

Análisis de las tasas sobre emisiones de CO₂ en el sector del transporte como medida de alcanzar escenarios sostenibles

Paul Pfaffenbichler

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn., Universidad Politécnica de Viena, Austria

Luis Ángel Guzmán

Doctorando, Universidad Politécnica de Madrid (TRANSyT-UPM), España

Daniel de la Hoz

Profesor, Universidad Politécnica de Madrid (TRANSyT-UPM), España

Simon Shepherd

Principal Research Fellow, Institute for Transport Studies, University of Leeds, UK

RESUMEN

En la reciente comunicación del “Libro Verde, Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana” claramente se especifica que las ciudades europeas son todas diferentes, pero sin embargo se enfrentan a retos afines tratando de encontrar soluciones similares para hacer nuestras ciudades más sostenibles (COM (2007) 551). . Esto no es una tarea menor cuando en Europa más del 60% de la población vive en áreas urbanas y son responsables del 85% del PIB (COM (2007) 551, Eurostat). A lo largo de toda Europa el incremento del tráfico rodado es un fenómeno común. Estas circunstancias crean una situación adversa en la que las externalidades creadas (congestiones, polución, estrés, inequidades sociales, etc.) conducen a las ciudades en una espiral de degradación. Al mismo tiempo, el cambio climático es reconocido como un problema. En el Protocolo de Kioto, los estados miembros acordaron compromisos importantes de reducción de su capacidad emisora de los gases de efecto invernadero. Bajo este objetivo, diversas políticas se han llevado a cabo de muy diversa índole, ya sea como respuesta a Directivas Europeas o a iniciativas individuales. La sensibilidad hacia entornos urbanos más “verdes” está creciendo, y el transporte está en la agenda de todos, tanto a nivel nacional como local. El interés por la formulación de políticas de movilidad sostenible está creciendo de manera considerable. Algunas de las políticas quedan englobados bajo el título de políticas de gestión de la demanda (TDM), Políticas como las impositivas sobre el combustible caerían también bajo dentro de este concepto. Si bien las implicaciones de este tipo de políticas parece claro que pueden influir sobre la elección modal, principalmente a corto plazo, la efectividad de la medida crece principalmente a largo plazo en el momento en que existan escenarios de mayor eficiencia tecnológica o se tenga en cuanto su implicación sobre las dinámicas urbanas de localización e interacción entre actividades.

La política de implementar impuestos a los combustibles inicialmente no se concibió con fines ambientales, aunque sus consecuencias claramente si lo son. Históricamente, las externalidades han jugado un papel pequeño como motivación para los impuestos a los

combustibles Parry and Small (2005)). Sin embargo, en la actualidad esta política puede jugar un papel mucho más relevante en la configuración de las políticas de movilidad sostenible, pese a posibles barreras políticas o electoralistas que pueden existir (Hammar et al. (2004)).

El objetivo de esta comunicación es analizar como una política de impuestos sobre la energía en el ámbito del transporte bajo esta perspectiva. Si está asumido que mayores velocidades permiten a las personas recorrer mayores distancias para satisfacer sus necesidades dentro de sus condicionantes de tiempo y coste, y por tanto una dispersión, indirectamente también se asume que el incremento del coste del desplazamiento puede producir un efecto gravitatorio que compacte las ciudades en subcentros de actividades.

Para ello se plantearán diferentes escenarios tecnológicos e impositivos a evaluar simulando sus efectos en un modelo de usos del suelo y transporte bajo un entorno de Sistemas Dinámicos,. Se aplicará este modelo a las ciudades de Madrid, Viena y Leeds comparándose los resultados obtenidos y la importancia del efecto regional sobre una misma política de transporte.

