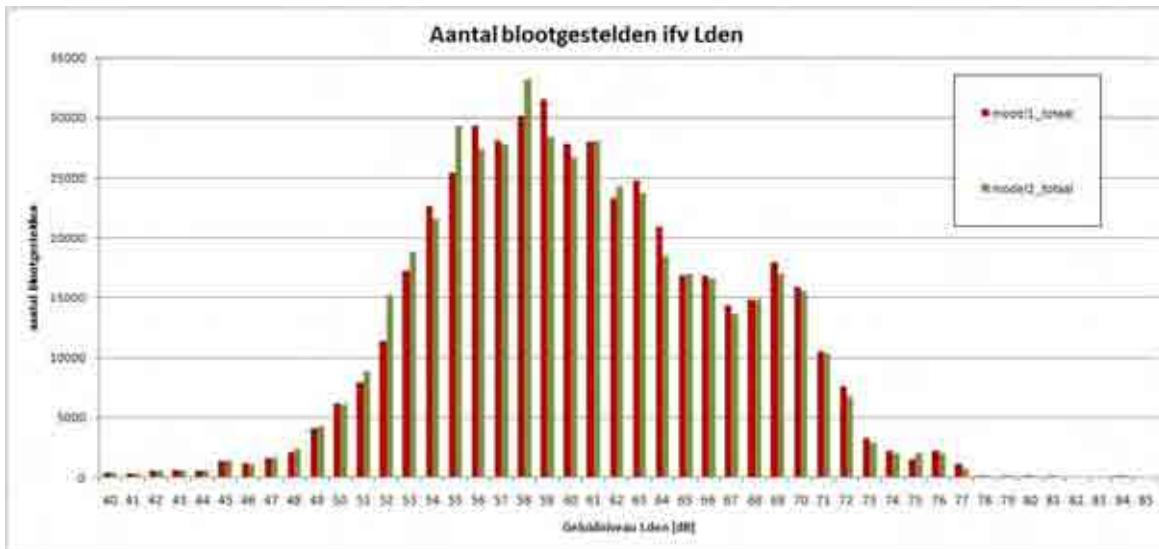


Figuur 128 : Reductie autoverkeer bij toepassing van alle maatregelen inclusief CC en LEZ

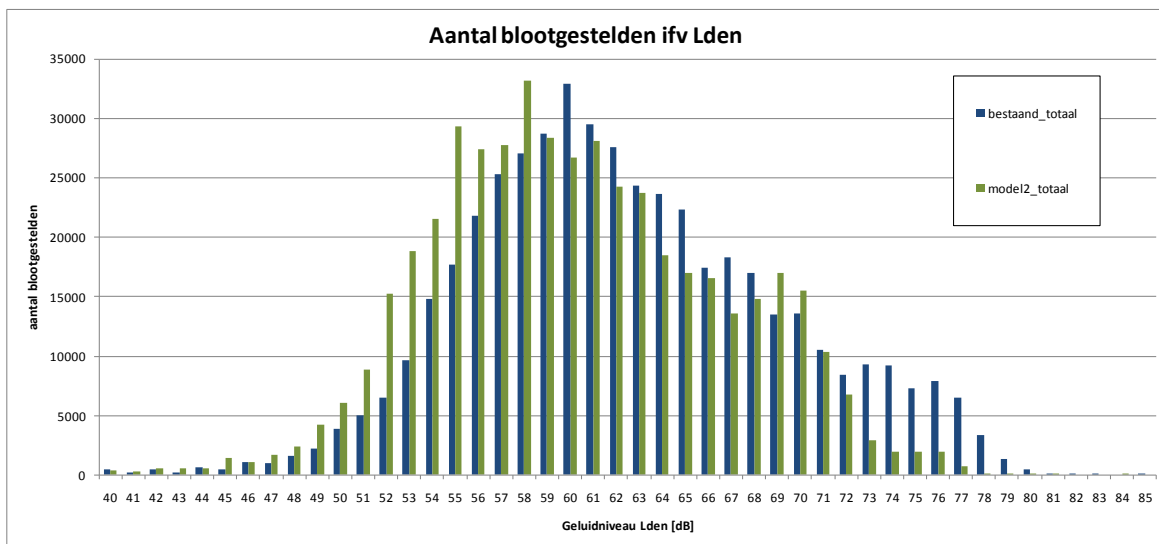


Figuur 129 : Reductie vrachtverkeer bij toepassing van alle maatregelen inclusief CC en LEZ

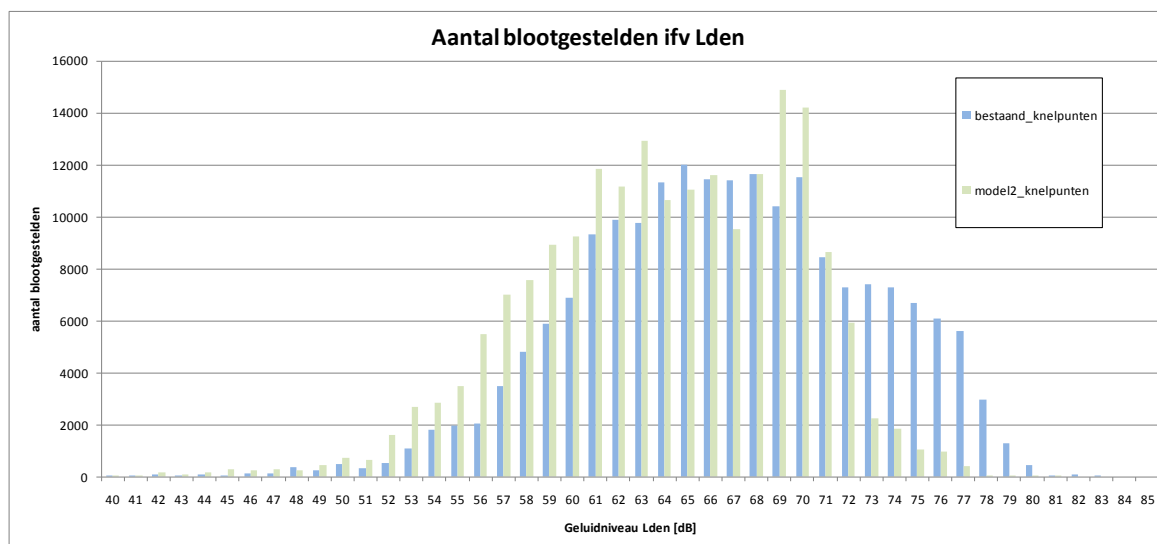
6.2. RESULTATEN OP GEBIED VAN GELUID



Figuur 130 : Histogram blootstelling L_{den} met en zonder CC en LEZ



Figuur 131 : Histogram blootstelling L_{den} bestaande toestand en maatregelenpakket 2



Figuur 132 : Histogram blootstelling L_{den} in knelpunten voor bestaande toestand en pakket 2

De implementatie van congestietaks, na de realisatie van de andere maatregelen, heeft eerder nog een beperkte invloed op de resultaten. Het aantal blootgesteld voor L_{den} boven 70 dB(A) vermindert van 28 600 tot 26 900, dus slechts 1 700, ofwel 6%.

Aantal bewoners		Aantal blootgesteld aan L_{den} hoger dan 70 dB(A)		
		Bestaand	Maatregelenpakket 1	Maatregelenpakket 2
Stad Antwerpen	= 498454	64623	28624	26881
Binnen knelpunten	= 193293	53756	22869	21215

Tabel 17 : Hoogste blootstellingen ifv varianten

Het totaal aantal bewoners, anno 2010, bedraagt bijna 500 000 inwoners, Berendrecht-Zandvliet-Lillo inclus. De 670 knelpunten omvatten hiervan 193 000 mensen, ofwel 39%. Ongeveer 64 600 bewoners ervaren een geluidsbelasting (L_{den}) boven 70 dB(A), dus 13% van de mensen. Zowat 83% van deze hoogst belasten zijn terug te vinden in de knelpuntgebieden. De maatregelen, die voor een belangrijk deel zijn toegespitst op de knelpunten, geven een reductie van 60% op dit aantal, wat resulteert in een globale reductie op de totale bevolking van ongeveer 58%.

6.3. RESULTATEN OP GEBIED VAN LUCHTKWALITEIT

6.3.1. EMISSIEBEREKENINGEN

Zowel de congestieheffing als een low emission zone hebben elk hun impact op de emissies in het stadsgebied Antwerpen. In totaal, gesommeerd over het gebied van de Stad Antwerpen, hebben ze duidelijk een positieve invloed op de emissies, dwz. een daling van de emissies, zowel voor NO_x , PM_{10} als $\text{PM}_{2,5}$. In Tabel 18 kunt u het effect van maatregelenpakket 1 op de verkeersemissies vinden.

Polluent	Volledig studiegebied Antwerpen (agglomeratie)			Binnen de afgebakende milieuzone (zie Figuur 127)				
	Emissie: Pakket 1 Ton/jaar	Emissie: Pakket 2 Ton/jaar	Verschil In % tussen Pakket 2 en 1	Emissie: Pakket 1 Ton/jaar	Emissie: Pakket 2 Ton/jaar	Verschil In % tussen Pakket 2 en 1	Verschil in % tussen Pakket 2 en 1 door CC	Verschil in % tussen Pakket 2 en 1 door LEZ
NO_x	2157	2130	-1,3%	223,2	195,5	-12,4%	-5,0%	-7,4%
NO_2	685	677	-1,2%	91,3	82,8	-9,3%	-9,1%	-0,2%
PM_{10}	150	147	-1,8%	18,4	15,8	-14,4%	-8,8%	-5,6%
$\text{PM}_{2,5}$	97	95	-2,2%	12,0	9,9	-17,6%	-8,9%	-8,6%
EC	64	63	-2,2%	7,9	6,5	-17,6%	-8,9%	-8,6%

Tabel 18 : De emissiedalingen, gesommeerd over het volledige studiegebied en alleen binnen de afgebakende milieuzone (CC = congestion charge; LEZ = low emission zone).

Deze veranderingen zijn betrekkelijk klein als we kijken naar de volledige stad, maar zijn groot binnen de Low Emission Zone. De dalingen zijn het grootst voor fijn stof (in het bijzonder $\text{PM}_{2,5}$) en EC, kleiner voor NO_x en het kleinst voor NO_2 (9,3%) Indien we uitsplitsen naar het effect van de congestion charge en de LEZ komen enkele duidelijke patronen naar voor. Uit de voorlaatste kolom van Tabel 18 blijkt dat de daling bij de congestion charge redelijk homogeen is (namelijk een kleine 9%), behalve voor NO_x , waar door een stijging van het aantal zware voertuigen de daling een stuk kleiner is, namelijk 5%. Dit speelt veel minder voor NO_2 door de lage NO_2/NO_x -verhouding bij vrachtwagens. De daling voor NO_x is lager dan in Londen (7,9%) en Stockholm (8,5%), voor PM berekenen we een lagere daling door de congestion charge dan in Stockholm (13%) maar een hogere dan in Londen (6,3%) (Transport for London, 2006; Stockholmsförsköket, 2006). Al bij al kan hieruit afgeleid worden dat onze inschatting eerder aan de lage kant zal zijn wat betreft het effect op de luchtkwaliteit.

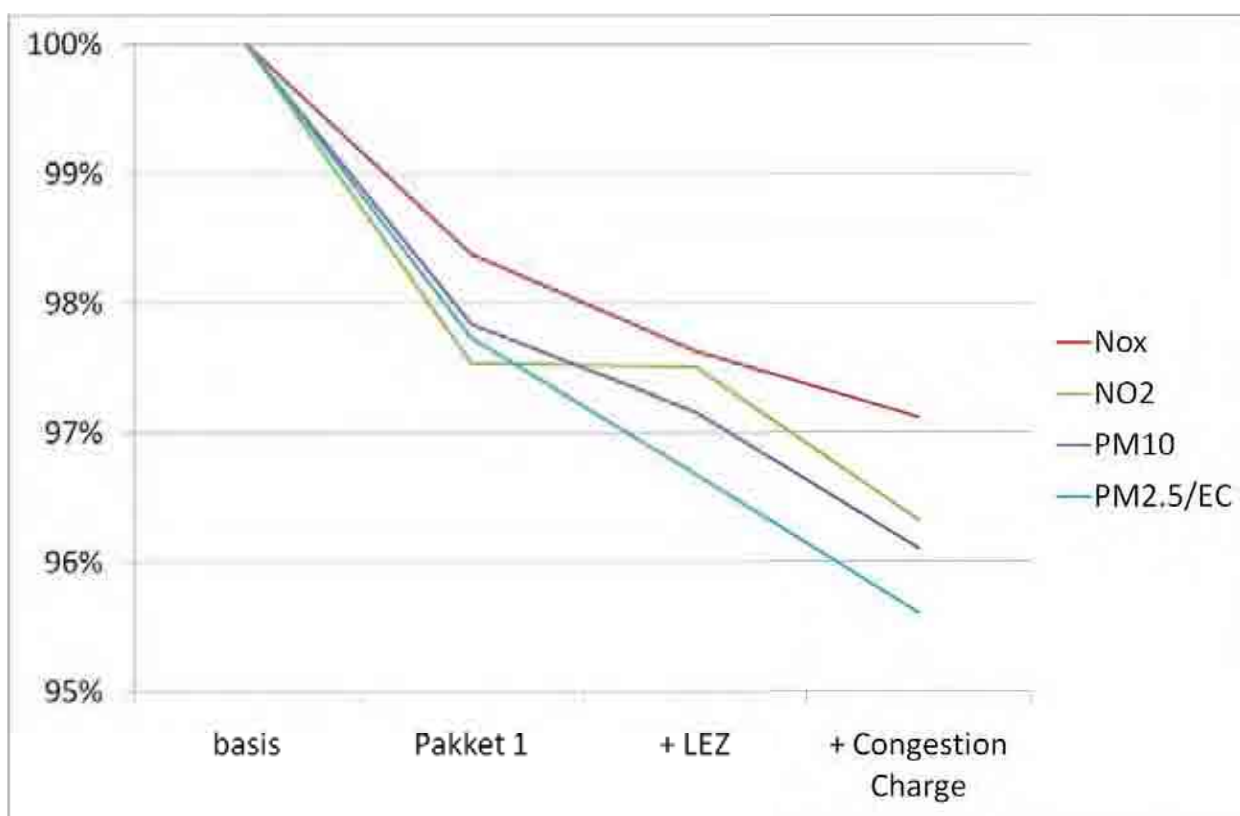
Voor de LEZ (zie laatste kolom Tabel 18) zijn de veranderingen opmerkelijk, in het bijzonder voor NO_2 , waar slechts een licht lagere directe uitstoot gevonden wordt. Dit is doordat de oudere wagens uit de stad geweerd worden, die een lage NO_2/NO_x -verhouding hebben. Doordat de NO_x -

uitstoot echter significant daalt, kan verwacht worden dat ook de LEZ een positief effect heeft op de gemiddelde NO₂-concentraties. Voor fijn stof creëert de LEZ, zoals verwacht wel een daling van de emissies.

Lokaal treedt op bepaalde plaatsen door de invoering van pakket 2 wel een kleine stijging op van de emissies. Dit kan verklaard worden door twee effecten:

1. Een stijging van het aantal bussen is meegenomen door een stijging van het aantal zware voertuigen. Op locaties waar al zware voertuigen zijn (in casu Singel en IJzerlaan) kan dit een lokale verhoging van de emissies geven.
2. De Singel en de IJzerlaan zijn van wegtype veranderd tot een 'urban' wegtype. Dit houdt rekening met meer start/stop-verkeer (minder doorgaand verkeer) en zal dus een lokale stijging van de emissies inhouden.

Voor een samenvatting van de verandering van de emissies tussen de verschillende pakketten verwijzen we naar onderstaand figuur.



Figuur 133 : De totale emissies over Stad Antwerpen, in % van de emissies van het basisscenario voor de verschillende maatregelenpakketten. CC = Congestion Charge.

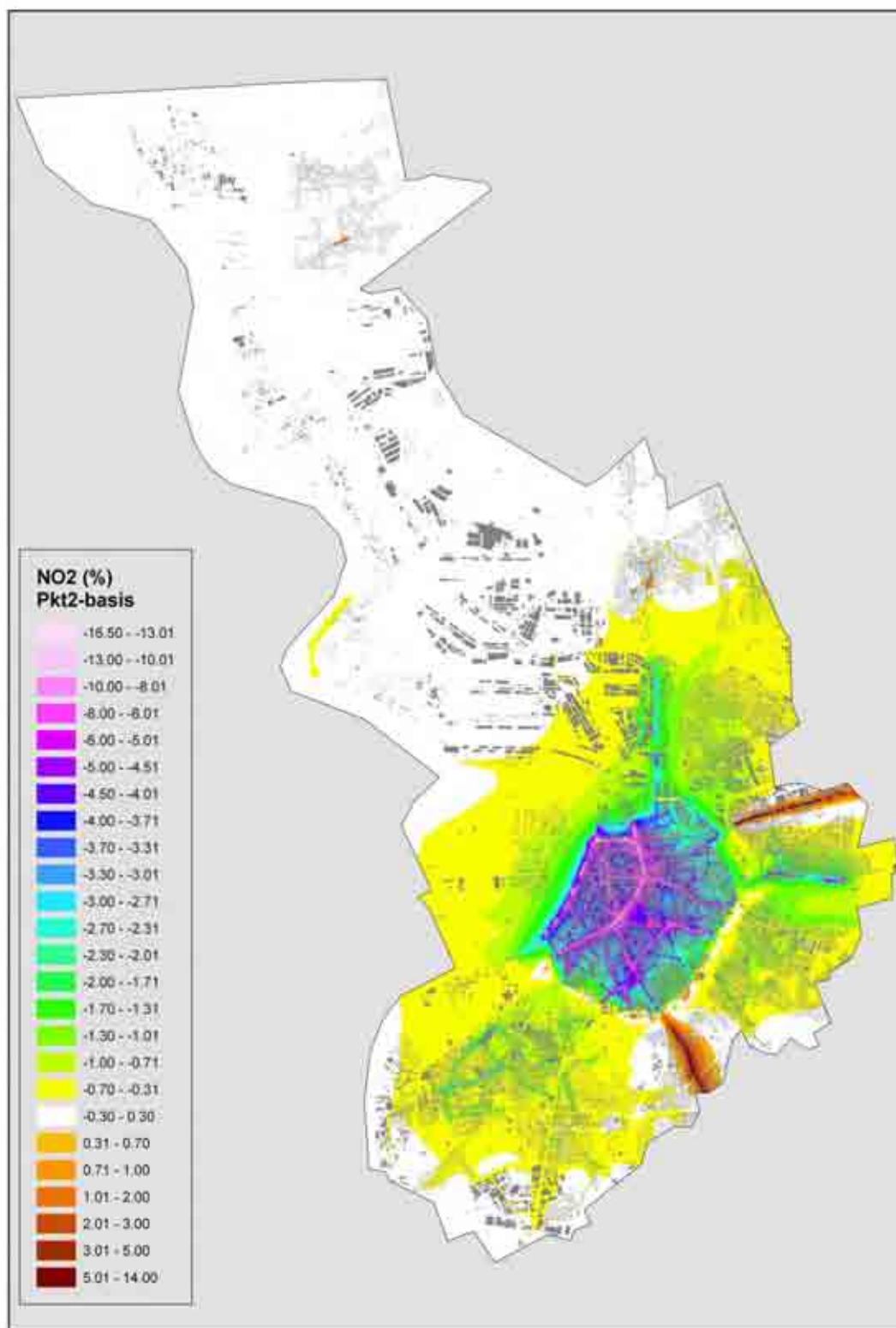
6.3.2. CONCENTRATIEBEREKENINGEN

We werken met cumulatieve maatregelenpakketten. Doordat de congestion charge en de low emission zone hier bovenop pakket 1 berekend worden, zijn de patronen van pakket 1 ook terug te

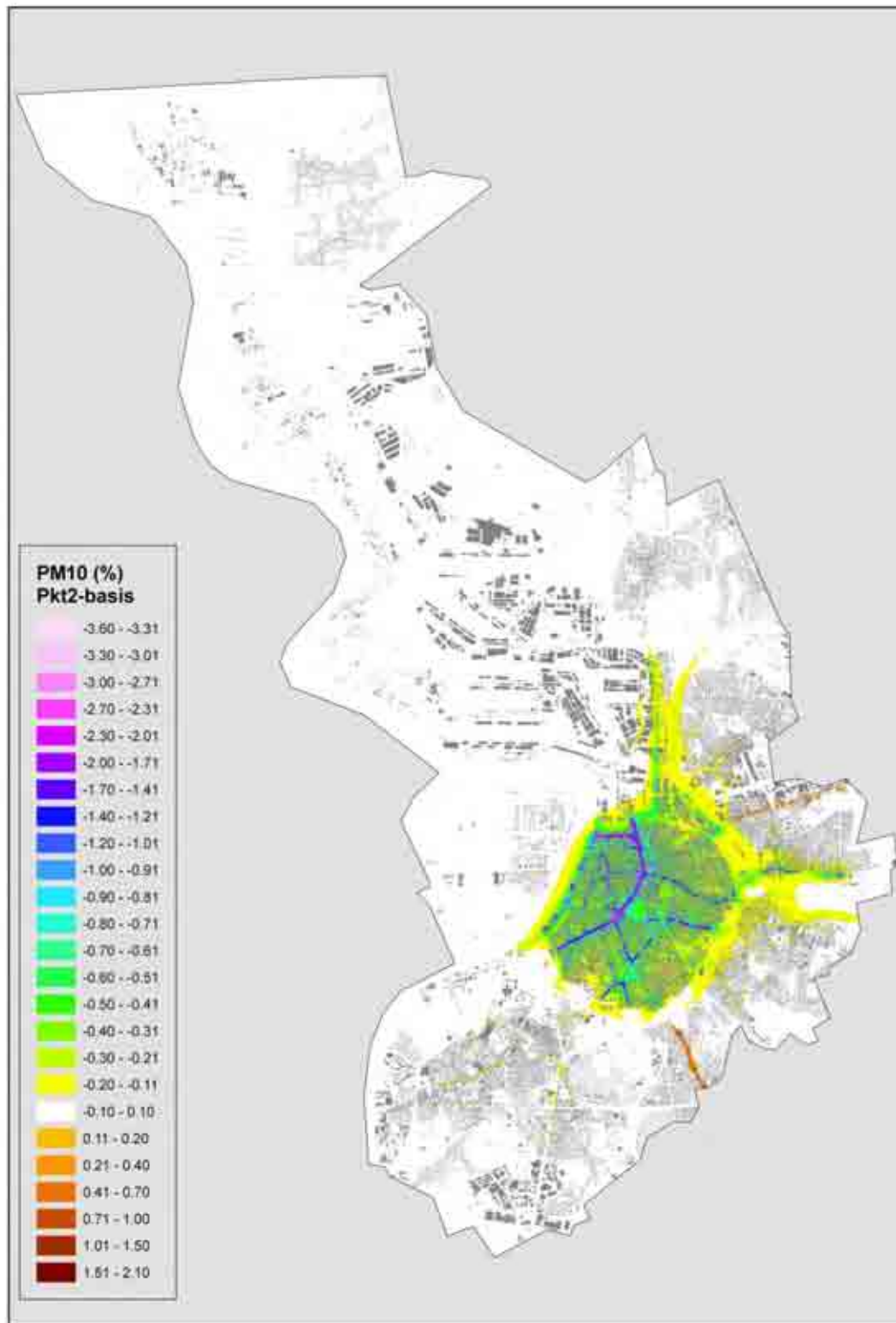
vinden in de verschilkaarten van pakket 2 met het basisscenario. Daar bovenop komt echter een grote daling van de NO_2 -concentraties boven de zone waarin maatregelenpakket 2 wordt toegepast (zie Figuur 127). In de kernstad komen de dalingen van de NO_2 -concentratie nu meestal tussen 2,5 en 6% te liggen buiten de street canyons en tussen 4 en 16% in de belangrijkste street canyons. Vooral op de belangrijkste wegen zijn de effecten significant. Daarentegen is een stijging (of het ontbreken van een daling) merkbaar op delen van de Singel en de IJzerlaan, door de stijging van het zwaar vervoer en de verandering van wegtype. Buiten de kernstad zijn slechts in de aangrenzende districten nog enkele kleine effecten van de congestion charge en de low emission zone te vinden. Eenmaal de afstand tot de kernstad ietwat groter is, komen de veranderingen in dit pakket overeen met de veranderingen in pakket 1.

Wat betreft fijn stof (zowel PM_{10} als $\text{PM}_{2,5}$) zijn de dalingen binnen de Kernstad beperkt tot een goede halve procent buiten de street canyons. Binnen de belangrijkste street canyons zijn de dalingen groter, tot maximaal 3%. Buiten de LEZ zijn de verschillen met Pakket 1 heel klein.

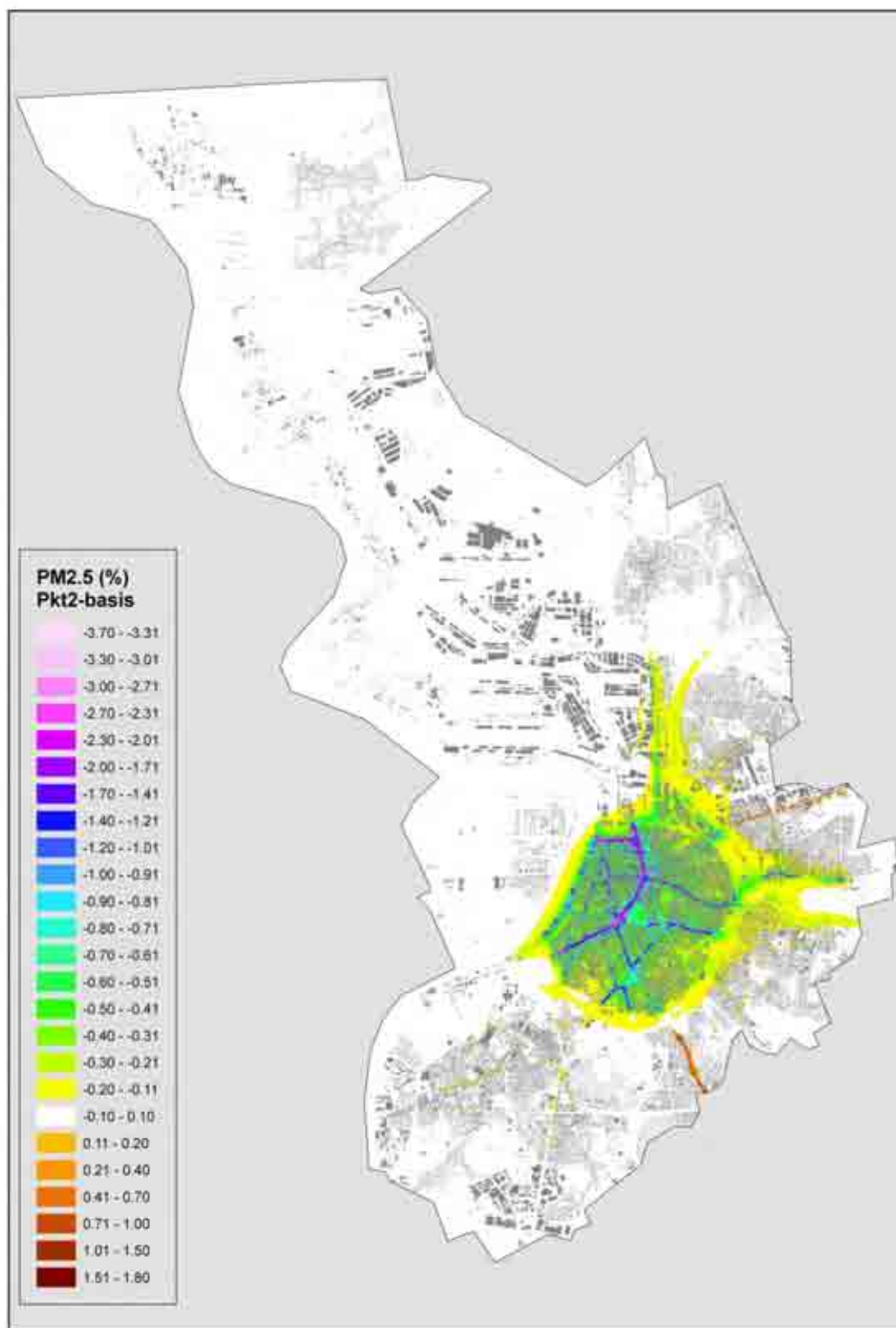
De effecten van een CC en een LEZ op EC lijken sterk op deze van NO_2 . Op de Singel is er voor EC echter amper een stijging in concentratie waar te nemen (er is meestal slechts een verminderde daling) en in de kernstad zijn concentratiedalingen voor EC ook groter dan voor NO_2 . Dit heeft te maken met de grotere relatieve emissiedaling bij EC dan bij NO_x en NO_2 . Voor de gezondheid is deze daling in EC belangrijk.



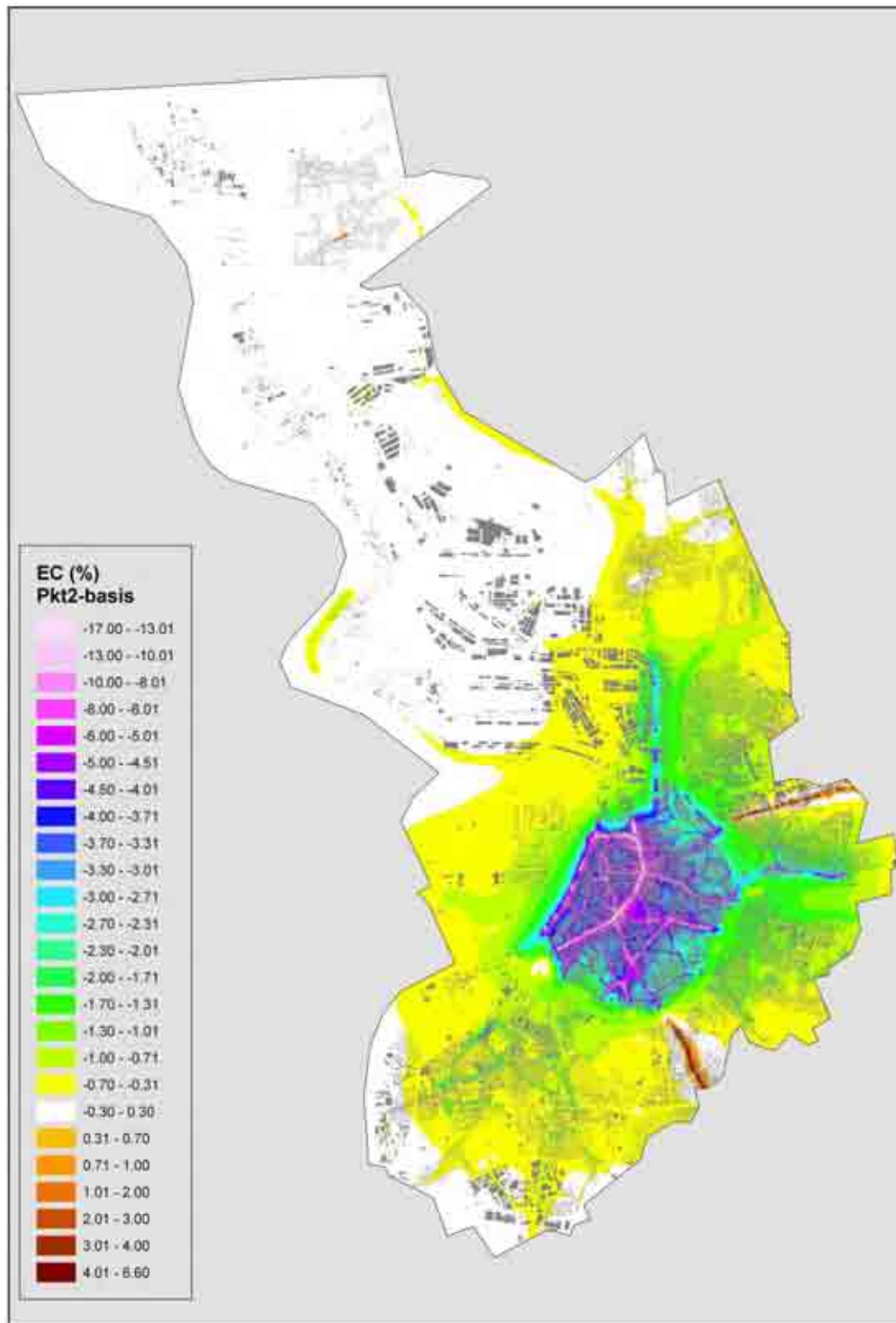
Figuur 134 : Het verschil in NO₂-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.



Figuur 135 : Het verschil in PM_{10} -concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.



Figuur 136 : Het verschil in PM_{2.5}-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.



Figuur 137 : Het verschil in EC-concentratie (in %) tussen het Pakket 2 en het basisscenario.

HOOFDSTUK 7. MAATREGELENPAKKET 3

Als laatste aanvulling op de reeds geselecteerde maatregelenpakketten, kwam de vraag welke maatregelen de industrie, meer bepaald in de haven van Antwerpen, zou kunnen uitvoeren en welke impact dit zou kunnen hebben op geluidshinder en luchtkwaliteit.

De selectie van maatregelen op industrieel niveau is echter niet in deze studie gebeurd, maar is afgeleid uit een onderzoek door VITO in opdracht van LNE 'Uitstelaanvraag NO₂ Vlaanderen' (Lefebvre et al., 2011b)²⁷. Een en ander werd uitgewerkt in samenwerking met het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en de betrokken individuele industrieën.

Voor deze studie hebben we hiervoor *maatregelenpakket 1 ZHA* overgenomen en mee doorgerekend, weeral cumulatief bovenop de reeds geselecteerde maatregelen uit pakket 1 en 2. *Maatregelenpakket 1 ZHA* zijn maatregelen die bestaan uit specifieke acties bij enkele individuele bedrijven in de Antwerpse Haven om de emissies uit hun puntbronnen te reduceren. Voor een gedetailleerde lijst van maatregelen verwijzen we naar de studie 'Uitstelaanvraag NO₂ Vlaanderen' (Lefebvre et al., 2011b) zelf.

