

RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DEI COSTI E BENEFICI SOCIALI ED AMBIENTALI CONNESSI ALLE SOLUZIONI DI PROGETTO E DI POLICY LOCALI

Edoardo Croci, Silvio Camaldo, Francesco Colelli,
Denis Grasso

RESEARCH REPORT
N. 29
SEPTEMBER 2017

Info Report text developed
within the URBeLOG -
"URBan Electronic
LOGistics" project, funded
by the Italian Ministry of
Education and Research.





D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

TITOLO DOCUMENTO:	D12.2.1 - D12.3.1 Report - Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali
--------------------------	---

CODICE DOCUMENTO:	D.12.2.1 e D.12.3.1
EMESSO DA:	BOCCONI
DATA EMISSIONE:	30/09/2017
N° ALLEGATI:	7 (inclusi nel documento)
STATO:	DEFINITIVO
TIPO:	CONTRATTUALE
VERSIONE:	1

AUTORE:	Edoardo Croci, Francesco Colelli, Denis Grasso, Silvio Camaldo.
CO-AUTORI:	FIT Consulting srl
	Iveco
	Politecnico di Torino
	TNT
DISTRIBUZIONE:	Team del progetto URBeLOG



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

INDICE DEGLI ARGOMENTI

1 OBIETTIVO	7
2 INTRODUZIONE	7
3 LA VALUTAZIONE ECONOMICA DELLE ESTERNALITÀ DEI TRASPORTI: METODOLOGIE E STRUMENTI	10
3.1 PRINCIPALI ESTERNALITÀ DEI TRASPORTI IN LETTERATURA E DATI DI BASE PER LA LORO QUANTIFICAZIONE ECONOMICA	10
3.2 METODOLOGIE E MODELLI CONSOLIDATI PER LA QUANTIFICAZIONE MONETARIA DEI COSTI ESTERNI DEI TRASPORTI	15
3.3 LE DIFFERENTI TIPOLOGIE DI COSTI ESTERNI: COSTI TOTALI, MEDI E MARGINALI	18
3.4 I DUE APPROCCI DI STIMA DELLE ESTERNALITÀ DEI TRASPORTI: MODELLI TOP-DOWN E BOTTOM-UP	19
3.5 STRUMENTI PER LA QUANTIFICAZIONE DEI COSTI ESTERNI DEI TRASPORTI DA LETTERATURA E LORO TRASFERIBILITÀ NEI CONTESTI LOCALI	20
4 LE ESTERNALITÀ AMBIENTALI E SOCIALI DELLA LOGISTICA URBANA	22
4.1 I COSTI ESTERNI AMBIENTALI E SOCIALI TOTALI DEI TRASPORTI MERCI IN EUROPA ED IN ITALIA	22
4.2 I COSTI ESTERNI AMBIENTALI E SOCIALI MEDI DEI TRAPORTI MERCI IN EUROPA ED IN ITALIA	27
4.3 I COSTI ESTERNI AMBIENTALI E SOCIALI MARGINALI DEI TRAPORTI MERCI IN EUROPA ED IN ITALIA E LE PRINCIPALI VARIABILI DELLE ESTERNALITÀ DELLA LOGISTICA URBANA	31
4.3.1 VARIAZIONE DEI COSTI AMBIENTALI E SOCIALI MARGINALI ESTERNI DELLA LOGISTICA IN AREA URBANA E EXTRA URBANA	32
4.3.2 VARIAZIONE DEI COSTI ESTERNI AMBIENTALI E SOCIALI MARGINALI DELLA LOGISTICA NEI DIFFERENTI ORARI DELLA GIORNATA	34
4.3.3 VARIAZIONE DEI COSTI ESTERNI AMBIENTALI E SOCIALI MARGINALI DELLA LOGISTICA IN BASE ALLE CARATTERISTICHE E ALLA TIPOLOGIA DI VEICOLO	35
5 LE SOLUZIONI DEL PROGETTO URBELOG	37



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

6 KPIS E INDICATORI.....	37
7 CALCOLO DELLE ESTERNALITÀ AMBIENTALI: DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO	40
8 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI DEL PROGETTO URBELOG: MILANO	45
8.1 SCENARIO AS-IS E ANALISI DELLE CONSEGNE IN AREA C.....	47
8.2 ANALISI DELLE PERCORRENZE RICAVATE DAL MACROMODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO.....	50
8.3 SPERIMENTAZIONE 'OBU'.....	52
8.4 SPERIMENTAZIONE ZEV	53
8.5 SCENARIO DI POLICY: DIFFUSIONE ZEV IN AREA C.....	55
8.6 SCENARIO DI POLICY: OTTIMIZZAZIONE DEL ROUTING DEI MEZZI E DEL CONSOLIDAMENTO DEI CARICHI.....	57
8.7 SCENARIO DI POLICY: DIFFUSIONE DELLE PIAZZOLE 'SMART'.....	60
8.8 SCENARIO DI POLICY: CREDITI DI MOBILITÀ.....	63
8.8.1 PARAMETRI DI VALUTAZIONE DELLE OPERAZIONI EFFETTUATE	65
8.8.2 REGOLE DI CONSUNTIVAZIONE E RANKING DELLE MISSIONI	67
8.8.3 IMPATTI DELLA RESTRIZIONE AGLI ACCESSI IN ZTL	68
9 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI DEL PROGETTO URBELOG: TORINO	70
9.1 CONSEGNE AS-IS.....	70
9.2 SPERIMENTAZIONE MOBILE DEPOT	71
9.3 SPERIMENTAZIONE OBU	73
9.4 SCENARIO DI POLICY: DIFFUSIONE ZEV IN ZTL.....	74
9.5 OTTIMIZZAZIONE REAL-TIME DEL ROUTING.....	76
9.5.1 IL SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI DI URBELOG.....	77
9.6 DATI DI INPUT	80



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

9.7 KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI)	83
9.7.1 IMPATTO AMBIENTALE.....	83
10 LE POLITICHE PUBBLICHE PER L'INTERNALIZZAZIONE DELLE ESTERNALITÀ DEL TRASPORTO MERCI	84
10.1 IL SETTORE DELLA LOGISTICA URBANA IN ITALIA	84
10.2 LA LOGISTICA DELLE MERCI IN ITALIA: LE PRINCIPALI INEFFICIENZE	85
10.2.1 LE ESTERNALITÀ POSITIVE DELLA LOGISTICA URBANA: TRADE-OFF TRA EFFICACIA ED EFFICIENZA DELLA LOGISTICA URBANA.....	86
10.2.2 LE TRASFORMAZIONI IN ATTO NEL SETTORE DELLA LOGISTICA CHE INFLUENZANO LE POLICY PUBBLICHE.....	87
10.3 LE POLITICHE PUBBLICHE NEL SETTORE DELLA LOGISTICA URBANA DELLE MERCI	88
10.3.1 INDIRIZZI EUROPEI PER LE POLICY DI INTERNALIZZAZIONE DEI COSTI ESTERNI GENERATI DAL SETTORE DELLA LOGISTICA.....	88
10.3.2 STRATEGIE DI INTERVENTO PUBBLICO PER L'INTERNALIZZAZIONE DELLE ESTERNALITÀ.....	89
10.3.3 GLI STRUMENTI PER LA RAZIONALIZZAZIONE DELLA LOGISTICA URBANA E I LORO LIMITI	90
11 LE POLICY PUBBLICHE PER UNA LOGISTICA URBANA SOSTENIBILE: LE MISURE ECONOMICHE.....	93
11.1 PARK PRICING.....	93
11.2 ROAD PRICING	97
11.3 CONGESTION CHARGE	102
11.4 CREDITI DI MOBILITÀ.....	107
11.5 TASSE, INCENTIVI E SUSSIDI PUBBLICI.....	109
11.6 I MECCANISMI DI COOPERAZIONE/CONDIVISIONE TRA GLI OPERATORI LOGISTICI	113
11.7 I CENTRI DI DISTRIBUZIONE URBANA MULTI-OPERATORE	114
11.7.1 LE ESPERIENZE EUROPEE	114
11.7.2 ESPERIENZE NAZIONALI.....	116
11.8 I SISTEMI DI STOCCAGGIO TEMPORANEO PER IL RITIRO MERCI MULTI-OPERATORE	118
11.8.1 ESPERIENZE EUROPEE	119
11.8.2 ESPERIENZE ITALIANE.....	119