1. POLÍTICAS Y ESCENARIOS ASUMIDOS

Con el objetivo de evaluar, desde un punto de vista regional, las implicaciones e impactos de esta política, se han establecido diferentes escenarios. Las principales variables exógenas que han configurado los escenarios han sido:

1. Diferentes políticas impositivas sobre el combustible vinculadas a las emisiones de CO₂
2. Diferente evolución de los precios del combustible.
3. Diferente evolución y penetración de las tecnológicas de los vehículos

Así, desde el punto de vista de oferta energética, se han planteado dos grupos diferentes de escenarios:

- Escenarios Tipo A. Se basan en estimaciones optimistas de oferta energética. Estos escenarios representan escenarios de precios bajos de combustible.
- Escenarios Tipo B. Se basan en la suposición de una escasa oferta de energía. Estos escenarios representan precios altos del combustible.

De la misma manera, desde el punto de vista de demanda energética se tiene:

- Política Tipo 1. Se centra en un mejoramiento tecnológico de la flota vehicular. Este escenario representa una potenciación del sector automovilístico hacia vehículos más eficientes (consumo y emisiones) y con mayor penetración en el mercado.
- Política Tipo 2. Se centra en regular la demanda relacionada con medidas de impuestos a los combustibles. Estos escenarios representan, frente a la evolución tecnológica, aquellos escenarios que tienen que ver con una aplicación de una política

TDM como es la política impositiva sobre las emisiones de CO₂, a través del consumo de combustible.

Las principales características de los escenarios se muestran en la Tabla 2. La construcción de los escenarios han tendido como referencia los planteamiento de base del proyecto europeo STEPs (Scenarios for the Transport System and Energy Supply and their Potential Effects) project (Monzón, A., Nuijten, A. (2006)).

		Demanda Energética		
		Base	Mejoramiento Tecnológico	Regulación Impuestos
Oferta Energética	Escenario Optimista	A0	A1	A2
	Escenarios Pesimista	B0	B1	B2

Tabla 1 - Escenarios a Evaluar

Medida	Indicador	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2
		Base	Mejoramiento Tecnológico	Regulación Impuestos
Subsistema Socio-Económico y Cultural		Cambio anual en %		
Movilidad	Motorización	+ 1,0%	+ 1,0%	+ 1,0%
Cambio en costes de viaje por impuestos al combustible	Coche (coste gral. coche)	+ 0,5%	+ 0,5%	+ 0,5%
	Air (General air cost)	- 0,5%	- 0,5%	- 0,5%
Difusión de teletrabajo	Movilidad obligada ahorrada por año	0,0%	0,0%	0,0%
Impuestos y Precios a los Combustibles		Cambio anual en % A/B escenarios		
Precio Combustible	Gasolina/litro	+1.0% / +4.0%	+1.0% / +4.0%	+1.0% / +4.0%
	Diesel / litro	+1.0% / +4.0%	+1.0% / +4.0%	+1.0% / +4.0%
	Eléctrico/unidad	+0.0% / +0.0%	+0.0% / +0.0%	+0.0% / +0.0%
	GNV/unidad	+1.0% / +4.0%	+1.0% / +4.0%	+1.0% / +4.0%
	Híbridos/unidad	+0.0% / +4.0%	+0.0% / +4.0%	+0.0% / +4.0%
	Hidrogeno/unidad	+1.0% / +0.0%	+1.0% / +0.0%	+1.0% / +0.0%
Impuesto Combustible	Gasolina / litro	+1.5%	+1.5%	+4.7%
	Diesel / litro	+0.7%	+0.7%	+4.7%
	Eléctrico /unidad	+0.0%	+0.0%	+0.0%
	GNV / unidad	+0.0%	+0.0%	+0.7%
	Hibrido / unidad	+0.7%	+0.7%	+4.7%
	Hidrogeno / unidad	+0.0%	+0.0%	+0.0%
Subsistema Energético		Cambio anual en %		
Mejoramiento de la eficiencia por coche	Eficiencia coche (consumo gasolina/coche)	- 0,5%	- 2,0%	- 0,5%
	Eficiencia coche (consumo diesel / coche)	- 1,0%	- 3,0%	- 1,0%
Inversiones en vehículos alternativos	Factores de emisión	- 8,1%	- 16,0%	- 8,1%
	Flota vehicular (crecimiento/distribución)	Convencional (gas/ dsl): -1% / 72% Híbridos: +12,5% / 15% GNV: +10% / 10% Electric: +3% / 1% Hidrogeno: +3% / 2%	Convencional (gas/ dsl): -2,1% / 55% Híbridos: +13,5% / 20% GNV: +2% / 15% Electric: +7% / 5% Hidrogeno: +7,8% / 5%	Convencional (gas/ dsl): -1% / 72% Híbridos: +12,5% / 15% GNV: +10% / 10% Electric: +3% / 1% Hidrogeno: +3% / 2%