7.1. RESULTATEN OP GEBIED VAN GELUID

Op het vlak van geluid is dit wat moeilijker in de huidige context te vertalen. Het akoestisch model werd up-to-date gebracht met de recentere gegevens van de industrie in de haven en een geactualiseerde geluidskaart werd berekend (zie bestaande toestand).

Hierin werd het akoestisch bronvermogen geïdentificeerd met een kengetal. Naar maatregelen toe is het te weinig concreet om hierin te voorzien bij de berekening. In principe moet elk individueel bedrijf in ieder geval voldoen aan Vlarem II. De toetsing hiervan is echter complex. De berekeningen tonen immers de totale impact op de bewoning. Voor de bronspecifieke toetsing is een berekening per bedrijf nodig. De toetsing op zich is dan weer niet zo voor de hand liggend aangezien de geluidscriteria rekening houden met de indeling van gebieden volgens het gewestplan.

²⁷ De veranderingen in het wagenpark binnen het maatregelenpakket 1 van de zone Haven Antwerpen uit Lefebvre et al. (2011b) worden niet meegenomen in het maatregelenpakket 3 van deze studie.

BIJLAGE 4.5.4. RICHTWAARDEN VOOR HET SPECIFIEKE GELUID IN OPEN LUCHT VAN ALS HINDERLIJK INGEDEELDE INRICHTINGEN			
Ingevoegd bij art. 289, 1° B.VI.reg. 19 januari 1999, B.S. 31 maart 1999			
GEBIED	MILIEUKWALITEITSNORMEN IN dB(A) IN OPEN LUCHT		
	OVERDAG	'S AVONDS	'S NACHTS
1° Landelijke gebieden en gebieden voor verblijfsrecreatie	40	35	30
2° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van industriegebieden niet vermeld sub 3° of van gebieden voor gemeenschapvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen	50	45	45
3° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van gebieden voor ambachtelijke bedrijven en kleine en middelgrote ondernemingen, van dienstverleningsgebieden of van ontginningsgebieden, tijdens de ontginning	50	45	40
4° Woongebieden	45	40	35
5° Industriegebieden, dienstverleningsgebieden, gebieden voor gemeenschapvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen en ontginningsgebieden tijdens de ontginning	60	55	55
6° Recreatiegebieden, uitgezonderd gebieden voor verblijfsrecreatie	50	45	40
7° Alle andere gebieden, uitgezonderd: bufferzones, militaire domeinen en deze waarvoor in bijzondere besluiten richtwaarden worden vastgelegd	45	40	35
8° Bufferzones	55	50	50
9° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van voor grindwinning bestemde ontginningsgebieden tijdens de ontginning	55	50	45
Opmerking: Als een gebied valt onder twee of meer punten van de tabel dan is in dat gebied de hoogste richtwaarde van toepassing.			

Tabel 19 : Richtwaarden volgens Vlarem II voor industriële bronnen

Het wordt nog wat lastiger aangezien men ook werkt met deelgebieden die binnen een bepaalde afstand van andere gebieden liggen. Daarenboven dient men, in bepaalde gevallen, deze richtwaarden nog te corrigeren tot toetsingswaarden rekening houdend met gemeten achtergrondlawaainiveaus.

Bij de berekeningen is het gebruik van een kengetal richtinggevend. In praktijk kan het een en ander afwijken. Daarom zijn metingen noodzakelijk.

Kortom, de huidige geluidskarten zijn goed om globale inschattingen te maken van de effecten van industriële zones maar lenen ze zich moeilijker tot toetsing, laat staan tot het definiëren en implementeren van maatregelen.

We vermelden hier dat ook de stad instrumenten ter beschikking heeft, namelijk:

1. de stedelijke milieupolitie is bevoegd om in klasse 1 bedrijven "technische onderzoeken" volgens Vlarem uit te voeren zoals, bijvoorbeeld, controles met geluidsmetingen;
2. de stad is in het kader van haar Vlarem-adviesbevoegdheid bij milieuvergunningen bevoegd om advies te geven over alle klasse 1 en 2 bedrijven (klasse 3 zijn meldingen: de stad neemt hier officieel akte van maar kan wel "bijzondere voorwaarden" opleggen eenmaal de melding is gedaan). De stad heeft dus de mogelijkheid om via haar afdeling milieuvergunningen "bijzondere voorwaarden" te adviseren in milieuvergunningsaanvragen van klasse 1 en 2 bedrijven. Aan klasse 2 bedrijven kan de stad zelfs "bijzondere voorwaarden" opleggen omdat de stad daar zelf vergunningverlenende overheid is, idem voor klasse 3 meldingen van meldingsplichtige bedrijven;

3. De stad kan verder via de Vlarem aan bestaande klasse 2 bedrijven die reeds bijzondere voorwaarden hebben deze bijzondere voorwaarden verscherpen en voor bestaande klasse 1 bedrijven kan de stad een voorstel tot verscherping indienen bij de vergunningverlenende hogere overheid;
4. Ook kan de stad steeds (op basis van Vlarem) aan bestaande klasse 2 bedrijven die geen bijzondere voorwaarden in hun milieuvergunning hebben, alsnog bijzondere voorwaarden (inzake bijvoorbeeld geluid of fijn stof) opleggen.

7.2. RESULTATEN OP GEBIED VAN LUCHTKWALITEIT

7.2.1. EMISSIEBEREKENINGEN

De emissieveranderingen staan beschreven in Lefebvre et al. (2011b).

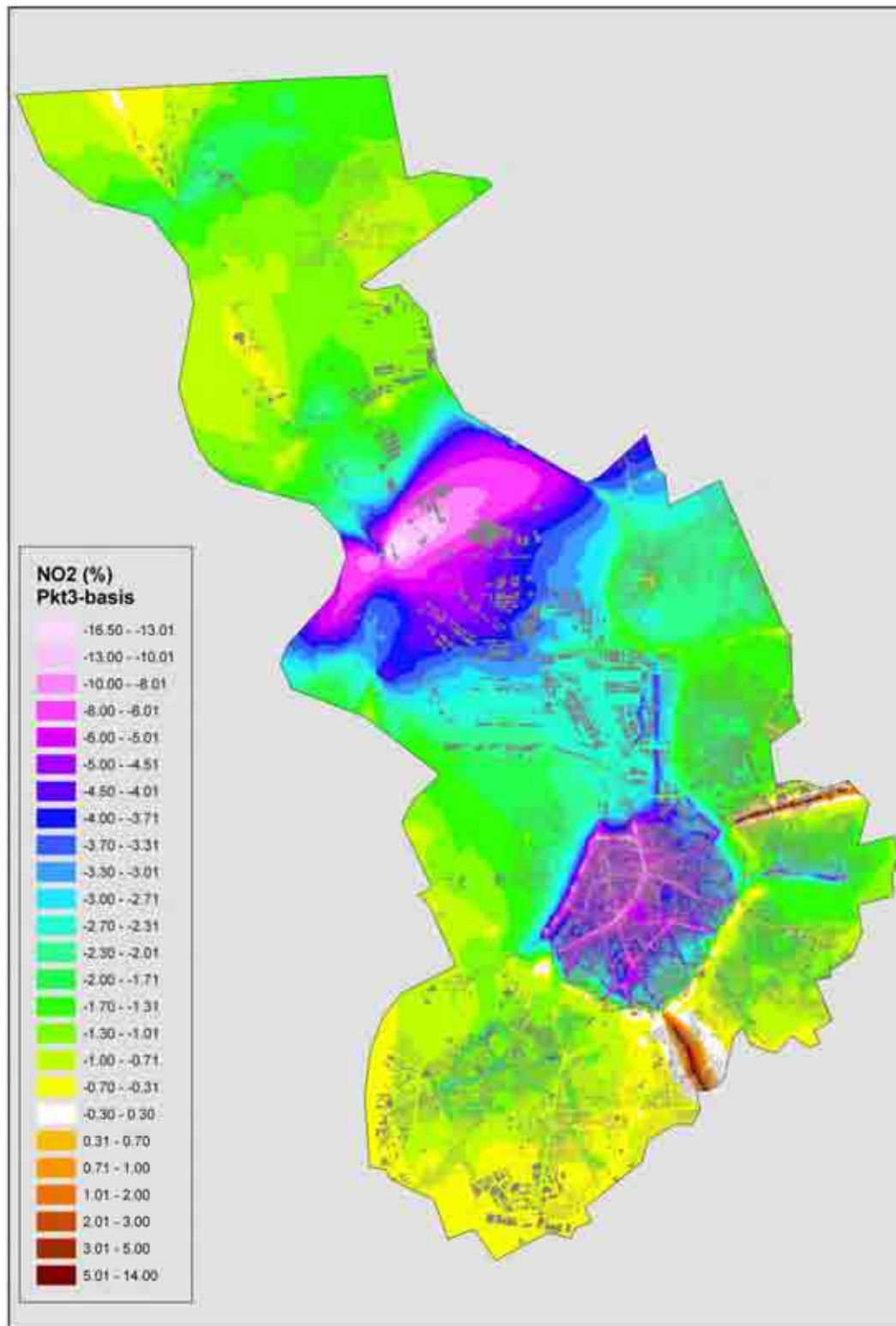
7.2.2. CONCENTRATIEBEREKENINGEN

Een belangrijke extra daling ten opzichte van maatregelenpakket 2 wordt waargenomen in de Antwerpse Haven, met dalingen in de NO_2 -concentraties tot 16% aan de westkant van het Churchilldok. In Berendrecht worden er dalingen in de NO_2 -concentraties van ongeveer 1% gesimuleerd.

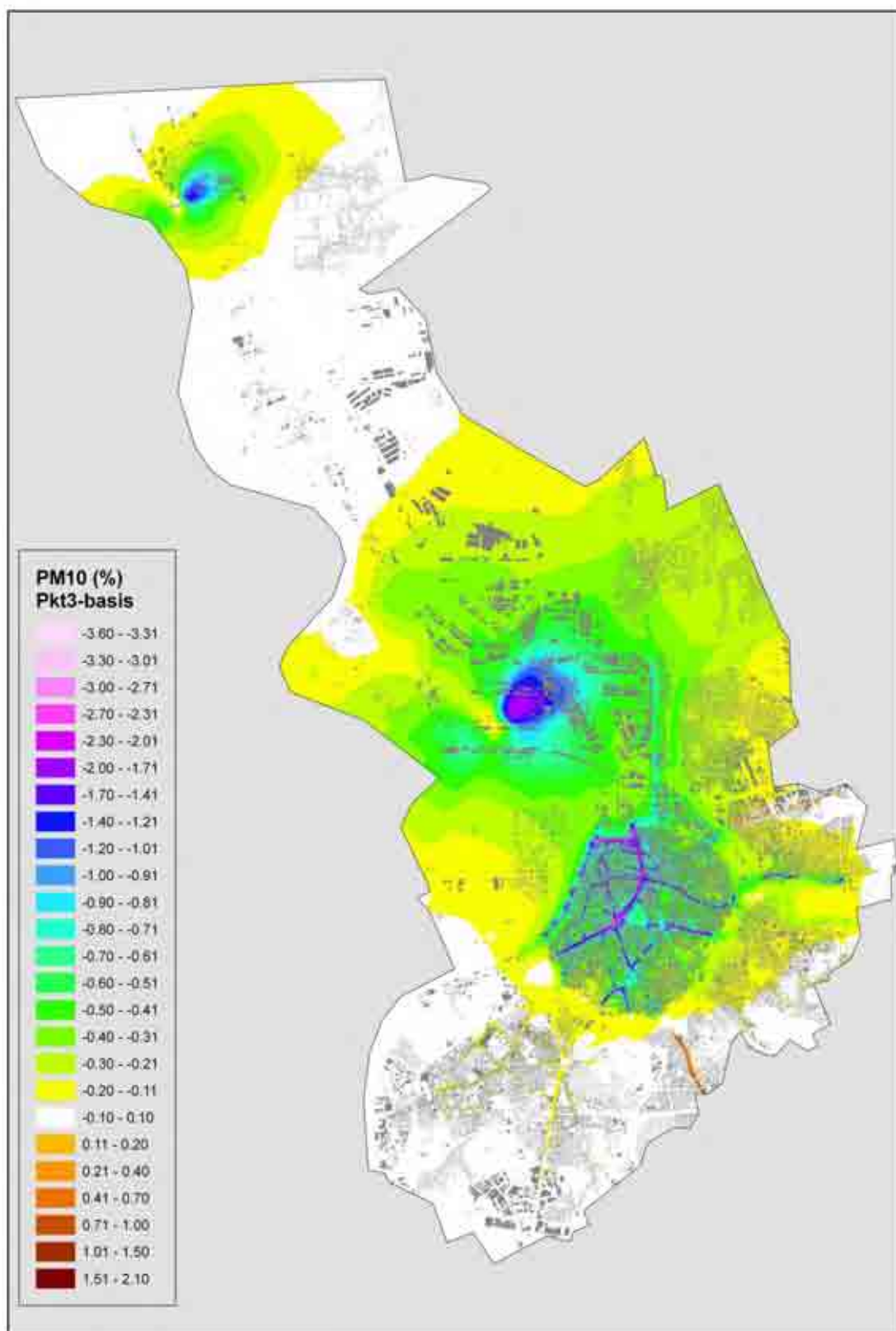
Behalve in de haven zijn de patronen in de concentratiedaling gelijk aan de patronen uit maatregelenpakket 2. Toch is er, door de significante vermindering van enkele bronnen die op grote hoogte uitstoten een verandering merkbaar in grote delen van het grondgebied Antwerpen. In Ekeren belooft die daling ongeveer 2%, in Merksem tussen 0,5 en 1%, in Deurne-Noord ongeveer 0,5%, in Borgerhout tussen 0 en 1%. In de kernstad en op linkeroever situeren de extra dalingen zich tussen de 0 en de 1,5%, waarbij geldt: hoe noordelijker, hoe sterker de daling. Elders zijn de extra dalingen klein. Gecombineerd met pakket 2 (dit wil zeggen, in vergelijking met het basisscenario) zijn de grootste veranderingen dus te vinden in de haven zelf en in de kernstad.

De PM_{10} -concentraties dalen in dit pakket ten opzichte van pakket 2 het sterkst in de haven van Antwerpen, met maximale dalingen rond de 3,5%. Net zoals voor NO_2 spreiden deze dalingen zich uit over grote delen van het grondgebied van Antwerpen, maar de effecten zijn veel kleiner (vaak enkele tienden van een procent). Iets analoogs wordt gezien voor $\text{PM}_{2,5}$, maar de effecten daar zijn iets groter. De concentratiedalingen strekken zich nu wel uit over een groot deel van het grondgebied (zowel stad als haven).

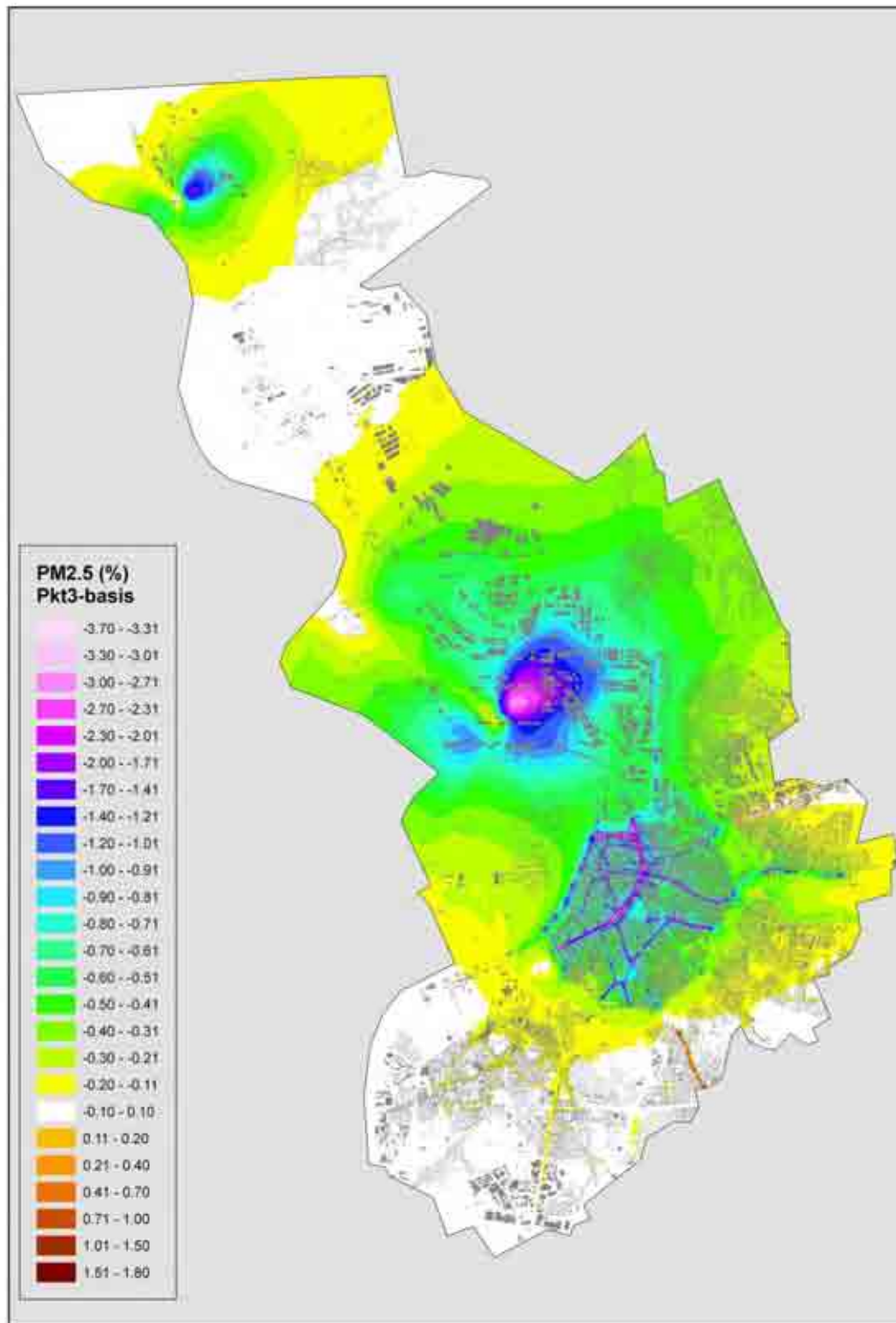
EC werd voor dit pakket niet doorgerekend aangezien er voor individuele bedrijven geen maatregelen voor EC bekend zijn.



Figuur 138 : Het verschil in NO₂-concentratie(in %) tussen het pakket 3 en het basisscenario.



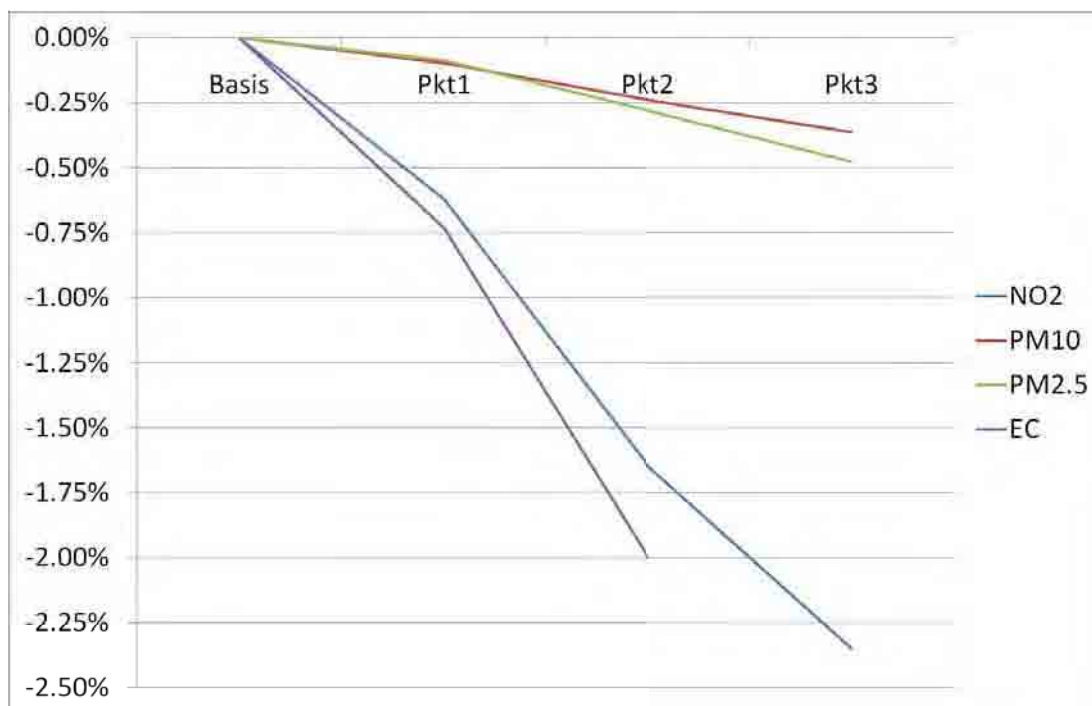
Figuur 139 : Het verschil in PM₁₀-concentratie(in %) tussen het pakket 3 en het basisscenario.



Figuur 140 : Het verschil in PM_{2.5}-concentratie(in %) tussen het pakket 3 en het basisscenario.

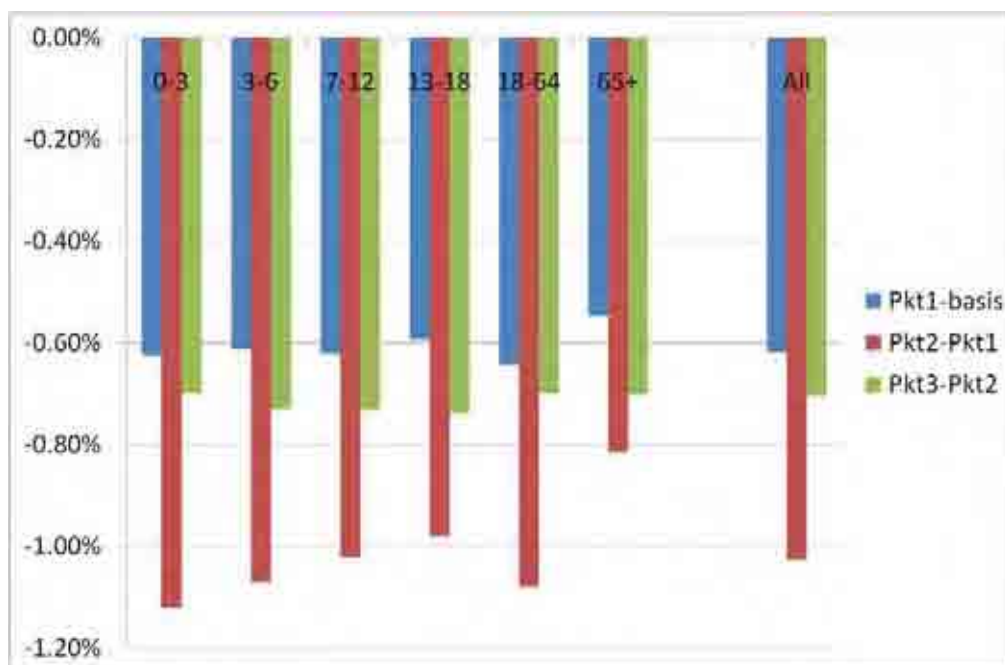
7.2.3. IMPACT IN BLOOTGESTELDEN

De verandering van blootstelling van een gemiddelde Antwerpenaar over de verschillende maatregelenpakketten heen kan gezien worden in Figuur 141. De dalingen zijn beperkt, zoals al verwacht kon worden uit de concentratiekaarten die hierboven getoond werden. Ieder bijkomend pakket creëert weliswaar een extra verminderde blootstelling. De ordegroottes van verandering liggen rond enkele tienden van een procent voor fijn stof tot maximaal enkele procenten voor NO₂ en EC.

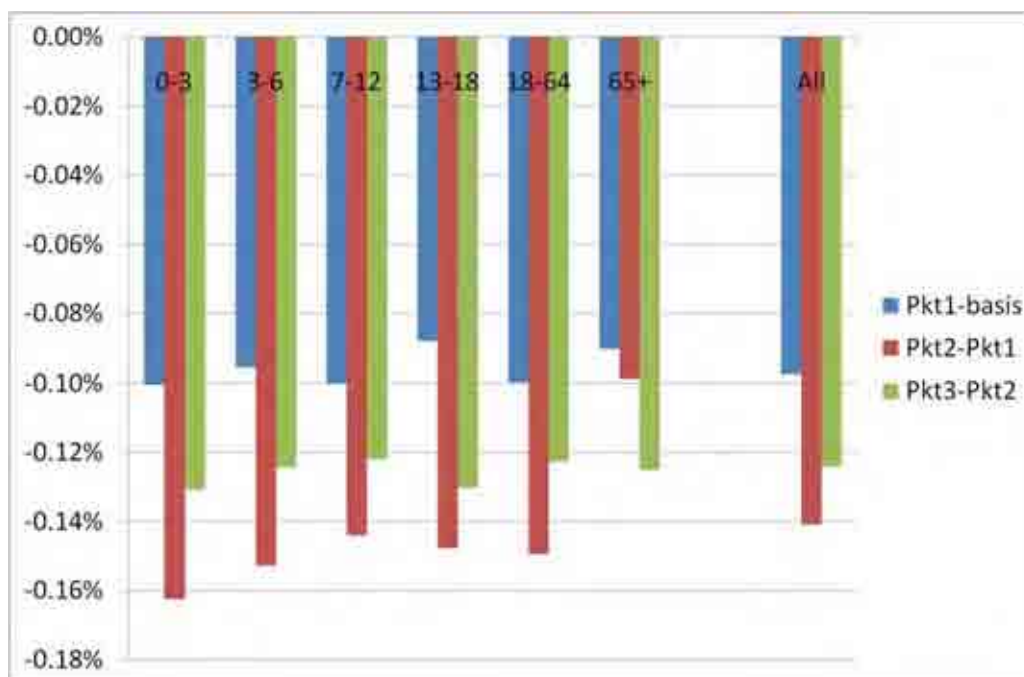


Figuur 141 : De verandering van de gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, in % van zijn blootstelling in het basisscenario, voor de verschillende polluenten.

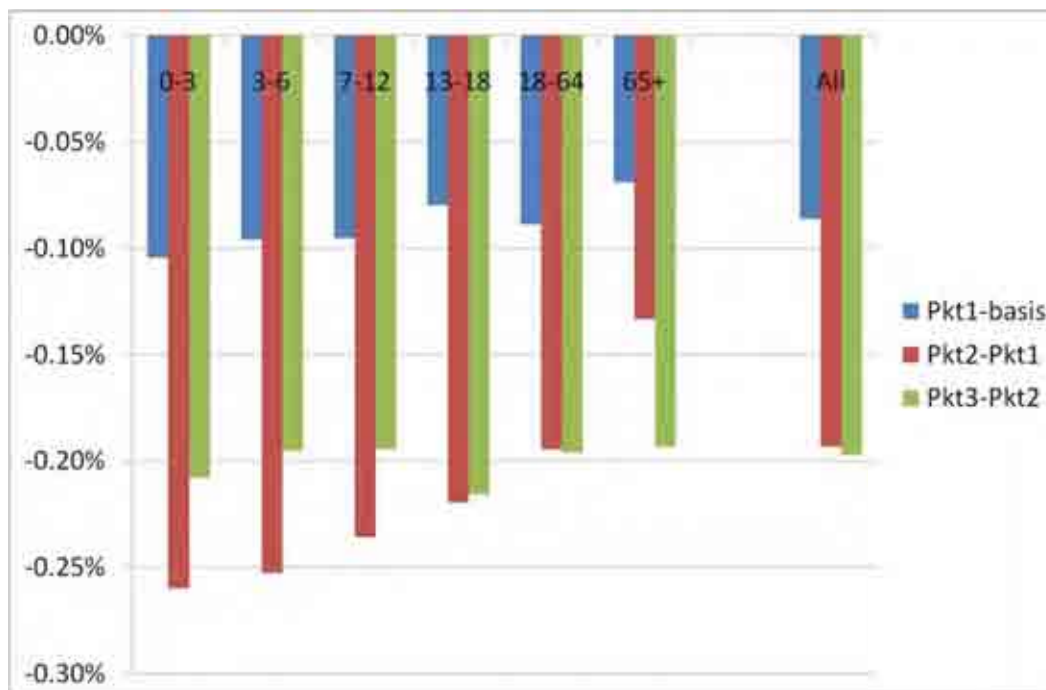
Splitsen we dit uit per leeftijdscategorie, dan krijgen we Figuur 142-Figuur 145. Opvallend is het grote verschil tussen wat gebeurt met de verschillende leeftijdscategorieën in maatregelenpakket 2. Dit komt omdat dit pakket heel sterk is binnen de kernstad, met zijn jongere bevolking en amper effect heeft buiten de kernstad. Omgekeerd is het effect van maatregelenpakket 3 op de verschillende bevolkingscategorieën heel homogeen.



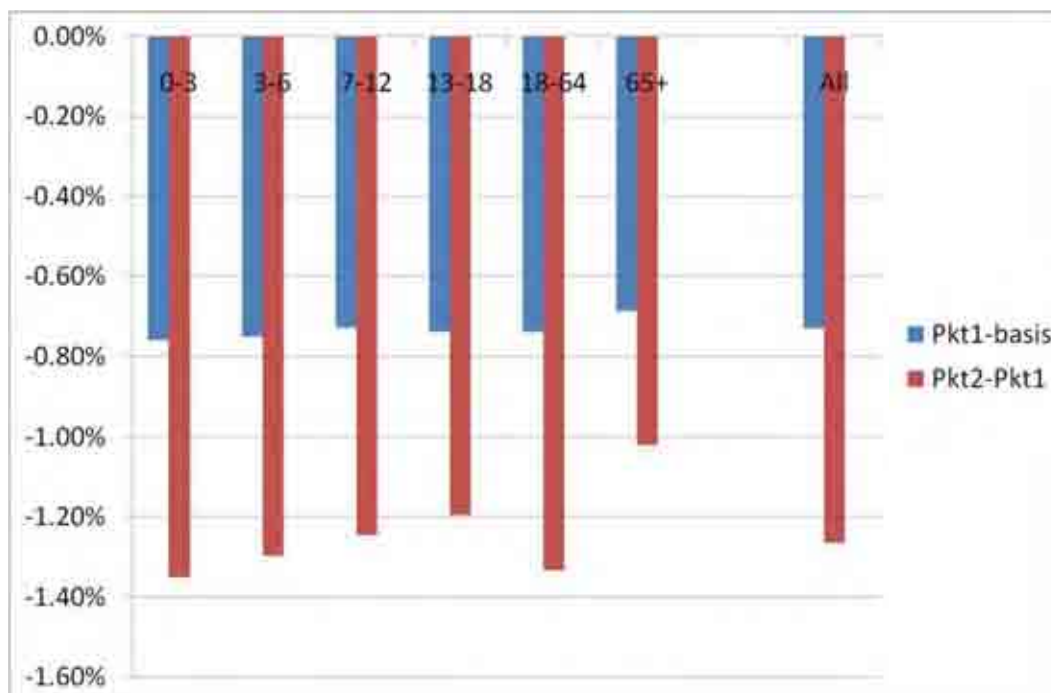
Figuur 142 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor NO₂. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken. Idem voor de groene balken, waarbij de som van de 3 kleuren het verschil aangeeft tussen pakket 3 en het basisscenario.



Figuur 143 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor PM₁₀. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken. Idem voor de groene balken, waarbij de som van de 3 kleuren het verschil aangeeft tussen pakket 3 en het basisscenario.



Figuur 144 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor PM_{2.5}. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken. Idem voor de groene balken, waarbij de som van de 3 kleuren het verschil aangeeft tussen pakket 3 en het basisscenario.



Figuur 145 : Verschil in gemiddelde blootstelling van een Antwerpenaar, per leeftijdscategorie, in % van de blootstelling in het basisscenario, voor EC. De rode balken vergelijken pakket 2 en 1, zodat het verschil tussen pakket 2 en het basisscenario gelijk is aan de som van de blauwe en de rode balken.

HOOFDSTUK 8. KOSTEN & BATEN

8.1. KOSTEN VAN DE MAATREGELENPAKKETTEN

Bepaalde kostencategorieën kunnen becijferd worden. Dit betreft vooral de kosten voor het terugdringen van geluidshinder en in het bijzonder de kostprijs van stille wegdekken. Voor de andere categorieën hebben we gekozen voor een kwalitatieve benadering die terug te vinden is in de verschillende maatregelenfiches.

8.1.1. KOSTPRIJS VAN STILLE WEGDEKKEN

Kostprijzen van bepaalde types wegdekken werden reeds bepaald in de studies van de Vlaamse actieplannen omgevingslawaaï voor de belangrijkste wegen. Dit leidde tot de volgende tabel.