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

11.9	CONSEGNE LAST-MILE CON VEICOLI LEV/ZEV MULTI-OPERATORE	120
11.9.1	ESPERIENZE EUROPEE	120
11.10	SISTEMI ITS PER LA GESTIONE DELLE CONSEGNE MULTI-OPERATORE.....	120
12	ANALISI DELLE POLITICHE DI INCENTIVAZIONE DI SCELTE DI MOBILITÀ VIRTUOSE.....	122
12.1	PENALITÀ, CREDITI E PREMIALITÀ.....	122
12.1.1	POSSIBILI APPROCCI DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE: REGOLAZIONE E INCENTIVAZIONE	122
12.1.2	I CREDITI DI MOBILITÀ.....	123
12.1.3	SISTEMI PREMIANTI	125
12.1.4	ESPERIENZE DI PREMIALITÀ: TRASPORTO PERSONE	126
12.1.5	ASPETTI DI GAMIFICATION.....	128
12.1.6	CONSIDERAZIONI	129
12.2	SISTEMI PREMIANTI PER LA LOGISTICA URBANA	130
12.3	GLI ATTORI DEL SISTEMA.....	130
12.3.1	I DIVERSI TIPI DI OPERATORE DI TRASPORTO DELL'ULTIMO MIGLIO.....	133
12.4	ESPERIENZE DI SCHEMI PREMIANTI NELLA LOGISTICA.....	134
12.4.1	GREEN FREIGHT EUROPE	134
12.4.2	LEAN & GREEN.....	137
12.4.3	CONSIDERAZIONI	141
12.5	PROPOSTA PER LA DEFINIZIONE DI UN SISTEMA DI PREMIALITÀ. PROSPETTIVE PER IL PROGETTO URBELOG.....	142
12.6	MECCANISMI PREMIALI E SISTEMI MULTIATTORIALI	143
12.7	MACCANISMI PER L'OTTENIMENTO ED IL CONTROLLO DEI SISTEMI DI PREMIALITÀ DELLA LOGISTICA URBANA	144
13	RACCOMANDAZIONI DI POLICY PER LE AMMINISTRAZIONI LOCALI.....	148
14	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	154
15	ACRONIMI/DEFINIZIONI.....	162



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

16	ALLEGATI	162
16.1	ALLEGATO 1. COSTI ESTERNI TOTALI DEI TRASPORTI NEL 2008 IN EU-27 SUDDIVISI PER CATEGORIA DI COSTO E MODALITÀ DI TRASPORTO (CONGESTIONE ESCLUSA).....	163
16.2	ALLEGATO 2. COSTI ESTERNI MEDI DEI TRASPORTI NEL 2008 IN EU-27 SUDDIVISI PER CATEGORIA DI COSTO E MODALITÀ DI TRASPORTO (CONGESTIONE ESCLUSA).....	163
16.3	ALLEGATO 3. COSTI ESTERNI MARGINALI DEI TRASPORTI NEL 2008 IN EU-27 SUDDIVISI PER CATEGORIA DI COSTO E MODALITÀ DI TRASPORTO (CONGESTIONE ESCLUSA).....	164
16.4	ALLEGATO 4. COSTO ESTERNO TOTALE E MEDIO DEI FENOMENI DI CONGESTIONE LEGATI AI TRASPORTI NEL 2008 IN EU-27 SUDDIVISI PER CATEGORIA DI COSTO E MODALITÀ DI TRASPORTO	165
16.5	ALLEGATO 5 . COSTI ESTERNI TOTALI IMPUTABILI AI TRASPORTI PASSEGGERI E MERCI IN ITALIA NEL 2003 IN MILIONI DI EURO	166
16.6	ALLEGATO 6. COSTI ESTERNI MARGINALI IMPUTABILI AI TRASPORTI PASSEGGERI E MERCI IN ITALIA NEL 2003 IN CENT DI EURO/TKM/ANNO	166
16.7	ALLEGATO 7. I MODELLI SIMULATIVI DEL TRAFFICO E DELLE EMISSIONI.....	167
16.7.1	I MODELLI DI TRAFFICO	169
16.7.2	LA DELIMITAZIONE DELL'AREA DI STUDIO	169
16.7.3	LA ZONIZZAZIONE.....	170
16.7.4	LA DEFINIZIONE DELL'OFFERTA DI TRASPORTO	171
16.7.5	LA VALUTAZIONE DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ	172
16.7.6	LA SIMULAZIONE DELL'INTERAZIONE DOMANDA/OFFERTA.....	177
16.7.7	ALCUNI ESEMPI DI MODELLI DI TRAFFICO	179
16.7.8	I MODELLI DI EMISSIONE DEGLI INQUINANTI	180



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

1 OBIETTIVO

Il presente documento definisce una metodologia di valutazione quantitativa dei costi e dei benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni del progetto Urbelog. Questa metodologia di valutazione, a partire da metodologie consolidate definite in letteratura e nelle attività di valutazione economica condotte a livello europeo a partire dal progetto ExternE, è stata adattata agli specifici indicatori quantitativa definiti nei precedenti OR del progetto Urbelog, consentendo in questo modo una piena coerenza con le attività già svolte.

In seguito si fornisce una valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi all'implementazione di specifiche policy pubbliche finalizzate alla creazione di incentivi/disincentivi per gli operatori del settore riguardanti determinati comportamenti e modalità di consegna last-mile. Il rapporto in particolare lega il tema delle policy pubbliche con le specifiche dinamiche del settore della logistica merci urbana, un settore attualmente attraversato da una profonda spinta innovatrice. Per questo motivo vengono analizzate e valutate nel dettaglio le principali esternalità generate dal settore della logistica urbana a livello europeo e italiano e le caratteristiche organizzative della logistica urbana contemporanea. Definito questo quadro di riferimento si passa ad analizzare le singole politiche a disposizione del decisore pubblico al fine di ridurre l'impatto negativo ambientale e sociale della logistica urbana merci.

2 INTRODUZIONE

La riduzione delle esternalità negative generate dal settore dei trasporti è una delle priorità delle politiche di sostenibilità adottate a livello europeo. La Commissione Europea infatti, ha più volte ribadito la necessità di definire politiche e strumenti atti a quantificare ed internalizzare i costi esterni generati dai trasporti. Tale necessità è stata sancita per la prima volta nel V Programma d'Azione Ambientale del 1992 ed in seguito definita con maggiore dettaglio e strumenti operativi nel Libro Bianco dei Trasporti del 2011¹.

La crescita del trasporto merci su strada e l'aggravarsi dei problemi di congestione a livello urbano (Commissione Europea, 2011) hanno fatto crescere l'esigenza di ridurre le inefficienze del sistema logistico e di quantificare con maggiore precisione i costi delle esternalità generati dal settore. Tali esigenze sono state manifestate da più parti², evidenziando come i prezzi dei trasporti merci su gomma non riflettono i veri costi e benefici

¹ Commissione Europea (2011), Libro Bianco dei Trasporti. Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti. Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile, COM (2011) 144 definitivo.

² DG Ambiente, DG Trasporti, Commissione Europea, Agenzia Europea per l'Ambiente.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

connessi ai trasporti, in quanto riflettono solo la componente di costo interna (privata) e non quella esterna. Questa esigenza di quantificare economicamente i danni e i benefici ambientali e sociali associati alle attività umane, riconduce alle ricerche economiche sul tema delle esternalità ambientali avviate ad inizio '900. In particolare ad Arthur Cecil Pigou, il primo ad individuare il ruolo delle esternalità ambientali come una delle principali cause di fallimento del mercato. Ed è proprio con Pigou che nasce anche il principio del "chi inquina paga", lo stesso principio invocato dalla Commissione Europea all'interno del Libro Bianco dei Trasporti in merito al settore della logistica merci.

L'attenzione della Commissione Europea al tema delle esternalità generate dai trasporti è giustificata dal rilevante peso che queste hanno sull'economia europea e alle previsioni di crescita del 25% al 2050 del trasporto merci su gomma in Europa³.

Secondo i dati pubblicati nel rapporto "*External Costs of Transport in Europe*", nel 2008 i costi esterni totali generati nei Paesi dell'Unione Europea (oltre a Svizzera e Norvegia) dai trasporti di persone e merci, sono ammontati a 510 miliardi di Euro, pari a circa il 4% del PIL europeo. A questi vanno aggiunti costi che oscillano tra i 146 e i 243 miliardi di Euro imputabile alla sola congestione, per un'ulteriore ricaduta sul PIL nell'ordine dell'1-2%. Pertanto l'Unione Europea nel 2008 ha subito danni pari al 5-6% del suo PIL a causa delle sole inefficienze del suo sistema di trasporto. In termini pro capite, questo equivale ad una perdita netta per ogni singolo cittadino dell'Unione Europea di 1.011€ (CE Delft, 2011), congestione esclusa. Di questi oltre 650 miliardi di Euro di costi esterni generati dal sistema dei trasporti, il 77% sono stati prodotti dal trasporto passeggeri ed il restante 23% dallo spostamento delle merci (Ce Delft, 2011).