Tabla 2 - Descripción de los Escenarios

2. METODOLOGÍA

Existen varias referencias en la literatura que hablan acerca de la búsqueda de un nivel óptimo de impuestos con el fin de reducir emisiones y alcanzar un bienestar macroeconómico (Nordhaus (1991), Dean and Hoeller (1992)). Azar and Schneider (2002), Weber et al. (2005), Kunsch and Springael (2008), Piattelli, et al (2002)). Este estudio no busca tanto el determinar el óptimo sino el evaluar la efectividad de esta medida a largo plazo. Para ello se ha utilizado una aproximación por medio de sistemas dinámicos que tiene en cuenta la interacción dinámica de los sistemas de transporte con los usos del suelo. Esta interacción es modelada usando sistemas retro-alimentados entre los subsistemas de transporte y usos del suelo a lo largo de un periodo de 30 años.

El modelo utilizado es el modelo MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator), (Pfaffenbichler 2003). MARS es un modelo estratégico e interactivo entre el transporte y los usos del suelo. MARS incluye un modelo de transporte que simula los patrones de viaje de la población y los relaciona con sus zonas de residencia y de trabajo. También tiene un modelo de desarrollo y localización residencial y de sitios de empleo, así como un modelo de consumo energético y de emisiones. Todos estos modelos están conectados entre sí y su interacción se muestra en la Fig. 1.

El modelo de transporte está conformado por viajes de *commuting* y por los que no lo son, incluyendo modos no mecanizados. Los modelos de consumo energético y emisiones son dependientes de la velocidad. El modelo de usos del suelo considera criterios de localización residencial y de empleo, tales como la accesibilidad, el suelo disponible, el precio y la cantidad de zonas verdes.

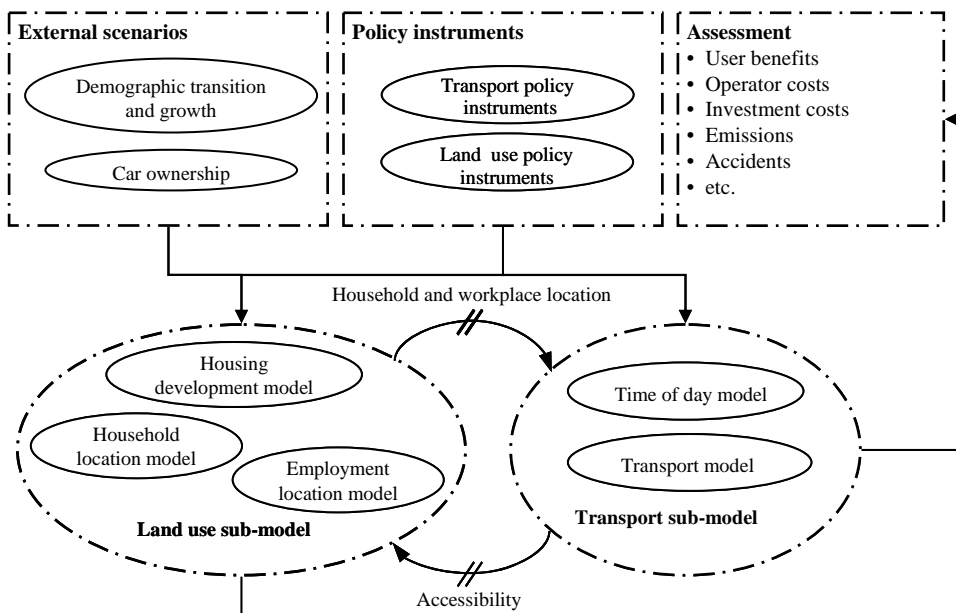


Fig. 1 - Estructura Básica de los Submodelos de MARS (Pfaffenbichler, 2003)

3. CASOS DE ESTUDIO

Se ha tratado de estudiar la implementación de una política impositiva sobre los combustibles como una política de transporte, y analizar su impacto no sólo su efecto o eficacia sobre las emisiones de CO₂, sino también el cambio a largo plazo de las pautas de localización residencial y movilidad. El estudio se ha extendido a tres ciudades europeas (Madrid, Viena y Leeds), con la intención de validar la transferibilidad de resultados.

