

## De externe kosten van transport

### Syntheseverslag

Januari 2001

Auteurs:

I. Mayeres, S. Proost, D. Vandercruyssen (CES – K.U.Leuven)

L. De Nocker, L. Int Panis, G. Wouters (VITO)

B. De Borger (UFSIA)

CES, K.U.Leuven – co-ordinator – Promotor: Prof. Dr. S. Proost – contract MD/DD/008

VITO – Promotor: Ir. G. Wouters – contract MD/DD/009

UFSIA – Promotor: Prof. Dr. B. De Borger – contract MD/DD/010

## De onderzoeksteams

### Centrum voor Economische Studië, K.U.Leuven (co-ordinator)

Promotor: Prof. Dr. Stef Proost

Onderzoekers: - Inge Mayeres

[1/1/1997 – 31/12/1997, 1/4/1998 – 30/4/1998, 1/7/1998 – 31/3/1999, 1/8/1999 – 30/9/1999]

- Dimitri Vandercruyssen

[1/10/1999 – 31/3/2000 (50%), 1/4/2000 – 30/11/2000 (100%)]

Contactpersoon:

Dr. Inge Mayeres

CES – K.U.Leuven

Naamsestraat 69, 3000 Leuven, België

Tel: +32 (016) 32 66 35, Fax: +32 (016) 32 69 10

E-mail: [Inge.Mayeres@econ.kuleuven.ac.be](mailto:Inge.Mayeres@econ.kuleuven.ac.be)

### VITO

Promotor: Ir. Guido Wouters

Onderzoekers (de personen aangeduid met een \* leverden een grote bijdrage aan het project):

- Leo De Nocker, 1997 – 2000, project leider \*

- Dr. Luc Int Panis, 1998 – 2000, implementatie van de evaluatiemodellen

- Ir. Ina De Vlieger, 1997 – 2000, emissie- en verkeersdata \*

- Ir. S. Vergote, 1997 – 1998, implementatie van de evaluatiemodellen, LCA data.\* (vervangen door Dr. L. Int Panis in 1998)

- Ir. Luc Vinckx, 1997 – 1998, emissie data

- C. Spirinckx, 1998 – 1999, inputs voor de LCA analyse

- R. Torfs, 1998 – 2000, inputs voor de LCA analyse en evaluatie van de impacts

Contactpersoon:

Leo De Nocker

VITO

Boeretang 200, 2400 Mol, België

Tel: +32 (014) 33 55 11, Fax: +32 (014) 33 55 99

E-mail: [Denockel@vito.be](mailto:Denockel@vito.be)

### UFSIA

Promotor: Prof. Dr. Bruno De Borger

Onderzoekers: Christophe Courcelle [1/10/1997 – 15/4/1998]

Tom Schatteman [1/5/1999 – 31/3/2000]

Contactpersoon:

Prof. Dr. B. De Borger

UFSIA

Prinsstraat 13, 2000 Antwerpen, België

Tel: +32 (03) 220 40 57, Fax: +32 (03) 220 47 99

E-mail: [Bruno.DeBorger@ufsia.ac.be](mailto:Bruno.DeBorger@ufsia.ac.be)

## Inhoud

1.	INLEIDING.....	1
2.	DE MARGINALE EXTERNE MILIEUKOSTEN.....	2
2.1.	Inleiding en doelstellingen.....	2
2.2.	Resultaten en bespreking.....	3
3.	DE MARGINALE EXTERNE ONGEVALSKOSTEN .....	5
3.1.	De theoretische analyse .....	5
3.2.	De monetaire waardering van de gezondheidseffecten van ongevallen.....	7
4.	DE MARGINALE EXTERNE CONGESTIEKOSTEN .....	8
4.1.	Doelstelling van het project.....	8
4.2.	Bijdrage van het project.....	8
4.3.	Intuïtie van het model.....	9
4.4.	Resultaten.....	10
5.	BESLUIT.....	10

## 1. INLEIDING

Wanneer gezinnen en bedrijven beslissen of ze al dan niet een rit maken, en zo ja, met welke modus en op welk tijdstip, wegen ze de beschikbare alternatieven tegen elkaar af op basis van de eigen kosten en baten van de extra rit. Deze worden de marginale *private* kosten en baten genoemd. De term “marginaal” verwijst naar de verandering in kosten en baten die de extra rit veroorzaakt. De marginale *private* kosten omvatten de “ressource” kosten (bijvoorbeeld, de brandstofkosten, de kosten van het voertuig en de verzekeringspremie), de belastingen, de eigen tijdskosten en de eigen ongevalskosten. Maar elke rit veroorzaakt ook kosten voor de andere transportgebruikers en voor de maatschappij in haar geheel. De bijkomende transportgebruikers houden hiermee slechts gedeeltelijk rekening via de belastingen en de verzekeringspremies die zij betalen. De kosten waarmee zij geen rekening houden, worden de marginale *externe* kosten genoemd. Deze leiden ertoe dat de verkeersstroom die resulteert uit de beslissingen van de gezinnen en de bedrijven groter is dan wat sociaal wenselijk is. Bovendien is de spreiding van de ritten over de tijd niet optimaal: er wordt teveel tijdens de spits gereden. Het aandeel van de verschillende transportmodi en van de voertuigtypes is evenmin optimaal.

Beleidsmakers kunnen verschillende instrumenten gebruiken om deze situatie te verbeteren. Men kan drie categorieën van instrumenten onderscheiden: economische instrumenten, regulering en veranderingen aan de infrastructuur. Bij het ontwerp van een goed transportbeleid is de informatie over het niveau en de samenstelling van de marginale externe kosten een cruciale input.