Kostprijs [€/m] in functie van Wegdektype	B1 (90-120km/h) 13 m breed/rijrichting	B3 (70km/h) 6 m breed / rijrichting	B5 (50km/h) 3,5 m breed / rijrichting
SMA-C	611	216	115
SMA-D	614	214	115
Toplaag	955	372	206
AB-4C	611	216	115
ZOA	858	327	180
2-ZOA	1241	510	287
DGB	513	210	122
2-DGB	546	225	131
PB	552	228	122
ZOA op beton	1001	435	254
SMA-D op beton	757	322	188
Toplaag op beton	1098	480	280

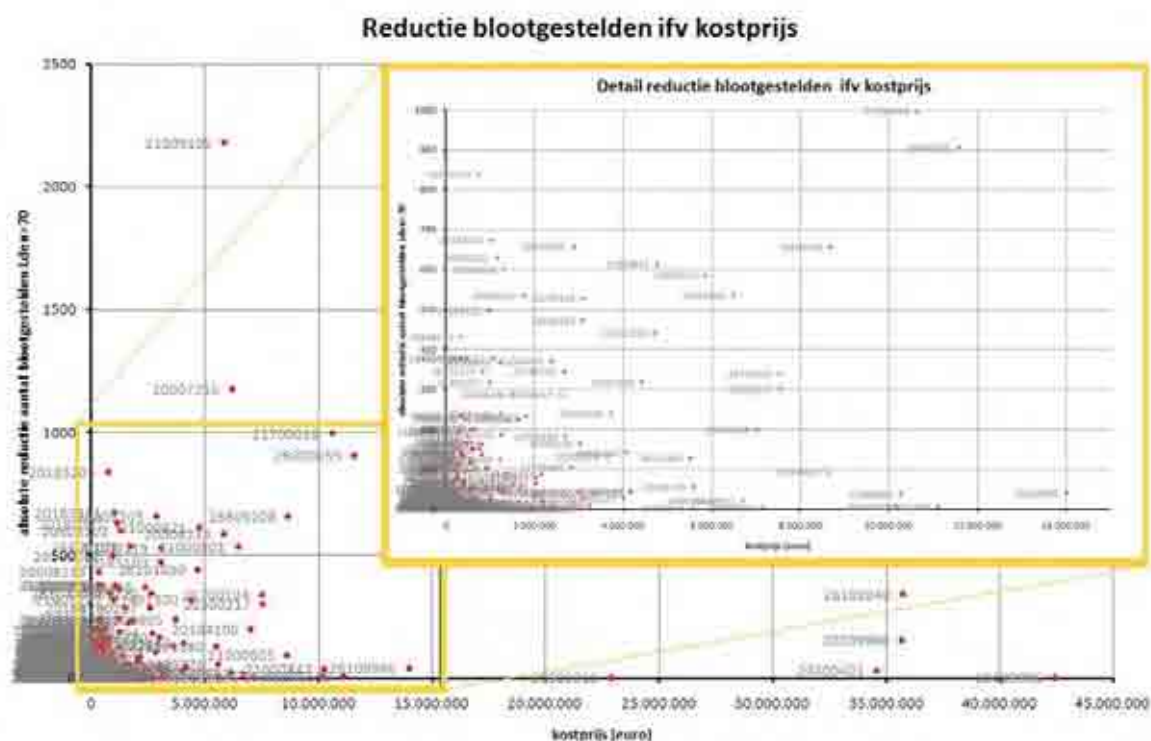
Tabel 20 : Kostprijs (/lm) voor een selectie wegdektypes

Deze tabel werd teruggerekend naar een kostprijs per m² wegdek aangezien de typische breedte van de wegen al via GIS-bewerkingen werd bepaald. Dit geeft dan de volgende kosten volgens de toegepaste beslissingstabel.

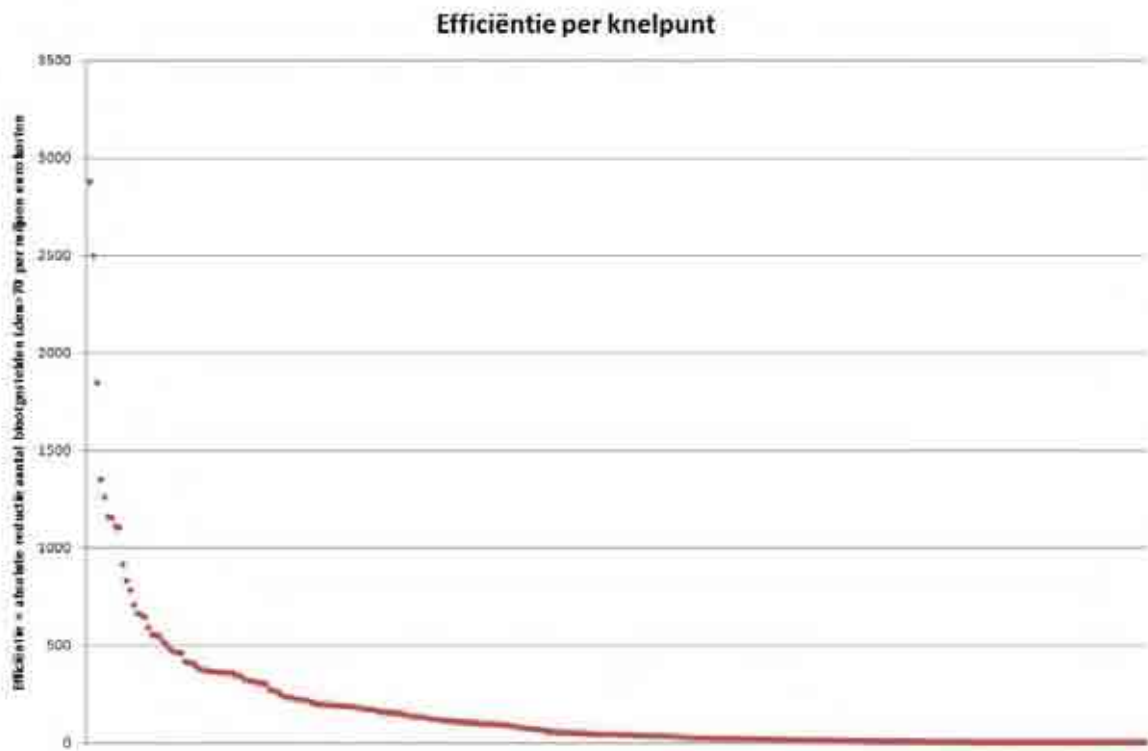
WEGDEKYPES	corr tov asfalt [dB(A)]	corr tov beton [dB(A)]	kostprijs euro/m ²
cat. asfalt SMA 0/6	-1,1	-5,1	19,1
cat. asfalt dunne deklaag A	-3	-7	32,4
cat. asfalt 2L ZOAB	-3,9	-7,9	37,0
cat. asfalt dunne deklaag B	-4,3	-8,3	40,7
cat. asfalt 2L ZOAB fijn	-5,3	-9,3	43,7

Tabel 21 : Kostprijs (/m²) voor een selectie wegdektypes

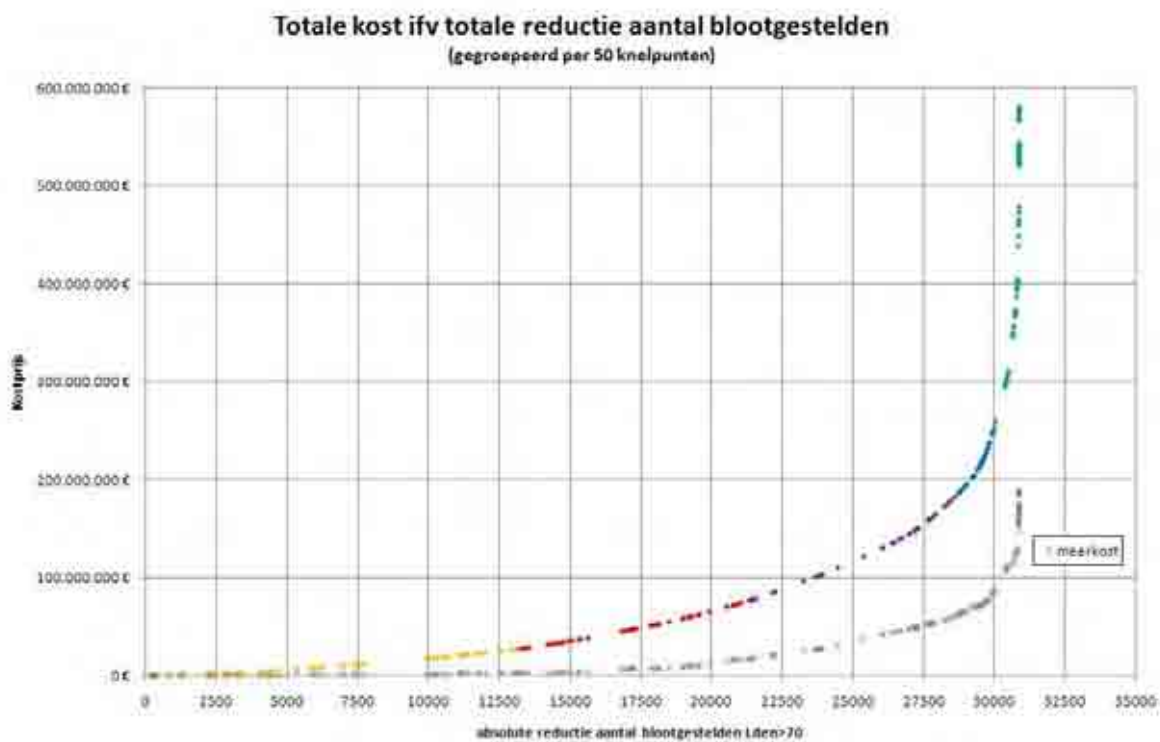
Door samenvoegen van de gekozen wegdektypes per knelpunt en bovenstaande kostprijzen per type wegdek kan men per knelpunt een berekening maken van de totale kostprijs voor dit knelpunt in verhouding tot de reductie van het aantal hoge blootgestelden. Aldus is het aanpakken van een knelpunt niet altijd even kosteneffectief. Het is opportuun om de knelpunten, zoals gedefinieerd, in een volgorde te nemen van kostenefficiëntie. Impliciet speelt hierin de lokale bevolkingsdichtheid mee een bepalende rol.



Figuur 146 : Kostprijs en reductie blootstelling per knelpunt



Figuur 147 : Kostenefficiëntie van aangepaste wegdektypes in knelpunten (knelpunten in volgorde van kostenefficiëntie)



Figuur 148 : Kosten voor het programma aangepaste wegdekken (knelpunten in volgorde van kostenefficiëntie)

Voert men een programma uit dat dit principe zou volgen dan kan men, indicatief, 80% van de hoogste blootgestelden reduceren met 20% van de totale kostprijs. Nog meer zelfs, indien men de meerkost zou uitzetten ten opzichte van de kosten bij een heraanleg in een ongewijzigd beleid, dan is deze, benaderend, 20% van de "klassieke" kostprijs.

Bij het detailleren van een actieplan geluid is het toepassen van stille wegdekken een belangrijk onderdeel. Bij de toepassing van stille wegdekken moet echter een plan gevolgd worden waarbij ten minste de volgende onderwerpen aan bod komen²⁸:

- er moet rekening gehouden worden met de achteruitgang van het geluidreducerende effect;
- er moet nagedacht worden over het opzetten van een monitoringsprogramma waarin de akoestische prestaties in de tijd worden gevolgd. Dit geeft de mogelijkheid de effectiviteit van het actieplan vast te stellen;
- het is belangrijk goed na te denken over waar stille wegdekken kunnen worden toegepast en waar niet aangezien ze dikwijls minder bestand zijn tegen hoge rem- en wringkrachten;
- extra onderhoud en kortere levensduur en daaraan gerelateerde snellere vervanging heeft tot gevolg dat de kosten van stille wegdekken hoger zijn dan van standaard dichte wegdekken.

8.1.2. ANDERE KOSTENCATEGORIEËN

Voor de andere kostencategorieën hebben we er in samenspraak met de opdrachtgever voor gekozen om een kwalitatieve omschrijving te geven van de kostencategorieën. Deze is voor elke geselecteerde maatregel opgenomen in de maatregelenfiches.

We hebben een onderscheid gemaakt tussen de kosten voor de overheid (de stad Antwerpen, de Vlaamse overheid of de federale overheid), voor de transportgebruikers, voor de bedrijven en voor de samenleving in haar geheel. We hanteren daarbij een ruim kostenbegrip: we beschouwen niet enkel de zuiver monetaire kosten, maar ook tijdskosten, kosten van gedragsaanpassing, en zo verder.

Naast deze kosten leiden sommige maatregelen ook tot baten die niet opgenomen zijn bij de milieubaten in de volgende paragraaf. In dat geval wordt er ook een kwalitatieve omschrijving gegeven van deze baten in het rapport met de gedetailleerde maatregelenlijst.

²⁸ "Een nieuwe route naar stille wegdekken", drs. ing. C.C. Tollenaar & ing. R.C.L. van Loon, M+P – raadgevende ingenieurs

8.2. MILIEUBATEN VAN DE MAATREGELENPAKKETTEN

De milieubaten kunnen worden geschat op diverse manieren. De belangrijkste zijn:

- a. "Bereidheid tot betalen (Willingness to pay)" waarbij men door bevraging tracht te weten te komen hoeveel een gezin zou willen betalen voor een geluidsreductie/betere luchtkwaliteit.
- b. "Hedonistische prijzen (Hedonic pricing)" een methode die vooral wordt gebruikt voor geluidshinder en tracht de depreciatie in te schatten van onroerend goed in functie van omgevingslawaai.
- c. "Impact pathway methode" waarbij men het verlies aan DALY's berekent op basis van de effecten van lawaai en luchtverontreiniging op gezondheid. Vervolgens wordt de impact op de DALYs vermenigvuldigd met een monetaire waarde per verloren DALY.

In deze studie bepalen we het verlies aan DALY's of Disability Adjusted Life Years, wat als input kan gebruikt worden in eventuele latere impact pathway studies.

8.2.1. LUCHT- EN GELUIDSPOLLUTIE EN HUMANE GEZONDHEID

Negatieve effecten op menselijke gezondheid die veroorzaakt worden door milieufactoren kunnen variëren van milde psychologische effecten (bv. geluidshinder), effecten op morbiditeit zoals astma tot zelfs een stijging van de mortaliteit (bv. door blootstelling aan fijn stof).

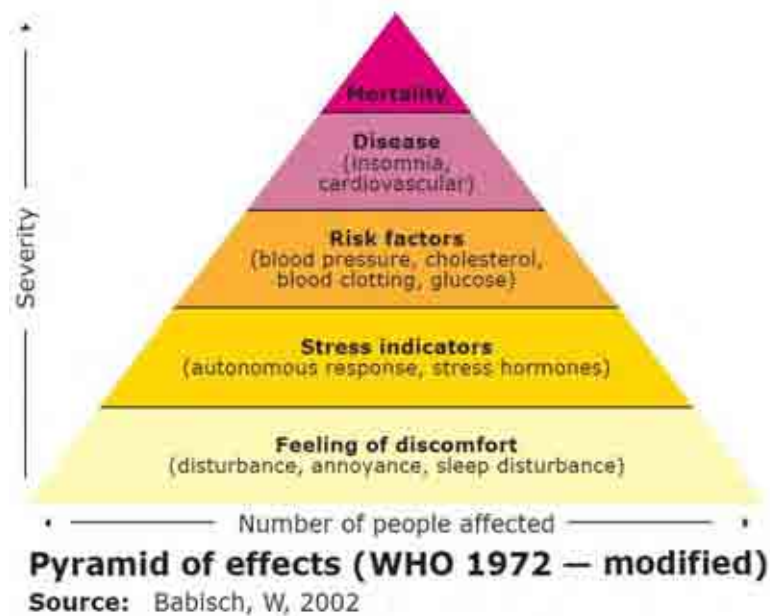
Geluidshinder

Ongewenst geluid in de woonomgeving is voor veel mensen één van de belangrijkste factoren in de beoordeling van de kwaliteit van die leefomgeving. Omgevingslawaai kan afkomstig zijn van verschillende bronnen. Veel lawaai ontstaat dicht bij huis: muziekinstallaties, bromfietsen, grasmaaiers en burenlawaai zijn vaak genoemde oorzaken van klachten. Maar ook meer permanente bronnen als wegverkeer, railverkeer, luchtvaart en industrie kunnen een grote bijdrage leveren aan de geluidbelasting van een gebied.

Teveel geluid geeft aanleiding tot milde psychologische effecten of zelfs ernstige verstoring van het levensritme. Zo geeft slaapverstoring een hoger risico op hartinfarct/beroerte, oververmoeidheid, angst, depressie,

Luchtkwaliteit

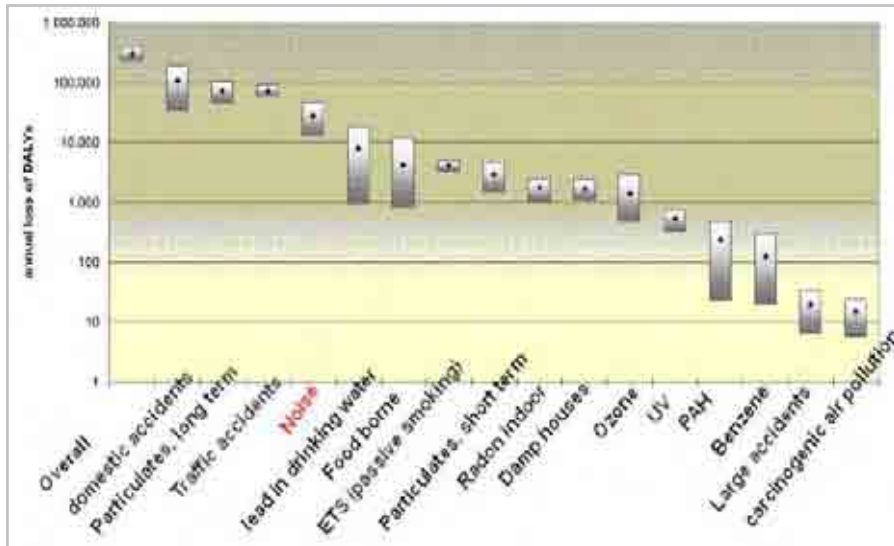
Verhoogde concentraties van luchtverontreinigende stoffen hebben een negatieve invloed op de volksgezondheid. Bij langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging kan dit uiteindelijk leiden tot vervroegde sterfte. Het is vooral de deeltjesvormige luchtverontreiniging die de levensverwachting verlaagt, want de ontwikkeling van de longcapaciteit wordt bijvoorbeeld beïnvloed door fijn stof. Dat kan effecten hebben op morbiditeit zoals astma tot zelfs een stijging van de mortaliteit (bv. door blootstelling aan fijn stof) veroorzaken. Het verkeer speelt hierbij een belangrijke rol.



Figuur 149 : Piramide van gezondheidseffecten

Deze effecten verschillen sterk in aantal vastgestelde gevallen, ernst en tijdsduur, wat het moeilijk maakt om ze te vergelijken en bijgevolg prioriteiten te stellen in onderzoeksprogramma's en beleid. Een manier om dergelijke vergelijking van gezondheidseffecten, veroorzaakt door verscheidene milieufactoren te maken, is door ze uit te drukken in eenzelfde eenheid. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast bij de berekening van Disability Adjusted Life Years. DALY's combineren informatie over de kwaliteit en de kwantiteit van het leven. Ze geven een indicatie over het potentieel aantal verloren gezonde levensjaren in een blootgestelde populatie door vroegtijdig overlijden of morbiditeit, waarbij deze laatste gewogen wordt volgens de ernst van het effect.

De volgende figuur toont voor verschillende oorzaken het aantal DALY's. Hieruit is duidelijk op te maken dat zowel fijn stof (Particulates, long term) als geluidsoverlast (Noise) belangrijke parameters zijn. Ook valt op dat in termen van DALY's dat verkeersgerelateerde parameters (zoals de 2 vermelde parameters en de parameter *Traffic accidents*) zeer hoog scoren in vergelijking met andere milieurisico's uit deze grafiek.



Figuur 150 : DALY's in functie van aard van blootstelling in Nederland (de Hollander, 2004).

8.2.2. GELUIDSPOLLUTIE

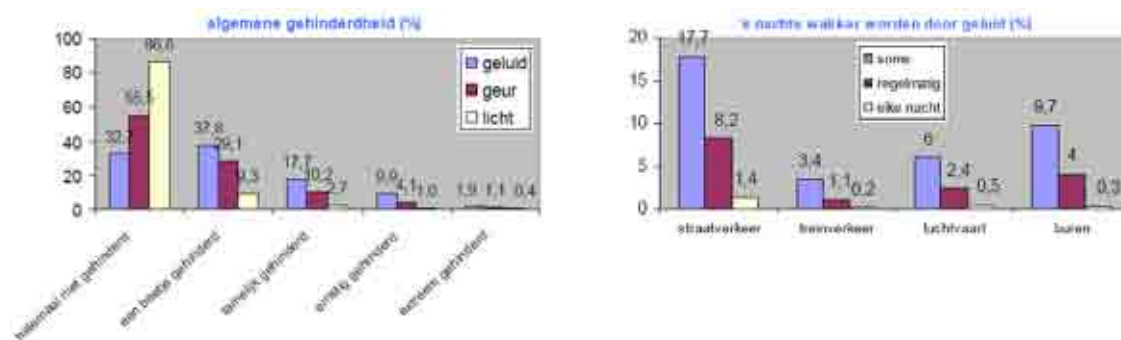
Geluid afkomstig van weg-, spoorweg- en luchtverkeer treft een groot aantal mensen. Blootstelling aan geluid afkomstig van transport kan zowel ergernis als slaapstoornissen veroorzaken, mogelijk leidend tot hoge bloeddruk en een stijgende incidentie van hartinfarcten (WHO 2000; Miedema & Vos, 2007; Babisch 2006; Babisch & Kamp, 2009). Door de economische waarde van transport blijft de blootstelling aan geluid stijgen ondanks de vooruitgang in technologie.

De eindpunten die in deze studie beschouwd werden, zijn: sterke hinder door wegtransport, sterke slaapverstoring door wegtransport, hypertensie bij +15 jarigen, myocardiaal infarct met/zonder dood tot gevolg bij +15 jarigen. Alle eindpunten en 'dosis-effect'-curves rond geluid en gezondheidseffecten zijn gebaseerd op de onlangs gepubliceerde "Good practice guide on noise exposure and potential health effects" door het European Environment Agency (EEA) (EEA, European Environmental Agency, Babisch et al., 2010).

Uit de eerste rapportering (2007-2008) van de Europese 'Environmental Noise Directive' (END, 2002/49/EC) kan de blootstelling aan geluid afgeleid worden voor agglomeraties in verschillende EU landen. Naast directe negatieve effecten op de menselijke gezondheid veroorzaakt geluidslast ook veel hinder die door de bevolking als heel storend wordt beoordeeld.

Volgens de resultaten van een hinderenquête²⁹ is bijna 1 op 3 Vlamingen tamelijk tot extreem gehinderd door geluid, meer dan geur of licht. Ernstige hinder door geluidsoverlast is ongeveer twee maal zo groot als deze van geur. Het geluid is hierbij vooral afkomstig van wegverkeer.

²⁹ Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO-1) van 2004, hinderenquête uitgevoerd door het Vlaams Gewest, departement leefmilieu, natuur en energie.



Figuur 151 : Hinder in Vlaanderen volgens enquête

Het aantal mensen dat hinder ondervindt door wegtransport en het aantal mensen dat lijdt aan slaapstoornissen, kan rechtstreeks berekend worden uit de voorziene 'dosis-effect'-curves. Bij de berekening van het aantal mensen dat lijdt aan hoge bloeddruk door blootstelling aan geluid, wordt uitgegaan van een odds ratio³⁰ van 1,13 per 10 dB(A). Bij de berekening van het aantal mensen dat getroffen wordt door een myocardiaal infarct is de odds ratio afhankelijk van het geluidsniveau gedurende de dag ($L_{day,16h}$) en varieert tussen 1,005 en 1,6. Aangezien bij de laatst genoemde eindpunten (hypertensie, myocardiaal infarct) uitgegaan wordt van een odds ratio, zijn er incidentiecijfers nodig voor de berekening van het attributieve aantal gevallen bij een bepaald geluidsniveau. Uit de jongste statistieken van de federale gezondheidsenquête blijkt dat 13% van de volwassen bevolking (15 jaar en ouder) lijdt aan een te hoge bloeddruk. Het aantal sterfgevallen na een myocardiaal infarct was gelijk aan 3 374 in Vlaanderen in 2008 (cijfers Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid). Op basis van data van Capet & van Oyen (2001) werd een letaliteitscijfer van 10% aangenomen na myocardiaal infarct. Om het aantal attributieve gevallen boven de achtergrond te berekenen, moeten incidentiecijfers toegekend worden aan een zeker geluidsniveau. Aangezien het niet duidelijk is bij welke geluidsniveaus de incidentiecijfers horen, werd een aantal berekeningen gedaan om deze variatie in rekening te brengen. Dit toonde aan dat het verschil tussen de mogelijke benaderingen niet al te groot was. Daarna werd besloten aan alle geluidsniveaus dezelfde incidentie toe te kennen. Verder zijn ook de gewichtsfactoren (disability weights) om de verschillende eindpunten te kunnen afwegen ten opzichte van elkaar, gebaseerd op het rapport van het Europees Milieu Agentschap. De duur van de hinder na een myocardiaal infarct zonder overlijden werd gelijk gesteld aan 3 maanden (Singapore burden of disease study, 2004). De gemiddelde leeftijd van mensen die een hartinfarct krijgen is gelijk aan +/-60 jaar (Presles, 2004).

In Bijlage K worden de toegepaste gewichten en blootstellingsklassen van geluid weergegeven.

8.2.3. LUCHT VERONTREINIGING DOOR FIJN STOF (PM: PARTICULATE MATTER)

Blootstelling aan luchtverontreiniging met fijn stof is geassocieerd met ademhaling- en cardiovasculaire effecten en een stijging van de mortaliteit (Pope and Dockery, 2006; WHO, 2006).

³⁰ De odds ratio is de verhouding van de kans op ziekte bij blootstelling aan het te onderzoeken fenomeen ten opzichte van de kans op ziekte zonder blootstelling aan het te onderzoeken fenomeen.

Toch blijven verschillende aspecten onopgehelderd: welke deeltjes veroorzaken welke effecten?; wat is de invloed van het aantal ultrafijne partikels (UFP)?

De berekeningen van het aantal DALY's gerelateerd met de blootstelling aan fijn stof zijn conform de recente Europese projecten (CAFE, Clean Air for Europe, 2005; NEEDS, 2007) en kunnen voor Vlaanderen teruggevonden worden in Milieuverkenning 2030 (Van Steertegem, 2009). Er werd een onderscheid gemaakt tussen lange en korte termijneffecten en dit zowel voor PM₁₀ (deeltjes met aerodynamische diameter < 10 µm) als PM_{2,5} (deeltjes met aerodynamische diameter < 2,5 µm). Voor fijn stof werden twee gezondheidseffecten op lange termijn bekeken, namelijk:

- nieuwe gevallen van chronische bronchitis door langdurige blootstelling aan PM₁₀;
- vervroegde sterfte door chronische blootstelling aan PM_{2,5} (relatief grootste impact).

De onderzochte gezondheidseffecten op korte termijn ten gevolge van blootstelling aan PM₁₀ zijn:

- sterfte bij baby's;
- hospitalisaties wegens ademhalings- en hartproblemen;
- gebruik van bronchodilatoren door kinderen en volwassenen;
- problemen met de lagere luchtwegen bij kinderen en volwassenen.

De onderzochte korte termijneffecten te wijten aan blootstelling aan PM_{2,5} zijn:

- dagen met verminderde activiteit (Restricted Activity Days);
- dagen met licht verminderde activiteit (Minor Restricted Activity Days);
- en dagen verloren door afwezigheid op het werk (Work Loss Days).

8.2.4. OPMERKINGEN BIJ DE DALY BEREKENINGEN

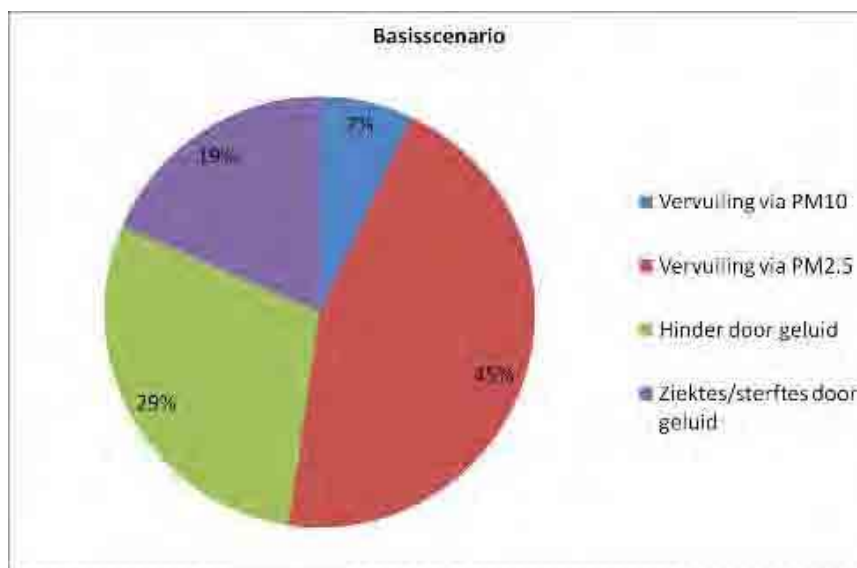
Gezondheidseffecten worden hier enkel gecorreleerd met blootstelling aan fijn stof en geluid, terwijl in realiteit tal van andere factoren (o.a. roken, genetische aanleg, voeding, etc.) kunnen bijdragen (multicausaliteit). Om die reden kan er geen absolute interpretatie gegeven worden aan de getallen. Een andere reden waarom DALY's niet absoluut kunnen geïnterpreteerd worden, is dat er een dubbeltelling kan zijn van het aantal attributieve gevallen; bijvoorbeeld voor dagen met verminderde activiteit en licht verminderde activiteit. Hoewel, comorbiditeit moet gerelativeerd worden aangezien de grootste impact van fijn stof geassocieerd is met mortaliteit na chronische blootstelling aan PM_{2,5} (85%). In het algemeen is een DALY een ruwe indicator voor gezondheidseffecten en wordt deze relatief beschouwd in bijvoorbeeld verschillende scenario's.

Verder moet ook opgemerkt worden dat DALY's geen onderscheid maken tussen de verschillende soorten fijn stof. Er zijn aanwijzingen (Hoek et al., 2002; Gaudermann et al., 2007; Mills et al., 2007; Dijkema et al., 2008; Patel et al., 2009; Lefebvre et al., 2011) dat bepaalde onderdelen van fijn stof, in het bijzonder EC, een grotere impact hebben op de volksgezondheid dan andere. Er zijn echter nog geen 'dosis-respons'-functies voor EC opgesteld. Het resultaat is dat het geschatte effect van de pakketten op de DALY's voor luchtvervuiling waarschijnlijk een onderschatting is. Het belang van chemische karakterisatie van fijn stof mag dus ook niet vergeten worden.

8.3. RESULTATEN DALY'S

8.3.1. BASISSCENARIO

Zoals hierboven vermeld moeten alle cijfers hieronder als indicatief beschouwd worden. Zij geven een grootteorde aan en zijn vooral interessant wanneer vergelijkingen tussen scenario's gemaakt worden. In het basisscenario bekomen we 7 088 DALY's voor luchtvervuiling door fijn stof en 6 456 DALY's voor geluid. In totaal zijn er dus 13 545 DALY's, getotaliseerd over de volledige Stad Antwerpen. Rekening houdend met een gemiddelde levensverwachting van 80,4 jaar (http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/bevolking/sterfte_leven/tafels/index.jsp) en het aantal inwoners binnen de Stad Antwerpen resulteert dit in een gemiddeld verlies in gezonde levenstijd per Antwerpenaar van 836 dagen dat overeenkomt met 27,5 maand (= 2 jaar en 106 dagen). Hiervan zijn 438 dagen (52%) veroorzaakt door luchtvervuiling (7% PM₁₀ + 45% PM_{2,5}) en 399 dagen (48%) door geluid (29% door geluidshinder + 19% door ziektes/sterftes ten gevolge van geluid).



Figuur 152 : De verdeling van de DALY's over de verschillende categorieën.

Eindpunten	Polluent Geluids- grootheid	DALY's						
		Basis	Pkt1	Pkt2	Pkt3	Pkt1- basis	Pkt2- basis	Pkt3- basis
Nieuwe gevallen chronische bronchitis	PM ₁₀	670	669	668	668			
Mortaliteit volwassenen na chronische blootstelling	PM _{2,5}	6122	6117	6106	6094			
Mortaliteit baby's	PM ₁₀	246	246	245	245			
Hospitalisaties wegens ademhalingsproblemen	PM ₁₀	2	2	2	2			
Hospitalisaties wegen hartproblemen	PM ₁₀	2	2	2	2			
Gebruik bronchodilatoren door kinderen	PM ₁₀	0	0	0	0			
Gebruik bronchodilatoren door volwassenen	PM ₁₀	13	13	13	13			
Symptoomdagen wegens problemen met lagere luchtwegen voor kinderen	PM ₁₀	8	8	8	8			
Symptoomdagen wegens problemen met lagere luchtwegen voor volwassenen	PM ₁₀	11	11	11	11			
Dagen met verminderde activiteit (RAD)	PM _{2,5}	8	8	8	8			
Dagen met licht verminderde activiteit (MRAD)	PM _{2,5}	5	5	5	5			
Dagen verloren door absentieïsme op het werk (WLD)	PM _{2,5}	2	2	2	2			
Sterke Irritatie (annoyance) door wegtransport	L _{den}	1438	1180	1155	1155			
Sterke slaap verstoring door wegtransport	L _{night}	2513	2169	2132	2132			
Verhoogde bloeddruk (hypertension) bij +15 jarigen range 50-70 dB/threshold of 50 dB	L _{den}	2329	1999	1955	1955			
Myocardinfarct (Myocardial infarction) acuut +15 jarigen zonder overlijden	L _{day,16h}	8	5	5	5			
Dood na myocardialinfarct	L _{day,16h}	167	100	96	96			
	Vervuiling	7088	7082	7070	7057	-0,1%	-0,3%	-0,4%
	Geluid	6456	5453	5343	5343	-15,5%	-17,2%	-17,2%
	Som	13545	12535	12413	12400	-7,5%	-8,4%	-8,5%

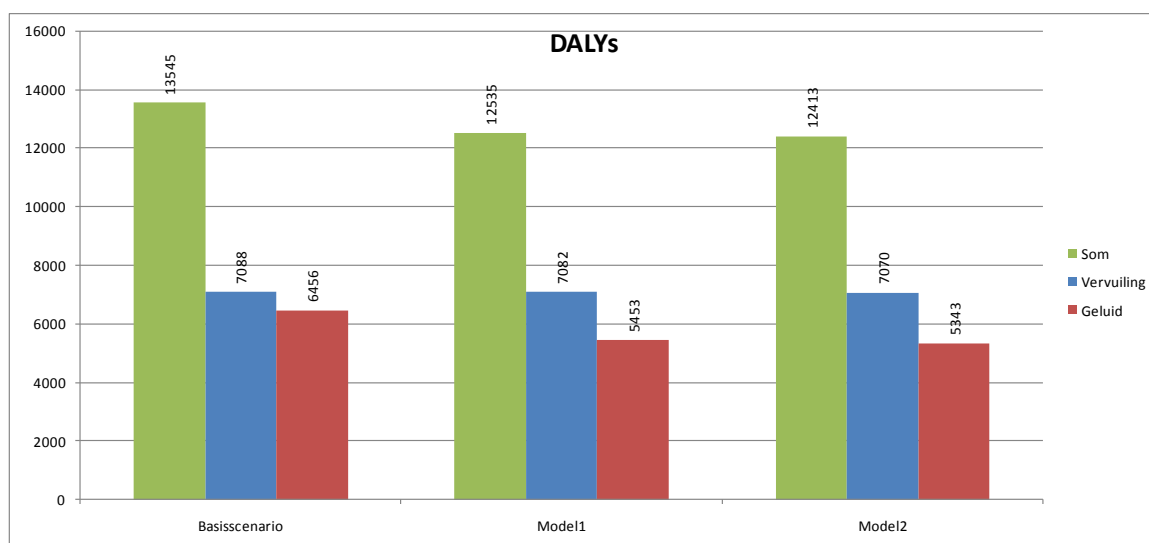
Tabel 22 : DALY-berekeningen. In de laatste drie kolommen staan de verschillen (in %) tussen de pakketten en het basisscenario.