3.1. Emisiones CO₂

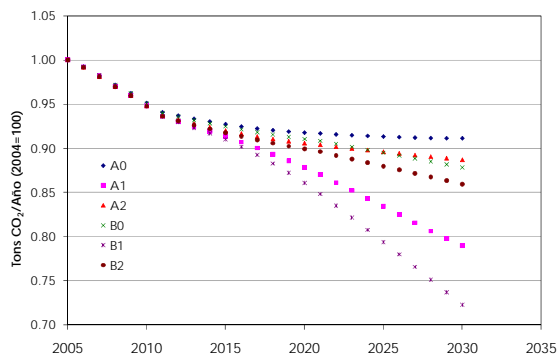


Fig. 2 - Emisiones CO₂ en Leeds

Las emisiones de CO₂ (toneladas/año) disminuyen de una manera importante (o no crecen significativamente) en todos los escenarios respecto al escenario de referencia. Claramente es notorio que las mejoras tecnológicas (Escenarios tipo 1) generan un ahorro importante en emisiones y su impacto es mucho mayor en los escenarios de precios altos del combustible (B1). El efecto de los altos precios del combustible en el uso del coche en los escenarios B refuerza esta tendencia. Sin embargo,

en el caso de Viena, el caso combinado de altos precios de combustible y políticas impositivas sobre el combustible generan un escenario de reducción de CO₂ (B2) más relevante que el tecnológico (B1). Los factores locales diferenciadores entre ambos contextos urbanos quedan evidenciados.

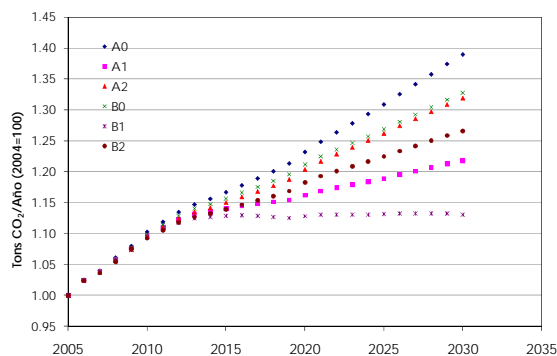


Fig. 3 - Emisiones CO₂ en Madrid

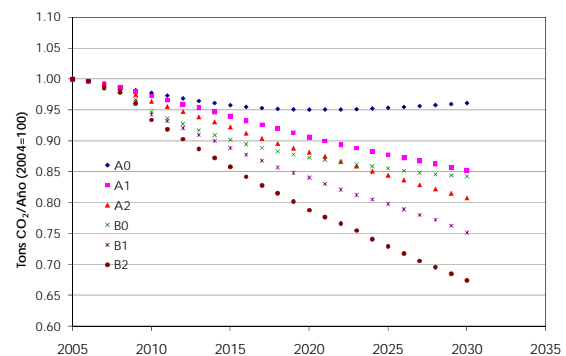


Fig. 4 - Emisiones CO₂ en Viena

Es también notorio que en Leeds y en Viena se presenta una tendencia decreciente en las emisiones debido a las mejoras tecnológicas, incluso en los escenarios 0, mientras en que Madrid la tendencia es creciente. Únicamente en el escenario B1 se logra que esta tendencia no se mantenga, logrando un equilibrio que hay que resaltar.

3.2. Reparto Modal

El reparto modal es el resultado de una compleja interacción entre la estructura y el diseño urbano, la densidad, localización residencial y oferta de transporte, entre otras. Las figuras 5 a 7 muestran el cambio del reparto modal en las tres ciudades del estudio.