Het project berekent de marginale externe kosten van transportgebruik in België. Dit syntheseverslag bespreekt de resultaten voor drie belangrijke categorieën van externe kosten: milieukosten, ongevalskosten en congestiekosten. De externe kosten verbonden aan de schade aan het wegdek, die vooral wordt veroorzaakt door vrachtwagens, worden hier niet beschouwd – met uitzondering van de luchtverontreinigingskosten gerelateerd aan het wegonderhoud. De milieukosten werden bestudeerd door VITO, CES – K.U.Leuven stond in voor de analyse van de ongevalskosten en UFSIA was verantwoordelijk voor de studie van de congestiekosten.

### *De milieukosten*

De marginale externe milieukosten zijn waarschijnlijk de best gekende categorie van externe kosten. Het project geeft een gedetailleerde en transparante set van resultaten voor België. De studie kijkt alle belangrijke huidige en toekomstige (tot in 2005) transportmodi, brandstoffen en technologieën voor personen- en goederentransport. Dit gebeurt op basis van een gedetailleerde emissie-inventaris volgens de stand van zaken voor de levenscyclusanalyse en emissiemodellen voor transport. De analyse omvat de emissies gerelateerd aan de gebruiksfase van transportmiddelen, het aanbod van brandstoffen, de bouw van voertuigen en het onderhoud van de infrastructuur.

De milieuschade van deze emissies wordt vastgesteld in een gedetailleerde bottom-up analyse op basis van de schade functie benadering van het Europese ExternE project. De schade omvat voornamelijk de effecten van luchtverontreiniging op de menselijke gezondheid, gewassen, materialen en broeikas effecten. De ecologische effecten en de gezondheidseffecten van geluid zijn nog niet opgenomen vermits er nog grote onzekerheid is over deze effecten en hun monetaire waardering.

### *De ongevalskosten*

De analyse van de marginale externe ongevalskosten doet nog steeds een aantal conceptuele problemen rijzen. Het onderzoek bestaat uit twee delen. Het eerste deel geeft een grondige theoretische achtergrond voor de bepaling van deze kosten. In een eerste stap gebeurt dit aan de hand van een eenvoudig theoretisch model dat abstractie maakt van de invloed van aansprakelijkheidsregels en verzekeringen op het gedrag van de transportgebruikers. In een tweede stap wordt de rol van de aansprakelijkheidsregels en verzekeringen expliciet in de analyse opgenomen.

Het tweede deel heeft als doel om de monetaire waarde te bepalen van de belangrijkste component van de ongevalskosten, namelijk de effecten op de gezondheid. Dit gebeurt aan de hand van enquêtes uitgevoerd in Vlaanderen die moeten toelaten om de waarde van een statistisch leven/letsel te bepalen. Drie methodes worden hiervoor gebruikt: de contingente waardering, een combinatie van contingente waardering en standaard gok, en een keuze experiment. De data zullen gebruikt worden om te bepalen welk van deze drie methodes het meest geschikt is om een betrouwbare waarde te geven voor een statistisch leven/letsel. Het resultaat van deze oefening kan bijdragen tot de discussie die hieromtrent in de literatuur gevoerd wordt.

### *De congestiekosten*

Ook op het gebied van de congestiekosten bestaan er nog conceptuele problemen. Voor deze categorie is er bovendien een grote kloof tussen de wetenschappelijke analyse en de visie van de beleidsmakers. Het project heeft de bestaande methodologie uitgebreid zodat rekening kan gehouden worden met drie aspecten: de dynamische aanpassing van vertrektijden, onzekerheid en de informatievoorziening aan de transportgebruikers.

De volgende drie delen bespreken kort de resultaten voor elk van de drie categorieën van externe kosten. Deel 5 rondt af en geeft richtingen aan voor toekomstig onderzoek.

## **2. DE MARGINALE EXTERNE MILIEUKOSTEN**

L. Int Panis, Leo De Nocker (VITO)

### **2.1. Inleiding en doelstellingen**

Wie met zijn auto een rit maakt, heeft waarschijnlijk nagedacht over hoeveel dat zal kosten en hoelang de trip zal duren. De meeste mensen staan echter niet stil bij de gevolgen van hun reis voor de volksgezondheid, de historische gebouwen in de stad of voor bossen ver van hier. De schade voor mens en milieu die wordt veroorzaakt, maar niet betaald, door de chauffeur noemt men externe milieukosten.

De studie besteedt vooral aandacht aan de evaluatie van luchtvervuiling omdat die effecten waarschijnlijk de belangrijkste zijn. De evaluatiemethodologie is gebaseerd op het rekenschema van het Europese ExternE project. Vroegere schattingen voor België waren gebaseerd op een extrapolatie van gevalstudies in de buurlanden en/of op voorbijgestreefde methodes. De resultaten van dit project zijn de meest gedetailleerde, nauwkeurige en actuele schattingen die ooit voor België zijn gemaakt. Deze cijfers vormen daarom de basis van waaruit een groot aantal transport-, mobiliteits- en milieuproblemen kunnen onderzocht worden.

De studie beschouwt alle belangrijke transport modi (wegvervoer, spoorwegen en binnenvaart), brandstoffen en technologieën. De emissies van hedendaagse en toekomstige (tot 2005) technologieën worden onderzocht, zowel voor personenverkeer als voor het goederentransport. Daarvan worden een uitgebreide set van impacts afgeleid. Naast gezondheidseffecten wordt ook gekeken naar de opbrengst van landbouwgewassen, corrosie van bouwmaterialen en effecten op het klimaat. De belangrijkste ontbrekende impacts zijn ecologische effecten en gezondheidsimpacts van geluid.