8.3.2. CONCLUSIE

Zoals gezien in de voorgaande hoofdstukken is de daling in blootstelling aan geluid veel groter dan de daling in blootstelling aan vervuiling. Daardoor is er ook automatisch een groter effect te zien van de maatregelpakketten in de DALY's die te maken hebben met geluid dan met luchtvervuiling.

Zoals gezien kan worden in Tabel 22 dalen de DALY's respectievelijk met 7,5%, 8,4% en 8,5% in pakket 1, 2 en 3 ten opzichte van het basisscenario. Bij geluid is de grootste daling te vinden bij het invoeren van pakket 1, bij luchtvervuiling in pakket 2 en pakket 3, maar voor luchtvervuiling zijn deze dalingen niet zo groot.

Voor de DALYs ten gevolge van geluid merkt men ook duidelijk dat de bijdragen van de hoogste blootstellingen weggedrongen zijn naar een lager geluidsniveau. Dit resulteert in een, bij benadering, 20% vermindering van het aantal DALY's door toepassing van de genomen maatregelen. Dit wil zeggen dat men gemiddeld 70 extra gezonde dagen krijgt in het leven.



Figuur 153 : DALY's (totaal) voor de bestaande toestand en na toepassing van maatregelen

De overeenkomstige veranderingen in gemiddelde levensduur zijn te vinden in Tabel 23.

	Pkt1-basis	Pkt2-basis	Pkt3-basis
Vervuiling (in dag/persoon)	0,4	1,1	1,9
Geluid (in dag/persoon)	62,0	68,7	68,7
Som (in dag/persoon)	62,3	69,8	70,7

Tabel 23 : Aantal dagen verlenging van de levensduur van een gemiddelde Antwerpenaar bij de invoering van de verschillende maatregelpakketten.

HOOFDSTUK 9. BESLUIT

Vandaag is het niet vanzelfsprekend dat een gemeenschap samen streeft naar een zo goed mogelijke leefkwaliteit voor elke burger. Die wordt in belangrijke mate bepaald door een goede luchtkwaliteit en de afwezigheid van overmatige geluidshinder. Niet alleen zijn beide problemen storend maar ze leiden ook tot kwalijke gezondheidseffecten.

Het is vooral in binnenstedelijke omgevingen dat de lucht een slechtere kwaliteit heeft en het lawaai sterker is. Dit is voor een deel te wijten aan het verkeer dat vanwege de hogere woondichtheid ook navenant hoger is. De lucht- en geluidskaarten in deze studie geven duidelijk de impact op de bevolking aan. Op basis van deze kaarten werden knelpunten gedefinieerd die de meeste hinder lokaliseren. Een lijst van maatregelen werd opgesteld en geëvalueerd.

Voor geluid werd beslist om in eerste instantie te kijken naar de plaatsen waar veel mensen een te hoge geluidsbelasting ervaren. Deze mensen zijn grotendeels terug te vinden aan de belangrijkste invalswegen. De identificatie van de belangrijkste knelpunten en de te nemen maatregelen maken deel uit van een te beslissen globaal beleid. Dit beleid kan afgestemd worden op gebiedstypologieën met aangepaste ambities. Ook de fasering en gebruikte middelen moeten beslist en toegekend worden.

Voor lucht wordt er voor een globalere aanpak gekozen. Om de voorgeschreven Europese normen te halen, zijn we sterk afhankelijk van internationaal en nationaal beleid, maar ook maatregelen in de stad kunnen de kwaliteit van de lucht beïnvloeden. Op het gebied van de luchtkwaliteit zijn de veranderingen klein, met dalingen van maximaal enkele procenten voor NO_2 en EC en enkele tienden van procenten voor PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$. Daarnaast mag de impact van een stad als Antwerpen in een sensibiliserende rol voor luchtkwaliteitsmaatregelen niet onderschat worden, die verder kan reiken dan de stad alleen.

Een belangrijke rol binnen de maatregelenpakketten is weggelegd voor verkeer. Verkeer is onmisbaar voor een stad, maar de uitstoot van schadelijke stoffen en het produceren geluid moet fors worden terug gedrongen. De impact van het verkeer heeft te maken met het type vervoer, het aantal (of de intensiteit), de snelheid, de afstand tot de gevel en het type wegdek. Op de meeste van deze parameters kan worden ingegrepen. Zo kan men lokaal het vrachtvervoer weren of beperkt toelaten indien minder luidruchtig. In specifieke zones kan men de snelheid reduceren. Dit is ook opportuun op bepaalde knelpunten. Daarenboven zal in bepaalde zones door ontmoediging van het autoverkeer het openbaar vervoer gestimuleerd worden. Het meest aan te raden is de premetro, daarna de tram en finaal de bus. In dit laatste geval spreken we uiteraard over stillere bussen. Het ontmoedigen van het autoverkeer kan voor een deel door specifieke circulatiemaatregelen in wijken en bij uitbreiding voor de stad binnen ring.

Op een totaal van bijna een half miljoen inwoners ervaren 13%, dat is ongeveer 65 000 mensen, een geluidsbelasting boven 70 dB(A). Door toepassing van de maatregelen kan men deze groep met ongeveer 60% reduceren. Hierbij is een aangepast wegdekkenbeleid een essentieel onderdeel. Geen gelegenheid mag voorbij gaan om een aangepaste keuze te maken betreffende het type wegdek. Ook bij een herinrichting is een akoestische evaluatie van de wegindeling aan de orde. In laatste instantie kan, op die plaatsen met hoge geluidsbelasting, een steun voorzien worden voor het verbeteren van de akoestische gevelisolatie. Bij vernieuwbouw of nieuwe woonontwikkelingen moet een verhoogde gevelisolatie opgelegd worden met aandacht voor de aanwezigheid van een stille gevel.

Twee maatregelen die wel een duidelijke impact hebben op de luchtkwaliteit zijn een low emission zone (LEZ) en/of een congestion charge (CC). Door de LEZ mogen oudere types voertuigen de zone tussen Ring en Schelde niet meer binnen, door de congestion charge moet ieder motorvoertuig dat die zone binnenkomt daarvoor ook betalen. De verkeersemisies binnen de LEZ-zone dalen in totaal tussen de 9 en de 18%. Dit resulteert in dalingen in de NO₂- en de EC-concentraties ten opzichte van het basisscenario van enkele procenten binnen de zone tot meer dan 15% in bepaalde street canyons. Vooral binnen de kernstad zone zijn de dalingen de dalingen groot. Deze maatregelen zouden vooral een impact hebben op de jongste bevolkingsgroepen, aangezien zij relatief meer woonachtig zijn binnen de kernstad.

Tenslotte zijn voor pakket 3 enkele industriële maatregelen doorgerekend. Die wegen voor de luchtkwaliteit relatief zwaar door op een groot gedeelte van de oppervlakte. Ook hier is een overkoepelend beleid in samenwerking met het Gemeentelijke Havenbedrijf Antwerpen en de Vlaamse overheid aangewezen.

Om de lucht- en geluidshinderproblematiek aan te pakken, staat de stad Antwerpen voor enorme uitdagingen. De doorgerekende scenario's bewijzen echter dat een gericht beleid zelfs op korte termijn tot mooie resultaten kan leiden. Op deze manier wordt de stad aangenamer en aantrekkelijker om in te wonen. Deze aantrekkingskracht komt de leefbaarheid ten goede en mindert het pendelverkeer. Openbaar vervoer en fietsgebruik zijn zeer toegankelijk.

LITERATUURLIJST

Babisch W., 2006. Transportation noise and cardiovascular risk: Review and synthesis of epidemiological studies, exposure-response curve and risk estimation. WaBoLu-Hefte; 01/06, Umweltbundesamt, Berlin.

Babisch W., Kamp, I., 2009. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health*, 11:161-168.

Babisch W., Dutilleul G., Paviotti M., Backman A., Gergely B., McManus B., Coelho Bento L., Hinton J., Kephelopoulou S., van den Berg M., Licitra G., Rasmussen S., Blanes N., Nugent C., de Vos P., Bloomfield A., 2010. Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA, Copenhagen. Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise..>

CAFE 2005. Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact Assessment. Hurley F., Hunt A., Cowie H., Holland M., Miller B., Pye S., Watkiss P. http://ec.europa.eu/environment/archives/air/cafe/pdf/cba_methodology_vol2.pdf

Capet F. & van Oyen H., 2001. Ischemische hartaandoeningen – Huidige toestand en aanbreng voor een gezondheidsbeleid. IPH/EPI reports nr. 2001 – 014 pp 50.

Deutsch F., Mensink C., Vankerkom J. and Janssen L., 2008a. Application and validation of a comprehensive model for PM10 and PM2,5 concentrations in Belgium and Europe, *Applied Mathematical Modeling*, 32, 1501-1510.

Deutsch F., Janssen L., Vankerkom J., Lefebvre F., Mensink C., Fierens F., Dumont G., Roekens E., 2008b. Modeling changes of aerosol compositions over Belgium and Europe, *Int. J. of Environment and Pollution*, 32, 162-173.

Deutsch F., Viaene P., Janssen S., Maes J., Vankerkom J., Janssen L., Vliegen J., Peelaerts W., Mensink C., 2009. Validation of the completely renewed BeEUROS model, Final report for project by order of the Flemish Environment Agency (in Dutch).

Deutsch F., Veldeman N., Vankerkom J., Peelaerts W., Buekers J., Torfs R., Fierens F., Vanpoucke C., Trimpeneers E., Vancraeynest L., Bossuyt M. (2010), Zwevend stof en fotochemische luchtverontreiniging. Visionair scenario Milieuverkenning 2030, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/09, VITO.

Dijkema M.B.A., van der Zee S.C., Brunekreef B., van Strien R.T., 2008. Air quality effects of an urban highway speed limit reduction, *Atmospheric Environment*, 42, 9098-9105, doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.039.

Gauderman W.J., Vora H., McConnell R., Berhane K., Gilliland F., Thomas D., Lurmann F., Avol E., Kunzli N., Jerrett M., Peters J., 2007. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet*. 369:571–577.

Hoek G., Brunekreef B., Goldbohm S., Fischer P. and van den Brandt P.A., 2002. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study, *the Lancet*, 360, 1203-1209.

Hollander, A.E.M. de, 2004. Assessing and evaluating the health impact of environmental exposures, Utrecht University.

Janssen S., Dumont G. Fierens F. and Mensink C. (2008), Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data, *Atmospheric Environment* 42, 4884-4903, doi:10.1016/j.atmosenv.2008.02.043.

KEMA, TNO, InfoMil (2009). Aanvullende afspraken NNM: Overzicht van bindende afspraken tot en met april 2008 over het Nieuw Nationaal Model gemaakt na verschijnen van de herziene versie (maart 2002) van het Parse Boekje, juli 2009, www.infomil.nl/publish/pages/71213/rapport.pdf

Lefebvre F., Lefebvre W., Op 't Eyndt T., Smeets N. en Van Looy S., (2010a). IFDM-Traffic: Handleiding, 2010/RMA/R/239, september 2010.

Lefebvre F., Lefebvre W., Op 't Eyndt T., Schepens J., Smeets N., Vankerkom J. en Van Looy S. (2010b). IFDM-Traffic, eindrapport, Studie uitgevoerd in opdracht van LNE, 2010/RMA/R/238, september 2010.

Lefebvre W., Van de Vel K., Janssen S., Fierens F., Trimpeneers E., Peelaerts W., Vankerkom J., Viaene P. en Vliegen J., (2009). Impact 90 km/u beleidsmaatregel luchtkwaliteit, Studie uitgevoerd in opdracht van VMM, 2009/RMA/R/043, april 2009.

Lefebvre W., Janssen S., Schrooten L., Deutsch F., Vankerkom J., Degraeuwe B., Veldeman N., Peelaerts W., Van Looy S., Lodewijks P., Meynaerts E., De Vlieger I., Op 't Eyndt T., Schepens J., Lefebvre F. en Blyth L. (2010a). Luchtkwaliteit langs snelwegen en belangrijke gewestwegen in Vlaanderen, samenvatting, Studie uitgevoerd in opdracht van LNE, 2010/RMA/R/254, december 2010.

Lefebvre W., Janssen S., Schrooten L., Deutsch F., Vankerkom J., Degraeuwe B., Veldeman N., Peelaerts W., Van Looy S., Lodewijks P., Meynaerts E., De Vlieger I., Op 't Eyndt T., Schepens J., Lefebvre F. en Blyth L. (2010b). Luchtkwaliteit langs snelwegen en belangrijke gewestwegen in Vlaanderen, eindrapport, Studie uitgevoerd in opdracht van LNE, 2010/RMA/R/255, december 2010.

Lefebvre W., Fierens F., Trimpeneers E., Janssen S., Van de Vel K., Deutsch F., Viaene P., Vankerkom J., Dumont G., Vanpoucke C., Mensink C., Peelaerts W., Vliegen J., (2011a). Modeling the effects of

a speed limit reduction on traffic-related elemental carbon (EC) concentrations and population exposure to EC, *Atmospheric Environment*, 45, 197-207, doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.09.026

Lefebvre W., Janssen S., Degraeuwe B., Lodewijks P., Meynaerts E., Deutsch F., Veldeman N., Vankerkom J., Schrooten L., Cochez E., Maiheu B., Van Looy S., Peelaerts W., Schepens J., Nikolova I., de Vlieger I. en Lefebvre F., (2011b). Modellerings van de concentraties aan en bronnentoe wijzing van NO₂, PM₁₀ en PM_{2,5} in de Vlaamse luchtkwaliteitszones Gent, Antwerpen en Haven Antwerpen in het kader van de richtlijn luchtkwaliteit 2008/50/EG, Studie in opdracht van LNE, 2011/RMA/R/45.

Maes J., Vliegen J., Van de Vel K., Janssen S., Deutsch F., De Ridder K., Mensink C., 2009. Spatial surrogates for the disaggregation of CORINAIR emission inventories, *Atmospheric Environment*, 43, 1246-1254.

Mensink C., De Vlieger I., Nys J., 2000. An urban transport emission model for the Antwerp area, *Atmospheric Environment*, 34, 4595-4602.

Mensink C., De Ridder K., Lewyckij N., Delobbe L., Janssen L., Van Haver P., 2001. Computational aspects of air quality modelling in urban regions using an optimal resolution approach (AURORA). Large-scale scientific computing – lecture notes in computer science, 2179, 299-308.

Meynaerts E., Van Wortswinkel L. en Lodewijks P., (2009). MilieuKostenModel voor Vlaanderen Actualisatie en aggregatie luchtverontreinigende pollutanten, eindrapport, 2009/TEEM/R/166.

Miedema H.M.E., Passchier-Vermeer W. & Vos H., 2002. Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep-disturbance. TNO Inro report 2002-59. TNO, Delft. (<http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noisesleepdisturbance.pdf>. accessed 26.07.2009).

Mills N.L., Törnqvist H., Gonzalez M.C., Vink E., Robinson S.D., Söderberg S., Boon N.A., Donaldson K., Sandström T., Blomberg A. and Newby D.E., 2007. Ischemic and Thrombotic Effects of Dilute Diesel-Exhaust Inhalation in Men with Coronary Heart Disease, *N Engl J Med* 357:1075-82.

NEEDS 2007. New Energy Externalities Developments for Sustainability. A set of concentration-response functions for health impact assessment and externalities assessment. Edited by Torfs R., Hurley F., Miller B and Rabl A.
http://www.needs-project.org/docs/results/RS1b/NEEDS_Rs1b_D3.7.pdf

Patel M.M., Chillrud S.N., Correa J.C., Feinberg M., Hazi Y., Deepti K.C., Prakash S., Ross J.M., Levy D., Kinney P.L., 2009. Spatial and temporal variations in traffic-related particulate matter at New York City high schools, *Atm. Env.*, 43, 4975-4981.

Pope C.A., Dockery D., 2006. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc* 56:709–742

Presles P., 2004. Cholesterol en hartinfarcten: ook vrouwen blijven niet gespaard. Toegankelijk via: <http://www.e-gezondheid.be/cholesterol-hartinfarcten-vrouwen-gespaard/cholesterol-13-67-12484.htm>

Singapore burden of disease study, 2004. Epidemiology & disease control division. Ministry of Health Singapore. Appendix: methods for estimating disability burden 58 pp. Available at: <http://www.moh.gov.sg/mohcorp/uploadedFiles/Publications/Reports/2009/5%20Appendix%20Methods%20for%20estimating%20disability%20burden.pdf>

Stockholmsförsköket, (2006). Facts and results from the Stockholm Trials, http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Sammanfattningar/English/Final%20Report_The%20Stockholm%20Trial.pdf.

Transport for London, (2006). Central London, congestion charging, Impacts monitoring, Fourth Annual Report, June 2006, <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf>.

Van Poppel M., Lefebvre W., Degraeuwe B., Janssen S., Berghmans P., Brabers R., Daems J., Bleux N., Deutsch F., Vankerkom J., Janssen L. en Peelaerts W., (2009). Onderzoek naar de invloed van wegverkeer op de luchtkwaliteit in de Stad Antwerpen in het kader van de opmaak van een actieplan fijn stof, Studie in opdracht van Stad Antwerpen, 2009/RMA/R/059, juni 2009.

Van Steertegem M. (eindred.) 2009. Milieuverkenning 2030.

Vankerkom J., De Vlieger I., Schrooten L., Vliegen J., Styns K., 2009. Beleidsondersteunend onderzoek: Aanpassingen aan het emissiemodel voor wegtransport MIMOSA. Studie uitgevoerd in opdracht van VMM - MIRA, 2009/TEM/R/084.

WHO, 2000. Transport-related health effects with a particular focus on children. Topic report: noise. Contribution to the UNECE – WHO transport, health and environment PAN-European Programme – The PEP. Available at: <http://www.euro.who.int/Document/trt/PEPNoise.pdf>

WHO, 2006. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen. <http://www.euro.who.int/document/e88189.pdf> (accessed 10 July 2009).

WHO, 2010. World Health Organization. Health and Environment in Europe: Progress Assessment. Copenhagen

BEGRIPPENLIJST

Geluid

afsnijfrequentie: die frequentie waarbij het signaal gereduceerd is met 3 dB bij doorgang door een filter

amplitude–frequentiekaracteristiek: de verhouding tussen ingaand en uitgaand signaal van een meetsysteem als functie van de frequentie, gegeven in een zeker frequentie-interval

bandanalyse: door middel van een elektronische filter wordt bij de geluidsanalyse het geluid in een discreet aantal frequentiebanden bepaald. Deze frequentiebanden worden gekarakteriseerd door hun breedte en hun centrale frequenties. Het gebruik van een octaaf en terts filterset laat toe een studie te maken van de relatieve bijdrage van de verschillende octaaf- en tertsbanden tot het totale geluidsniveau. Een uitgesproken zuivere toon zal met meer dan 5 dB boven de aangrenzende tertsbanden uitsteken

banddoorlaatfilter: een filter die enkel een band van frequenties doorlaat tussen twee frequentiegrenzen

beoordelingsperiode: een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld door de toetsing van de trillingsterkte aan de streefwaarden

beoordelingsperiode: een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingssterkte aan de streefwaarden

dB en dB(A): een meetmicrofoon is even gevoelig voor alle frequenties (dB), het menselijk oor is minder gevoelig bij hoge en lage frequenties – de gevoeligheid van het menselijk oor wordt opgenomen in een wegingscurve (A–weging) van het geluid (dB(A))

dB(A): is een eenheid afgeleid van de decibel, met de bedoeling de subjectieve gehoorgevoelingswijze op een meer praktische wijze te kunnen weergeven

decibel (dB): is de eenheid waarin het geluidsdrukkniveau L_p van een geluid wordt uitgedrukt. Het geluidsdrukkniveau wordt gedefinieerd als $20 \log (p/p_0)$ met p = de effectieve geluidsdruk en p_0 een effectieve referentiegeluidsdruk gelijk aan $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

deelingreep: onderdeel van een ingreep, waarvoor afzonderlijke effecten kunnen aangegeven worden

direct effect: een rechtstreeks milieu–effect als gevolg van een deelingreep

discipline: milieu–aspect dat in het kader van een milieu–effectrapportage onderzocht wordt

effectbeoordeling: waardeoordeel van de effecten die optreden ten gevolge van een geplande situatie uitgedrukt in kwalitatieve of kwantitatieve termen, zodanig dat de besluitvormer en de bevolking zich objectief kunnen informeren over de ernst van de effecten

effectvoorspelling: beschrijving van een toekomstige situatie rekening houdend met de aanleg, de exploitatie, de nabestemming en de afbraak van de geplande activiteit

emissie: uitstoot, elke inbreng op rechtstreekse of onrechtstreekse wijze door de mens van verontreinigingsfactoren in de atmosfeer, de bodem of het water

exploitatie: uitbating, gebruik

fluctuerend geluid: geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert; de variaties kunnen zowel periodisch als niet-periodisch zijn; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer dan 10% van de desbetreffende beoordelingsperiode(n)

frequentie: aantal trillingen per seconde, de eenheid is Hertz

geluid: trillingen in de lucht die waarneembaar zijn voor het menselijk gehoor

geplande situatie: toestand van het studiegebied tijdens en na de uitvoering van het geplande project

herhaald voorkomende trilling: kortdurende trilling door weg- of railverkeer (waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke) met een repeterend karakter

hinderafstand: de afstand tussen spoor en ontvanger (gebouw of structuur) waarbij trillingen als hinderlijk worden beschouwd volgens de grenswaarden van de normering

hoogdoorlaatfilter: een filter die de lage frequenties van een signaal verzwakt

impulsachtig geluid: geluid veroorzaakt door zeer kortstondige gebeurtenissen, korter dan 2 seconden, en waarvan het niveau meerdere keren abrupt terugvalt tot dat van het residuele geluid of het oorspronkelijke omgevingsgeluid; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer dan 10 % van de desbetreffende beoordelingsperiode(n)

in situ: ter plaatse

incidenteel geluid: geluid waarvan het niveau weinig frequent verhoogt ingevolge gebeurtenissen die langer dan 2 seconden duren; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer dan 10% van de duur van de desbetreffende beoordelingsperiode(n)

ingreep: onderdeel van een activiteit

ingreep-effectenschema: schema of netwerk dat de relatie tussen de milieueffecten onderling en met de afgeleide ingrepen van de activiteit aanduidt

initiatiefnemer: privaat- of publiekrechtelijk rechtspersoon die een bepaald project wil opzetten en daarover een besluit vraagt

intensiteit: aantal passages per tijdseenheid of -periode

intermitterend geluid: geluid waarvan het niveau meerdere keren terugvalt tot dat van het residuele geluid en waarbij het geluidsniveau tijdens de verhoging aanhoudt gedurende een periode in de orde van grootte van 2 seconden; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer dan 10% van de duur van de desbetreffende beoordelingsperiode(n)

KB(t): frequentiegewogen trillingssignaal, $v(t)$ wordt gefilterd door een 1e orde hoogdoorlaatfilter met afsnijfrequentie 5,6 Hz

KBFmax: maximale trillingssterkte in een beoordelingsperiode

KBFTi: intervalmaximum, maximale trillingssterkte in een tijdsinterval T_i van 30 seconden

KBFTm: effectief intervalmaximum, is de effectieve waarde van de intervalmaxima over een beoordelingsperiode, waarden voor KBFTi kleiner dan 0,1 worden gelijk aan 0 gesteld

KBFTr: beoordelingstrillingssterkte, is het effectieve intervalmaximum over de beoordelingstijd

$KB_r(t)$: tijdsgewogen trillingssterkte of voortschrijdende effectieve waarde, wordt bekomen door een gepaste tijdsfiltering van $KB(t)$ met een tijdsconstante van 0,125 seconde

$L_{A95,T}$: het A-gewogen geluidsdrukkniveau dat gedurende 95% van de observatieperiode T wordt overschreden. Het is een maat voor het overwegend heersende achtergrondgeluidsniveau.

laagdoorlaatfilter: een filter die de hoge frequenties van een signaal verzwakt

$L_{Aeq,T}$: het A-gewogen equivalent geluidsniveau is een maat voor het beschouwde fluctuerende geluid. De discontinue geluidsbelasting gedurende een periode T wordt omgerekend naar het niveau van een continu geluid met dezelfde geluidsbelasting

$L_{Aeq,T}$: het A-gewogen equivalent geluidsniveau is een maat voor het beschouwde fluctuerende geluid. De discontinue geluidsbelasting gedurende een periode T wordt omgerekend naar het niveau van een continu geluid met dezelfde geluidsbelasting

$L_{AN,T}$: het A-gewogen geluidsdrukniveau dat gedurende N% van de observatieperiode T wordt overschreden. Men noemt ook $L_{A01,T}$ de waarde van de piekniveaus in de meetperiode T; $L_{A10,T}$ de gemiddelde waarde van de piekniveaus in de meetperiode T; $L_{A50,T}$ het gemiddelde geluidsniveau gedurende de meetperiode T; $L_{A95,T}$ het A-gewogen geluidsdrukniveau dat gedurende 95% van de observatieperiode T wordt overschreden. Het is een maat voor het overwegend heersende achtergrond-geluidsniveau; $L_{Amax,T}$ het maximale geluidsniveau gedurende de meetperiode T; $L_{Amin,T}$ het minimale geluidsniveau gedurende de meetperiode T

L_{avond} : het A-gewogen equivalente geluidsniveau over het avonddeel van 4 uren (19:00 – 23:00 uur) van een etmaal

L_{dag} : het A-gewogen equivalente geluidsniveau over het dagdeel van 12 uren (7:00 – 19:00 uur) van een etmaal

L_{den} : het A-gewogen equivalente geluidsniveau over een etmaal waarbij de bijdrage van de avond gepenaliseerd worden met 5 dB en die van de nacht met 10 dB

L_{nacht} : het A-gewogen equivalente geluidsniveau over het nachtdeel van 8 uren (23:00 – 7:00 uur) van een etmaal

L_{sp} : het specifiek geluid, is een component van het omgevingsgeluid die kan worden toegeschreven aan één of meer wel bepaalde geluidsbronnen van een inrichting en die, akoestisch gezien, kan geïdentificeerd worden

meetduur: de totale duur van een periode gedurende dewelke het geluid effectief wordt gemeten

meetperiode: niet noodzakelijk aaneengesloten periode die meerdere meetduureenheden kan omvatten

meetpunt: positie waar een trillingsgrootheid (versnelling, snelheid, verplaatsing) wordt gemeten

meetrichting: de richting waarin de trillingsgrootheid in een meetpunt wordt gemeten

meting: het bepalen van de momentane waarde van de trillingsgrootheid gedurende een zekere aaneengesloten tijdsduur door middel van een meetmethode

milderende maatregel: maatregelen die voorgesteld worden om nadelige milieu-effecten van het geplande project te vermijden, te beperken en zoveel mogelijk te verhelpen

milieu: de fysieke, niet-levende en levende omgeving van de mens waarmee deze in een dynamische en wederkerige relatie staat

milieueffectrapportage: afgekort MER, is de procedure waarbij een rapport wordt opgesteld dat dient als hulpmiddel bij de besluitvorming rond een voorgenomen actie die belangrijke gevolgen kan hebben voor het milieu. Het milieueffectrapport moet de te verwachten gevolgen voor het milieu en de mogelijke alternatieven analyseren en te evalueren

milieukwaliteitsnormen: om een akoestische kwalitatieve omgeving te garanderen werden, in de wettekst Vlare II, richtwaarden vastgelegd als bovengrens voor het niveau van het omgevingsgeluid dat 95% van de tijd wordt overschreden

momentane waarde: de waarde van een variërende grootheid op een zeker tijdstip

omgevingsgeluid: het geluid op een gegeven plaats en op een gegeven ogenblik; dit geldt zowel in open lucht als in een gesloten ruimte

oorspronkelijk omgevingsgeluid: omgevingsgeluid dat aanwezig is voor het exploiteren of veranderen van een inrichting

referentiesituatie: de toestand van het studiegebied, waaraan gerefereerd wordt in functie van de effectvoorspelling, omvattende: de huidige, gewijzigde en de wenselijke situatie

reikwijdte: de te beschouwen aspecten van het milieu in de MER.

relevante waarde: de getalwaarde van de akoestische grootheid die het geluid van een inrichting, of een deel ervan karakteriseert

residueel geluid: geluid dat bestaat na stopzetting of opheffing van één of meer welbepaalde geluidsbronnen van een inrichting

sanering: gezond maken, verontreiniging wegnemen, immobiliseren of isoleren

simulatiemodel: een wetenschappelijk onderbouwde en gewoonlijk in computerdatastructuren gebouwde nabootsing van een deel van de werkelijkheid in functie van onderzoek. Simulatiemodellen worden dikwijls gebruikt in situaties, waarvan men zich afvraagt wat het effect is van bepaalde ingrepen in de werkelijkheid, en waarbij ingrijpen zelf niet mogelijk of gewenst is

specifiek geluid: de relevante waarde die eventueel aangepast wordt met een beoordelingsgetal

stabiel geluid: geluid waarvan de niveauschommelingen, gemeten als $L_{Aeq,1s}$ niet meer bedragen dan 5 dB(A)

studiegebied: het gebied dat bestudeerd wordt in functie van het vaststellen van de milieueffecten en afhankelijk is van de invloedssfeer van de milieueffecten

tonaal geluid: geluid waarvan het tonaal karakter in het frequentiebereik van 50 Hz tot en met 10 kHz wordt aangetoond door ofwel een lineaire tertsbandanalyse (de waarde van minstens één tertsband is tenminste 5 dB hoger dan de waarde van beide aanliggende tertsbanden) ofwel hoorbaarheid en een smalbandanalyse

trilling: een variatie van een grootheid (verplaatsing, snelheid, versnelling) als functie van de tijd, die de beweging of de positie van een systeem beschrijft waarbij de grootheid afwisselend groter en kleiner is dan een gemiddelde waarde

trillingssnelheid: of kortweg snelheid, een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de verplaatsing weergeeft

$v(t)$: niet-gewogen momentaan trillingssignaal evenredig met de trillingssnelheid, bandbegrensd tussen 1 en 80 Hz, zonder eenheid door normering ten opzichte van 1 millimeter per seconde

versnelling: een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de trillingssnelheid weergeeft

weging: of frequentieweging, is de behandeling van een signaal door deze te filteren met een zekere amplitude–frequentiekarakteristiek

wegverkeerslawaa: een component van het omgevingsgeluid die kan worden toegeschreven aan het wegverkeer

Lucht

aerodynamische diameter: De diameter van een perfect bolvormig deeltje dat met dezelfde snelheid doorheen de lucht beweegt als het te beschrijven deeltje.

box-model: Model dat beschrijft hoe de concentratie zich gedraagt binnen een bepaald klein gebied, waarbij dit gebied wordt voorgesteld als een balkvormige doos met geen, één of meerdere open zijden.

congestietaks: Een bedrag dat betaald moet worden om een bepaalde zone van een stad/regio/land binnen te mogen rijden. Dit bedrag kan, maar moet niet, afhankelijk zijn van de milieuparameters van de binnenrijdende voertuigen of van sociale factoren.

dispersiemodel: Model dat beschrijft hoe de concentratie ruimtelijk en temporeel varieert binnen een geografisch gebied rekening houdende met emissiebronnen in het gebied, al of niet import-export van luchtvervuiling buiten het gebied, meteorologische condities en fysico-chemische interacties tussen verschillende polluenten.

dosis-receptorfuncties: Functies die een koppeling maken tussen de concentratie in de buitenlucht en het aantal verloren DALY's door de persoon in kwestie. Deze functies zijn opgesteld om gebruikt te worden voor een groot aantal personen tegelijk en mogen niet toegepast worden op een enkel individu.

dubbeltelling: Het fenomeen dat een bepaalde bron soms twee maal meegerekend wordt bij het bepalen van de concentratie: één maal in de achtergrond en één maal als lokale bron. Dit leidt tot te hoge berekende concentraties.

dubbeltellingscorrectie: Het corrigeren voor het fenomeen van dubbeltelling.

grensoverschrijdende achtergrond: Het gedeelte van de concentraties binnen een bepaald gebied dat afkomstig is van buiten de administratieve grenzen.

hedonic pricing: een methode om de milieubaten te bepalen die vooral wordt gebruikt voor geluidshinder en tracht de depreciatie in te schatten van onroerend goed in functie van omgevingslawaai.