Il progressivo sviluppo delle metodologie di stima delle esternalità dei trasporti è stato sostenuto dalla Commissione Europea attraverso provvedimenti normativi e finanziamenti alla ricerca⁴. Il contributo scientifico determinante è riferibile al programma comunitario denominato *ExterneE*. Il principale merito di *ExterneE* (ed in particolare di *ExterneE Transport*, sviluppato tra il 1995 e il 1998)⁵, è stato quello di aver sviluppato una metodologia

³ Fraunhofer Institut (2010), iTREN-2030. Integrated transport and energy baseline until 2030

⁴ Si ricordano in merito soprattutto la Direttiva Eurovignette (CE/62/1999 e successive integrazioni), il Libro Verde del 1995 "Verso una corretta ed efficace determinazione dei prezzi nel settore dei trasporti", il Libro Bianco del 1998 "La corretta tariffazione dell'uso delle infrastrutture di trasporto: un approccio graduale verso un quadro di tariffazione comune delle infrastrutture di trasporto nell'UE", il Libro Bianco del 2001 "La politica europea dei trasporti: il momento delle scelte", il Libro bianco dei Trasporti del 2011 "Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti. Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile" e la Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo del 2008 dal titolo "Rendere i trasporti più ecologici" (SEC (2008) 2206).

⁵http://www.externe.info/externe_d7/?q=node/57



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

denominata “dei sentieri di impatto” che ha consentito di valutare i costi esterni delle emissioni inquinanti dei trasporti con un livello di dettaglio riferito al singolo veicolo/tecnologia.

Successivamente decine di altri progetti di ricerca hanno consolidato e migliorato le metodologie di calcolo, consentendo il raggiungimento di un livello di attendibilità dei modelli e dei valori di costo di riferimento delle singole esternalità molto elevato (Commissione Europea, 2012). Infatti oggi, i range entro i quali i valori di costo ricavati dai modelli oscillano sono sempre più ristretti, garantendo un'affidabilità ed un'aderenza alla realtà sempre maggiore dei dati forniti a livello europeo (Ce Delft, 2011)⁶ e nazionale. Questo consolidarsi dei valori economici di riferimento è un'importante traguardo, in quanto consente alle autorità pubbliche di dare una maggiore credibilità alle basi economiche che sottendono le proprie politiche di internalizzazione dei costi esterni generati dal settore del trasporto di merci e di persone (Ce Delft, 2011)⁷.

Permane tuttavia un certo grado di incertezza. L'ampiezza e l'accuratezza del lavoro scientifico e accademico svolto in questi decenni infatti “non significa che tutte le categorie di costo abbiano raggiunto il medesimo livello di accuratezza e tutte le modalità di trasporto siano state trattate allo stesso modo. Il trasferimento dei valori di costo disponibili all'interno dei prezzi del trasporto, richiede scelte supplementari da parte dei *policy makers*”⁸.

A tal proposito la Commissione Europea ha evidenziato come “gli scienziati hanno fatto il loro lavoro. Sebbene la stima dei costi esterni abbia ancora a che fare con una serie di incertezze, c'è consenso a livello scientifico, c'è accordo sul fatto che i costi esterni dei trasporti misurati attraverso approcci definiti nelle *best practices* e nei modelli generali (con oscillazioni di valore accettabili) siano pronti per un uso diretto nelle *policy* pubbliche”⁹. La vera sfida riguarda pertanto l'ideazione delle politiche e delle azioni più efficaci ed efficienti per internalizzare questi costi. Costi che ad oggi, nonostante più di venti anni di politiche UE e ricerche sul tema, rimangono in larga parte a carico della Società Civile senza che il principio del “chi inquina paga” venga effettivamente messo in atto (Commissione Europea, 2012)¹⁰.

⁶ CE Delft (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1

⁷ Un contributo fondamentale al consolidamento dei valori economici delle esternalità dei trasporti è stato dato dalla pubblicazione promossa dalla Commissione Europea “Handbook on estimation of external costs in the transport sector”

⁸ CE Delft (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1, 2008. pag. 13.

⁹ CE Delft (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1, 2008. pag. 13.

¹⁰ Commissione Europea (2012), An inventory of measures for internalizing external costs in transport, Final Report.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

3 LA VALUTAZIONE ECONOMICA DELLE ESTERNALITÀ DEI TRASPORTI: METODOLOGIE E STRUMENTI

La letteratura scientifica relativa alla stima economica dei costi esterni generati dai trasporti è molto vasta. Questa proliferazione di studi e ricerche è legata, oltre che alla naturale esigenza di sviluppare studi specifici per ciascun Paese, all'esistenza di varie metodologie di stima talvolta anche molto diverse tra loro. In questo paragrafo viene condotta una schematica rassegna delle principali metodologie di stima dei costi esterni dei trasporti, focalizzando l'attenzione sui metodi consolidati maggiormente utilizzati in letteratura e nelle pratiche di valutazione delle policy pubbliche.

3.1 Principali esternalità dei trasporti in letteratura e dati di base per la loro quantificazione economica

In letteratura e nei documenti di policy vi è ampia condivisione sulle più importanti esternalità legate ai trasporti persone e merci. Le cinque principali esternalità generate dai trasporti sono (CE Delft, 2011):

- **Incidenti;**
- **Inquinamento dell'aria;**
- **Cambiamenti Climatici;**
- **Rumore;**
- **Congestione.**

Accanto a queste cinque principali tipologie di esternalità nei rapporti italiani ed europei sul tema vengono presi in considerazione anche altri costi esterni connessi ai trasporti. Questi sono legati ad esempio alla produzione dell'energia necessaria al funzionamento dei mezzi di trasporto, agli impatti sulla natura ed il paesaggio delle infrastrutture viarie e della sosta dei mezzi, alla perdita di biodiversità e all'inquinamento del suolo e dell'acqua¹¹ derivanti dai flussi veicolari.

Ciascuna delle cinque principali esternalità connesse con i trasporti, per essere quantificata con precisione in termini economici, necessita di dati specifici, di specifiche funzioni di costo, di specifiche metodologie di calcolo che variano a seconda dell'esternalità analizzata. Per

¹¹ L'inquinamento del suolo e dell'acqua vengono calcolati separatamente rispetto all'inquinamento dell'aria e seguendo metodologie differenti.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

semplificare questa complessità si riporta di seguito una tabella elaborata a partire dalla letteratura scientifica e dai rapporti di policy disponibili.

Principali driver dei costi	<ul style="list-style-type: none"> • Tipologia di infrastruttura • Capacità dell'infrastruttura • Ora e giorno • Area urbana o non • Incidenti e lavori in corso 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipologia di infrastruttura • Volumi del traffico • Velocità dei veicoli • Caratteristiche dei guidatori (età, condizioni mediche ecc.)
Dati necessari	<ul style="list-style-type: none"> • Dati sulla velocità dei flussi • Livelli del traffico • Capacità per segmento di strada 	<ul style="list-style-type: none"> • Database degli incidenti • Numero di incidenti • Numero di feriti gravi e leggeri • Valore economico di una vita umana
Funzione di costo	<p>I costi marginali aumentano all'aumentare del traffico, in relazione a giorno/settimana/anno</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Correlazione ridotta tra quantità di traffico e incidenti • Correlazione con i fattori di
Aspetti critici nella valutazione	<ul style="list-style-type: none"> • Relazione esistente tra velocità e flussi di traffico • Valutazione del valore economico del tempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Valore di una vita umana • Quota di esternalità da ricondurre all'incidente • Assegnazione dell'incidente (colpevole e vittima)
Componenti dei costi	<ul style="list-style-type: none"> • Costo dei ritardi • Costo-opportunità del tempo • Perdita di tempo degli utenti esterni 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi medici • Perdita produttività • Perdita di vite umane
	Congestione	Incidenti