Alle aspecten van de gebruiksfase zijn in detail doorgerekend. Op een meer algemene manier worden ook de impacts van de volledige levenscyclus (LCA analyse) bestudeerd voor de productie van transportbrandstoffen, productie van voertuigen, en infrastructuur. In het bijzonder wordt daarbij aandacht besteed aan de binnenvaart. Het rapport spitst zich vooral toe op de vergelijking van de gebruiksfase voor verschillende technologieën voor wegtransport en op de vergelijking van verschillende transport modi aan de hand van de volledige LCA analyse. Tenslotte worden de marginale kosten ook geaggregeerd tot nationale totalen voor alle types van wegverkeer en worden de trends daarvan geëvalueerd.

## 2.2. Resultaten en bespreking

Uit de analyse leiden we drie belangrijke conclusies af:

- De milieukosten kunnen significant zijn
- De externe milieukosten zijn sterk afhankelijk van de locatie
- De externe milieukosten zijn sterk afhankelijk van de technologie en de brandstof

Hoewel het mogelijk was om de effecten van luchtverontreiniging op de volksgezondheid, gewassen en materialen te kwantificeren, bleek dit onmogelijk voor de effecten op ecosystemen. Dit is voornamelijk van belang voor de effecten van NO<sub>x</sub> uit de gebruiksfase, en voor een reeks emissies uit de andere fases. We hebben geen schattingen opgenomen voor geluidshinder (hoewel er beschikbaar zijn in de literatuur) en de schattingen voor het broeikas-effect zijn verre van volledig. De resultaten die hier voorgesteld worden, vormen dus een ondergrens voor de totale milieuschade. Deze schade is niettemin significant, maar men moet rekening houden met onzekerheden.

In tegenstelling tot emissies uit hoge schouwen, stoten auto's hun uitlaatgassen dicht bij de grond uit. De hoogste concentraties worden dan ook dicht bij de weg gevonden. De blootstelling aan de primaire pollutanten hangt dus in grote mate af van de bevolkingsdichtheid in de omgeving. In de recentste methodologie wordt die blootstelling bepaald door een nauwkeurige GIS-analyse. Hoe meer mensen er worden blootgesteld aan de uitlaatgassen, hoe meer er ook gevolgen van zullen ondervinden. Dit wordt geëvalueerd aan de hand van dosis-effect relaties uit de epidemiologie. Het is dus niet verwonderlijk dat de externe milieukosten veel hoger zijn in de stad dan op het platteland. Dit effect wordt nog versterkt doordat voertuigen in de stad meestal trager rijden (wat de emissies per km doet stijgen).

Naast locatie zijn de Europese emissienormen (de zogenaamde Euro types) en de brandstof de belangrijkste factoren die de grootte van de externe milieukosten bepalen.

Samengevat kunnen we stellen dat oude (bouwjaar < 1993) dieselwagens veruit de hoogste externe kosten hebben, op elk traject. Waarden voor benzine-wagens zonder katalysator liggen vaak 2 tot 3 keer lager. Door de invoering van Euro1 en Euro2 diesels zijn de externe kosten wel gedaald, maar slechts de meest geavanceerde (Euro3) diesels lijken beter te presteren dan de benzine-wagens van 10 jaar geleden. Het is vanzelfsprekend dat in elke voertuigcategorie de recentere Euro-types beter zijn dan de oudere. De grootste

voortgang werd geboekt bij de invoering van de driewegkatalysator voor benzine wagens (Euro1) die de externe kosten met een factor 3 verminderde. De daarop volgende verstrenging van normen (Euro2 en Euro3) is relatief minder belangrijk.

De externe kosten van LPG wagens met driewegkatalysator zijn ongeveer 50% lager dan voor benzine wagens op hetzelfde traject. Oudere LPG wagens (zonder katalysator) hebben veel hogere emissies dan moderne benzine wagens en kunnen in sommige omstandigheden (op afgelegen locaties) zelfs hogere milieuschadeposten veroorzaken dan de nieuwste diesel modellen.

Grotere vrachtwagens hebben hogere emissies per kilometer, maar door hun groter laadvermogen presteren ze beter dan kleinere vrachtwagens wanneer de milieukosten per ton.kilometer worden uitgedrukt.

In een volgende stap worden alle marginale externe kosten voor alle voertuigen op alle lokaties samengeteld tot een totale (geaggregeerde) externe kost (Tabel 1). Ondanks de indrukwekkende technologische innovatie die gepaard ging met de invoering van steeds strengere Euro-normen heeft dit nog niet geleid tot een daling van de externe milieukosten.

De resultaten voor 1998 (Tabel 1) zijn nauwelijks lager dan de jaarlijkse totalen in de periode 1993-1997. Als er al enige daling wordt gevonden, dan is die uitsluitend toe te schrijven aan de personenwagens. Dit resultaat wordt verklaard door het effect van een steeds groeiende vloot, het toenemende verkeer (km per voertuig/jaar) en verschuivingen binnen de vloot zelf. De twee belangrijkste evoluties zijn daarbij de enorme verschuiving van benzine naar diesel bij personenwagens en de trend naar zwaardere vrachtwagens bij het goederentransport.

**Tabel 1: Totale externe milieukosten van de gebruiksfase en de levenscyclus voor verschillende segmenten van de vloot van wegvoertuigen (in miljard Euro, 1998)**

Externe milieukosten	Miljard Euro			Totaal	%
	Personenwagens	Vrachtwagens	Stads- en reisbussen		
<b>Gebruiksfase</b>	1.59	0.64	0.17	<b>2.4</b>	<b>66%</b>
<b>Levenscyclus analyse</b>					
brandstof productie	0.15	0.04	0.00	0.19	5%
voertuig productie	0.37	0.13	0.01	0.52	14%
infrastructuur	0.41	0.11	0.01	0.53	15%
<b>Totaal</b>	2.52	0.92	0.19	<b>3.6</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>69%</b>	<b>25%</b>	<b>5%</b>	<b>100%</b>	

Er bestaan twee types van oplossingen om de luchtvervuiling door transport toch te verminderen: men gaat door met de technologische vernieuwing en/of de vraag naar transport wordt deels verschoven naar alternatieve transport modi. Beide mogelijkheden werden in dit project bestudeerd.