IFDM-traffic: de internetapplicatie die ontwikkeld werd door VITO voor LNE, om te gebruiken binnen MER-studies en door stedelijke overheden. Deze internetapplicatie kan het effect van veranderende verkeersstromen doorrekenen tot op concentratieniveau voor buitenstedelijke wegen.

IMMI2-studie: studie uitgevoerd door VITO in opdracht van de afdeling LHRMG van LNE (Lefebvre et al., 2010a; 2010b).

impact pathway methode: een methode om de milieubaten in te schatten waarbij men het verlies aan DALY's berekent op basis van de effecten van lawaai en luchtverontreiniging op gezondheid. Vervolgens wordt de impact op de DALYs vermenigvuldigd met een monetaire waarde per verloren DALY.

kernstad: gebied in Antwerpen gevormd door de volgende wijken: Justitie-Harmonie, Oud-Berchem, Brederode, Haringrode-Zurenbrog, Diamant-Stadspark, Zuid-Museum, Amandus-Atheneum, Stuivenberg, Sint-Andries-Bourla, Stadhuis-Sint-Jacob-Hessenhuis, Borgerhout-Intra Muros en Dam-Eilandje

low emission zone: een gebied van een stad/regio waarin te vervuilende voertuigen gebannen worden.

mobilee-studie: luchtkwaliteitsstudie uitgevoerd door VITO in opdracht van de stad Antwerpen (Van Poppel et al., 2009).

modal shift: is het verschuiven van een deel van het wegvervoer naar andere vervoersmiddelen, zoals bv. het openbaar vervoer

NO_x-split: de verdeling van de uitgestoten NO_x-emissies in NO-emissies en NO₂-emissies. Deze split is belangrijk voor de bepaling van de uiteindelijke hoeveelheid NO₂ in de lucht.

passieve blootstelling: blootstelling berekend alsof iedere persoon op ieder moment van de dag blootgesteld wordt aan de concentraties in de buitenlucht ter hoogte van zijn/haar huis.

regionale achtergrond: De concentratie van een bepaalde polluent op een locatie binnen een gebied (bv. Vlaanderen), waar er geen bronnen zijn in de nabije omgeving.

resuspentie: Het terug in de lucht brengen van vervuiling die op de grond ligt. Dit kan door de wind of door bv. verkeer dat passeert.

roof-top concentration: De concentratie die op een bepaalde locatie zou aanwezig zijn in het geval de bestaande gebouwen geen invloed zouden hebben op de concentratie.

stedelijke achtergrond: De concentratie van een bepaalde pollutant op een locatie binnen een stad waar er geen bronnen zijn in de nabije omgeving. Deze achtergrond is verschillend van stad tot stad en kan variëren binnen een stedelijke omgeving.

street canyon: Een smalle straat met hoge gebouwen waarin redelijk wat verkeer voorkomt geeft aanleiding tot hogere concentraties tussen de gebouwen.

proxy(-variabele): Een, meestal redelijk gemakkelijk te meten of te modelleren, grootte, die goed correleert met het fenomeen dat onderzocht moet worden. Daaruit volgt dat een stijging in de proxy(-variabele) waarschijnlijk overeenkomt met een stijging in het te onderzoeken fenomeen.

willingness to pay: Schatting van de milieubaten waarbij men door bevraging tracht te weten te komen hoeveel een gezin zou willen betalen voor een geluidsreductie/betere luchtkwaliteit.

BIJLAGE A HET IFDM-MODEL

Voor de modellering van de verspreiding van de lokaal uitgestoten emissies wordt gebruik gemaakt van het IFDM-model (Immision Frequency Dispersion Model, Cosemans et al. (1996a, 1996b), Cosemans and Kretzschmar (2000; 2001). IFDM is een bi-gaussiaans pluimmodel dat gebruikt wordt voor de modellering van de verspreiding van niet-reactieve polluenten, zoals fijn stof, zware metalen aangevuld met een eenvoudige ozonchemiemodule voor de simulatie van onder andere stikstofdioxide.

A.1 BI-GAUSSIAANS PLUIM MODEL

IFDM is een zogenaamd receptor-model. Voor iedere receptor, waarvan de plaats gekend is, worden alle bronnen afgelopen. Voor die bronnen wordt, voor iedere tijdsstap (van één uur) bepaald of de receptor binnen de pluim van de bron ligt. Indien dit zo is, wordt de concentratie van de vervuiling door die bron op het receptorpunt berekend. De concentraties van al de bronnen worden daarna per receptor opgeteld. Voor alle bronnen wordt rekening gehouden met tijdsafhankelijke werkingsregimes, bijvoorbeeld door een dagelijkse cyclus (bijvoorbeeld verkeer), of op basis van buitentemperatuur (bijvoorbeeld gebouwenverwarming). Het model is opgenomen in de VLAREM II wetgeving.

A.2 REKENROOSTER

Het rooster waarop de berekeningen uitgevoerd zijn, is een combinatie van een regulier grid en een lijnbronvolgend rooster. Een korte beschrijving van beide wordt hieronder gegeven. Het gecombineerde rooster is te vinden in Figuur 156.

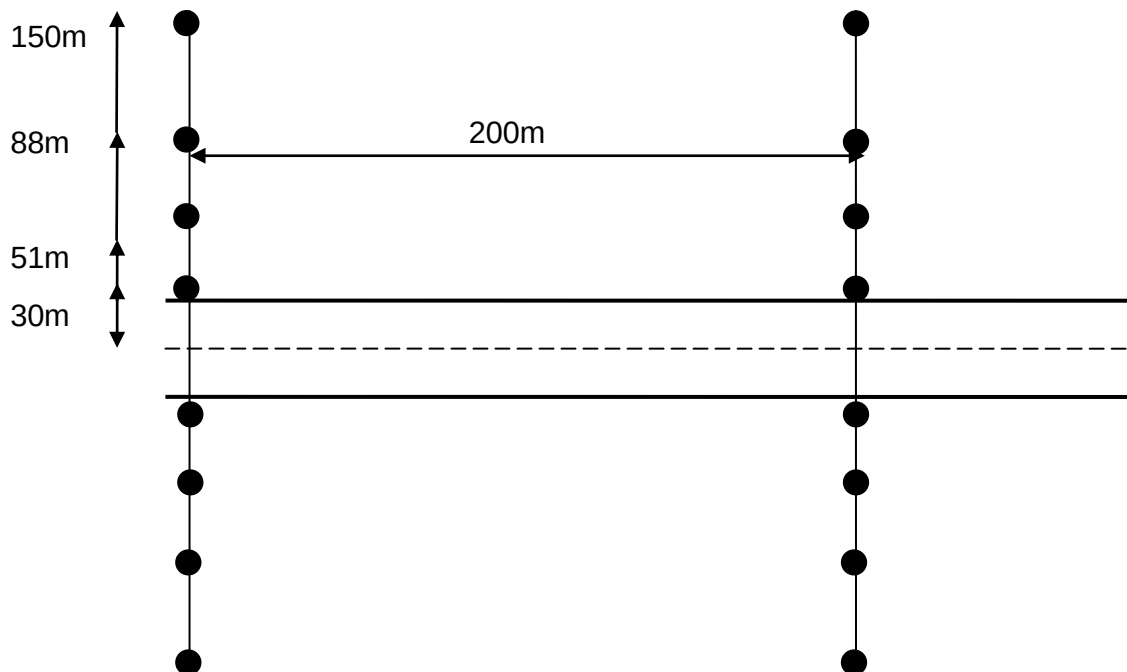
A.2.1 REGULIER GRID

Het reguliere grid wordt gevormd in een rechthoek met als middelpunt (149,200 km; 216,550 km) in de Belgian Lambert 72 projection (wat overeenkomt met een punt liggende in het zuidelijk deel van de haven) en met zijden van respectievelijk 26,8 km in de noord-zuid richting en 20,4 km in de oost-west richting, voor een totaal van 13 905 punten. De afstand tussen twee opeenvolgende punten in het reguliere grid is 200 m in beide richtingen.

A.2.2 LIJNBONVOLGEND GRID

Het reguliere grid zoals hierboven gedefinieerd bevat een te lage resolutie om de grote gradiënten rond de belangrijke verkeersassen in kaart te brengen. Dit zou kunnen opgevangen worden door de resolutie van het grid te verhogen maar dit geeft snel aanleiding tot extreem lange berekeningstijden voor de modellering. Om de resolutie op de locaties met grote gradiënten (typisch langs wegen) toch te verhogen, werd het reguliere grid uitgebreid met een lijnbronvolgend grid. Dit lijnbronvolgend grid wordt gevormd langs elk lijnsegment van de MIMOSA-databank in het studiegebied. Van elk segment (recht stuk weg) wordt aan beide uiteinden een loodlijn op de weg

getrokken. Voor segmenten langer dan 200 m worden er ook nog loodlijnen getrokken tussen de uiteinden door, opdat de afstand tussen twee opeenvolgende loodlijnen ongeveer 200 m zou zijn. Van iedere zo'n kruising wordt gekeken of die niet dichterbij 200 m ligt bij een punt dat eerder al bepaald was (bij een al vroeger gebruikt segment). Indien dit zo is, wordt het punt genegeerd. Voor de andere punten wordt het grid bepaald door op iedere loodlijn acht punten aan te duiden, 4 aan elke kant op respectievelijke afstanden van 30, 51, 88 en 150 m van het centrum van de weg (zie Figuur 154). Als dit gebeurd is, wordt van al deze punten nagegaan of ze niet dichterbij 30 m bij het centrum van een andere weg liggen. Indien dit zo is worden zij geëlimineerd. De niet geëlimineerde punten vormen dan het lijnbronvolgend grid. In dit geval bestaat dit uit 22 218 roosterpunten.



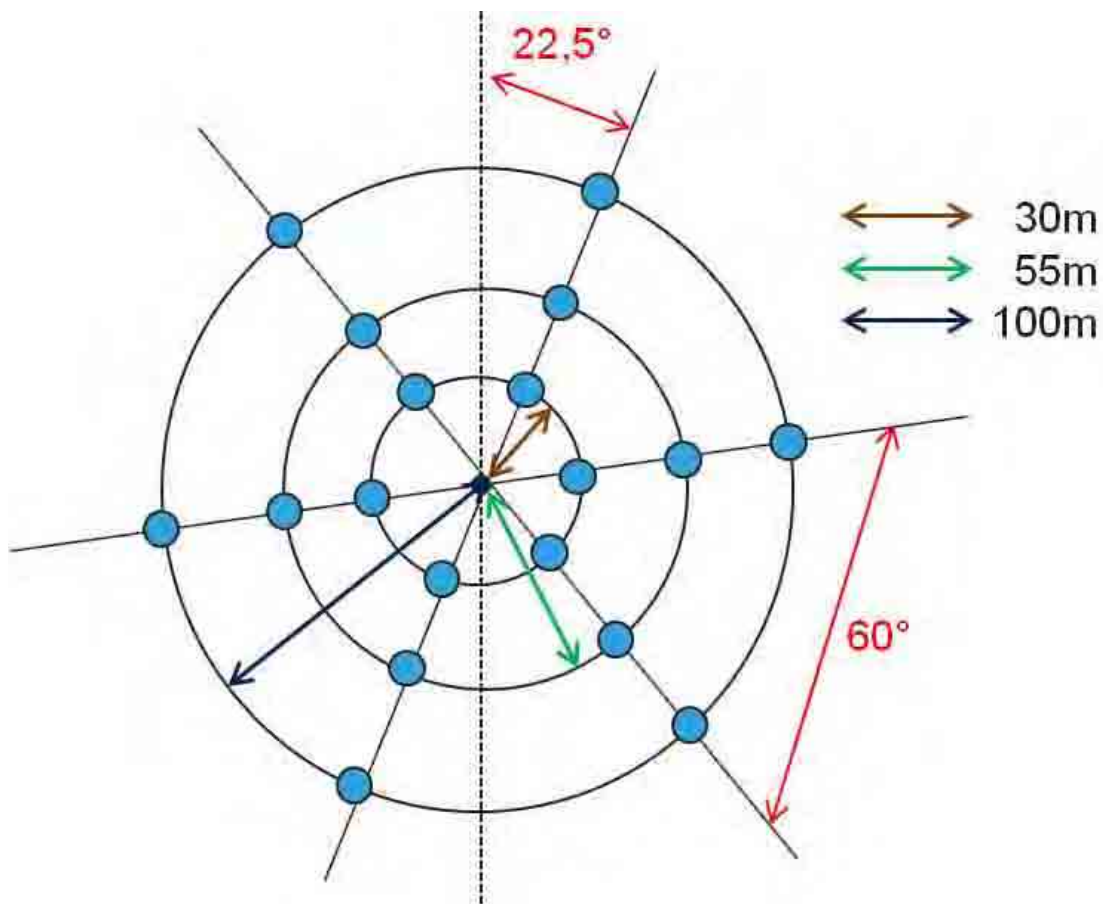
Figuur 154: Structuur van het lijnbronvolgend grid langs een kort wegsegment. Ieder zwart punt is een roosterpunt.

A.2.3 PUNTBRONVOLGEND GRID

Net zoals voor de lijnbronnen is er voor de puntbronnen een specifiek grid gedefinieerd, het zogenaamde puntbronvolgend grid. Dit puntbronvolgend grid wordt gevormd langs alle gekende puntbronnen in het studiegebied. Deze puntbronnen zijn rapporteringsplichtige industriële bronnen, enkel de geleide puntbronnen worden in deze modellering in detail in rekening gebracht. Door elke puntbron werden aan beide kanten 3 lijnen getrokken onder een hoek van 60°. Op ieder van die lijnen worden 6 punten aangeduid, 3 aan elke kant op respectievelijke afstanden van 30, 55 en 100 m van de puntbron. Deze 3 852 punten vormen dan het puntbronvolgend grid.

A.2.4 DE VMM-MEETSTATIONS

Ook de 23 VMM-meetstations binnen het grid worden als locatie meegenomen.



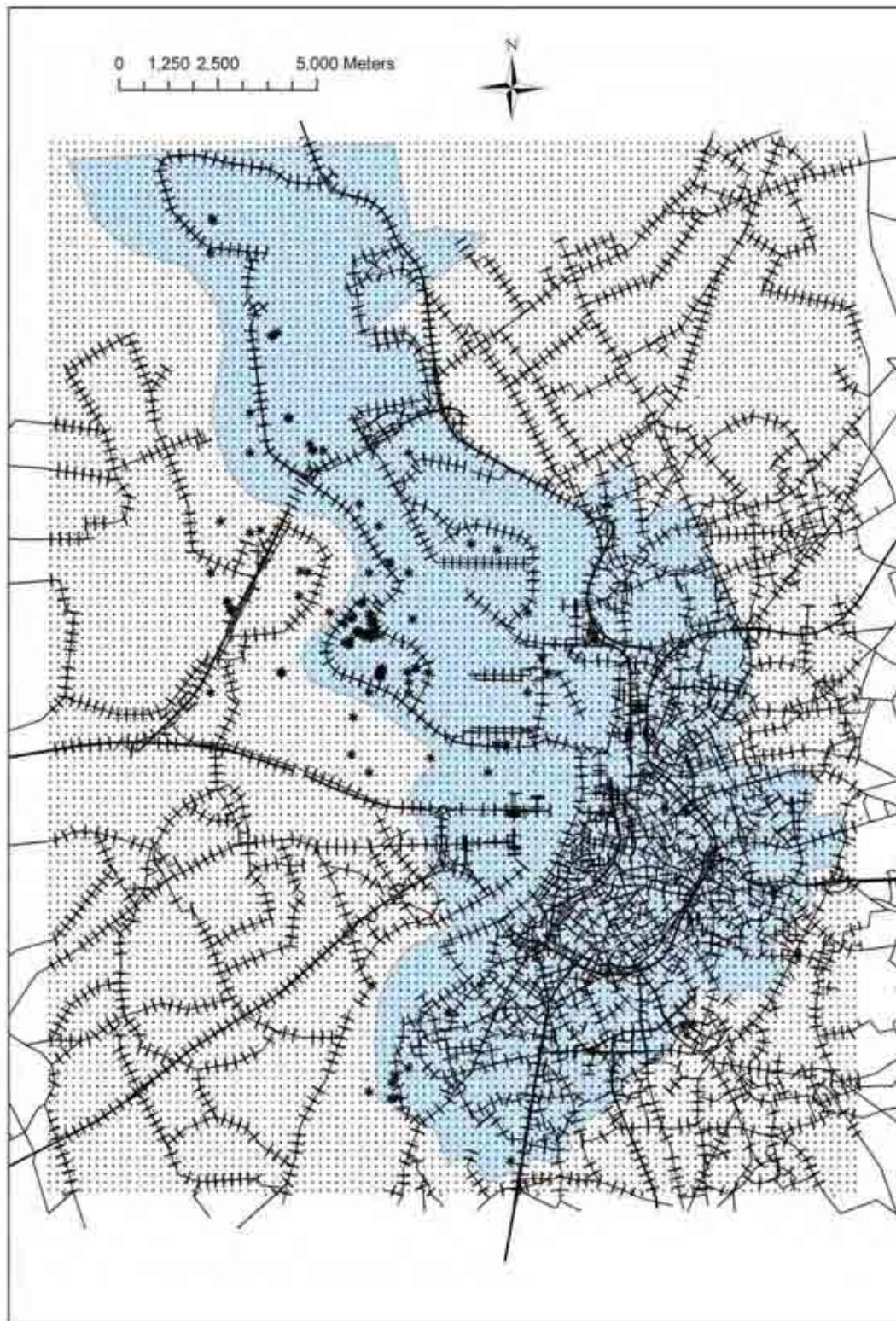
Figuur 155 : De vorming van het puntbronvolgend grid. Iedere blauwe bol stelt een roosterpunt voor terwijl de zwarte bol een rapporteringsplichtige geleide industriële puntbron voorstelt.

A.2.5 OVERZICHT VAN HET IFDM-GRID

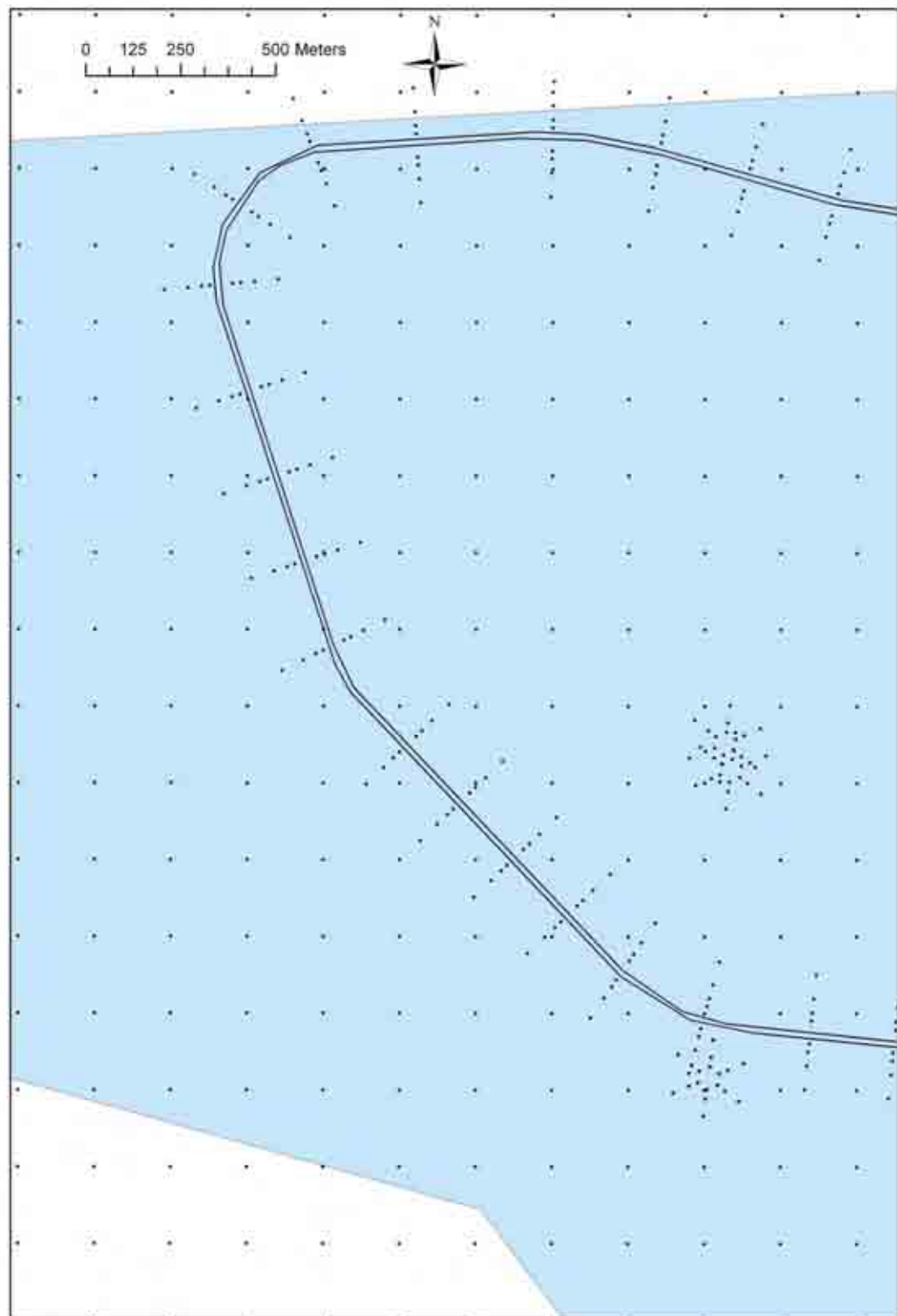
	Roostercoördinaten
X-coördinaat van het centrum	149 200 (BL72)
Y-coördinaat van het centrum	216 550 (BL72)
Aantal punten in regulier grid volgens west-oost richting	103
Aantal punten in regulier grid volgens noord-zuid richting	135
Afstand tussen twee punten in regulier grid	200 m
West-oost afmeting van het grid	20,4 km
Noord-zuid afmeting van het grid	26,8 km
Totaal aantal punten in regulier grid	13 905

Aantal meegenomen lijnbronnen in vorming grid	7 872
Aantal punten in lijnbronvolgend grid	22 218
Aantal meegenomen puntbronnen	214
Aantal punten in puntbronvolgend grid	3 852
Aantal tijdsreeksen	23
Totaal aantal punten in grid	39 998
Aantal punten binnen Stad Antwerpen	18 875

Tabel 24 : Enkele belangrijke parameters van het grid voor beide zones. BL72 betekent de Belgian Lambert projection 1972.



Figuur 156 : Het gebruikte grid. Ieder zwart puntje stelt een roosterpunt voor. De lichtblauwe zone is Stad Antwerpen.



Figuur 157 : Een onderdeel van het gebruikte grid. Ieder zwart puntje stelt een roosterpunt voor. De lichtblauwe zone is Stad Antwerpen.

A.3 METEOROLOGIE

De meteorologische data die gebruikt zijn in alle simulaties van deze studie zijn deze van het jaar 2007, berekend door middel van ARPS. De stabiliteitsklassen zijn gebaseerd op het werk van Bultynck en Malet (1972). Voor meer uitleg, zie Lefebvre et al. (2010b).

A.4 OZONCHEMIE

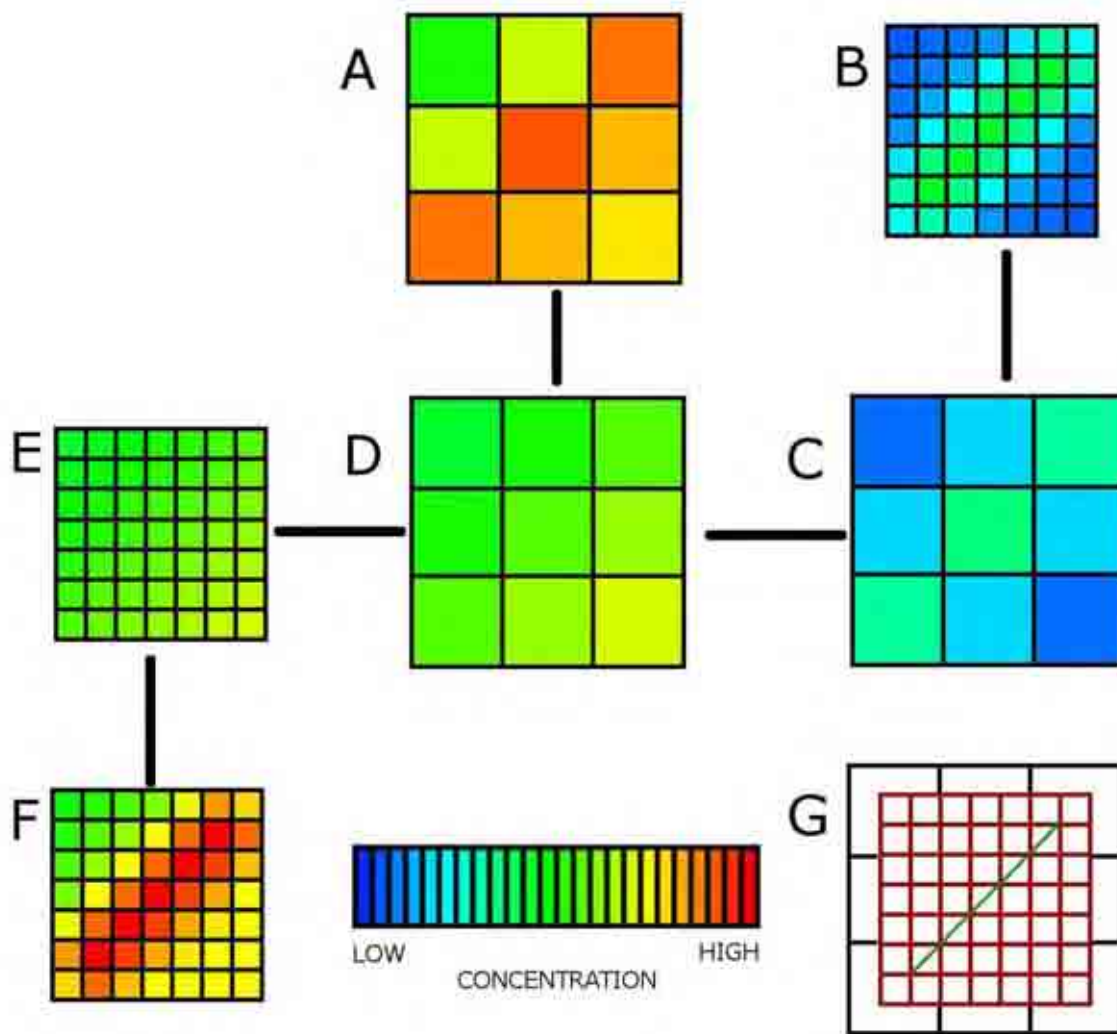
Voor de berekening van de NO_2 concentraties maakt het bi-gaussiaans model gebruik van een simpele ozonchemie module. Hiervoor wordt aangenomen dat er lokaal een chemisch evenwicht heerst tussen de verschillende stikstofoxides en ozon. Dit evenwicht wordt beïnvloed door de temperatuur en de zonshoogte. Voor de berekening van het chemisch evenwicht wordt gebruik gemaakt van de uurlijkse BelEUROS achtergrondconcentraties voor NO_2 , NO en O_3 en de lokaal uitgestoten NO en NO_2 emissies.

BIJLAGE B KOPPELING TUSSEN DE ACHTERGRONDCONCENTRATIES EN IFDM

De koppeling van de achtergrondconcentraties en IFDM wordt als volgt uitgewerkt:

- We gaan uit van de achtergrondconcentraties op een resolutie van $3 \times 3 \text{ km}^2$, rekening houdend met alle bronnen.
- Vervolgens simuleert IFDM op een regulier grid (fijner dan dat van AURORA) de luchtvervuiling komende van de bronnen waarin we geïnteresseerd zijn (in dit geval de wegen en de belangrijke puntbronnen).
- Daarna wordt in iedere achtergrondconcentratiecel de gemiddelde concentratie van de receptorpunten (berekend in stap 2) die in deze cel liggen afgetrokken van de oorspronkelijke achtergrondconcentratie (berekend in stap 1). Dit geeft de achtergrondconcentraties zonder het effect van de bronnen waarin we geïnteresseerd zijn.
- Tenslotte berekenen we, gebruik makend van een niet-regulier grid zodat we meer receptoren hebben in de omgeving waar de grootste gradiënten zich bevinden, de luchtkwaliteit veroorzaakt door dezelfde bronnen als in stap 2, dat wil zeggen de bronnen waarin we geïnteresseerd zijn. Deze waardes worden bij de waardes uit stap 3 geteld. Zo bekomen we gedetailleerde uurlijkse concentratievelden.

Bovengenoemde procedure wordt ook getoond in Figuur 158, waarin een eenvoudige situatie beschreven wordt. In deze figuur wordt in onderdeel G deze situatie getoond. In het zwart wordt het grid van de achtergrondconcentraties afgebeeld, terwijl in het rood het IFDM-grid getoond wordt. Daarboven wordt in het groen de weg getekend die we willen onderzoeken. In onderdeel A wordt de achtergrondconcentratie-uitvoer afgebeeld, gebruik makend van alle bronnen (stap 1), terwijl in onderdeel B de IFDM-uitvoer staat die als bron alleen de ene weg gebruikt (stap 2). De interpolatie van het IFDM grid naar het achtergrondconcentratiegrid wordt getoond in onderdeel C. Het verschil tussen de concentraties komende uit de achtergrondconcentraties en de geïnterpoleerde IFDM-resultaten is te zien in onderdeel D (stap 3). Dit is dus de achtergrond waaruit de te onderzoeken weg geëlimineerd is. Dit resultaat wordt geïnterpoleerd op het IFDM-grid (onderdeel E) waar de IFDM-resultaten (onderdeel B) erbij geteld worden (onderdeel F, stap 4). Dit is het finale resultaat, dat de achtergrond combineert (die ontbreekt in de normale IFDM-uitvoer) met het detail van de IFDM-uitvoer (dat ontbreekt in de achtergrondconcentraties).



Figuur 158 : De verschillende stappen in de koppeling tussen de achtergrondconcentraties en IFDM.

BIJLAGE C HET OSPM-MODEL

Het OSPM-model (Berkowicz, 1997) wordt veelvuldig gebruikt in studies waarin de impact van wegverkeer op de luchtkwaliteit in street canyons bepaald moet worden. Het OSPM model berekent twee concentraties, één voor elke kant van de straat. Aangezien bij jaargemiddeldes deze twee concentraties over het algemeen slechts weinig verschillen wordt hier de gemiddelde concentratie van deze twee concentraties weergegeven. De concentratie wordt berekend als de som van drie bijdragen:

1. De bijdrage van de achtergrondconcentratie, i.e. concentraties ten gevolge van emissies buiten de straat, zowel in de onmiddellijke omgeving van de straat maar ook verder weg (stedelijke omgeving, Vlaamse en buitenlandse bronnen). Deze bijdrage wordt berekend zoals hierboven al uitgelegd werd, dat wil zeggen door de gekoppelde BeLEUROS-IFDM aanpak.
2. De bijdrage van de directe stroming van de bron tot aan het receptorpunt. Hiervoor wordt een Gaussische benadering gebruikt.
3. De recirculatiebijdrage komende van de wervelstromingen in de straat. Hiervoor wordt een box-model benadering gebruikt. Luchtstromingen veroorzaakt door het verkeer worden meegenomen als bijkomende turbulentie.

Er zijn verscheidene aanpassingen gedaan aan OSPM om tot de IFDM-street canyon module te komen. Deze aanpassingen maken het mogelijk om de koppeling tussen OSPM en IFDM uit te voeren.

BIJLAGE D DE IFDM STREET CANYON-PREPROCESSOR

Dit stuk beschrijft kort hoe de IFDM street canyon preprocessing tool werkt en hoe men het dient te gebruiken. De bedoeling van deze tool is om aan de hand van 2 shapefiles, één met een weggennetwerk en één met de gebouwen een IFDM street canyon rekenrooster te definiëren op de wegsegmenten waarin in elk punt de geometrische street-canyon parameters worden afgeleid. In concreto betekent dit dat de oriëntatie van de canyon, de straatbreedte en gemiddelde gebouwenhoogte op die plaats en de afstand tot de dichtstbijzijnde intersecties aan weerskanten van het desbetreffende punt gegeven moeten worden. In de gebouwen shapefiles dient een feature attribuut aanwezig te zijn dat de hoogte van de gebouwen weergeeft, en de straat shapefile dient uit wegsegmenten te bestaan opgeslagen als polylines.

D.1 IMPLEMENTATIE EN GEBRUIK

Het algoritme is in C++ geïmplementeerd op basis van de GDAL/OGR API met GEOS extensie en leeft als stand alone executable.

De tool plaatst rooster punten op de lijnstukken, gescheiden door een vooraf bepaalde afstand (hier 40 m). Alle afstanden worden ingegeven en gerapporteerd in dezelfde lengte eenheid als het coördinatensysteem van de shapefile. Zijn de coördinaten in meter, dan worden de afstanden in meter gerapporteerd. Er kan verder een tolerantie op de intersecties gegeven worden. De maximale lengte waarover de tool gaat kijken naar een intersectie met de gebouwenlaag, wordt gegeven door *-plen* (zie beschrijving algoritme).