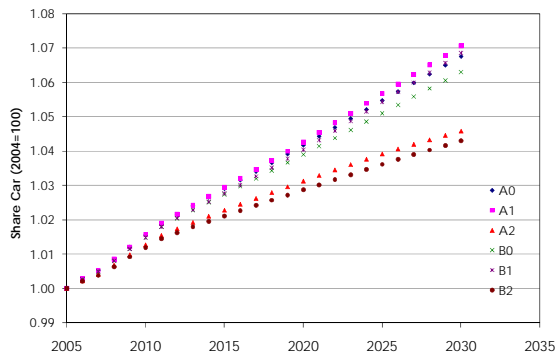


Fig. 5 - Uso del Coche en Leeds

La regulación de la demanda en los escenarios A2-B2 tiene un gran impacto sobre el uso del coche debido al aumento de los costes del combustible para el usuario. De forma similar, los escenarios A0-A1 y B0-B1 apenas sufren modificaciones, tal como se esperaba, ya que las mejoras tecnológicas no impactan o restringen el uso del vehículo privado. En todo caso lo mejoran debido a la mayor eficiencia del consumo de combustible. Sin embargo, hay un efecto diferente en cada caso. En Leeds y Madrid, el uso del coche presenta un crecimiento continuo en cada escenario, mientras que en Viena, los resultados son diferentes fruto de la gran competitividad del transporte público en esta ciudad. Otro aspecto importante es el cambio de tendencia para un determinado nivel impositivo que se alcance en el largo plazo y que hace que pese a que las distancias medias no se hayan rebajado o seguido la misma tendencia, el uso del transporte público se aumenta significativamente. Este hecho puede ser fruto de una reorganización especial producida a largo plazo y merecería un estudio mucho más detallado.

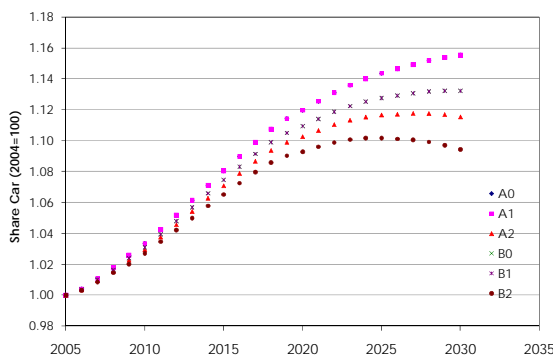


Fig. 6 - Uso del Coche en Madrid

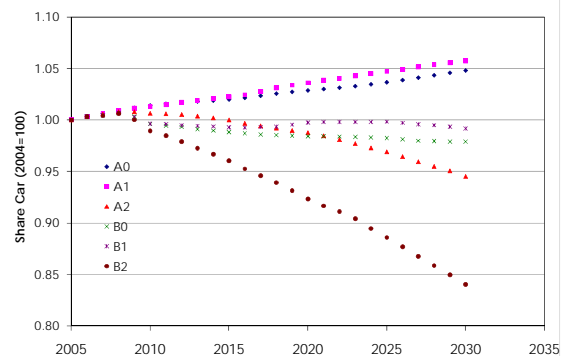


Fig. 7 - Uso del Coche en Viena

3.3. Distancia de Recorrido

Esta distancia, puede ser vista como una medida de la estructura urbana y una respuesta de los viajeros en su búsqueda diaria de satisfacer sus necesidades. Bajo el supuesto que un viajero trata de optimizar las distancias recorridas en diferentes modos, dadas sus restricciones de tiempo y dinero, se generan diferentes impactos. En las figuras 8 a 10, se muestran los resultados obtenidos.