Nieuwe voertuigtechnologieën en brandstoffen (die al beschikbaar en dus bewezen zijn) kunnen tot belangrijke verbeteringen leiden.

- als dieselvoertuigen worden uitgerust met deeltjesfilters die hun PM-emissies beperken tot die van benzineauto's, kunnen ze niet langer beschouwd worden als slechter voor het milieu.
- LPG, Aardgas and Hybride voertuigen hebben wat lagere externe kosten dan de modernste benzineauto's. Naast een lagere CO<sub>2</sub> uitstoot hebben ze (vermoedelijk) ook lagere emissies van deeltjes.
- Hybride voertuigen hebben in de gebruiksfase de laagste externe kosten op alle trajecten. Jammer genoeg is er geen gedetailleerde informatie over de volledige levenscyclus (inclusief de batterij).
- Alcoholen en biodiesel hebben het voordeel dat ze CO<sub>2</sub> neutraal zijn, maar er is geen informatie over de emissies van deze brandstoffen bij gebruik in moderne motoren en een doorgedreven uitlaatgasbehandeling. Gevalstudies geven ook potentieel significante effecten aan voor de upstream levenscyclus van de biobrandstoffen.

Voor een vergelijking tussen privé en openbaar personenvervoer zijn de LCA kosten en de bezettingsgraad zeer belangrijk. In het algemeen scoren alle voertuigen op diesel (treinen, bussen en auto's) slechter in de gebruiksfase dan elektrische voertuigen (treinen, trams en trolleybussen). Wanneer ook de LCA kosten worden meegenomen in de vergelijking, scoort gemeenschappelijk vervoer bijna steeds beter dan privé vervoer met auto of motor (als de bezettingsgraad hoog genoeg is). Moderne benzine en LPG-wagens zijn soms beter dan stadsbussen op diesel en diesel treinen die buiten de spits worden ingezet in sterk verstedelijkte gebieden.

Voor goederen transport vinden we dat zelfs de modernste diesel trucks hogere externe milieukosten (incl. LCA kosten) hebben dan de andere modi. Goederen treinen getrokken door een diesel locomotief hebben hogere externe kosten in de gebruiksfase, maar lagere LCA kosten. Binnenschepen hebben de laagste milieukosten in de gebruiksfase. De LCA kosten van binnenvaart zijn lager dan voor vrachtwagens maar hoger dan voor treinen. Alles samengenomen (inclusief impacts van geluid) kunnen we stellen dat (grote) schepen voor binnenvaart vanuit milieuoogpunt een goed alternatief zijn voor spoor- of wegverkeer.

### **3. DE MARGINALE EXTERNE ONGEVALSKOSTEN**

I. Mayeres, S. Proost, D. Vandercruyssen (CES – K.U.Leuven)

Het onderzoek van de marginale externe ongevalskosten heeft zich toegespitst op twee aspecten: enerzijds de theoretische analyse van deze kosten, en anderzijds de monetaire waardering van de belangrijkste component van de ongevalskosten, namelijk de effecten op de gezondheid.

#### **3.1. De theoretische analyse**

Een eenvoudig theoretisch model werd ontwikkeld om de marginale externe ongevalskosten te analyseren. In een eerste stap wordt de rol van aansprakelijkheidsregels en verzekeringen nog niet expliciet beschouwd. Het model omvat zowel de monetaire als de niet-monetaire kosten van ongevallen. Het veronderstelt dat het individu zijn consumptiebundel zo kiest dat zijn verwacht nut het grootst is, gegeven een aantal budgetbeperkingen. Het verwacht nut is ondermeer een functie van de kans op ongevallen. De kans op een ongeval en de materiële schade van het ongeval hangen niet alleen af van exogene factoren, maar ook van



factoren die het individu onder zijn controle heeft (het aantal kilometer dat hij rijdt en de veiligheidsmaatregelen die hij neemt, zoals bijvoorbeeld, zijn rijgedrag of de installatie van een airbag).

Wanneer het individu beslist hoeveel hij rijdt en welke veiligheidsmaatregelen hij neemt, houdt hij enkel rekening met de eigen kosten en baten. Zijn beslissingen hebben echter ook een invloed op de andere weggebruikers. De volgende vier effecten kunnen onderscheiden worden:

- de welvaartskost verbonden aan de verandering in het ongevalsrisico – indien die optreedt – van de andere weggebruikers
- de netto kosten van het defensief gedrag van de andere weggebruikers: dit effect treedt op als de verandering in de verkeersstroom of een onveilig gedrag van de extra weggebruiker een invloed heeft op de consumptie van transport en van veiligheidsmaatregelen van de andere weggebruikers (een typisch voorbeeld is een fietser die overschakelt naar de auto omwille van een verhoging van zijn ongevalsrisico als fietser)
- de impact op de materiële schade opgelopen door de andere weggebruikers (rekening houdend met hun defensief gedrag)

Naast de kosten voor de andere weggebruikers, veroorzaakt een bijkomende weggebruiker ook kosten voor de rest van de maatschappij. Deze omvatten de medische kosten, de politiekosten, het netto-output verlies en een eventuele vermindering van de arbeidsproductiviteit. Of deze kosten ook een waarde moeten bevatten voor het verdriet van familieleden en vrienden, hangt af van de vorm die het altruïsme aanneemt. Dit wordt ondermeer besproken door Jones-Lee (1989)<sup>1</sup>. Indien altruïsme betekent dat men enkel bezorgd is voor de veiligheid van andere mensen, dan moet men een waarde toevoegen voor het verdriet van familieleden en vrienden. Indien altruïsme echter de vorm aanneemt van bezorgdheid voor het algemeen welzijn van de anderen (dat niet alleen afhangt van de veiligheid, maar ook van andere factoren) dan is het niet aangewezen om rekening te houden met deze waarde, en dit om dubbeltellingen te voorkomen.