Als uitvoerformaat kunnen momenteel 2 formaten gekozen worden. Er is enerzijds het standaard IFDM street canyon input formaat dat gebruikt wordt door de IFDM street canyon model implementatie. Het ziet er kort geschetst als volgt uit:

```
X Y HEIGHT WIDTH DMINLFT DMINRGT THETA FID
149566.2 206505.0 -1.00 -1.00 40.000000 21.495412 -118.98 14
150505.1 208598.1 8.81 71.62 -1.000000 61.773573 66.03 15
150519.8 208635.3 13.14 29.80 40.000000 21.773573 70.98 15
149553.7 206487.6 6.72 128.73 -1.000000 65.001923 111.33 16
```

Met:

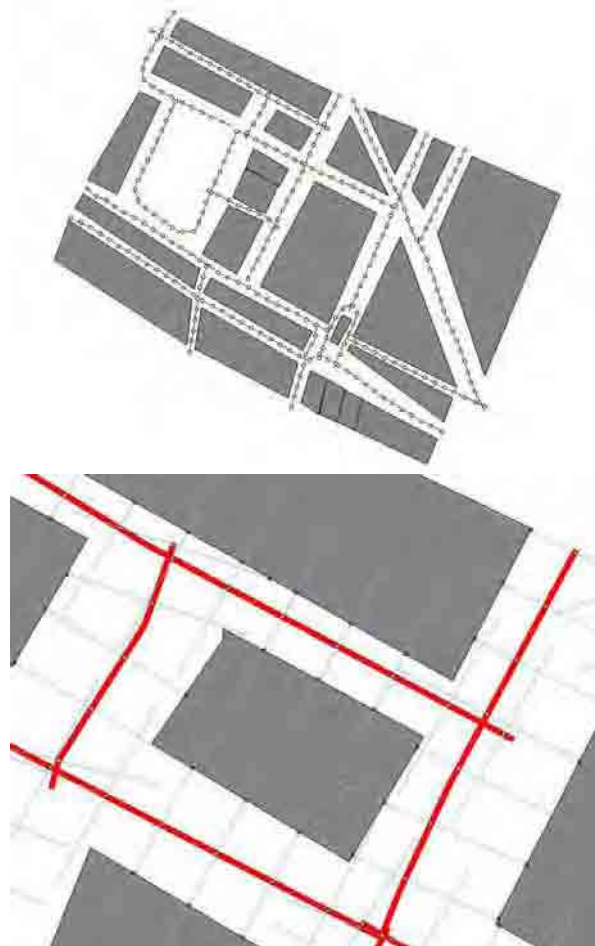
- X, Y de coördinaten van het roosterpunt
- HEIGHT & WIDTH respectievelijk de hoogte en breedte van de street canyon op dat punt
- DMINLFT en DMINRGT geven de afstand tot de volgende kruising aan weerszijden van het roosterpunt weer

- THETA geeft de oriëntatie van de streetcanyon in decimale graden, waarbij 90° noord zuid gericht is
- FID is de feature ID waarbij het punt hoort in de originele straten shapefile.

Merk op dat wanneer het algoritme geen intersectie vindt aan één of meerdere kanten met een gebouw of kruispunt, het een -1 zal rapporteren als foutcode.

D.2 BESCHRIJVING VAN HET ALGORITME

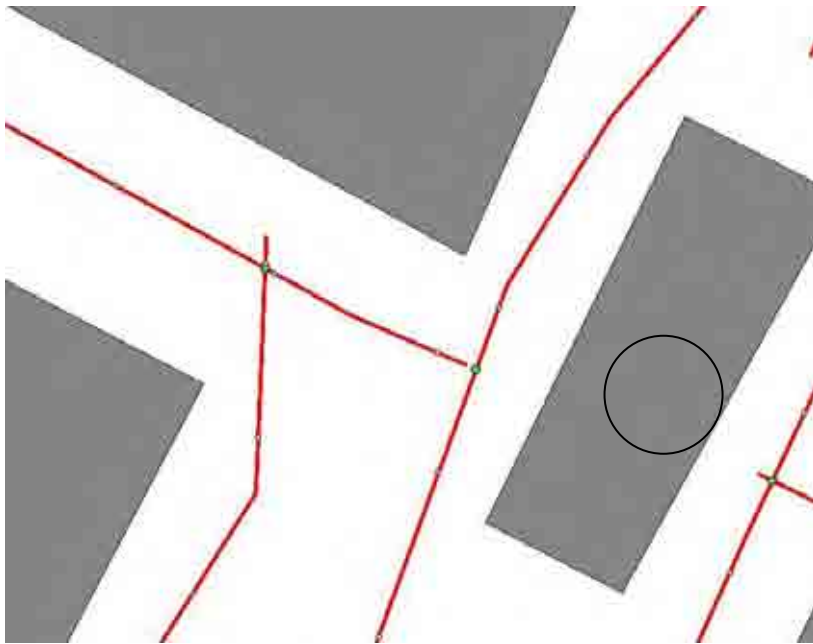
Om het algoritme te ontwikkelen en te testen hebben we een dummy testdomein gedefinieerd, bestaande uit 2 shapefiles, een met polygonen die gebouwen voorstellen, en een met lijnstukken die de straten voorstellen. Deze dummy dataset dient ook om het algoritme te beschrijven. Zoals in Figuur 1 afgebeeld zien we hoe de tool in een eerste fase op elk lijnsegment de roosterpunten aanbrengt. Er wordt vanaf een van de eindpunten vertrokken en dan telkens om een welbepaalde afstand, gekozen door de gebruiker, een roosterpunt aangebracht. Komen we op het einde van de polyline, dan wordt er **geen** punt meer gezet op het einde van de lijn. In de meeste gevallen verwachten we daar tenslotte het begin van een volgend lijnstuk of een intersectie. Dit is uiteraard afhankelijk van de kwaliteit van de shapefile met het stratennetwerk.



Figuur 1 : Dummy databestand met de roosterpunten aangebracht links, en rechts zien we een zoom van hoe de loodlijnen in elk roosterpunt zijn aangebracht met hun intersecties met de gebouwen.

Vervolgens gaat het algoritme in elk punt de loodlijnen aan beide zijden van het punt berekenen, zoals op de figuur aangegeven wordt. Eenmaal die gevonden zijn, weet de code welke gebouwen het snijdt (en kan dus ook hun hoogte uitlezen) en berekenen we de afstand van het roosterpunt tot the intersectiepunt. De lengte van de aangebrachte loodlijnen (met andere woorden de afstand waarover het algoritme naar een gebouw gaat gaan zoeken) wordt door het command line argument --plen bepaald.

In elk roosterpunt gaat het algoritme ook op zoek naar de intersecties met het dichtstbijzijnde kruispunt aan weerszijden van de lijn. We doen dit met een bepaalde tolerantie. In eerste orde wordt gekeken met welke polylines het betreffende lijnstuk waarop het roosterpunt ligt een kortste afstand van kleiner dan de tolerantie heeft. Vervolgens wordt gekeken aan de hand van de OGR routines wat het snijpunt dan wel is. Vindt OGR echter geen snijpunt, dan wordt met een eigen algoritme gekeken of we het snijpunt niet kunnen herconstrueren binnen de opgegeven tolerantie. Een voorbeeld hiervan zien we in onderstaande figuur.



Figuur 2 : Voorbeeld van een gereconstrueerde intersectie (door de cirkel aangegeven). We zien duidelijk dat de twee rode lijnsegmenten elkaar niet snijden, maar toch is op het vermoedelijke snijpunt een intersectie weergegeven (groen bolletje).

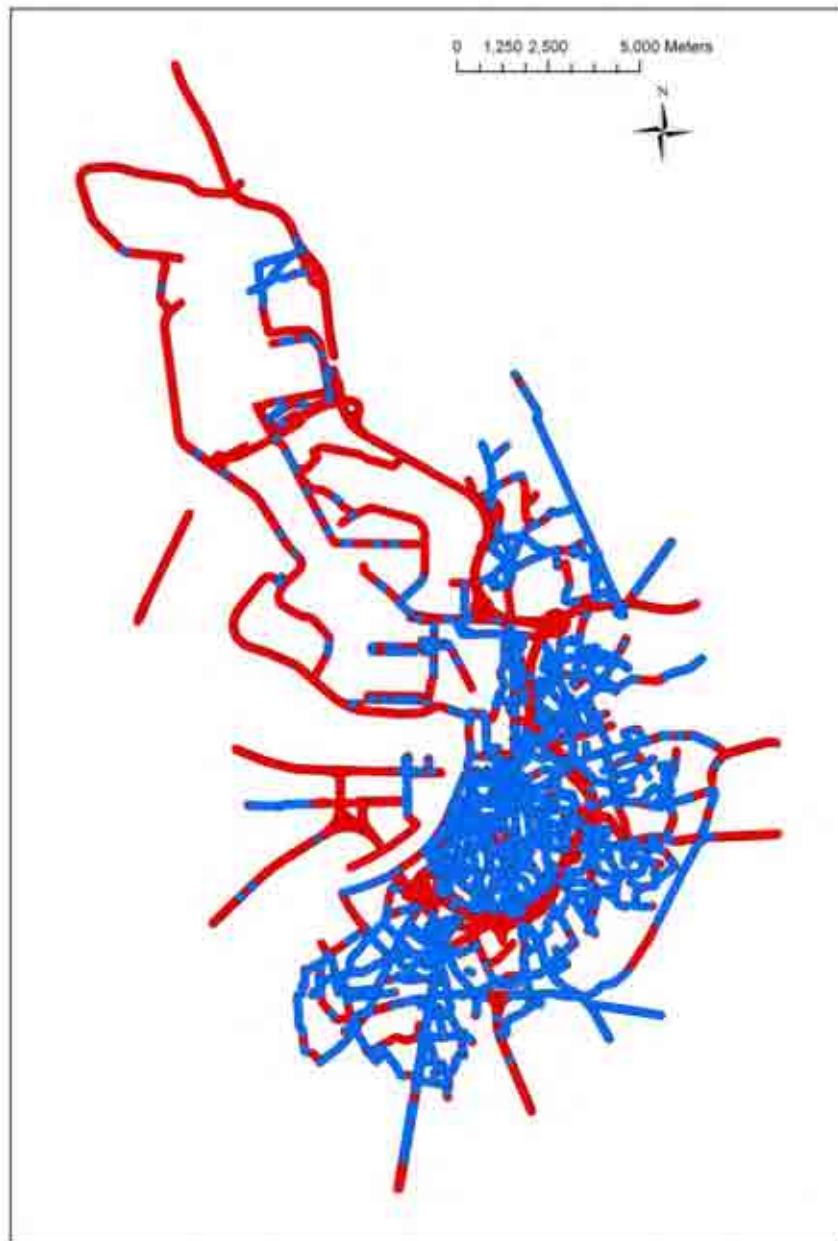
Eens die intersecties gekend, berekenen we eenvoudig de kortste afstand aan weerszijden langs het straat segment. Een meer realistisch voorbeeld voor Antwerpen is hieronder opgenomen:



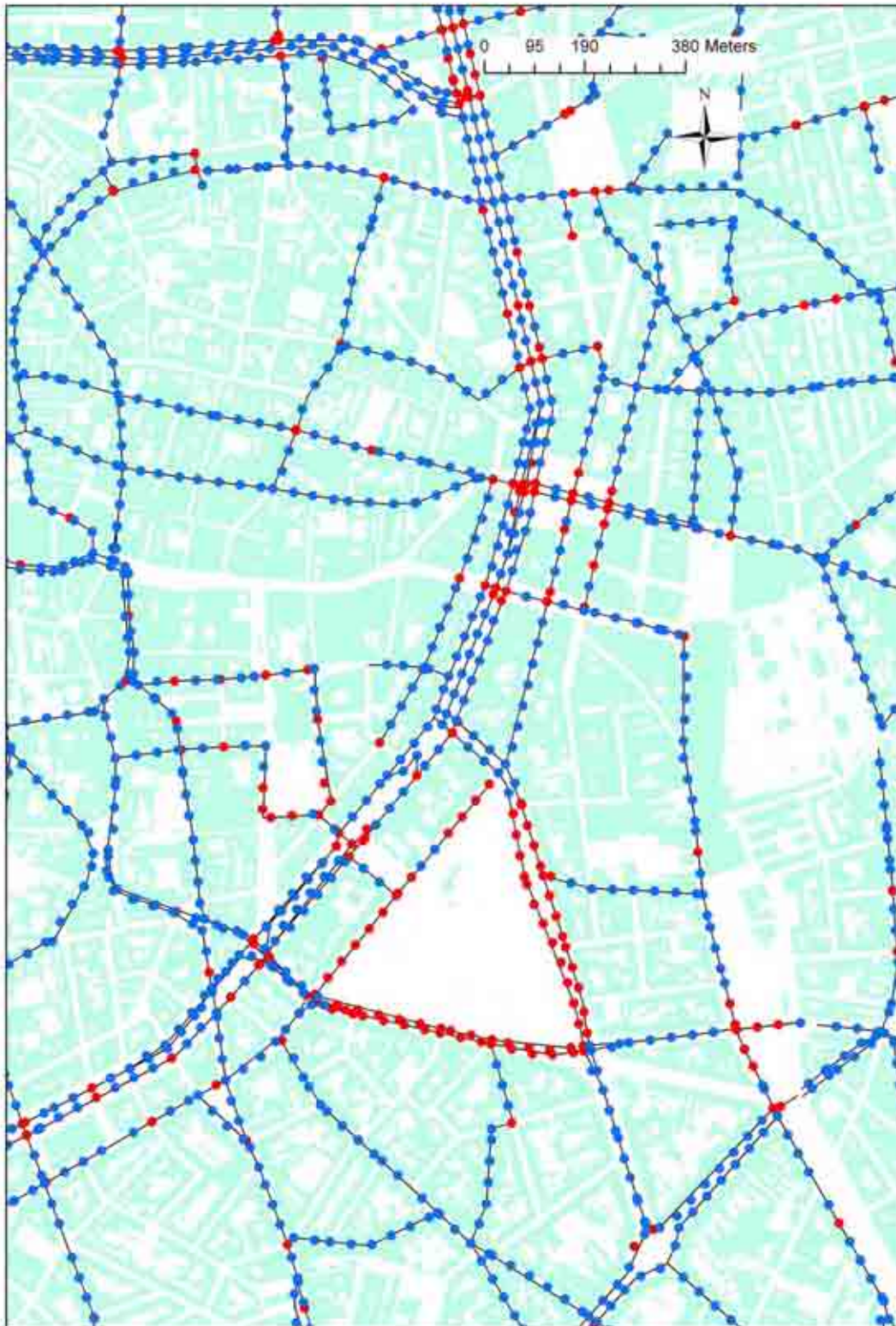
Figure 3 : Voorbeeld van toepassing van de tool voor Antwerpen.

BIJLAGE E HET IFDM STREET CANYON ROOSTER

Het IFDM street canyon-rooster wordt als volgt bepaald. Om de 40 m wordt een punt bepaald op iedere meegenomen weg. Van dit punt wordt met de preprocessor bepaald of het binnen een gesloten street canyon ligt (gebouwen loodrecht op de straatas ter hoogte van het punt op minder dan 100 m van het punt, aan beide kanten). Alleen deze laatste punten worden gebruikt voor de IFDM street canyon-berekening. Het resultaat is te vinden in:



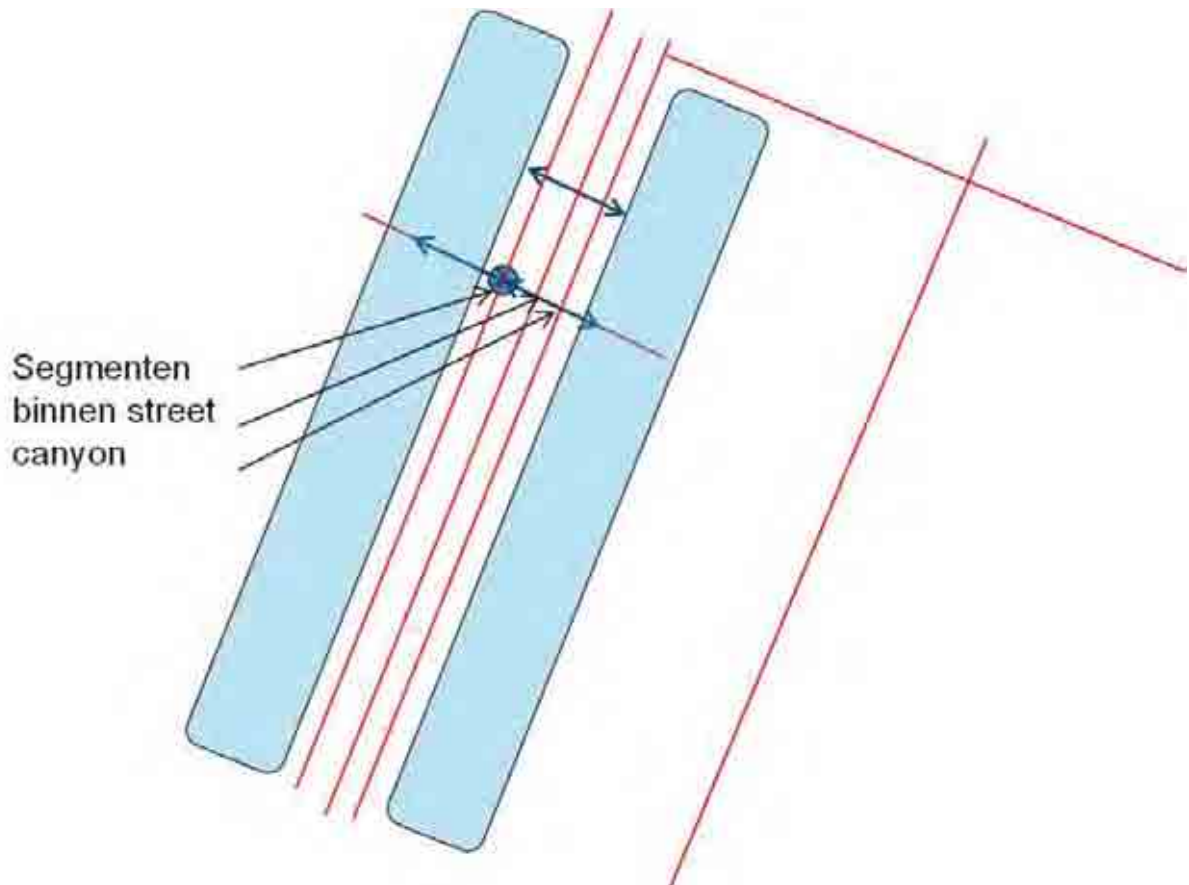
Figuur 159 : Het IFDM street canyon-rooster (blauw voor de punten binnen een street canyon, rood voor de punten buiten een street canyon). Alleen op de blauwe punten wordt de IFDM-street canyon module toegepast.



Figuur 160 : Een deel van het IFDM street canyon-rooster (blauw voor de punten binnen een street canyon, rood voor de punten buiten een street canyon). Alleen op de blauwe punten wordt de IFDM street canyon module toegepast.

BIJLAGE F DE IFDM-STREET CANYON KOPPELING

Voor ieder punt waarvoor de IFDM street canyon module rekent, wordt de IFDM-concentratie bepaald behalve voor de segmenten die op die plaats binnen de street canyon liggen. Van deze laatste segmenten wordt de emissie voor de street canyon module bepaald. De IFDM street canyon module wordt daarna toegepast en indien nodig wordt de chemie bepaald.



Figuur 161 : Een voorbeeld van de IFDM-street canyon koppeling. Op het IFDM street canyon-punt (blauwe bol) met bijbehorende breedte B (blauwe pijl, afgeleid uit de preprocessor en de locaties van de gebouwen: blauwe rechthoeken) wordt bepaald welke wegen (rode lijnen) er binnen de street canyon ter hoogte van het IFDM street canyon-punt passeren. Daarvoor wordt gekeken naar één breedte van de street canyon aan beide kanten van de weg.

BIJLAGE G DE VISUALISATIE

De visualisatie gebeurt in verschillende stappen. Het grootste deel van de visualisatieprocedure is gescript in python op basis van ArcGIS (ESRI). Volgende stappen worden uitgevoerd in dit script (tussen haakjes staat het programma waarmee de bewerking uitgevoerd wordt):

1. Omzetten van de ruwe modelresultaten van IFDM naar een punten-shapefile (IDL).
2. Omzetten van de ruwe modelresultaten van IFDM-street canyon naar een punten-shapefile (IDL).
3. Bepaling waar in de street canyons er modelberekeningen uitgevoerd zijn (Python/ArcGIS).
4. Interpoleren van de IFDM-resultaten met de TIN-methode en deze omzetten naar een polygon (Python/ArcGIS).
5. Aanvullen van de resultaten binnen de street canyons waar geen IFDM street canyon-berekening gebeurde met IFDM-resultaten (Python/ArcGIS).
6. Interpoleren van de aangevulde IFDM street canyon-resultaten met de TIN-methode en deze omzetten naar een polygon (Python/ArcGIS).
7. Het knippen van de geïnterpoleerde IFDM street canyon-resultaten naar de street-canyon polygon 'Buffer' (Python/ArcGIS).
8. Het knippen van de geïnterpoleerde IFDM-resultaten buiten de street-canyon polygon 'Buffer' (Python/ArcGIS).
9. Het samenvoegen van de resultaten uit de twee voorgaande stappen (Python/ArcGIS).
10. Het omzetten naar een raster van het polygoonresultaat (Python/ArcGIS).
11. Het inladen van de polygoon die volgt uit stap 9 in ArcGIS, het kiezen van de schaal, het aanmaken van de legende, ... en het uitschrijven van het eindresultaat (ArcGIS).

De totale procedure neemt net iets meer dan een uur in beslag (per kaart), waarbij er nog redelijk wat manueel werk aan te pas komt (stappen 1, 2 en 11 samen met de controle van de resultaten).

De street-canyon polygon is als volgt bepaald. Rond alle punten die binnen een street canyon liggen is een buffer van 30 m bepaald. Daarna worden alle gebouwen uit de buffer gehaald en werden er handmatig enkele probleemsituaties uitgehaald. Na het samenvoegen van alle resterende polygonen vormt dit de polygoon 'Buffer'.

BIJLAGE H BIJGELEVERDE GIS-BESTANDEN VOOR HET ONDERDEEL VERVUILING

De GIS-bestanden waarmee de basiskaarten voor de verschillende pakketten gemaakt werden worden ook geleverd bij dit rapport, en dit zowel in polygoon-formaat als in raster-formaat. De directorystructuur maakt duidelijk bij welk pakket de bestanden horen. In onderstaande tabel kan afgelezen worden welke eenheden gebruikt zijn bij het maken van de kaarten.

Scenario	Polluent	Eenheid
2015 basis	NO ₂	µg/m ³
2015 Pkt1	PM ₁₀	
2015 Pkt2	PM _{2,5}	
2015 Pkt3		
2015 basis	EC	0,1 µg/m ³
2015 Pkt1		
2015 Pkt2		
2015 Pkt3		
2015 Pkt1-2015 basis	NO ₂	0,1 %
2015 Pkt2-2015 basis	PM ₁₀	
2015 Pkt3-2015 basis	PM _{2,5}	
	EC	

Tabel 25 : De eenheden van de verschillende GIS-bestanden.

Indien op een plaats een waarde van A aangegeven wordt, betekent dit dat de werkelijke waarde tussen A en A+1 eenheden ligt. Bijvoorbeeld:

- Op een bepaalde plaats in het scenario 2015 basis voor de pollutent NO₂ wordt een waarde aangegeven van 39. Dit betekent dus dat de jaargemiddelde NO₂-concentratie op deze plaats ligt tussen de 39 en de 40 µg/m³.
- Op een bepaalde plaats in het scenario 2015 basis voor de pollutent EC wordt een waarde aangegeven van 15. Dit betekent dus dat de jaargemiddelde NO₂-concentratie op deze plaats ligt tussen de 1,5 en de 1,6 µg/m³.
- Op een bepaalde plaats in het scenario 2015 Pkt1-2015 basis voor de pollutent NO₂ wordt een waarde aangegeven van -6. Dit betekent dus dat het verschil in jaargemiddelde NO₂-concentratie tussen pakket 1 en het basisscenario op deze plaats ligt tussen de -0,6 en de -0,5%.

BIJLAGE I INVENTARISATIE MAATREGELEN

De volgende twee tabellen tonen respectievelijk de mogelijke maatregelen die men kan nemen op het vlak van mobiliteit van het wegverkeer en op het niveau van infrastructuur of bron. Deze tabellen geven een extensieve inventaris weer op basis van internationale kennis en ervaring van maatregelen en zijn opgesteld in het kader van de studie maatregelen wegverkeerslawaaï Vlaams Gewest³¹.

Praktische haalbaarheid	Actieterrein	Maatregel	Geluidsreductie [dB(A)]	Beperkingen problemen opmerkingen
MOBILITEIT WEGVERKEER	Weerhouden	Vermindering verkeersstroom	Aanzienlijke geluidsreductie van 3 tot 10 dB(A) op L _{Night} bij totaalverbod	Verhoging in de dagperiode. Mobiliteitsprobleem. Eventueel enkel op N-wegen.
		Snelheidsvermindering	Snelheidslimiet verminderen	Afhankelijk van aandeel vrachtwagens
	Vermindering verkeersstroom	Weg afsluiten voor doorgaand verkeer	Kan aanzienlijke geluidsreductie van 3 – 14 dB(A) (L _{DEN}) geven in functie van de afstand	Verhoging op andere plaatsen door verkeersomleiding ook meetellen
		Stille zones creëren door luide voertuigen te verbieden door middel van heffingen of wegafsluitingen	Heeft een potentieel om een aanzienlijke geluidsreductie van 3 – 14 dB(A) (L _{DEN}) te geven	Omvang van effecten door verkeersomleiding, voorzien van stille voertuigen en nabijgelegen parkings
		Bundeling van verkeersstroom	Aanzienlijke geluidsreductie mogelijk	Enkel mogelijk bij nieuwe grote infrastructuurwerken
		Vrachtwagens omleiden/toegang beperkingen	1 – 3 dB(A)	Aandeel zwaar vrachtverkeer moet aanzienlijk zijn, vergeleken met de totale hoeveelheid verkeer; omleidingswegen moeten aanwezig zijn
		Zie WEG	Gebruik van stille bussen	Klein effect
	Snelheidsvermindering	Snelheid verminderen door verkeersdrempel	Afhankelijk van bekomen snelheidsvermindering	Omvang van effecten door verkeersomleiding, pas op met trillingen
		Snelheid verminderen door chicane	Afhankelijk van bekomen snelheidsvermindering	Omvang van effecten door verkeersomleiding – verdere studie noodzakelijk
		Snelheid verminderen door herinrichting van straten	Afhankelijk van bekomen snelheidsvermindering	Omvang van effecten door verkeersomleiding – verdere studie noodzakelijk
		Snelheid verminderen door aanleg ronde punten	1 – 4 dB(A)	Lokaal effect
		Doorstroming	Groene golf	Lokaal effect
Lokaal				

Tabel 26 : Effect van mobiliteitsmaatregelen op geluid

³¹ Een interessant document in verband met specifieke maatregelen voor wegverkeerslawaaï werd opgesteld in het project SMILE - Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment – "Guidelines for Road Traffic Noise Abatement"

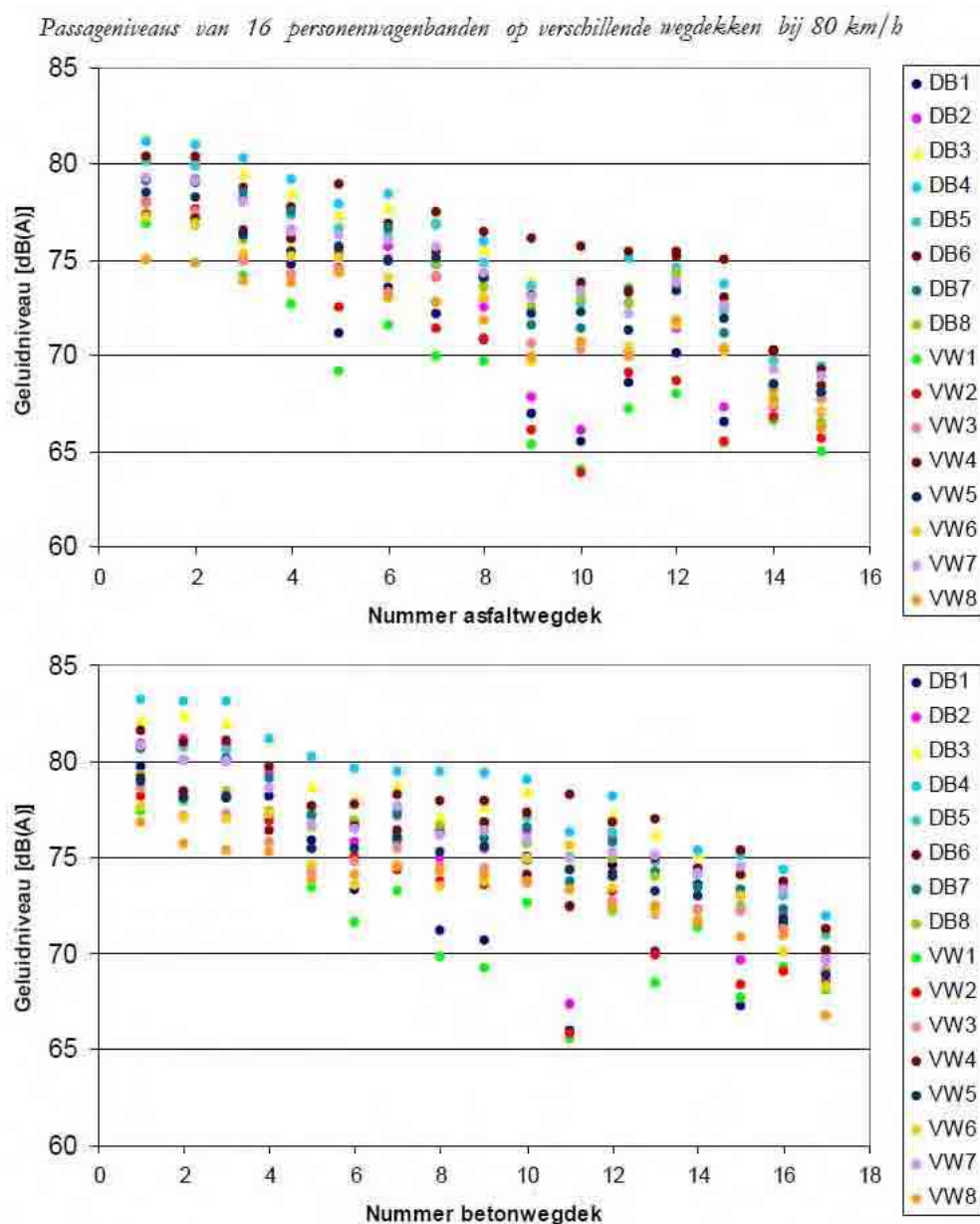
Praktische haalbaarheid		Actieterrein	Maatregel	Geluidsreductie [dB(A)]	Levensduur / Opmerkingen
WEGVERKEER	Toegepast	Stille wegdekken	SMA-C Referentiewegdek	1 – 5 tov bestaande wegdekken;	12 – 15 jaar
	Weerhouden		ZOA	2 tov SMA-C	± 8 jaar
			Tweelaags ZOA	4 tov SMA-C	5 – 8 jaar (vervanging: toplaag)
			Dichte dunne deklagen	1 – 8 tov SMA-C 1 tov SMA-D	Weerhouden vanaf 2001, is in finale onderzoeksfase
			Eenlaags chemisch uitgewassen beton	-3 (dus luider) tov SMA-C	30 – 40 jaar
			Tweelaags chemisch uitgewassen beton	0 tov SMA-C	30 – 40 jaar
			Epoxy-bestrijking	0 tot -4 (luider) tov SMA-C	15 jaar (is in laatste fase onderzoek)
	Onderzoek		Rubberasfalt	1 – 2 tov SMA-C	Kan korter zijn dan SMA, maar niet noodzakelijk
			Poro-elastisch wegdek	10 – 12	Onderzoeksfase
			Rollpave	4	Gelijkaardig aan dunne deklagen
			Affrezen betonnen wegdek	0 tov SMA-C	30 jaar, wordt reeds toegepast
	Lokaal		Stille betonstraatstenen	0 tov SMA-C en 5 tov klassieke straatstenen	10 – 15 jaar
			Wegmarkeringen	3 – 4 tov normale wegmarkeringen	
		Motorvoertuigen	Luide motorvoertuigen controleren (illegale knalpotten)	5 – 10	Toegenomen controle noodzakelijk. Reduceert waargenomen ergernissen
		Voertuigen	Gebruik van stille vuilniswagens/bussen	5 – 25 per voertuig	Levensduur van voertuig ongeveer 10 jaar

Tabel 27 : Effect van wegverkeersmaatregelen op geluid

BIJLAGE J WEGDEKKENBELEID

Een aangepast wegdekkenbeleid is een belangrijk onderdeel in de beleidsplannen om het geluidsniveau substantieel te verminderen. Nuttig om te vermelden is een proefonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden (testcircuit) waarbij 16 bandentypes worden gemeten op 15 types asfalt wegdek en 17 types beton wegdek van verschillende samenstelling, afwerking en kwaliteit.

Hierin ziet men niet alleen duidelijk de afhankelijkheid van het wegdektype maar ook van het bandentype. Merk op dat het uiterste verschil tussen de slechtste en beste combinatie banden en wegdekken tot 19 dB(A) (!) bedraagt.



Figuur 162 : Geluidsmetingen passages lichte voertuigen in functie van banden en wegdektype

Informatief geeft de volgende tabel de akoestische winsten die kunnen gerealiseerd worden met een aangepaste wegdekkeuze.

Akoestisch verschil [dB(A)] in functie van wegverharding	Snelheid [km/u]	
	90	120
Asfalt		
SMA-B, SMA-C, AB-1B en AB-4C	REF	REF
AB-2C	+2,0	+1,5
SMA-D (eenvoudige dunne deklaag)	-1,0	-1,0
ZOA-B/C (initiële geluidsreductie ca. 3 dB(A))	-1,5	-2,5
Tweelaags ZOA (initiële geluidsreductie 5 tot 8 dB(A))	-3,5	-4,5
Dunne deklaag (specialere)	-3,5	-4,5
Beton		
Beton dwarsgegroefd	+6,0	+6,0
Beton langsgegroefd	+5,5	+5,5
Eenlaags chemisch uitgewassen beton	+3,0	+3,0
Tweelaags chemisch uitgewassen beton	+0,0	+0,0
Beton gebezemd	+4,5	+4,0
Epoxy-bestrijking beton	+0,0	+0,0
Afslipen beton	+0,0	+0,0
Straatstenen		
Stille straatstenen (beperkt tot 50 km/u: 0,5 dB(A))	-	-
Klassieke straatstenen	+4,5	+4,0

Tabel 28 : Relatieve effecten van wegverhardingen Vlaamse wegen

Merk op dat het verschil tussen het meest en minst luidruchtige wegdek tot 10 dB kan bedragen. De volgende tabel toont de, tot op de dag van vandaag, gekende wegdektypes en de effecten die ze hebben op het globale geluidsniveau zoals bepaald in Nederland (CROW) en Vlaanderen.