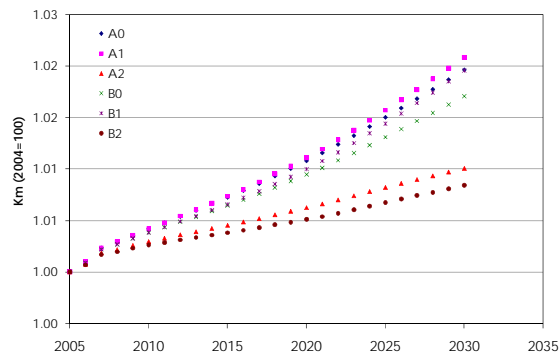


Fig. 8 - Distancia de Recorrido en Leeds

En general, las distancias medias de recorrido aumentan tanto en coche como en transporte público. Esto puede deberse al desarrollo de zonas periféricas y al incremento del uso del coche. En el caso de Viena, la distancia no aumenta y presenta una tendencia a ser estable fruto de la alta competitividad de los diferentes modos alternativos para cada par OD. En el escenario B0 se observa un pequeño impacto sobre las distancias recorridas en coche, siendo ligeramente menores que en el escenario A0. Los escenarios de mejoras tecnológicas también tienen un pequeño impacto, pero muestran una leve tendencia a aumentar las distancias medias dadas su mejora de eficiencia de consumo energético.

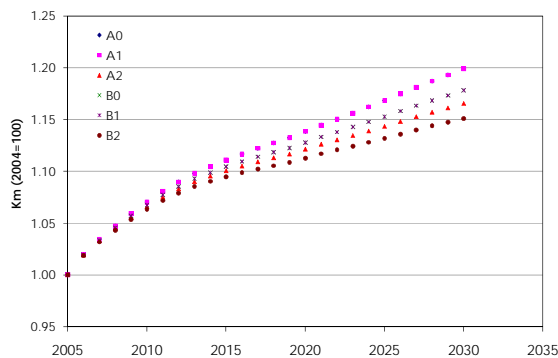


Fig. 9 - Distancia de Recorrido en Madrid

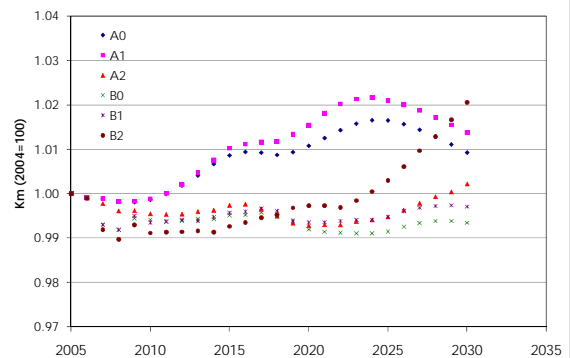


Fig. 10 - Distancia de Recorrido en Viena

Como era de esperarse, la regulación de la demanda en los escenarios A2-B2 tiene un gran impacto en esta variable, reduciéndola de manera importante, en el caso de Leeds y Madrid. En el caso de Viena, la liberación de capacidad “liberada” resultante de la política impositiva sobre el consumo de combustibles emisores de CO₂ produce una mejora relevante de los tiempos de desplazamiento en el resto de modos que induce aumento importante de las movilidad medida en términos de distancia media.

4. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este documento era tener un primer acercamiento para estimar el impacto de la implementación de medidas regulatorias y fiscales sobre los combustibles, por medio de un modelo que relacione el transporte con el territorio, con el fin de determinar su efectividad bajo diferentes escenarios (análisis directo sobre un menor uso del coche menos eficiente = reducción de CO₂ y consumo energético, pero también desde la perspectiva de su impacto en las pautas de movilidad y relocalización de actividades a largo plazo).

Los resultados sugieren que desde un punto de vista de energía y medio ambiente, la

situación de las ciudades mejora al incrementar los precios de los combustibles. Los impuestos a los combustibles contribuyen a la protección del medio ambiente y si fuesen eliminados o reducidos en el futuro, las emisiones de contaminantes aumentarían con toda seguridad. Este tipo de impuestos limitan el crecimiento de la demanda de combustibles fósiles asociados con las emisiones de carbono. Según los resultados obtenidos, se puede decir que:

- Los escenarios de regulación de precios y de mejoras tecnológicas pueden jugar un importante papel en la reducción de las externalidades.
- La regulación de la demanda reduce las externalidades asociadas a la congestión. No ocurre de la misma forma con las estrategias de desarrollo tecnológico.
- La interiorización de los costes que origina cada modo de transporte (por congestión, ambientales, otras externalidades) fomenta a largo plazo estructuras espaciales y territoriales no basadas en el vehículo privado.