Het eenvoudig theoretisch model houdt geen rekening met de impact van aansprakelijkheidsregels en verzekeringen op het gedrag van de weggebruikers. Er werd een overzicht van de literatuur gemaakt voor deze aspecten. Dit geeft een antwoord op de volgende vragen: zijn goed ontworpen aansprakelijkheidsregels – al dan niet in combinatie met regulering – voldoende om het sociaal optimaal niveau van ongevalskosten te bereiken? Of moeten zij aangevuld worden door andere instrumenten, zoals economische instrumenten (Pigouviaanse belastingen of subsidies)? Deze aspecten worden geanalyseerd met behulp van zogenaamde slachtoffer-aggressor modellen. Deze maken een onderscheid tussen twee partijen, namelijk de slachtoffers en de daders, waarbij enkel de slachtoffers een verlies lijden bij een ongeval. Dit kader is relevant voor bijvoorbeeld ongevallen tussen gemotoriseerd verkeer en zwakke weggebruikers.

Om zich te kunnen concentreren op de rol van aansprakelijkheidsregels voor de vermindering van de ongevalskosten, veronderstelt de analyse eerst dat alle agenten risico-neutraal zijn. Vervolgens wordt er verondersteld dat de agenten risico-afkerig zijn. Dit impliceert dat het sociaal optimum niet alleen een vermindering van de ongevalskosten inhoudt, maar ook de bescherming van risico-afkerige partijen tegen risico. Risico-afkerige partijen zullen een verzekering afsluiten. Het artikel bekijkt of dit implicaties heeft voor de

---

<sup>1</sup> Jones-Lee, M.W., 1989, *The economics of safety and physical risk*, Basil Blackwell, Oxford.

doeltreffendheid van de aansprakelijkheidsregels. Een bijkomende complicatie wordt gevormd door het zogenaamde “moral hazard” probleem. Dit treedt op wanneer de verzekeraar het gedrag van de verzekerde niet kan observeren en dus de verzekeringspremie niet kan aanpassen in functie van dat gedrag.

### 3.2. De monetaire waardering van de gezondheidseffecten van ongevallen

Een belangrijke input in de berekening van de marginale externe ongevalskosten voor België is de monetaire waardering van de gezondheidseffecten van ongevallen. Dit omvat niet alleen de zuivere economische kosten (medische kosten, inkomensverlies etc.) maar ook een maatstaf voor het verlies aan levensgenot in het geval van een letsel of een dodelijk ongeval. De eerste categorie van kosten kan relatief eenvoudig berekend worden. De tweede categorie is moeilijker te waarderen.

Het project gebruikt enquêtes bij de Vlaamse bevolking om de waarde van een statistisch leven/letsel te bepalen. Dit wordt gedefinieerd als de monetaire waarde van het vermijden van een dodelijk ongeval of letsel, ongeacht wie de geredde persoon is. Het project gebruikt zogenaamde “stated preference” technieken, die de respondenten min of meer rechtstreeks vragen hoeveel zij willen betalen voor een hypothetische verandering in de ongevalsrisico's. Er bestaan verschillende van deze technieken. Een overzicht van de literatuur toont aan dat er nog geen consensus bestaat over de beste techniek. Daarom is er besloten om drie methodes met elkaar te vergelijken op basis van drie kleine (288 respondenten per enquête) enquêtes. De drie methodes zijn: de contingente waardering (CW), een combinatie van contingente waardering en standaard gok (CW + SG) en een keuze experiment (KE).

In de CW enquête vraagt men naar de bereidheid tot betalen om het risico op een sterfgeval en/of een letsel te verminderen. De enquête is gebaseerd op Jones-Lee et al. (1985), Beattie et al. (1998) en Jones-Lee et al. (1998)<sup>2</sup>. Er worden drie varianten van de enquête gebruikt om te testen voor problemen zoals “embedding”, “scope” en “sequencing” effecten die werden vastgesteld in vroegere CW studies. Deze problemen zijn gerelateerd aan het feit dat de ongevalsrisico's zeer klein zijn voor transport.

De CW + SG enquête is gebaseerd op Carthy et al. (1999)<sup>3</sup>. De enquête verloopt in twee stappen. Stap 1 gebruikt de CW methode om de bereidheid tot betalen te bepalen voor een volledig herstel van een niet-dodelijk ongeval. De respondenten worden ook gevraagd naar hun bereidheid tot aanvaarden van een compensatie voor hetzelfde letsel. Stap 2 gebruikt de standaard gok methode. Men zegt aan de respondent dat hij betrokken was in een ongeval en dat hij zal sterven als hij niet behandeld wordt. Hij wordt gevraagd een keuze te maken tussen twee behandelingen die een verschillende kans op mislukking hebben (resultierend in de dood) en verschillende resultaten wanneer zij succesvol zijn. Carthy et al. geven aan dat deze enquête beter begrepen wordt door de respondenten en dat zij minder geplaagd wordt door de problemen van CW enquête. Maar zij wijzen ook op mogelijke consistentie-

---

<sup>2</sup> Beattie, J. et al., 1998, On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 1 - Caveat investigator, *Journal of Risk and Uncertainty*, 5–25.

Jones-Lee, M et al., 1985, The value of safety: Results of a national sample survey, *The Economic Journal* **95**, 49–72.

Jones-Lee, M. et al., 1998, Questionnaire used for New Zealand value of transport safety study, University of Newcastle upon Tyne.

<sup>3</sup> Carthy, T. et al., 1999, On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 2 - The CV/SG "chained" approach, *Journal of Risk and Uncertainty* **17**, 187–213.

problemen. Daarom gebruiken we twee versies van de enquête om te testen of deze problemen voorkomen.