Berekening globaal effect van wegdekcorrecties volgens SRMII ³²		30 km/u	50 km/u	70 km/u	90 km/u	100k m/u	120 km/u
Referentiewegdek		0	0	0	0	0	0
NEDERLANDSE WEGDEKTYPE (VOLGENS IMM)	2-coarse texture	3,6	3,9	4,0	4,2	4,2	4,2
	3-pavement	5,6	5,9	6,0	6,2	6,2	6,2
	ZOAB 4/-11/16	-2,2	-3,6	-4,4	-4,9	-5,2	-5,6
	SMA 0/6	0,1	-1,0	-1,6	-2,1	-2,4	-2,8
	ZOAB	0,8	-1,7	-3,3	-4,4	-4,9	-5,8
	uitgewassen beton	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
	fijngestort beton	-0,8	0,5	1,4	2,0	2,3	2,7
	beton met opp.beh	4,2	3,2	2,6	2,2	2,0	1,6
	asfalt met opp.beh	4,5	3,9	3,5	3,2	3,0	2,8
	beton discont. 4/7	0,6	0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3
	geosilient	1,3	-1,0	-2,4	-3,4	-3,9	-4,6
	novachip	-0,1	-0,8	-1,2	-1,5	-1,7	-1,9
	microville	-2,6	-3,4	-3,9	-4,2	-4,4	-4,6
	twinlay-M	-2,4	-4,7	-6,0	-6,9	-7,4	-8,1
	ZSA	-1,6	-4,0	-5,5	-6,6	-7,1	-7,9
	micropave	-0,4	-2,6	-3,9	-4,9	-5,4	-6,2
	stilstone	-0,3	-1,6	-2,3	-2,8	-3,1	-3,5
	fluisterasfalt	-3,1	-4,4	-5,2	-5,7	-6,0	-6,4
	accoduit	0,5	-0,4	-0,9	-1,2	-1,5	-1,8
	tapisville	-0,9	-2,4	-3,3	-4,0	-4,4	-4,9
	nobelpave	-2,8	-4,7	-5,8	-6,6	-7,0	-7,7
	microtop 0/8	-0,9	-1,9	-2,4	-2,8	-3,0	-3,3
	1L ZOAB (2006)	0,8	-1,0	-2,1	-2,9	-3,3	-3,9
	2L ZOAB (2006)	-2,7	-4,0	-4,7	-5,3	-5,6	-6,0

³² Reken- en meetvoorschrift wegverkeerslawaaï 2002

Berekening globaal effect van wegdekcorrecties volgens SRMII ³²		30 km/u	50 km/u	70 km/u	90 km/u	100 km/u	120 km/u
Referentiewegdek		0	0	0	0	0	0
	2L ZOAB fijn (2006)	-4,1	-5,4	-6,1	-6,6	-6,9	-7,3
	SMA 0/6 (2006)	-0,2	-1,1	-1,7	-2,1	-2,3	-2,6
	uitgeborsteld beton	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4
	geoptim. Uitgeborsteld beton	0,5	0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3
	fijgebezemd beton (2006)	-0,4	0,6	1,4	1,9	2,1	2,5
	oppervlakkbewerking (2006)	3,2	2,7	2,4	2,2	2,1	1,9
	gewone elementenverharding	3,7	3,8	4,0	4,1	4,0	4,1
	stille elementenverharding	0,2	-1,2	-1,9	-2,4	-2,7	-3,1
	dunne deklagen 1	-1,3	-2,9	-3,8	-4,5	-4,9	-5,4
	dunne deklagen 2	-2,9	-4,5	-5,4	-6,1	-6,4	-6,9
	ZSA-O (2006)	-2,0	-4,5	-6,0	-7,1	-7,6	-8,5
	ZSA-SD (2006)	-3,1	-4,8	-5,7	-6,4	-6,7	-7,2
	dubofalt	-4,5	-5,4	-5,8	-6,1	-6,3	-6,6
	nobelpave (2006)	-2,7	-4,7	-5,8	-6,6	-7,0	-7,7
	zsm	-1,8	-4,0	-5,2	-6,2	-6,6	-7,3
	micropave (2006)	-2,8	-3,9	-4,5	-5,0	-5,2	-5,5
	silenTONE	-0,2	-0,9	-1,3	-1,5	-1,6	-1,8
	viagrip	-0,8	-3,7	-5,6	-7,0	-7,6	-8,6
	geosilent (2006)	0,9	-1,2	-2,4	-3,3	-3,8	-4,4
	micro-top 0/6	-3,1	-4,4	-5,2	-5,8	-6,1	-6,5
	microtop 0/8 (2006)	-1,3	-2,1	-2,5	-2,8	-2,9	-3,2
	stilstone (2006)	-0,2	-1,5	-2,3	-2,8	-3,1	-3,5
	redufalt	-1,9	-3,4	-4,3	-4,9	-5,2	-5,7
	accoduit (2006)	0,4	-0,5	-1,0	-1,4	-1,6	-2,0
	novachip (2006)	-0,4	-1,0	-1,3	-1,5	-1,6	-1,8
	tapisville (2006)	-1,3	-3,5	-4,7	-5,6	-6,1	-6,7
	fluisterasfalt (2006)	-2,4	-4,1	-5,0	-5,6	-6,0	-6,4
	microville (2006)	-1,4	-3,9	-5,5	-6,6	-7,2	-8,0
	microflex 0/6	-3,5	-4,4	-4,9	-5,2	-5,4	-5,7
	decipave	-2,8	-4,4	-5,3	-6,0	-6,4	-6,9
	twinlay-m (2006)	-4,1	-5,5	-6,3	-6,8	-7,1	-7,6
	stil mastiek	-2,9	-4,5	-5,5	-6,1	-6,5	-7,0
	bruitville	-2,6	-3,7	-4,4	-4,8	-5,0	-5,4
	duolay	-4,9	-5,9	-6,4	-6,8	-7,0	-7,3
	minifalt	-4,1	-4,8	-5,2	-5,5	-5,7	-5,9
	konwé stil	-2,6	-3,4	-3,8	-4,1	-4,3	-4,6
	durasilent	-0,1	-1,1	-1,6	-2,0	-2,3	-2,6
	grab	-4,0	-4,8	-5,2	-5,4	-5,6	-5,8
	nobelpave hs	-2,6	-4,1	-5,0	-5,7	-6,1	-6,6
	straatbakstenen in keperverband	2,2	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0
	deciville	-3,4	-3,5	-3,5	-3,4	-3,5	-3,5

Berekening globaal effect van wegdekcorrecties volgens SRMII		30 km/u	50 km/u	70 km/u	90 km/u	100 km/u	120 km/u
VLAAMSE	DAB – SMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	AB type 2	3,2	2,7	2,4	2,2	2,1	1,9
	SMA D	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
	ZOA	3,3	1,5	0,4	-0,4	-0,8	-1,4
	dwarsgegroefd beton	6,0	5,9	6,0	6,0	5,9	5,9
	langsgegroefd beton	4,1	4,6	5,0	5,4	5,4	5,6
	chemisch uitgewassen beton	4,5	3,9	3,6	3,4	3,2	3,0
	gebezemd beton	5,9	5,2	4,8	4,5	4,3	4,1
	gefreesd/afgeslepen beton	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2
	betonstraatstenen	4,7	4,8	5,0	5,1	5,0	5,1
	keien	7,7	7,8	8,0	8,1	8,0	8,1
	0 asfalt referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WEGDEKTYPE	1 asfalt 1L ZOAB	0,8	-1,0	-2,1	-2,9	-3,3	-3,9
	2 asfalt 2L ZOAB	-2,7	-4,0	-4,7	-5,3	-5,6	-6,0
	3 asfalt 2L ZOAB fijn	-4,1	-5,4	-6,1	-6,6	-6,9	-7,3
	4 asfalt SMA 0/6	-0,2	-1,1	-1,7	-2,1	-2,3	-2,6

Berekening globaal effect van wegdekcorrecties volgens SRMII		30 km/u	50 km/u	70 km/u	90 km/u	100 km/u	120 km/u
5 beton uitgeborsteld beton		1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4
6 beton geoptim. uitgeborsteld beton		0,5	0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3
7 beton fijngebezemd beton		-0,4	0,6	1,4	1,9	2,1	2,5
8 asfalt / beton oppervlaktbewerking		3,2	2,7	2,4	2,2	2,1	1,9
9 elementen gewone elementenverharding		3,7	3,8	4,0	4,1	4,0	4,1
10 elementen stille elementenverharding		0,2	-1,2	-1,9	-2,4	-2,7	-3,1
11 asfalt dunne deklagen A		-2,0	-3,1	-3,7	-4,2	-4,4	-4,8
12 asfalt dunne deklagen B		-3,6	-4,4	-4,9	-5,3	-5,5	-5,8
49 elementen elementenverharding in keperverband		1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
13 asfalt ZSA-O		-2,0	-4,5	-6,0	-7,1	-7,6	-8,5
14 asfalt ZSA-SD		-3,1	-4,8	-5,7	-6,4	-6,7	-7,2
15 asfalt Dubofalt		-3,8	-4,6	-5,0	-5,3	-5,5	-5,8
16 asfalt Nobelpave		-2,7	-4,7	-5,8	-6,6	-7,0	-7,7
17 asfalt ZSM		-1,8	-4,0	-5,2	-6,2	-6,6	-7,3
18 asfalt Micropave		-2,8	-3,9	-4,5	-5,0	-5,2	-5,5
19 elementen SilenTONE		-0,2	-0,9	-1,3	-1,5	-1,6	-1,8
20 asfalt Viagrip		-0,8	-4,1	-6,1	-7,7	-8,4	-9,5
21 elementen Geosilent		0,9	-1,2	-2,4	-3,3	-3,8	-4,4
22 asfalt Micro-Top 0/6		-3,1	-4,6	-5,5	-6,1	-6,5	-7,0
23 asfalt Micro-Top 0/8		-1,3	-2,1	-2,5	-2,8	-2,9	-3,2
24 elementen Stilstone		-0,2	-1,5	-2,3	-2,8	-3,1	-3,5
26 asfalt Redufalt		-2,3	-3,5	-4,2	-4,7	-5,0	-5,4
27 asfalt Accoduit		0,4	-0,5	-1,0	-1,4	-1,6	-2,0
28 asfalt Novachip		-0,4	-1,0	-1,3	-1,5	-1,6	-1,8
29 asfalt Tapisville		-1,3	-3,5	-4,7	-5,6	-6,1	-6,7
30 asfalt Fluisterfalt		-3,3	-4,4	-5,0	-5,4	-5,7	-6,0
31 asfalt Microville		-2,4	-4,2	-5,2	-6,0	-6,4	-7,0
33 asfalt Decipave		-2,8	-4,4	-5,3	-6,0	-6,4	-6,9
34 asfalt Twinlay-m (*)		-4,1	-5,5	-6,3	-6,8	-7,1	-7,6
35 asfalt Stil Mastiek		-2,9	-4,5	-5,5	-6,1	-6,5	-7,0
36 asfalt Bruitville		-2,6	-3,7	-4,4	-4,8	-5,0	-5,4
37 asfalt Duolay		-4,9	-5,9	-6,4	-6,8	-7,0	-7,3
38 asfalt Minifalt		-4,6	-5,1	-5,3	-5,5	-5,6	-5,8
39 asfalt Konwé Stil		-2,6	-3,4	-3,8	-4,1	-4,3	-4,6
40 elementen DuraSilent		0,0	-1,0	-1,6	-2,0	-2,3	-2,6
41 asfalt GRAB		-4,0	-4,8	-5,2	-5,4	-5,6	-5,8
42 asfalt Nobelpave HS		-2,6	-4,1	-5,0	-5,7	-6,1	-6,6
44 asfalt Deciville		-4,0	-3,9	-3,8	-3,7	-3,8	-3,7
45 elementen SilentWay		-1,0	-2,4	-3,1	-3,7	-4,0	-4,5
46 asfalt Topfalt		-2,0	-3,3	-4,1	-4,7	-5,0	-5,4
47 asfalt Microflex LS		-3,1	-4,6	-5,5	-6,2	-6,5	-7,0
48 asfalt Microflex HS		-3,5	-4,4	-5,0	-5,4	-5,6	-5,9
50 asfalt Microville HS		-2,2	-3,0	-3,5	-3,8	-4,0	-4,3
51 elementen betonstraatstenen in keperverband		1,0	1,4	1,7	1,9	2,0	2,1

Tabel 29 : Relatieve geluidsniveaus gekende wegdektypes

Wegdekken met substantieel lagere emissies kan men grofweg indelen in de volgende categorieën³³:

1. Tweelaags ZOAB,
2. Dunne Geluidsreducerende Deklagen,
3. Derde generatie stille wegdekken: Rollpave en Modieslab,
4. Vierde generatie stille wegdekken, bij voorbeeld Poro Elastische Rubberwegdekken (PERS).

³³ IPG Innovatieprogramma geluid – wegdekken – Rapport juli 2008

Tweelaags ZOAB is ontwikkeld met als doel de geluidsreductie van ZOAB te optimaliseren. Deze optimalisatie is bereikt door op een 5 cm dikke poreuze (open) onderlaag met grove stenen een 2-3 cm dikke poreuze toplaag met fijne stenen te leggen. Er bestaan momenteel twee tweelaagse ZOAB varianten: één met een zogenaamde 4/8 toplaag en een met een 2/6 toplaag.

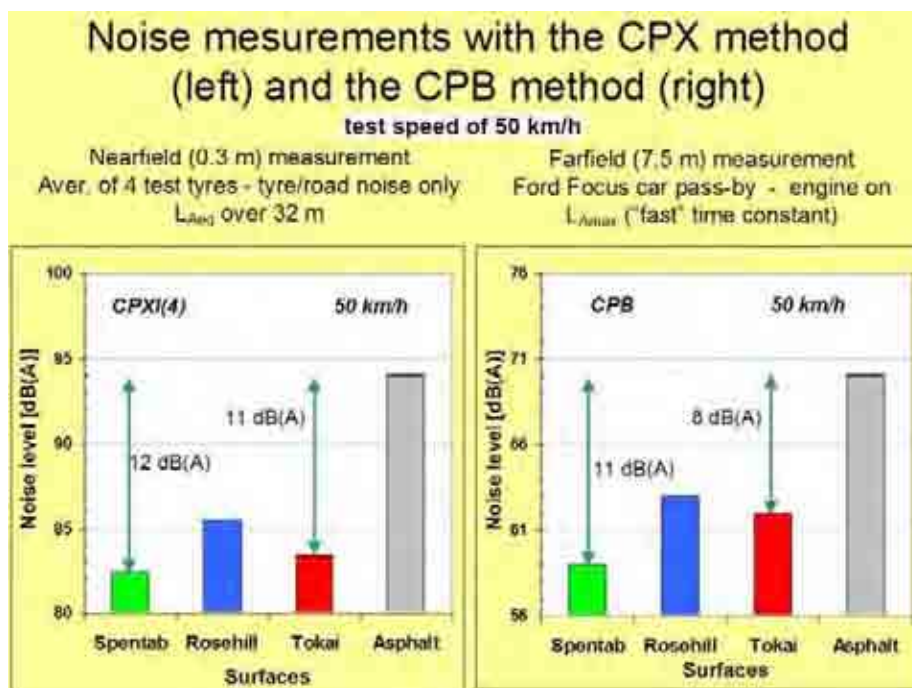
Dunne Geluidsreducerende Deklagen (DGD's) zijn hoogwaardige deklagen, die een hoge geluidsreductie combineren met een lange levensduur. Om dit te realiseren worden dure bouwstoffen gebruikt. Doordat de dikte van de DGD's beperkt is tot 2 à 3 cm is ruwweg twee keer minder materiaal nodig en zijn de aanlegkosten vergelijkbaar met ZOAB. Er is een grote diversiteit aan dunne deklagen. Het grootste onderscheid tussen de varianten is een verschil in holle ruimte (van ca. 5% tot meer dan 20%) en de gebruikte maximale korrelgrootte (6 of 8 gradering). De dichtere grove graderingsvarianten hebben een geluidsreductie, die ligt tussen DAB en ZOAB en de geluidsreductie van de meer open fijne graderingsvarianten ligt tussen die van ZOAB en tweelaags ZOAB.

De derde generatie wegdekken zijn in potentie stiller dan tweelaags ZOAB. Deze verbetering wordt gerealiseerd doordat de wegdekken in de fabriek onder geconditioneerde omstandigheden worden gefabriceerd. Hierdoor is het mogelijk de hoogst mogelijke deklaagkwaliteit te realiseren. De bedoeling is dat deze optimale deklaagkwaliteit leidt tot wegdekken met de hoogste geluidsreductie, die met de huidige bouwstoffen te realiseren is. De geprefabriceerde wegdekken worden op de weg in modules aangebracht. Er zijn twee mogelijkheden te onderscheiden: wegdekken van de rol en wegdekplaten.

Zeer stille wegdekken kunnen worden toegepast op locaties waar veel verkeer dicht langs woningen rijdt. Voor een aantal van deze locaties zijn, zelfs bij toepassing van tweelaags ZOAB, nog geluidsschermen van een aanzienlijke hoogte nodig. Dit is vaak een dure oplossing met een grote zichtbelemmering voor omwonenden. Voor deze locaties is de ontwikkeling van ultra stille wegdekken, die aanzienlijk stiller zijn dan tweelaags ZOAB, nodig. Deze wegdekken bevinden zich momenteel nog in het ontwikkelstadium. Immers de zeer hoge geluidsreductie kan niet worden behaald met een verdere optimalisatie van tweelaags ZOAB en dunne deklagen. De ultra stille wegdekken zijn daarom voorzien van een dempende werking. Deze demping is een gevolg van elasticiteit van het wegdek die kan worden gerealiseerd door toepassing van rubber in de wegdekken. De meest belovende types zijn zelfs in zijn geheel uit rubber vervaardigd.

Het is dus duidelijk dat op dit moment nog veel ontwikkelingen gebeuren op het gebied van nieuwe wegdekken die, aan de hand van een CPB meting, reducties geven van 8 tot 11 dB ten opzicht van referentie asfalt³⁴.

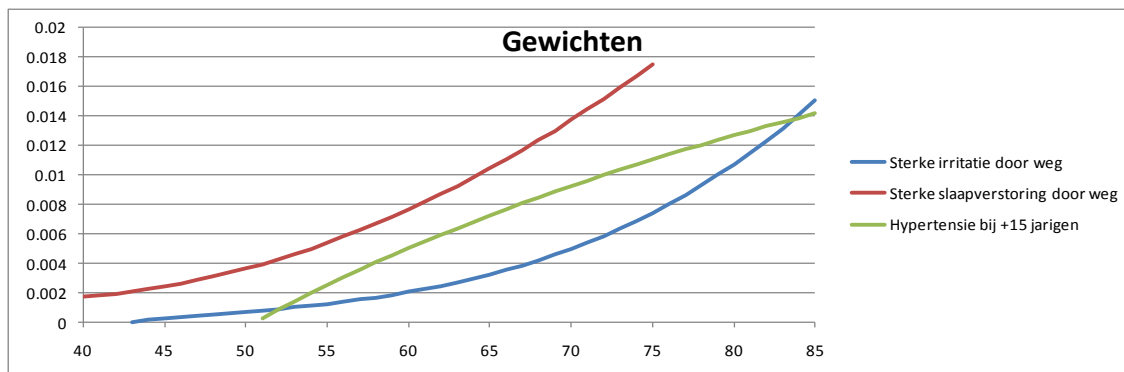
³⁴ "Report of promising new road surfaces for testing", Silence, European Commission DG Research 6th framework programma.



Figuur 163 : Resultaten geluidsproductie voor enkele wegdekken in ontwikkeling

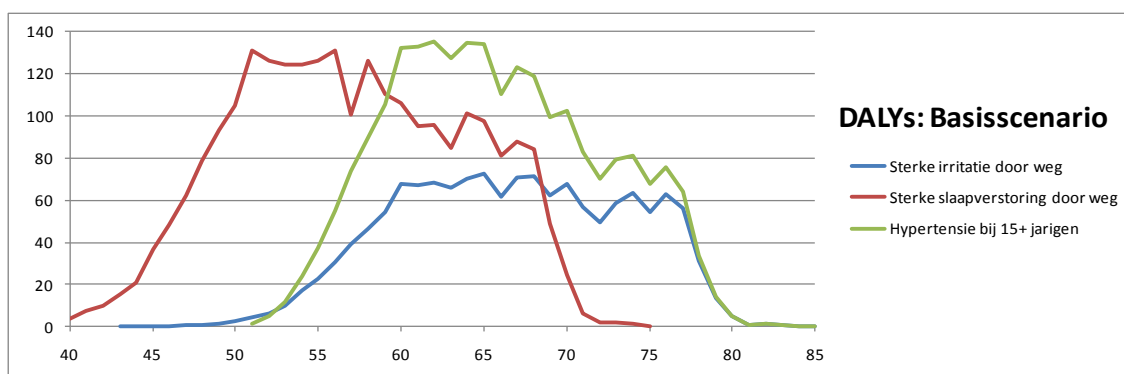
BIJLAGE K EFFECTEN GELUID OP DALY'S

Bij de berekening van de DALY's zijn de effecten afhankelijk van het type aandoening en functie van de blootstelling.

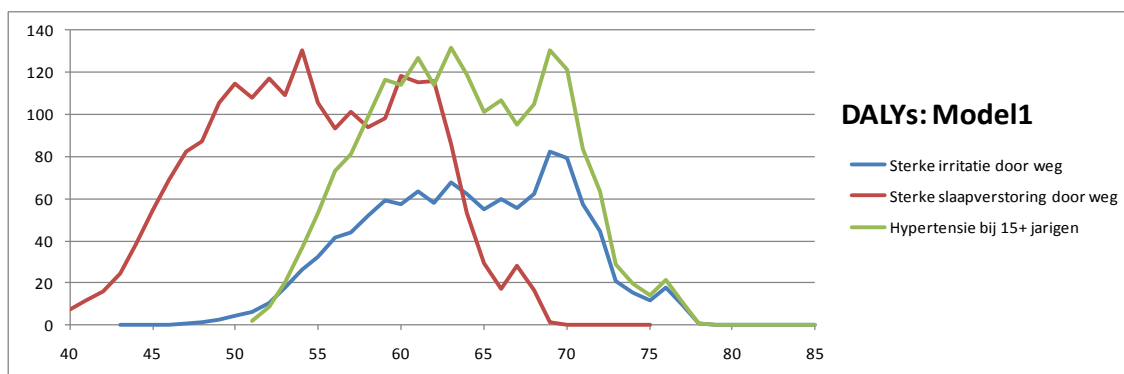


Figuur 164 : Toegepaste gewichten voor de bepaling van de DALY's

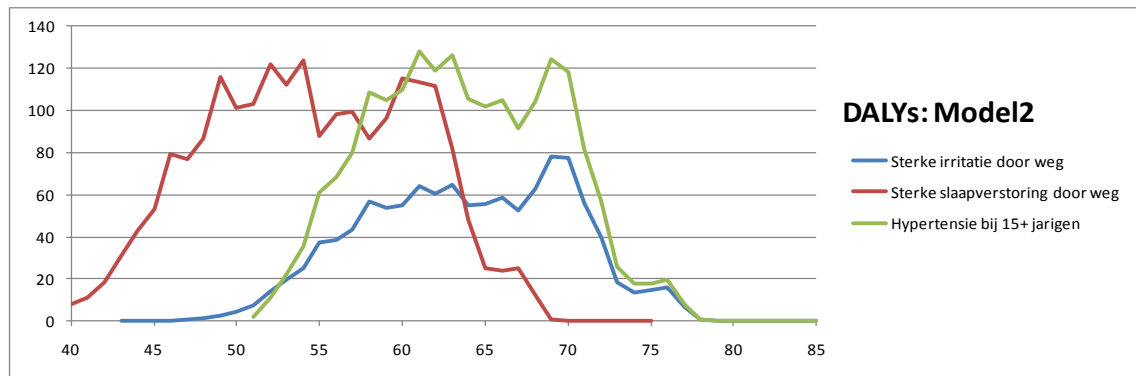
De toepassing van deze gewichten op het basisscenario en de maatregelpakketten toont de sterke vermindering van het aantal DALY's voor de hogere blootstellingsniveaus.



Figuur 165 : Bepaling van DALY's per blootstellingsklasse voor basisscenario

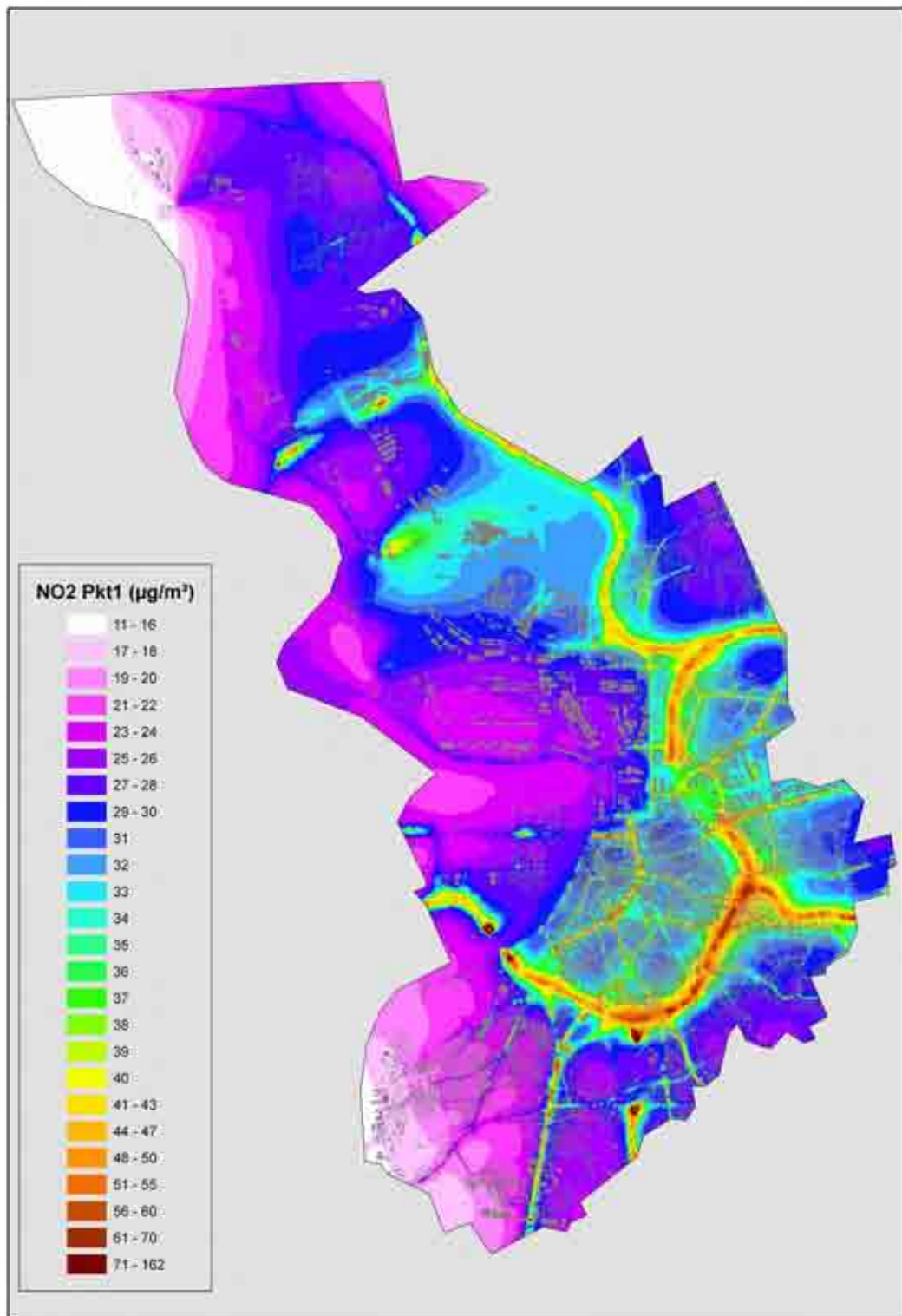


Figuur 166 : Bepaling van DALY's per blootstellingsklasse voor maatregelenpakket 1

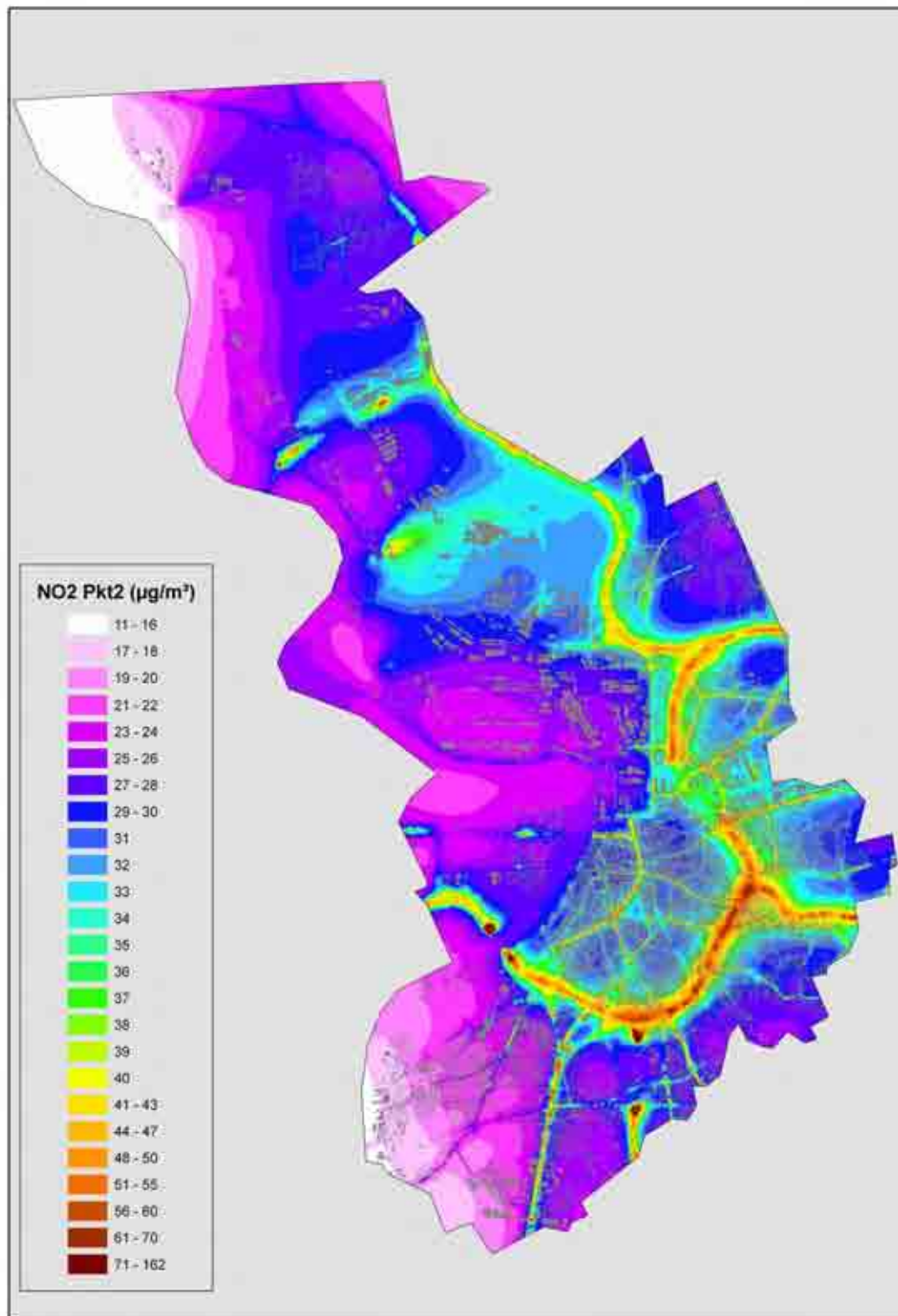


Figuur 167 : Bepaling van DALY's per blootstellingsklasse voor maatregelenpakket 2