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

<ul style="list-style-type: none"> • Popolazione e densità degli agglomerati urbani • Sensibilità dell'area • Livelli delle emissioni in relazione a tipologia veicoli, lunghezza dei viaggi, tipologia infrastruttura, velocità del traffico • Dati sulle emissioni (PM, NOx, SO2, VOC, ecc.) • Dati sull'esposizione agli inquinanti della popolazione • Valore economico di una vita 	<ul style="list-style-type: none"> • Correlazione con il livello di traffico, il livello delle emissioni e la località • Valore di un anno di vita umana persa • Prezzo di mercato delle colture agricole • Valore dei danni agli edifici 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo della Salute • Anni di vita umana persi • Perdite nei raccolti • Danni agli edifici • Costo per la Natura e la Biodiversità 	<p>Inquinamento dell'aria</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Popolazione e densità degli agglomerati urbani • Giorno/Notte • Tipologie dei veicoli • Caratteristiche dell'infrastruttura 	<ul style="list-style-type: none"> • Dati sull'esposizione al rumore 	<ul style="list-style-type: none"> • La curva dei costi marginali decresce in relazione alla quantità di traffico • Valutazione del livello di disturbo 	<p>Rumore</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perdita valore economico di proprietà immobiliari e affitti • Costi del "disturbo" • Costo della Salute 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi di prevenzione per ridurre i rischi connessi con i cambiamenti climatici • Costo dei danni connessi con l'aumento delle temperature 	<ul style="list-style-type: none"> • Proporzionale alla quantità di traffico e alla quantità di combustibili utilizzati (costo con i cambiamenti climatici) • Rischi a lungo termine connessi con i cambiamenti climatici 	<ul style="list-style-type: none"> • Livelli delle emissioni 	<p>I livelli delle emissioni dipendono da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipologie di veicoli e optional aggiuntivi (aria condizionata ad esempio) • Velocità medie di spostamento <p>Cambiamenti climatici</p>
---	---	---	--------------------------------------	--	---	---	----------------------	---	--	---	---	---

Figura 1 Sintesi dei principali componenti di costo e relativi problemi di calcolo delle principali esternalità dei trasporti (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft 2008).



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

3.2 Metodologie e modelli consolidati per la quantificazione monetaria dei costi esterni dei trasporti

La quantificazione monetaria dei costi esterni dei trasporti necessita di un'ampia base dati (economici e tecnici) per essere definita. Si prenda ad esempio la valutazione delle esternalità ambientali e sociali negative generate da un incidente. Al fine di giungere ad un valore economico unitario, è necessario disporre di dati circa il "valore di una vita umana", il valore di una degenza ospedaliera, il valore del danno arrecato ad altre persone o oggetti ecc. I valori economici di ciascuna di queste determinanti possono variare notevolmente¹² a seconda delle metodologie di stima utilizzate. Per comprendere la variabilità che i risultati di una valutazione monetaria delle esternalità possono avere, si prenda ad esempio la diversità delle stime nel tempo e in differenti contesti territoriali del valore attribuito al "Valore statistico di una vita umana"¹³ (*Value of Statistical Life, VSL*). Il valore statistico di una vita umana infatti, può variare anche di 10 unità di grandezze a seconda che ci si riferisca ad un paese sviluppato o meno (*American Journal of Medicine, 2015*).

Il costo esterno su cui la letteratura economica si è maggiormente concentrata è quello legato all'inquinamento dell'aria. Secondo i dati più recenti pubblicati dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO)¹⁴, nel 2012 l'inquinamento dell'aria ha provocato oltre 3,7 milioni di morti a livello mondiale, ovvero il 6,7% delle cause di mortalità nel Mondo (WHO, 2014). Gli economisti valutano il valore monetario dell'inquinamento dell'aria misurando i costi individuali e sociali associati alla mortalità e alle malattie causate dall'inquinamento. Queste solitamente vengono valutate utilizzando due differenti metriche (*American Journal of Medicine, 2014*): il valore statistico di una vita umana (*value of statistical Life*) e il valore della perdita di un anno di vita (*value of a life year*).

I metodi di stima del valore dell'ambiente fanno riferimento essenzialmente a tre differenti alternative:

- Al consumo di risorse o perdita di prodotto conseguenti al danno ambientale;
- Alla disponibilità a pagare per evitare il danno ambientale;
- Ai costi di prevenzione per evitare il danno alla fonte.

La molteplicità di metodi di stima è legata al fatto che gli elementi che compongono un bene pubblico come l'ambiente, si caratterizzano per non avere sempre un mercato di riferimento in cui si

¹² Le forti discrepanze talvolta presenti nei vari parametri economici utilizzati nelle stime del valore monetario delle esternalità dei trasporti, ha portato alla nascita di un fronte di oppositori a queste metodologie (McKinnon A., Sharon C., Browne M., Whiteing A., 2010). Questi oppositori in particolar modo si sono appellati all'"incongruenze negli approcci e nei metodi impiegati, al largo ricorso a giudizi soggettivi e alla generale incertezza di molti valori" (McKinnon A., Sharon C., Browne M., Whiteing A., 2010).

¹³ Il "Valore statistico di una vita" viene definito come la volontà marginale di pagare per evitare il rischio di un incidente mortale, aggregata per un alto numero di persone.

¹⁴ World Health Organization (2014), Burden of disease from the joint effects of Household and Ambient Air Pollution for 2012

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

determinano prezzi utilizzabili per una valutazione economica puntuale. Tuttavia, se pur privi di un valore di scambio, i beni ambientali possiedono un valore che va oltre i meccanismi di mercato. A tal proposito la teoria economica ha elaborato il concetto di Valore Economico Totale (VET). Il VET è dato dalla somma del valore d'uso e di non uso di un determinato bene ambientale. Il valore d'uso fa riferimento al valore monetario associato al godimento effettivo di un bene (es. la possibilità di vivere in un ambiente salubre). Il valore di non uso invece, fa riferimento al valore monetario associato al potenziale uso di un bene ambientale.

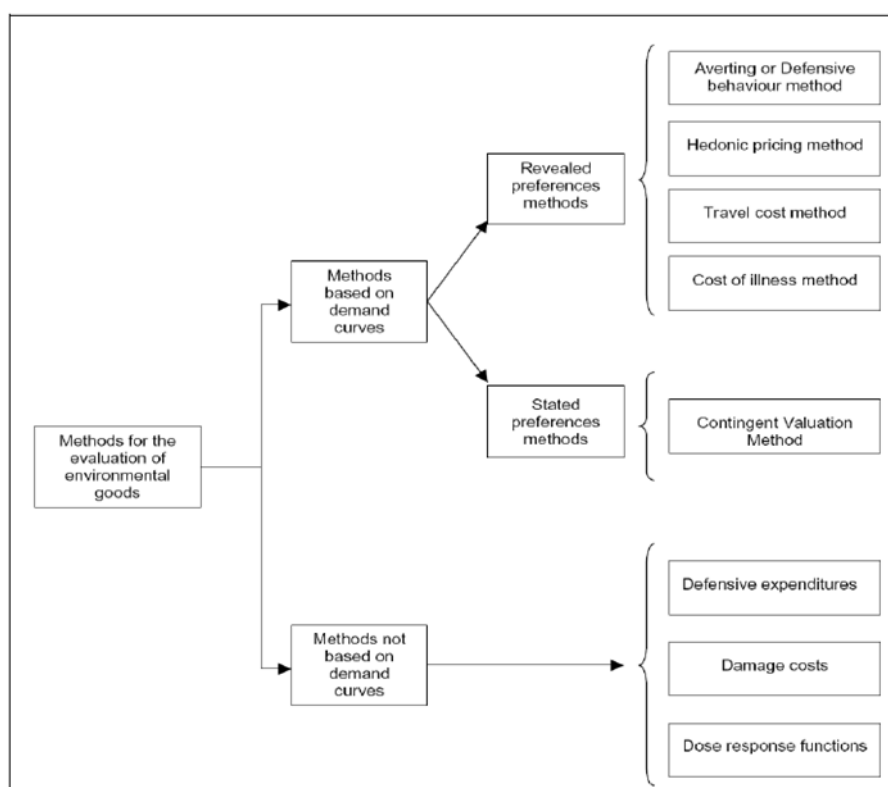


Figura 2 Panoramica dei principali metodi di valutazione dei beni ambientali. Fonte: Danielis R. (2001), *La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti*, Università di Trieste e ISTIEE

Una volta definito il VET occorre calcolarlo in termini monetari. I metodi di valutazione monetaria dell'ambiente principalmente utilizzati si dividono in due gruppi:

- Gli approcci basati sulle curve di domanda;
- Gli approcci non basati sulle curve di domanda.