De KE enquête tenslotte vraagt de respondenten om herhaalde keuzes te maken tussen twee wegen die verschillen in termen van drie kenmerken: reistijd, het aantal dodelijke ongevallen en de prijs van de rit. De enquête is gebaseerd op Rizzi et al. (1999)<sup>4</sup>. De methode is relatief nieuw in dit domein. Het project zal testen of de methode geschikt is voor de monetaire waardering van ongevallen.

De enquêtes werden uitgevoerd in augustus – september 2000. De analyse van de data is op dit ogenblik nog niet voltooid. De studie wordt verdergezet in de toekomst. De doelstelling bestaat erin om de drie enquête technieken met elkaar te vergelijken en hun voor- en nadelen te beoordelen

## **4. DE MARGINALE EXTERNE CONGESTIEKOSTEN**

B. De Borger (UFSIA)

### **4.1. Doelstelling van het project**

Er bestaat ruime eensgezindheid dat de schadelijke gevolgen van de toegenomen mobiliteit (congestie, vervuiling, geluidshinder, ongevallen) een duurzame mobiliteit dreigen te hypothekeren. Het beheersen van de nadelige gevolgen van verkeer is dan ook een belangrijk onderdeel van elk verantwoord mobiliteitsbeleid. Een heel gamma aan maatregelen werden overwogen, zoals investeringen in infrastructuur, een aangepast prijs- en subsidiebeleid, directe interventie in de verkeersstromen, technieken van verkeersmanagement, etc. Welke maatregelen men ook doorvoert, het berekenen van de externe congestiekosten is een essentiële ingrediënt in het ontwikkelen van een economisch efficiënt beleid. De doelstelling van het project is de externe congestiekosten te berekenen, rekening houdende met recente inzichten in de literatuur.

### **4.2. Bijdrage van het project**

De standaardbenadering voor het bepalen van de externe congestiekosten in economische beleidsmodellen veronderstelde een statische en ruimtelijk sterk vereenvoudigde omgeving. De procedure bestond erin voor een gegeven traject een empirische relatie tussen de verkeersstroom en de gemiddelde snelheid van de stroom te bepalen. Deze drukt de idee uit dat een toenemende verkeersdruk de gemiddelde snelheid beïnvloedt en bijgevolg de tijd nodig om een bepaald traject af te leggen. Tijdsverliezen ten gevolge van congestie worden door reizigers negatief gewaardeerd. De marginale externe congestiekost is dan eenvoudig gedefinieerd als de totale waarde van het tijdverlies voor alle andere weggebruikers die door een bijkomend voertuig worden veroorzaakt. Berekening van de marginale externe kosten vereist dus inschatting van de invloed van bijkomend verkeer op de gemiddelde snelheid van een verkeersstroom, en de waardering van de geleden tijdverliezen.

In dit project worden de externe congestiekosten nauwkeuriger dan vroeger ingeschat door rekening te houden met een aantal complicaties die in veel van de bestaande

---

<sup>4</sup> Rizzi, L. I. and J. de Dios Ortuzar, 1999, Sesgo De Presentacion y Efecto Marco En Ecuaciones De Preferencias Declaradas. Una Aplicacion Al Caso De La Seguridad Vial an Carreteras, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Departamento de Ingenieria de Transporte.

beleidsondersteunende toepassingen voor België werden genegeerd. Een eerste betreft de introductie van een dynamisch element. Rekening wordt gehouden met dynamische aanpassingen in vertrektijden (en dus in het tijdstip van reizen) die expliciet te wijten zijn aan congestie. In de realiteit stelt men immers vast dat de files mensen aanzetten hun vervoergedrag aan te passen (vroeger vertrekken, afwachten tot na de file, andere weg of modus kiezen, etc.). Recent theoretisch werk (Arnott e.a., 1993; Noland and Small, 1995; Noland, 1997<sup>5</sup>) laat toe dit fenomeen te incorporeren en de invloed op congestie en de externe kosten te bepalen. Een tweede aanpassing van de klassieke benadering heeft te maken met het inbrengen van onzekerheid door niet-recurrente congestie te beschouwen naast structurele of recurrente congestie. Dit is belangrijk omdat files niet alleen een structureel fenomeen zijn (recurrente congestie: de vraag overtreft de capaciteit) maar ook deels afhankelijk zijn van stochastische en niet-perfect voorspelbare elementen (weersomstandigheden, ongevallen, enz.). Mensen houden wel rekening met de kans op onverwachte gebeurtenissen in functie van beschikbare informatie, maar de variabiliteit in deze onvoorziene omstandigheden speelt een belangrijke rol in het gedrag van pendelaars en bij het bepalen van de uiteindelijk waargenomen congestie. Een derde uitbreiding betreft de mogelijkheid onzekerheid omtrent congestie te reduceren door het verschaffen van specifieke informatie aan de reizigers. Welke informatie heeft een positieve invloed? Is informatieverschaffing altijd welvaartsverbeterend?

### 4.3. Intuïtie van het model

Om de intuïtie van het gebruikte model te begrijpen is een eenvoudige versie met één gegeven traject het meest aangewezen. Stel dat een groep van  $N$  pendelaars met de wagen een bepaald traject moet afleggen. Elke pendelaar heeft een gewenste aankomsttijd aan het einde van het traject. Door verschillen in aanvangstijden op het werk, door verschillen in preferenties, en door variabiliteit in de afstand af te leggen na het traject kunnen deze gewenste aankomsttijden sterk variëren tussen pendelaars. Elke pendelaar bepaalt nu zijn 'optimale' vertrektijd in functie van de gewenste aankomsttijd en rekening houdend met twee types congestie. Enerzijds is er recurrente congestie: de verkeersdruk op het traject bepaalt de gemiddelde snelheid. Anderzijds is er echter ook een kans op onvoorziene bijkomende congestie; de tijd nodig om uit de resulterende verkeersopstopping te geraken volgt een statistische verdeling die in onze oefening exponentieel wordt verondersteld. Dit reflecteert o.a. dat de kans op korte vertragingen groter is dan langdurige incidenten. Elke pendelaar wordt verondersteld zijn vertrektijd optimaal te bepalen teneinde de verwachte totale kost van het traject te minimaliseren. Hij houdt daarbij niet enkel rekening met de kosten van vervoer zelf, maar ook met de 'kosten' verbonden aan het ongewenst te vroeg of te laat aankomen aan het eind van het traject. De waardering van deze kosten kan in principe sterk verschillen tussen individuen in functie van werktijdregelingen, preferenties, enz.