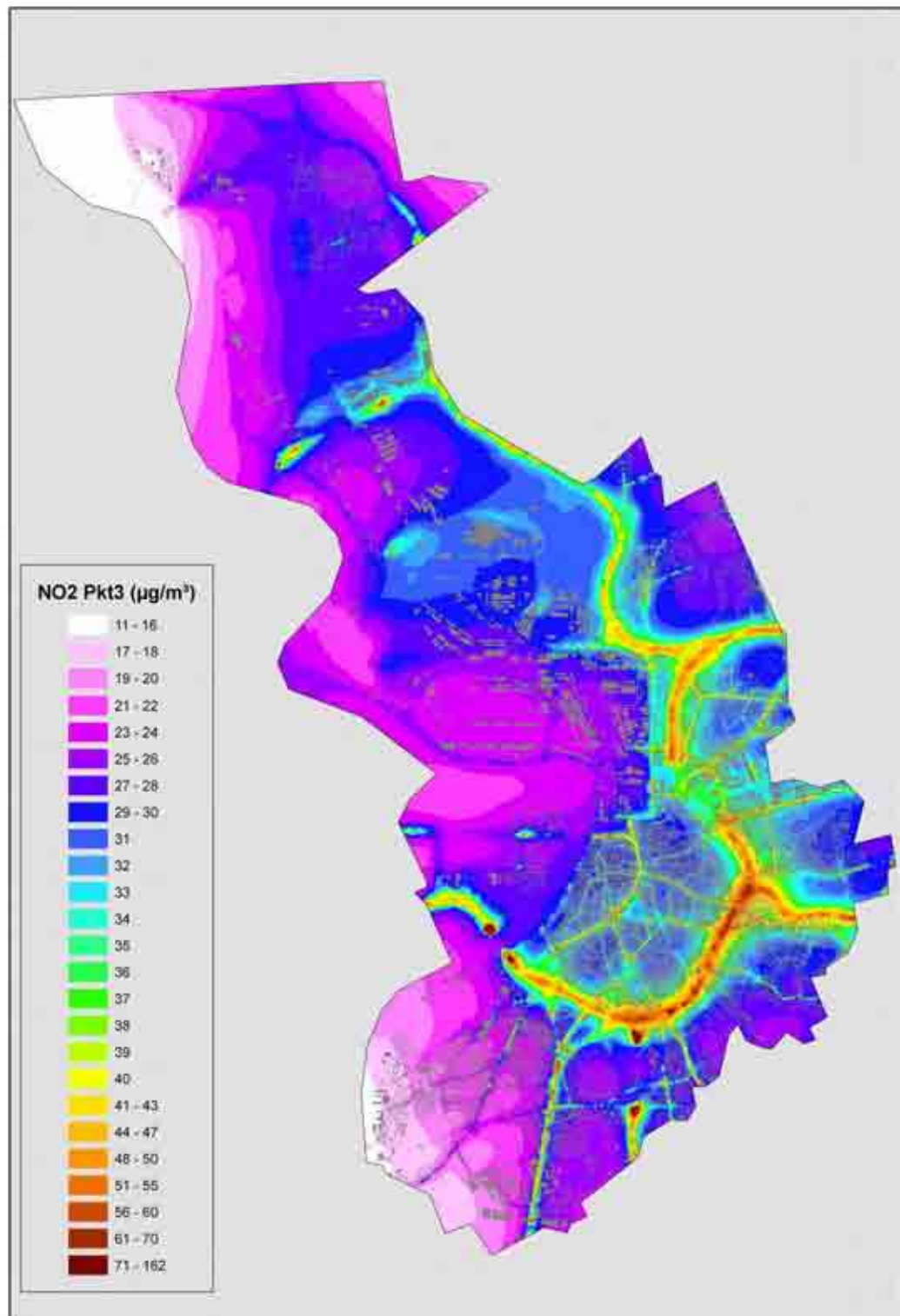
**BIJLAGE L CONCENTRATIEKAARTEN MET DE ABSOLUTE CONCENTRATIES IN DE VERSCHILLENDE
MAATREGELENPAKKETTEN**



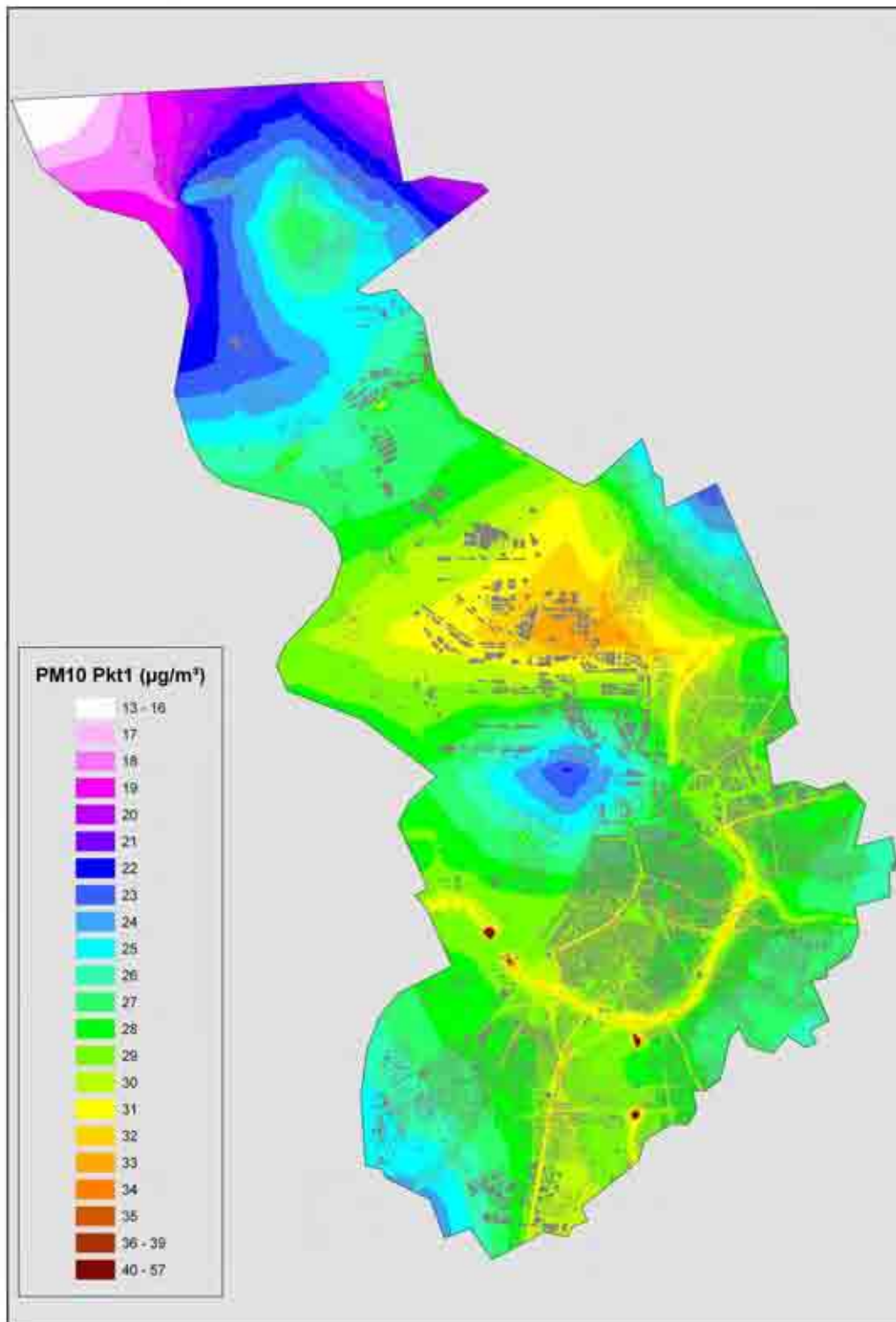
Figuur 168 : Jaargemiddelde NO_2 -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 1 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



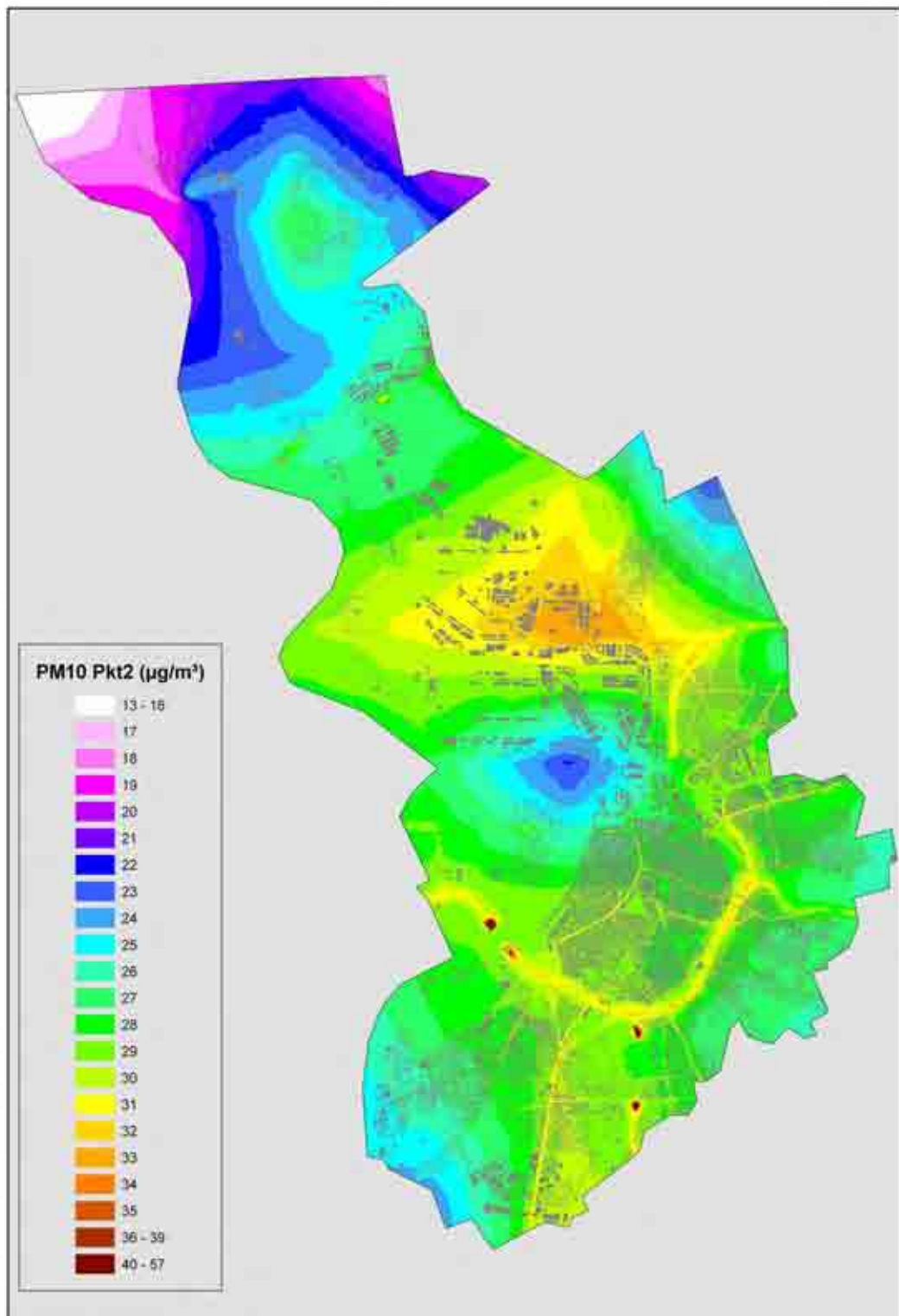
Figuur 169 : Jaargemiddelde NO₂-concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



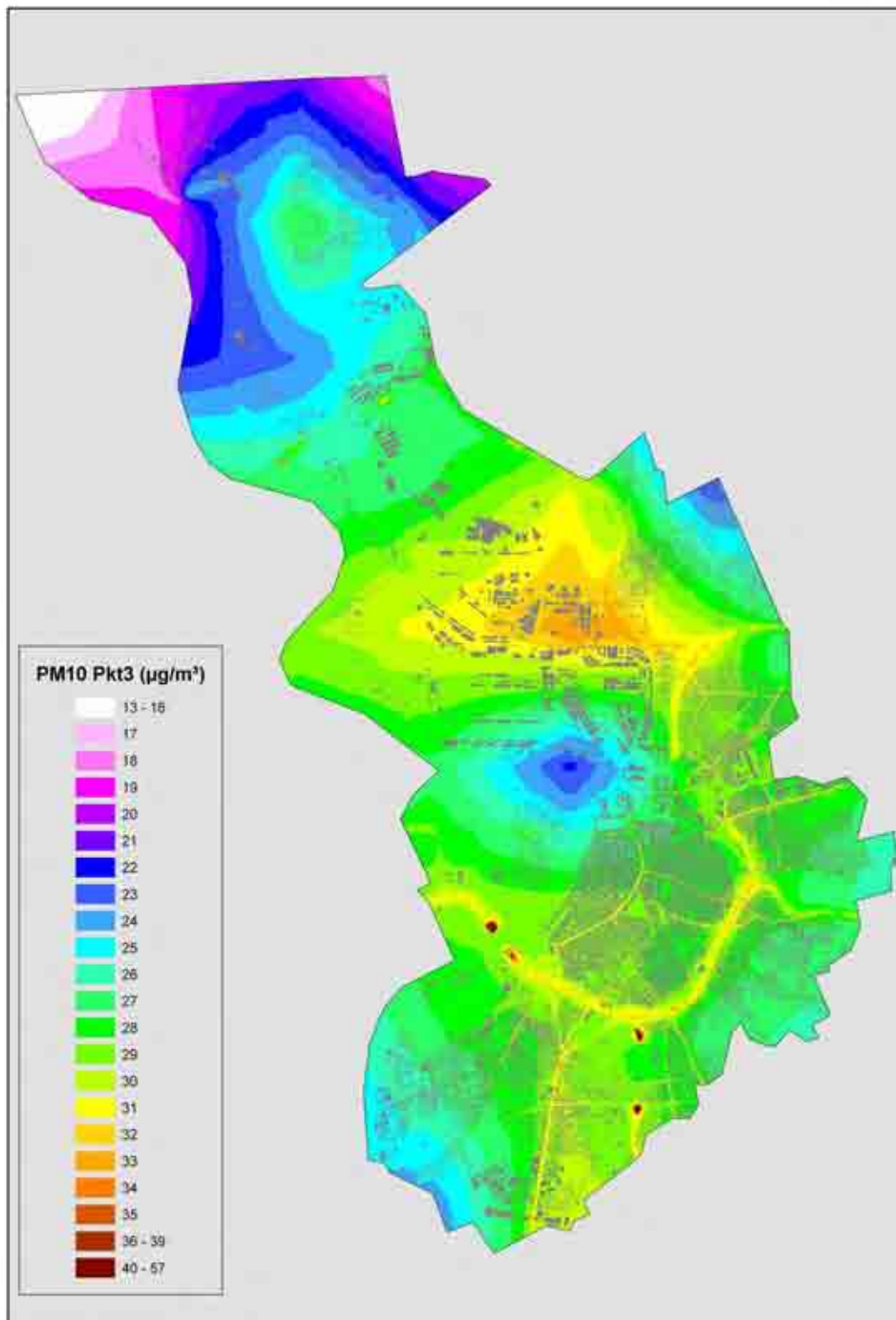
Figuur 170 : Jaargemiddelde NO₂-concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 3 (2015) (in µg/m³). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 31 µg/m³ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan 32 µg/m³.



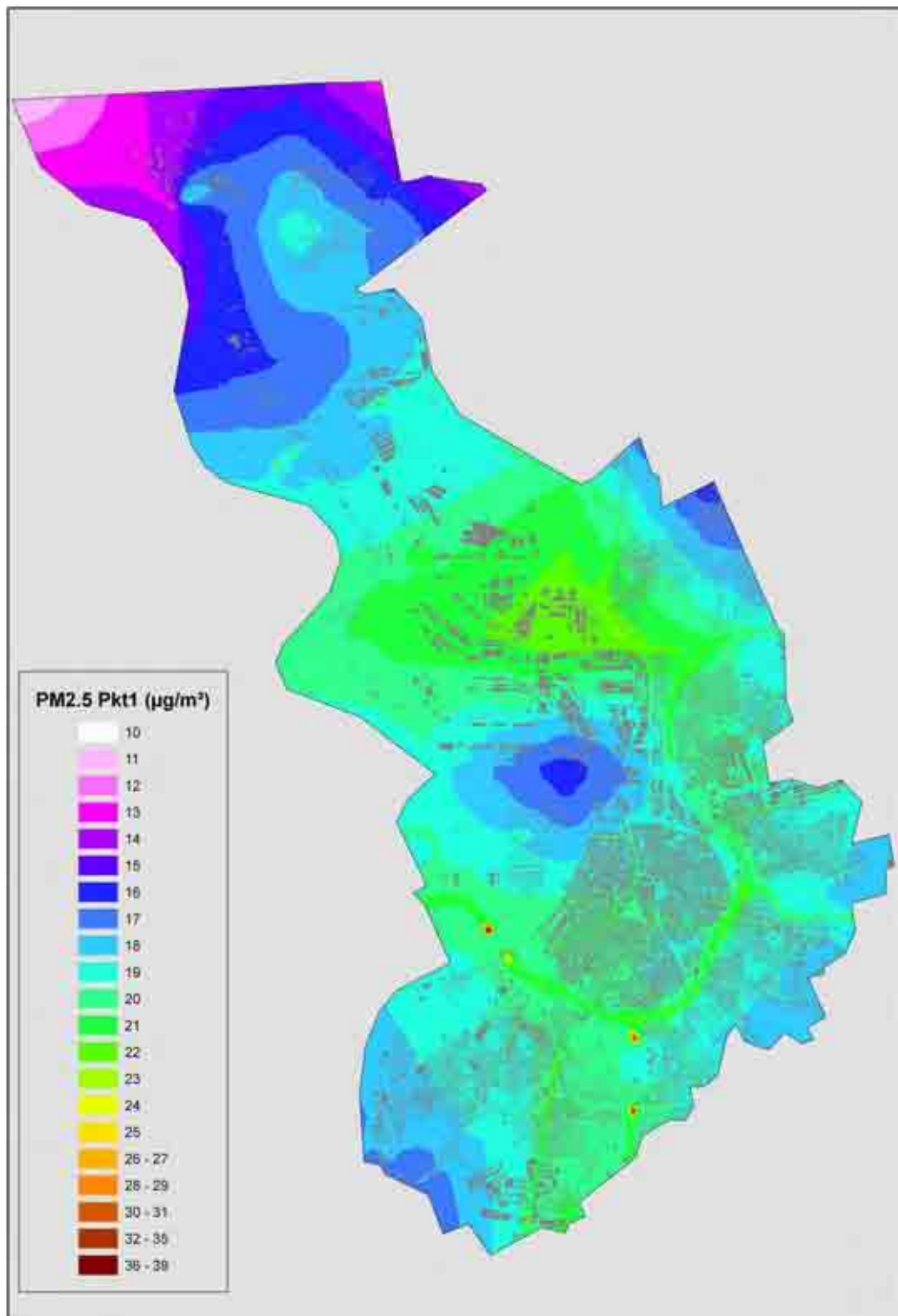
Figuur 171 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 1 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



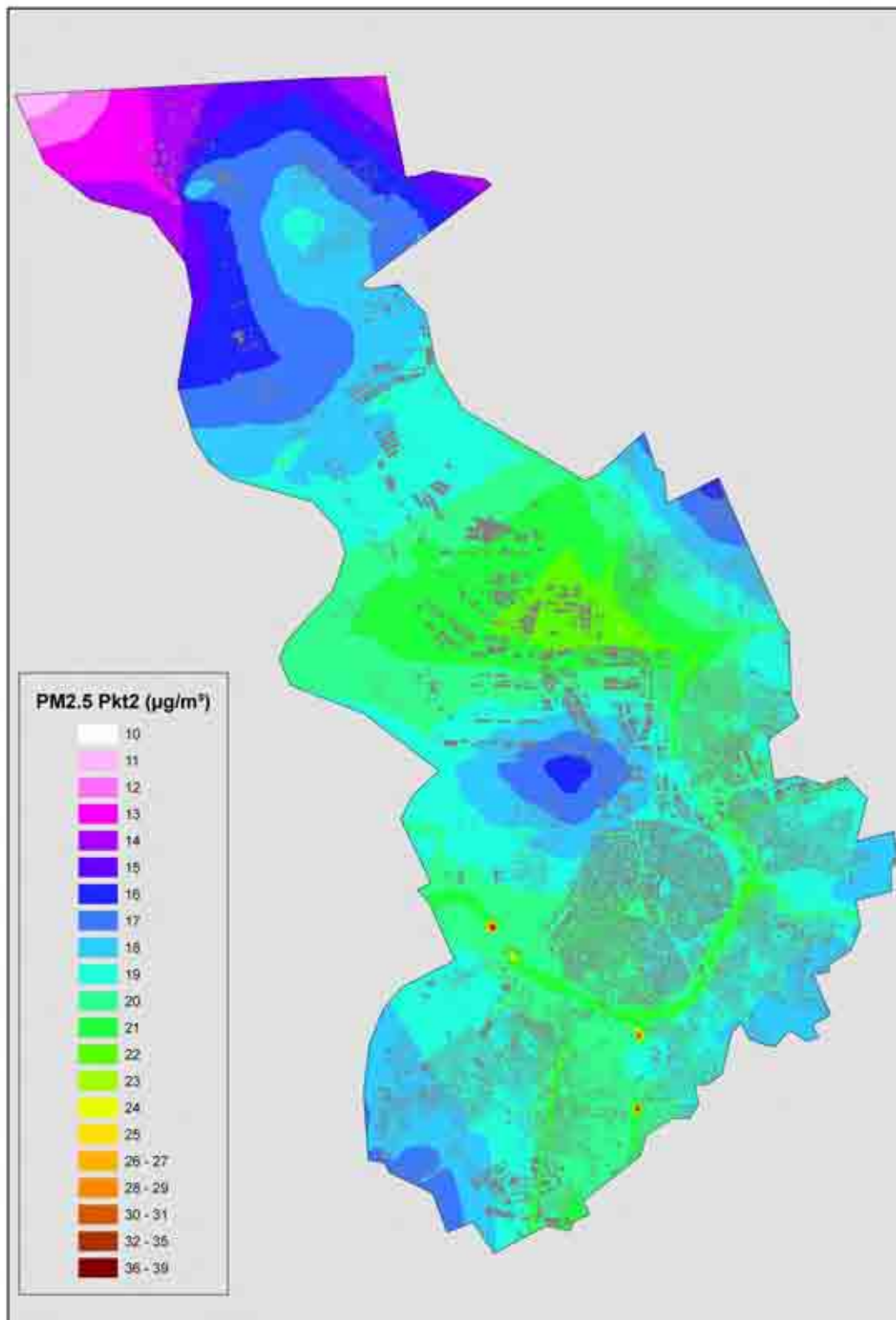
Figuur 172 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



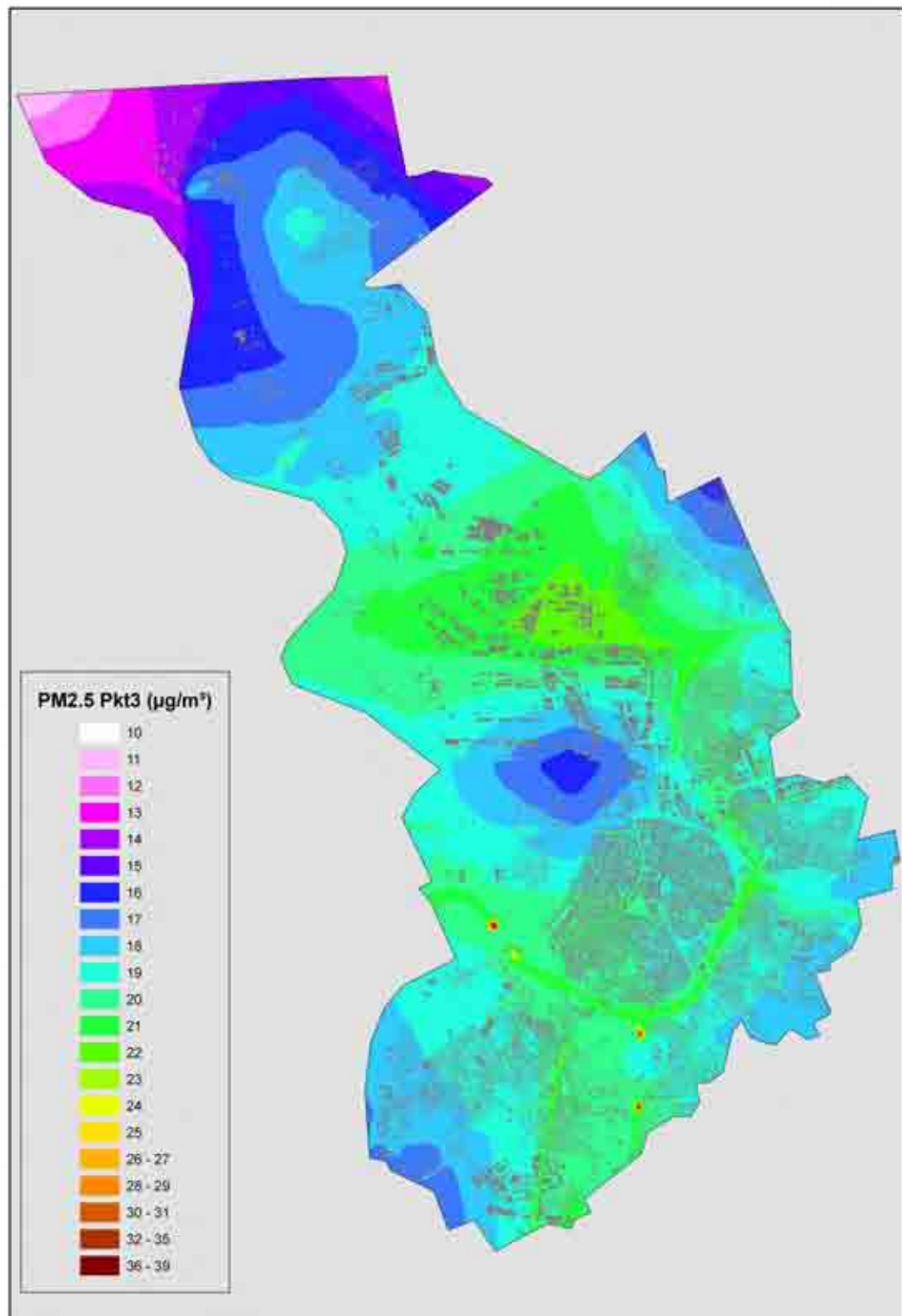
Figuur 173 : Jaargemiddelde PM_{10} -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 3 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan 31 en kleiner dan $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



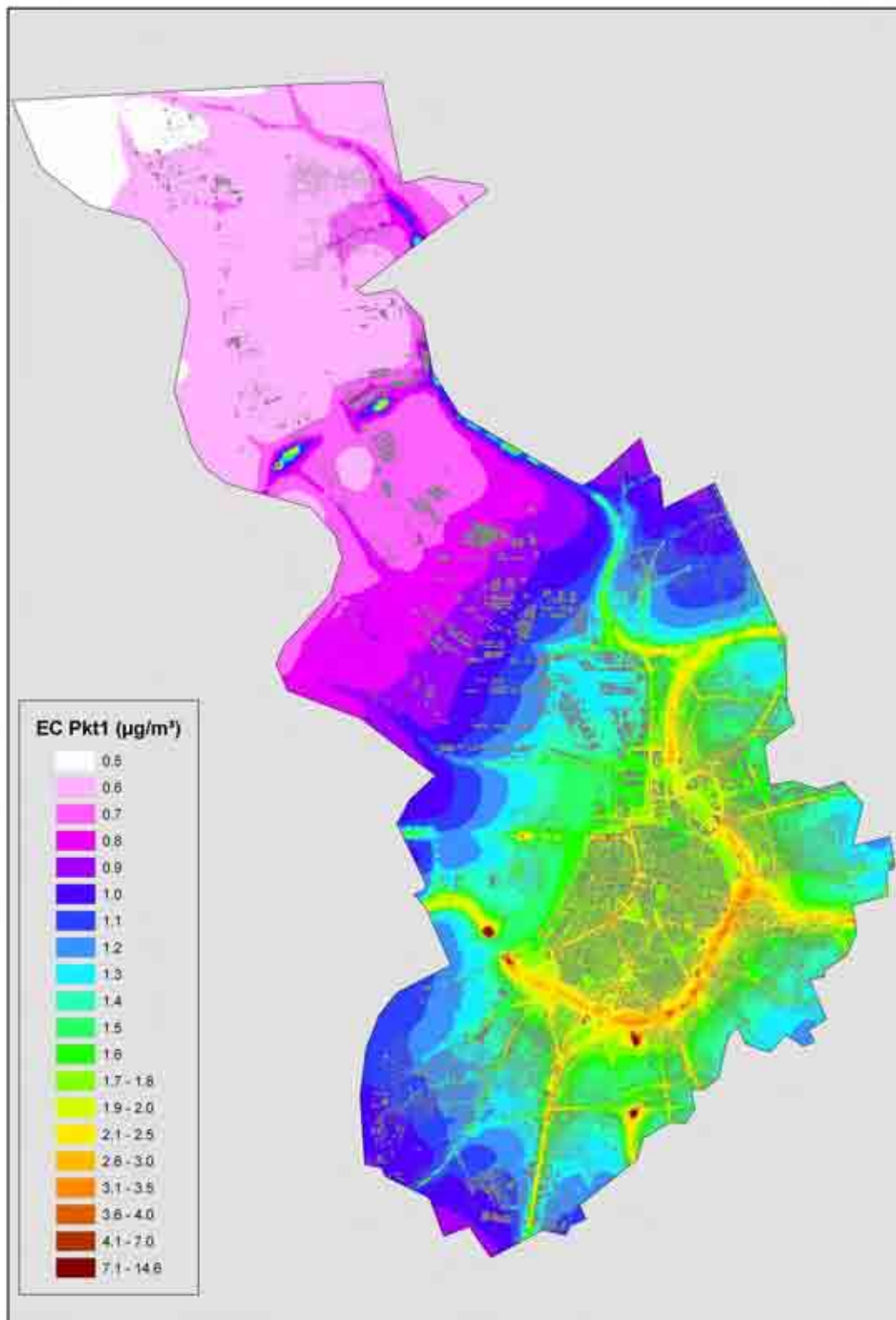
Figuur 174 : Jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 1 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan 21 en kleiner dan 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



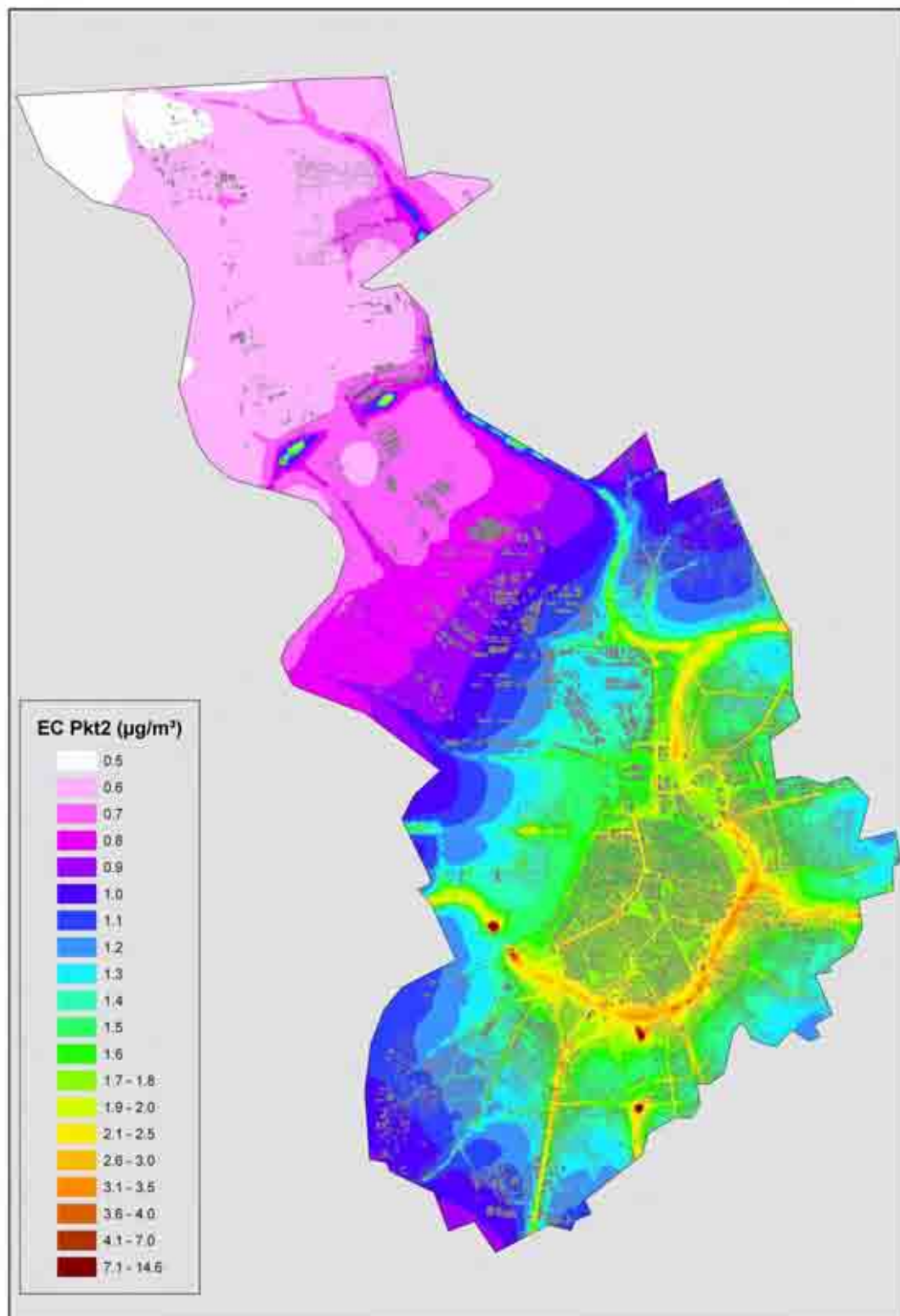
Figuur 175 : Jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaardes zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waardes groter of gelijk aan 21 en kleiner dan 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 176 : Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratiekaart na uitvoering van maatregelenpakket 3 (2015) (in µg/m³). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 21 µg/m³ staat voor waarden groter of gelijk aan 21 en kleiner dan 22 µg/m³.



Figuur 177 : Jaargemiddelde EC-concentratiekaart voor het maatregelenpakket 1 (2015) (in µg/m³). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van 1,5 µg/m³ staat voor waarden groter of gelijk aan 1,5 en kleiner dan 1,6 µg/m³.



Figuur 178 : Jaargemiddelde EC-concentratiekaart voor het maatregelenpakket 2 (2015) (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De concentratiewaarden zijn afgekapt tot op de eenheid. Bijvoorbeeld een concentratiewaarde van $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor waarden groter of gelijk aan $1,5$ en kleiner dan $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.