Gli approcci basati sulle curve di domanda ricostruiscono la curva di domanda di un bene, ovvero associano ad un prezzo la quantità di bene ambientale che l'individuo sarebbe disposto ad "utilizzare". Gli approcci senza curve di domanda invece, stabiliscono un rapporto tra una determinata attività e le conseguenze ambientali calcolando gli impatti (positivi o negativi) sull'ambiente di determinate unità fisiche e stimando successivamente il valore monetario dell'impatto.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I principali approcci basati sulla curva di domanda utilizzati per la valutazione delle esternalità ambientali dei trasporti sono (Danielis R., 2001):

- **Metodo dei prezzi edonici (preferenze rivelate)**, utilizzato quando non è possibile disporre di dati sui prezzi ricavati direttamente o indirettamente dal “mercato reale”. In questi casi si sceglie un mercato il cui bene ambientale che si intende analizzare costituisce un attributo altamente caratterizzante e se ne indagano le variazioni dei prezzi al variare della caratteristica ambientale considerata. A causa di una serie di limiti che la contraddistinguono, tale metodologia viene prevalentemente utilizzata per valutare i costi esterni legati alla rumorosità (facendo riferimento al prezzo degli immobili e alla loro collocazione) e non delle altre esternalità;
- **Metodo di valutazione contingente**, uno dei metodi maggiormente utilizzati per ricostruire le preferenze individuali. Questo metodo mira a catturare la disponibilità individuale a pagare (per evitare un danno o per usare una risorsa ambientale) o la disponibilità ad accettare una compensazione (per il danno subito o per rinunciare all’uso della risorsa ambientale) utilizzando tecniche tipiche delle indagini di mercato. Pur con una serie di limiti, questa metodologia è ampiamente utilizzata in quanto nella valutazione del danno ambientale essa si presenta spesso come l’unica metodologia applicabile (Ce Delft, 2008).

I principali approcci non basati sulla curva di domanda utilizzati per la valutazione delle esternalità ambientali dei trasporti sono (Danielis R., 2001):

- **Metodo dei costi del danno/valori di mercato (damage costs)**, basato sulla valutazione del valore economico del danno arrecato ad un determinato recettore ambientale in un “mercato reale”. Disporre di questi dati sarebbe “la soluzione migliore”¹⁵ per quantificare le esternalità, ma presenta notevoli difficoltà, soprattutto nel caso in cui il danno non sia direttamente quantificabile. Questo metodo presenta un forte limite e cioè quello di non tenere in considerazione valori economici come il valore di opzione o il valore di esistenza, portando solitamente ad una sottostima del valore economico dei beni ambientali;
- **Metodo dei costi di tutela/spese difensive (Avoidance costs)**, stima il valore del danno arrecato ad un certo ricettore ambientale considerando i costi degli interventi di tutela necessari per il suo recupero e/o per evitare che l’impatto negativo si manifesti;
- **Metodo dose-risposta**, ampiamente utilizzato dai modelli afferenti alla categoria dei “sentieri di impatto (impact pathway approach) come ad esempio ExternE. Questa metodologia si fonda sullo studio quantitativo delle connessioni causali esistenti tra un dato fenomeno e l’impatto che questo produce sull’Ambiente e la Società. Individuati gli effetti di un determinato fenomeno su una serie di recettori finali, questi vengono poi quantificati economicamente seguendo gli approcci classici di valutazione economica.

La scelta del metodo di valutazione da utilizzare, dipende prevalentemente dal tipo di esternalità da valutare, dai dati disponibili, dal grado di informazione degli utenti e dalle risorse finanziarie e di tempo di cui si dispone. Non esiste pertanto una metodologia valida per tutte le tipologie di valutazioni. Tuttavia la frequenza dei lavori di stima per le diverse esternalità può essere utilizzato

¹⁵ CE Delft (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1, Pag.15

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

come un indicatore della loro potenzialità nel caso di specifiche voci di costi esterni da traffico (Danielis R., 2011).

	Dose- risposta	Valutazione contingente	Prezzi edonici	Spese difensive
Inquinamento atmosferico	++	+	+	+
Inquinamento acustico	+	+	++	++
Inquinamento acqua	+	+	-	+
Sicurezza	+	++	+	-
Rumore	N	N	-	N
Impatti sociali	N	-	N	N
Impatti estetici	N	++	-	N

Figura 3 Numero di studi pubblicati con i diversi metodi a seconda della tipologia di esternalità dei trasporti. Legenda: (++): molti studi; **(+):** abbastanza studi; **(-):** pochi studi; **(N);**nessuno studio. **Fonte: Danielis R. (2001), La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti, Università di Trieste e ISTIEE**

Come evidenziato nella Figura 3, l'inquinamento atmosferico viene valutato soprattutto utilizzando il metodo dose-risposta, il rumore è tipicamente valutato tramite il metodo dei prezzi edonici, mentre la sicurezza è valutata soprattutto con il metodo della valutazione contingente (Danielis R., 2011).

3.3 Le differenti tipologie di costi esterni: costi totali, medi e marginali

I costi esterni generati dai trasporti possono essere espressi in tre modalità differenti a seconda del grado di disaggregazione dei dati di cui si dispone e delle finalità delle analisi per cui quei dati di costo vengono utilizzati. Le tre modalità con le quali i costi esterni nei trasporti possono essere espressi sono (Gallo, 2007)¹⁶:

- **Costi Totali**, esprimono l'intero ammontare dei costi esterni prodotti;

¹⁶ Gallo M. (2007), I costi esterni della mobilità: tipologie e metodi di stima, in Trimestrale del laboratorio Territorio Mobilità Ambiente, Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio Università degli Studi di Napoli Federico II



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- **Costi Medi**, rappresentano il costo esterno per unità di traffico (veicoli/chilometro, tonnellate di merci/chilometro, ecc.);
- **Costi Marginali**, rappresentano i costi esterni prodotti, a partire dalla situazione attuale, dall'immissione nel sistema di una unità aggiuntiva di traffico.

La scelta di ricorrere ad una tipologia di costo piuttosto che ad un'altra è connesso con gli obiettivi che ci si pone (Ricci A., Friedrich R., 1999)¹⁷. I costi totali e medi ad esempio, sono utili soprattutto nei casi in cui si intende compiere delle comparazioni tra paesi o contesti territoriali differenti. Nei casi in cui si intende invece "quantificare il costo sociale complessivo di una data esternalità al fine di definire politiche che generino un utilizzo più efficiente dei trasporti e della loro ripartizione modale, la stima dei costi marginali è più appropriata"¹⁸. Nonostante questo, a livello europeo si evidenzia una netta prevalenza degli studi che riportano i costi totali e medi delle esternalità dei trasporti rispetto a quelli marginali (Danielis R., Rotaris L., 2001). Questo si lega alle maggiori complessità presenti nell'utilizzo dei costi marginali.

Tra i costi medi e i costi marginali inoltre, vi possono essere talvolta forti discrepanze di valore, soprattutto per quelle esternalità come il rumore e la congestione che non hanno una relazione lineare con i flussi di traffico (McKinnon A., Sharon C., Browne M., Whiteing A., 2010)¹⁹.

3.4 I due approcci di stima delle esternalità dei trasporti: modelli top-down e bottom-up

Una delle questioni fondamentali nella stima dei costi esterni generati dai trasporti riguarda la qualità dei dati di cui si dispone e il loro livello di disaggregazione (JRC, 2008)²⁰. Infatti, soprattutto per quanto riguarda il calcolo dei costi esterni marginali dei trasporti, che solitamente fanno riferimento a contesti e ad orari specifici, la qualità della stima dipende fortemente dal livello di disaggregazione dei dati di cui si dispone (JRC, 2008).

Alla luce della tipologia di dati di cui si dispone e dell'output finale di cui si necessita, è possibile individuare due differenti approcci nella stima dei costi esterni dei trasporti:

- **Approccio Top-Down;**
- **Approccio Bottom-Up.**

L'approccio Bottom-Up elabora le stime di costo partendo dai dati delle specifiche condizioni di traffico del contesto che intende analizzare. Richiede dati puntuali, specifici di un determinato

¹⁷ Ricci A., Friedrich R (1999), Calculating transport environmental costs: final report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging, European Commission, Bruxelles.

¹⁸ JRC (2008), Review of the measurement of external costs of transportation in theory and practice. Maritime transport Report 1, JRC, pag. 7

¹⁹ McKinnon A., Sharon C., Browne M., Whiteing A., (2010), Logistica verde. Migliorare la sostenibilità ambientale della logistica, Tecniche Nuove. pag. 78

²⁰ JRC (2008), Review of the measurement of external costs of transportation in theory and practice. Maritime transport Report 1, JRC, pag. 7



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

contesto, che consentono di giungere a stime dei costi esterni dei trasporti precise, accurate e con un elevato potenziale di differenziazione. I valori di costo ricavati con questo approccio sono pertanto molto attendibili ma necessitano di costi elevati per la raccolta dei dati di base su cui strutturare la valutazione e presentano problematiche connesse con l'aggregazione dei dati provenienti da ambiti differenti (Delft, 2008).