Om optimale congestieprofielen uit te tekenen en de diverse componenten van de congestiekosten te bepalen, moeten de optimale beslissingen die elk individu maakt, worden gecoördineerd. Analytisch zoekt men een Nash evenwicht; de eigenschappen daarvan berekenen is binnen deze context niet evident. De gehanteerde empirische implementering verloopt echter als volgt. We vertrekken van een gegeven verdeling van gewenste

---

<sup>5</sup> Arnott, R., A. De Palma, R. Lindsey (1993), "A Structural Model of Peak Period Congestion: A Traffic Bottleneck with Elastic Demand", *American Economic Review*, 161-179.

Noland, R.B. and K.A. Small (1995), "Travel Time Uncertainty, Departure Time Choice and the Cost of Morning Commutes", *Transportation Research Record*, 1493, 150-158.

Noland, R.B. (1997), "Commuter Responses to Travel Time Uncertainty under Congested Conditions: Expected Costs and the Provision of Information", *Journal of Urban Economics*, vol. 41, 377-406.

aankomsttijden. De analyseperiode wordt ingedeeld in kleine tijdsintervallen (vb. 5 minuten, 15 minuten). Gegeven de verdeling van de niet-recurrente congestie en dus een gegeven graad van onzekerheid bepaalt elk individu de voor hem optimale vertrektijd, conditioneel op een gegeven initieel congestiepatroon. Dit laat toe de verkeersdrukte per interval te bepalen. Die kan dan gebruikt worden om de verandering te berekenen in verwachte tijdsduur wanneer iemand net iets later vertrekt. Dit leidt tot een aantal herschikkingen van reistijden van individuen. Wijzigingen in het congestieprofiel leiden dan opnieuw tot aanpassingen in de optimale vertrektijden en in de verkeersdrukte per interval. Iteratie van deze procedure gaat dan verder tot een stabiel congestiepatroon wordt bekomen. Dit kan gebruikt worden om tal van economische kengetallen te bepalen, waarbij we ons in de eerste plaats concentreren op de marginale congestiekosten.

#### 4.4. Resultaten

De resultaten kunnen als volgt worden samengevat.

- a. Een belangrijk deel (20%-40% afhankelijk van de omstandigheden) van de externe congestiekosten zijn aanpassingskosten in reisgedrag. Door enkel de rol van de verplaatsingskosten op zich te beschouwen hebben vroegere modellen de marginale congestiekosten incorrect ingeschat. Een toenemende vraag naar verkeer leidt tot toenemende tijdsduur maar ook tot belangrijke additionele aanpassingskosten in de tijd.
- b. De marginale congestiekosten zijn sterk afhankelijk van de capaciteit en van de gewenste aankomsttijd. Ze variëren van bijna nul buiten de piek tot meer dan vijftig BEF per kilometer op het hoogtepunt van de spits en bij relatief lage capaciteit.
- c. Een toename in capaciteit reduceert zowel de recurrente (structurele) congestie als de congestie te wijten aan onvoorziene omstandigheden. Capaciteitstoename wijzigt het congestieprofiel (iets meer clustering rond piek wegens hogere capaciteit), leidt tot een daling van de globale congestiekost, en vergroot het relatief belang van de aanpassingskosten. De invloed op de gemiddelde head start tijd is beperkt. Hogere capaciteit vermindert enigszins de spreiding van de spits.
- d. Een vermindering van de onzekerheid omtrent niet-recurrente congestie leidt tot een verplaatsing in de tijd van het congestieprofiel. Bij hogere betrouwbaarheid vertrekken mensen later en veroorzaken een latere piek. Het aandeel van scheduling costs neemt af, het aandeel van de kost te wijten aan laattijdige aankomst neemt toe (dus mensen vertrekken wat later zodat kosten te vroeg drastisch afnemen en kosten van laattijdige aankomst licht toenemen). Aandeel transportkosten op zich neemt toe bij minder onzekerheid.
- e. De implicatie is dat investeringen in technieken die de onzekerheid over de te verwachten congestie verminderen meer effectief kunnen zijn dan directe investeringen in capaciteit.

#### 5. BESLUIT

De voorgaande bespreking toont duidelijk aan dat de resultaten het meest concreet zijn voor de luchtverontreinigingskosten van transport. Voor de andere categorieën werden er bijdragen geleverd voor een meer correcte berekening van de marginale externe kosten. Het onderzoek in deze domeinen is echter nog niet in het stadium dat de resultaten van vorige studies kunnen aangepast worden. Het vorderingsverschil voor de verschillende categorieën van externe kosten komt grotendeels overeen met de stand van zaken in de literatuur. Terwijl de methodologie voor de luchtverontreinigingskosten relatief op punt staat, is het onderzoek nog volop aan de gang voor andere milieukosten (geluid, ecologische effecten),

ongevalskosten en congestie (bv. de dynamische aanpassing van vertrektijden, de modellering van onzekerheid en de effecten van informatievoorziening).