Por tanto, en términos de recomendaciones, se puede decir que tanto la regulación de precios y las innovaciones en tecnología, son importantes para reducir las emisiones de CO₂ en el transporte, pero solo la primera medida puede usarse para reducir la congestión asociada a las externalidades.

Por otro lado, al cruzar y comparar diferentes escenarios, se observa que en el resultado final influyen otras variables como la estructura urbana, la oferta de transporte, variables socioeconómicas, entre otras. Esto significa que la efectividad de una política europea, como por ejemplo, elevar el nivel mínimo de impuestos europeos a la energía (Directive 2003/96/EC), puede tener diferentes impactos regionales que se deben estudiar con mayor profundidad.

5. REFERENCIAS

ASTRA (1999). System dynamics model platform, Deliverable 3 of the ASTRA Project, Karlsruhe.

Azar, Ch., Schneider, S.H., (2002). Are the economic costs of stabilizing the atmosphere prohibitive? *Ecological Economics* 42 (1–2) 73–80

COM(2007) 551. (2007) “Green Paper-Towards a new culture for urban mobility”. European Commission. Directorate General for Energy and Transport.

Commission of the European Communities, (2004). Structures of the Taxation systems in the European Union—Data 1995–2002. 2004 Edition. Directorate General Taxation and Customs Union.

Council of the European Union, (2003). Restructuring the community framework for the taxation of energy products and electricity. Official Journal of the European Union, Council Directive 2003/ 96/2003

Council of the European Union, (2005).directive of the European Parliament and of the

Council on the promotion of clean road transport vehicles Official Journal of the European Union (Directive COM(2005)634);

Dean, A., Hoeller, P., (1992). Costs of reducing CO₂ emissions: evidence from six global models. OECD Economic Studies No. 19, Winter, 16–47

EU Oil Bulletin (2004). Available at: http://europa.eu.int/comm/energy/oil/bulletin/2004_en.htm

European Commission, (2003). European Climate Change Programme (ECCP). Second ECCP progress report. can we meet our Kyoto targets? Brussels.

European Parliament and Council, (2003). On the Promotion of the Use of Biofuels or other Renewable Fuels for Transport (Directive 2003/30/EC).

Eurostat. the Statistical Office of the European Communities

Haken, H. (1983a). Advanced Synergetics - Instability Hierarchies of Self- Organizing Systems and Devices; Springer Series in Synergetics, 20; Springer-Verlag,

Haken, H. (1983b). Erfolgsgeheimnisse der Natur - Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken; Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.

Hammar, H., Lofgren, A., Sterner, T., (2004). Political economy obstacles to fuel taxation. Energy Journal 25 (3), 1–17 ISSN:0195-6574

Kunsch, P.L., Springael, J., (2008), European Journal of Operational Research 185 (2008) 1285–1299 .(Available online 9 November 2006)

Monzón, A., Nuijten, A. (2006) Transport strategies under the scarcity of energy supply, DG TREN, European Commission.

Nordhaus, W., (1991). The costs of slowing climate change: a survey. Energy Journal 12, 37–65

Pfaffenbichler, P. (2003). The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) – Development, testing and application. PhD thesis.. Institute for Traffic Planning & Traffic Engineering of Faculty of Civil Engineering of Vienna University of technology. Viena.

Piattelli, M., Cuneo, M.A., Bianchi, N.P., Soncin, G., (2002). The control of goods transportation growth by modal share replanning: the role of a carbon tax. System Dynamics Review 18 (1), 47–69.

STEPS Scenarios for the Transport Systems and Energy Supplies and their Effects. Transport Strategies Under the Scarcity of Energy Supply (2006).

Weber, M., Barth, V., Hasselmann, K., (2005). A multi-actor dynamic integrated assessment model (MADIAM) of induced technological change and sustainable economic growth. Ecological Economics 54 (2–3), 306–327