L'approccio Top-Down invece, elabora le stime di costo partendo da dati aggregati a livello nazionale e/o europeo. Questo approccio permette una maggiore rappresentatività dei valori di costo, facilitando le comparazioni tra Paesi e modi di trasporto differenti. Al fine di ottenere questi risultati, tuttavia, le funzioni di costo devono necessariamente essere semplificate e la ripartizione dei costi esterni tra specifiche condizioni di traffico e differenti categorie di veicoli è difficile da disaggregare (Delft, 2008).

“La letteratura esistente per un *pricing* efficiente raccomanda il ricorso all'approccio bottom-up seguendo la metodologia dei sentieri di impatto”²¹. Nella pratica tuttavia si usa solitamente un mix tra i due approcci, lavorando sulla rappresentatività dei dati di cui effettivamente si dispone. Al fine di rendere attendibili i dati ricavati con questo mix, è importante la definizione di cluster con livelli di costo simili (gli stessi livelli di inquinamento dell'aria, le stesse condizioni di traffico e di densità urbana, ecc.) (Delft, 2008).

3.5 Strumenti per la quantificazione dei costi esterni dei trasporti da letteratura e loro trasferibilità nei contesti locali

Nell'articolo 36 del Libro Bianco dei Trasporti (Commissione Europea, 2011) si legge come “nell'applicare metodi scientifici alternativi per il calcolo degli oneri per i costi esterni, gli Stati membri dovrebbero essere in grado di tener conto dei metodi di calcolo dei valori dei costi monetari delle esternalità riportati nello studio intitolato *Handbook on estimation of external cost in the transport sector*²² (...), che fornisce un quadro dello stato dell'arte, sotto il profilo teorico e pratico, della valutazione dei costi esterni”.

In Italia invece, la letteratura sul tema della valutazione economica delle esternalità del settore dei trasporti è limitata e si riferisce a studi ormai datati e non adeguatamente aggiornati. Per il nostro Paese infatti, gli studi più dettagliati sui costi esterni generati dai trasporti sono stati condotti dall'Associazione “Amici della Terra” in collaborazione con Ferrovie dello Stato²³ nel 2005.

²¹ Ce Delft (2011), External Costs of Transport in Europe. Update study for 2008, Infrac, Fraunhofer ISI. Pag.17

²² La prima edizione dell'Handbook è stata pubblicata nel 2008 e fa riferimento a dati del 2005. Questo volume è stato in seguito rivisto alla luce di alcuni cambiamenti metodologici intervenuti e ampliato in alcune parti. Una versione aggiornata dell'Handbook è stata pubblicata nel 2011 e fa riferimento a dati del 2008. Nel 2014 infine, è stato condotto un ulteriore aggiornamento metodologico, ma questo ha riguardato non tutte le esternalità e le componenti di costo.

²³ Il primo studio è stato pubblicato nel 1998 su dati del 1995. Sono seguiti aggiornamenti nel 1999, 2000, 2001 e l'ultima nel 2005. La pubblicazione del 2005, dal titolo “I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia. Quinto Rapporto” presenta l'ultima fonte di dati per l'Italia sul tema della quantificazione economica delle esternalità. Questo studio fa riferimento a dati del 2003. Questi dati tuttavia non sono direttamente confrontabili con quelli elaborati a livello europeo,



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Vista la scala europea dei principali studi quantitativi sui costi esterni dei trasporti, un tema rilevante è legato al trasferimento dei valori economici “a scala vasta” in contesti territoriali più limitati, con peculiarità e caratteristiche tali da poter generare una struttura dei costi esterni significativamente differenti rispetto a quelli riportati in letteratura.

In letteratura (Ce Delft, 2008) vengono definiti alcuni criteri fondamentali per procedere ad un adeguamento dei valori di costo europei ai specifici contesti territoriali. Le principali raccomandazioni avanzata a tal proposito sono (Ce Delft, 2008)²⁴:

- Congestione: necessario adattare i valori monetari alle curve di traffico e di velocità media specifiche del contesto che si intende analizzare;
- Incidentalità: considerare le specifiche policy assicurative nazionali;
- Inquinamento dell'aria: considerare i livelli di inquinamento dell'aria del contesto che si intende analizzare (PM2,5, PM10, NOx; SO2; VOC; CO);
- Rumore: adeguare i valori monetari delle esternalità associate alla rumorosità al PIL pro capite nazionale;
- Cambiamenti climatici: adeguare i valori monetari sulla base del valore veicoli-chilometro del contesto che si intende analizzare;
- I dati economici relativi ai costi di una vita umana vanno adattati al PIL pro capite nazionale.

Il trasferimento dei valori economici elaborati a livello europeo negli specifici contesti nazionali sarà tanto più preciso quanto maggiore sarà il livello di disaggregazione e qualità dei dati di cui si dispone (Ce delft, 2008).

in quanto fanno riferimento ad anni differenti ed utilizzano nella quantificazione monetaria delle esternalità metodologie diverse

²⁴ Per maggior dettagli si rimanda al paragrafo 4.3 dell'Handbook on estimation of external costs in the transport sector, 2008

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

4 LE ESTERNALITÀ AMBIENTALI E SOCIALI DELLA LOGISTICA URBANA

La logistica delle merci è responsabile di un'elevata quota delle esternalità negative che vengono complessivamente generate all'interno delle aree urbane. Nel presente paragrafo si procederà a quantificare e ad analizzare tali esternalità. Tutti i dati utilizzati per condurre le analisi del presente paragrafo, fanno riferimento a due differenti tipologie di veicoli impiegati nel settore della logistica delle merci: i Light-Duty Vehicles (LDV), veicoli leggeri con massa inferiore alle 3,5 tonnellate e gli Heavy-Duty Vehicles (HDV), veicoli pesanti con massa superiore alle 3,5 tonnellate.

4.1 I costi esterni ambientali e sociali totali dei trasporti merci in Europa ed in Italia

Nel 2008 i costi esterni totali generati nei paesi dell'Unione Europea (oltre a ammontati Svizzera e Norvegia) dai trasporti di persone e merci, sono ammontati a 510 miliardi di Euro (Ce Delft, 2008), pari a circa il 4% del PIL europeo. A questi vanno aggiunti costi che oscillano tra i 146 e i 243 miliardi di Euro²⁵ imputabili alle sole congestioni, per un'ulteriore ricaduta sul PIL nell'ordine dell'1-2%. In termini pro capite tali esternalità equivalgono ad una perdita netta di benessere per ogni singolo cittadino dell'Unione Europea di 1.011 € (CE Delft, 2011), congestione esclusa.

Complessivamente il trasporto stradale (merci e persone) incide per circa il 93% sui costi totali esterni generati dai trasporti in Europa. Il contributo maggiore in termini di costi esterni totali generati viene dalle automobili (61%), seguite dai camion (13%) e dai furgoncini (9%). Seguono i mezzi a due ruote con una quota del 6% e i bus con quasi il 4%. Pesa invece meno del 2% il settore dei trasporti ferroviari (Ce Delft, 2011).

²⁵ Il valore economico totale dell'esternalità "Congestione" varia in modo molto forte a seconda delle assunzioni metodologiche e teoriche che vengono assunte. L'oscillazione così marcata di tale valore è legata alla natura di "esternalità di club" della Congestione e alla quota di esternalità che viene contabilizzata.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