Het project heeft er niettemin voor gezorgd dat de drie onderzoeksteams hun kennis van de marginale externe kosten hebben kunnen uitbreiden. Het project heeft ook toegelaten dat de drie teams tot de top behoren van het wetenschappelijk gebeuren in dit domein. Zij spelen een belangrijke rol in meerdere Europese onderzoeksconsortia die informatie over de externe kosten van transport gebruiken (ExternE, UNITE, MC-ICAM). The know-how die gecreëerd werd in het project is cruciaal voor de evaluatie van beleidsmaatregelen die de sociale kosten van transport willen verminderen. Interim en finale resultaten van het project werden reeds wijd verspreid, zowel in de wetenschappelijke wereld als bij de beleidsmakers. De nieuwe inzichten (bv. het relatief groot belang van de gezondheidseffecten van deeltjes, het concept van de externe congestiekosten, ...) werden gebruikt voor beleidsstudies en in de voorbereiding van beleid.

Tot slot willen we enkele nieuwe richtingen voor toekomstig onderzoek aangeven. In het geval van de ongevalskosten verdient de rol van aansprakelijkheidsregels en verzekeringen in combinatie met economische instrumenten verder onderzoek. Op empirisch gebied is de keuze van de correcte methodologie voor de waardering van een statistisch leven/letsel nog niet volledig onderzocht. Ook de relatie tussen ongevallen en hun determinanten (maximum snelheid, variantie in snelheid, verkeersregels enz.) moet meer in detail bekeken worden.

Voor de milieukosten is zowel een continue opvolging als een verdere ontwikkeling van de methodologie en de data vereist. De meest belangrijke onderzoeksrichtingen zijn:

- Het opvolgen van de technologische ontwikkelingen, incl. zowel de conventionele (deeltjesfilter,...) als de alternatieve (hybride voertuigen,...) technologieën.
- Het opvolgen van de wetenschappelijke vooruitgang en het verminderen van onzekerheden: de wetenschappelijke kennis van de verspreiding, de blootstelling, de impacten en hun monetaire waardering verandert snel, vooral voor deeltjes. Vermits dit de belangrijkste categorie van milieukosten is, is het risico groot dat de schattingen en onzekerheden vlug achterhaald zijn. In het algemeen moet de behandeling van onzekerheid verbeterd worden.
- De analyse van andere impact categorieën en de ontwikkeling van nieuwe benaderingen voor hun waardering: dit geldt ondermeer voor de effecten van geluid, de effecten op historische gebouwen en ecosystemen en de effecten van broeikasgassen. De integratie van schattingen voor verschillende effecten (luchtverontreiniging, geluid, ...) gebaseerd op verschillende veronderstellingen moet verder bestudeerd worden, alsook de onzekerheidsanalyse.
- Een betere analyse van alle transport modi: dit vereist betere data voor andere wegvoertuigen dan auto's (vrachtwagens, motorfietsen,...) en voor treinverkeer en binnenvaart. Er is vooral een tekort aan data over de huidige en nieuwe technologieën, en over verbeteringen in performantie inzake milieu.
- Een verbetering van de schattingen voor de niet-gebruiksfasen: dit vereist data voor projecties tot 2001, rekening houdend met een nieuw en strenger milieubeleid, meer realistische data voor de zich snel ontwikkelende nieuwe brandstofcycli (brandstofcel, biobrandstoffen en elektrische voertuigen). Op methodologisch gebied bestaat er weinig informatie over de integratie van de impacts van emissies op de water- en bodemkwaliteit.
- Nieuwe en indirecte effecten: Er is een tekort aan methodologie en data om het relatief belang van nieuwe en indirecte effecten te evalueren. Deze omvatten de effecten van het parkeren en verkeer op de levenskwaliteit in de steden, de voordelen van wandelen en

fietsen voor de gezondheid, de effecten van nieuwe infrastructuur op het landschap en de biodiversiteit. Andere aspecten zijn wegstof (gerelateerd aan de discussie over deeltjes), de toegenomen interesse voor sommige nieuwe polluenten (PAH's) of voor polluenten die niet onvoldoende werden geanalyseerd (dioxines)

- Onzekerheidsanalyses gerelateerd aan beleidstoepassingen: Om nuttig te zijn voor de beleidsvorming moet de grote hoeveelheid beschikbare informatie ge-exploiteerd worden vanuit het perspectief van specifieke beleidsvragen en moet de onzekerheidsanalyse ontwikkeld worden. Data voor de evaluatie van de impact van specifieke beleidsmaatregelen (bv. de invoering van deeltjesfilters) moeten verder ontwikkeld worden. Voor de beoordeling van het lokaal transportbeleid is er nood aan geïntegreerde modellen die een band leggen tussen gedetailleerde verkeer-luchtverspreidingsmodellen enerzijds en evaluatiemodellen anderzijds.

Wat betreft de congestiekosten moeten er tenminste twee aspecten grondiger bestudeerd worden. Ten eerste moet er bijkomend onderzoek verricht worden naar de determinanten van de monetaire waarde van tijdsverliezen. Dit werd niet expliciet bestudeerd in dit project. Ten tweede moeten de recent ontwikkelde dynamische modellen voor congestie geïntegreerd worden in de welvaartseconomische analyse van prijszetting en andere instrumenten die congestie kunnen verminderen.

De schatting van de totale marginale externe kosten vereist een verdere integratie van de schattingen voor congestie, ongevallen en milieu, en een consistentie in hun waardering. Er is nood aan een set van gegevens om de links tussen milieu-, veiligheid- en congestiebeleid te evalueren. Dit is vooral nodig in die gevallen waar er conflicten bestaan tussen de drie doelstellingen (bv. lichtere voertuigen om CO<sub>2</sub> emissies te beperken versus het extra gewicht van bijkomende veiligheidsmaatregelen; hogere snelheid en dus lagere congestiekosten kunnen de ongevalskosten verhogen).