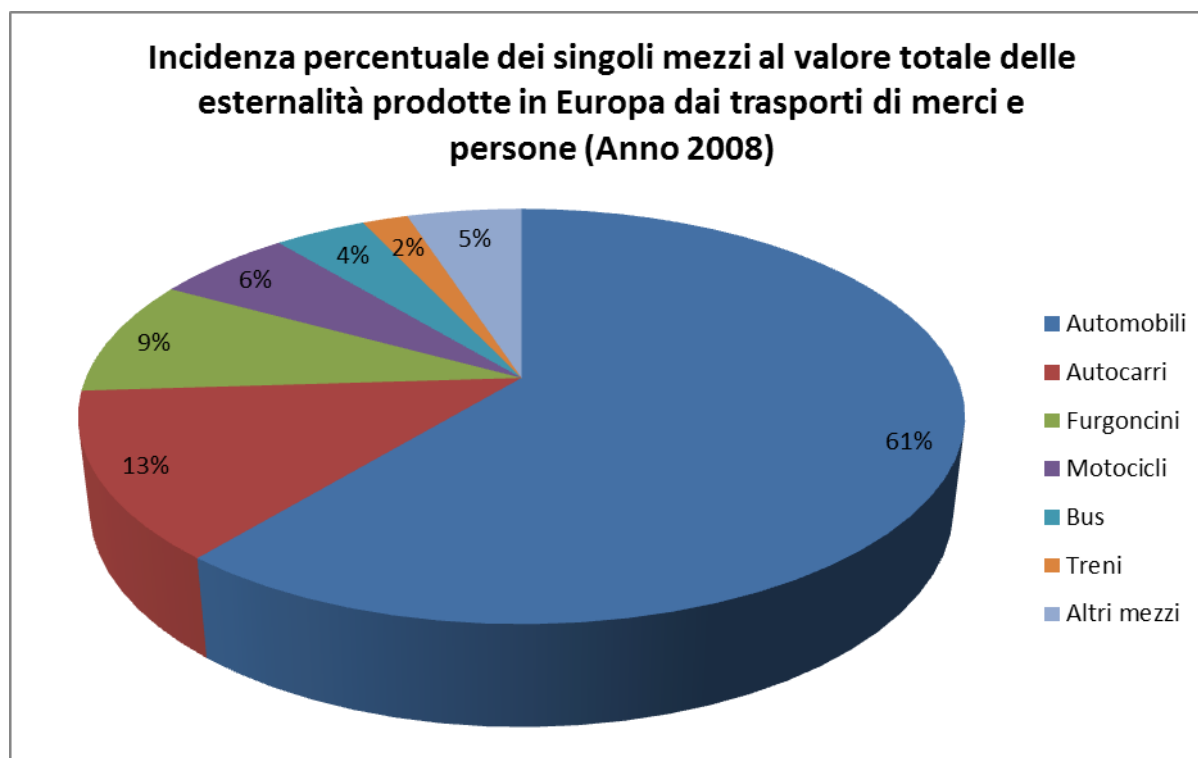


Figura 4. Incidenza percentuale dei singoli mezzi sul valore totale delle esternalità prodotte in Europa dai trasporti nel 2008 (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delt, 2011).

Degli oltre 650 miliardi di Euro di costi esterni totali generati dall'intero settore dei trasporti in Europa nel 2008, il 23%²⁶ è imputabile alla movimentazione di merci (Ce Delft, 2011). Pertanto nel 2008 il settore della logistica ha complessivamente generato in Europa esternalità negative per circa 135 miliardi di Euro²⁷.

La ripartizione di questi costi totali tra le diverse tipologie di esternalità, mostrano come la maggior parte dei costi esterni sono stati generati da fenomeni di congestione stradale²⁸, per un valore complessivo nel 2008 di oltre 40 miliardi di Euro (pari al 30% dei costi esterni totali generati in Europa nel 2008). Seguono con il 28,3% le esternalità legate all'incidentalità (38 miliardi di Euro), con il 14,3% quelle connesse all'inquinamento dell'aria (19 miliardi di Euro) e con il 12,1% quelle legate ai cambiamenti climatici (16 miliardi di Euro). Meno rilevanti le altre esternalità.

²⁶ CE Delft (2011), External Costs of Transport in Europe, CE Delft, Infrac, Fraunhofer- Isi.

²⁷ Nei rapporti europei in merito alla congestione esistono sempre due stime, una più cautelativa ed una più estrema. In questo caso si è tenuto in considerazione il valore massimo. Tale scelta è stata dettata dalle previsioni effettuate dalla Commissione Europea nel Libro Bianco dei Trasporti 2011 circa un aumento al 2050 dei fenomeni di congestione all'interno delle aree urbane europee ed il mantenersi dei dati storici sulle congestioni in Europa in linea con gli scenari e le stime più pessimiste.

²⁸ Nella voce "congestione" sono stati sommati i "delay costs" e i "deadweight loss", le due voci che compongono il costo totale della congestione. I "costi dei ritardi" fanno riferimento ai costi aggiuntivi che un operatore logistico deve sostenere a causa della mancata consegna nei tempi stabiliti delle merci. I costi legati ai "deadweight loss" fanno invece riferimento alle perdite economiche che un operatore logistico deve sostenere in quanto non in grado di completare nei tempi richiesti il piano di consegne pianificato.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

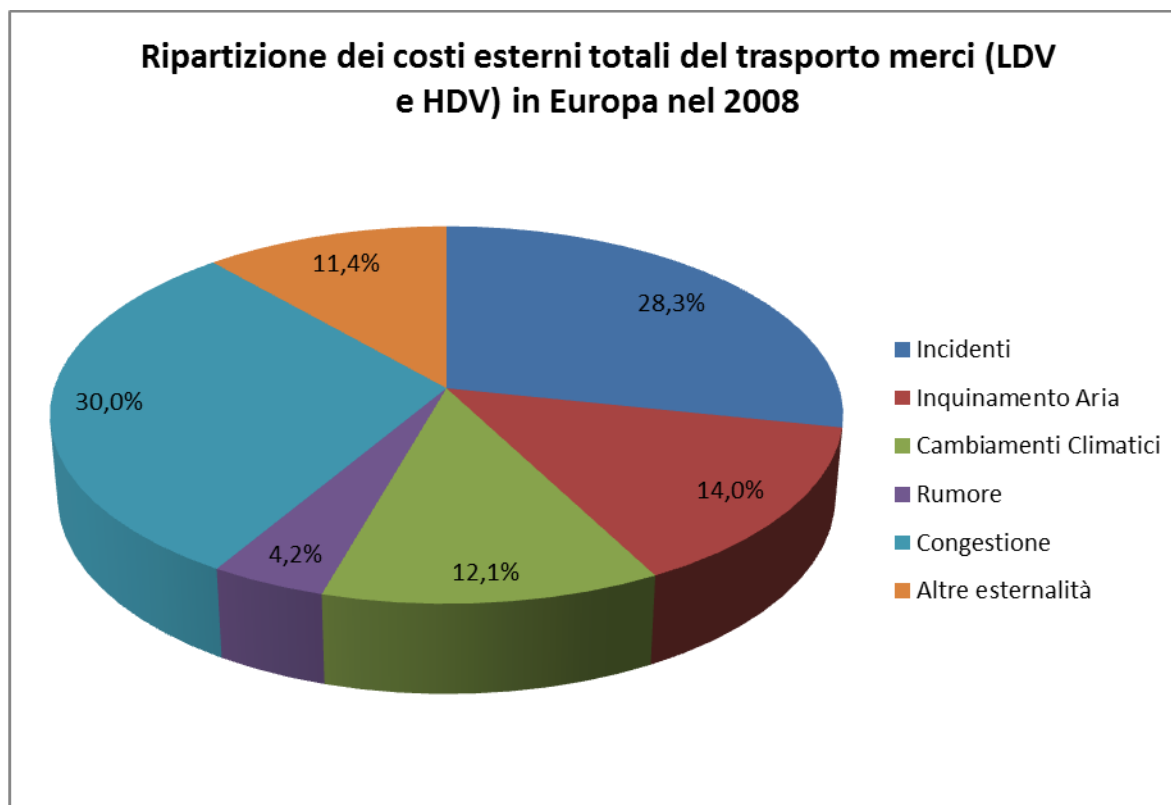


Figura 5 Ripartizione dei costi esterni totali del trasporto merci in Europa nel 2008. (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft, Infrac, Fraunhofer-Isi, 2011). Nota metodologica. Nel calcolo dei valori di costo della congestione è stato preso il valore che fa riferimento allo scenario definito “massimo” che si contrappone a quello più cautelativo definito “minimo”. Tale scelta è stata dettata dalle osservazioni fatte dalla Commissione Europea nel Libro Bianco dei Trasporti 2011 circa il mantenersi dei dati sulle congestioni veicolari in Europa sui valori più alti delle stime.

Per quanto riguarda l'Italia, nel 2008 le esternalità negative complessivamente generate dal settore dei trasporti (sia merci che di persone) sono state pari a 55,7 miliardi di Euro²⁹. Di queste, poco più di 9 miliardi di Euro direttamente imputabili allo spostamento delle merci, pari a circa il 16% dei costi totali esterni dei trasporti in Italia.

²⁹ Il dato è stato calcolato moltiplicando i costi totali esterni per abitante calcolati dalla Commissione Europea per la popolazione italiana nel 2008 (56.619.290 abitanti).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

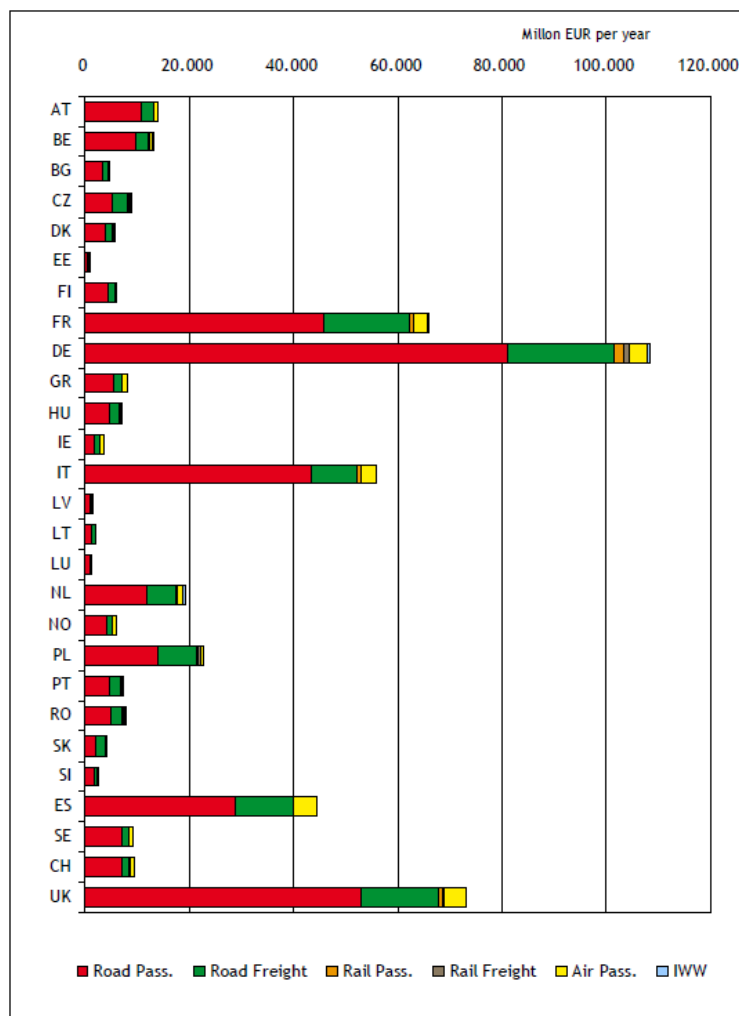


Figura 6. Costi esterni totali per paese e modalità di trasporto nel 2008, congestione esclusa. (Fonte: CE Delft, 2011)

In Italia, come illustrato in Figura 6, il settore merci incide percentualmente meno rispetto a molti dei Paesi europei più industrializzati. In termini assoluti tuttavia, le esternalità negative generate dal settore della movimentazione delle merci sono tra le più alte in Europa, precedute solo da Germania, Inghilterra e Francia.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

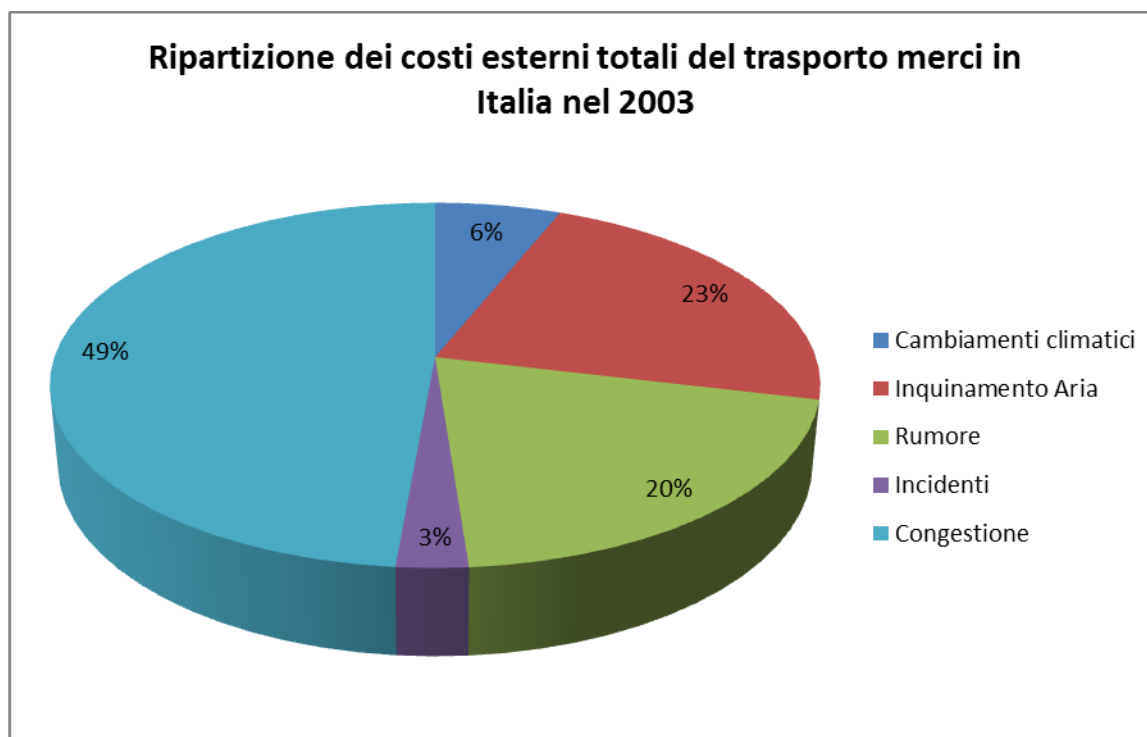


Figura 7 Ripartizione dei costi esterni totali del trasporto merci in Italia nel 2003. (Fonte. Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati Amici della Terra, Ferrovia dello Stato, 2005). Nota metodologica. I costi delle singole esternalità sono stati ricavati sommando le esternalità prodotte dal trasporto merci effettuato sia su strada che su ferrovia, contabilizzate nel rapporto in questione in modo distinto.

In Italia³⁰ la congestione rappresenta quasi il 50% di tutti i costi esterni totali generati dal trasporto merci, ben al di sopra della media europea. Seguono a distanza i costi esterni connessi con il rumore e l'inquinamento dell'aria. Il grande peso di questi tre fattori per quanto riguarda la logistica merci può essere attribuito alla conformazione del nostro territorio e dal peso rilevante delle numerose attività economiche presenti in area urbana. Le aree urbane italiane inoltre si caratterizzano per centri storici molto estesi e vissuti dalla popolazione. Si tratta inoltre di città in cui la grande distribuzione organizzata (GDO) è meno sviluppata rispetto al resto d'Europa (Maggi E., 2001) ed il commercio si concentra ancora all'interno dei centri storici. In aggiunta, si registra negli ultimi anni la nascita di un fenomeno di ritorno della media distribuzione nei centri storici delle città italiane con l'apertura di numerosi punti vendita di dimensioni ridotte (*superette*)³¹. E' comprensibile pertanto che

³⁰ Per quanto riguarda la ripartizione dei costi esterni totali del trasporto merci tra le differenti esternalità in Italia non è possibile fare riferimento ai dati contenuti nell'Handbook del 2011. L'Handbook infatti non fornisce un tale dettaglio per quanto riguarda i singoli paesi europei. Tale ripartizione pertanto, deve essere condotta a partire dai dati forniti all'interno del Rapporto di Amici della Terra e Ferrovie dello Stato nel 2005. Tali dati tuttavia, per diversità dell'anno di riferimento e delle metodologie di calcolo utilizzate, non sono direttamente confrontabili con le stime condotte a livello europeo precedentemente presentate.

³¹ La *superette* è un punto vendita alimentare al dettaglio e principalmente a libero servizio di prodotti di largo consumo con una superficie tipicamente compresa tra i cento e i quattrocento metri quadrati.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

in queste aree urbane con alte densità residenziali e commerciali esternalità come congestione, inquinamento e rumore assumono un peso maggiore.

4.2 I costi esterni ambientali e sociali medi dei trasporti merci in Europa ed in Italia

In letteratura l'unità di misura con cui i costi esterni medi generati dal trasporto merci vengono calcolati fanno riferimento alle esternalità prodotte dalla movimentazione di una tonnellata di merce per un chilometro in un determinato anno di riferimento. I costi medi delle esternalità del settore logistico variano notevolmente a seconda della tipologia di esternalità e del mezzo di trasporto a cui si fa riferimento. A livello europeo, nel 2008 il costo esterno medio generato dallo spostamento di una tonnellata di merce per un chilometro è stato pari a **81,7 €/1000tkm/anno**.

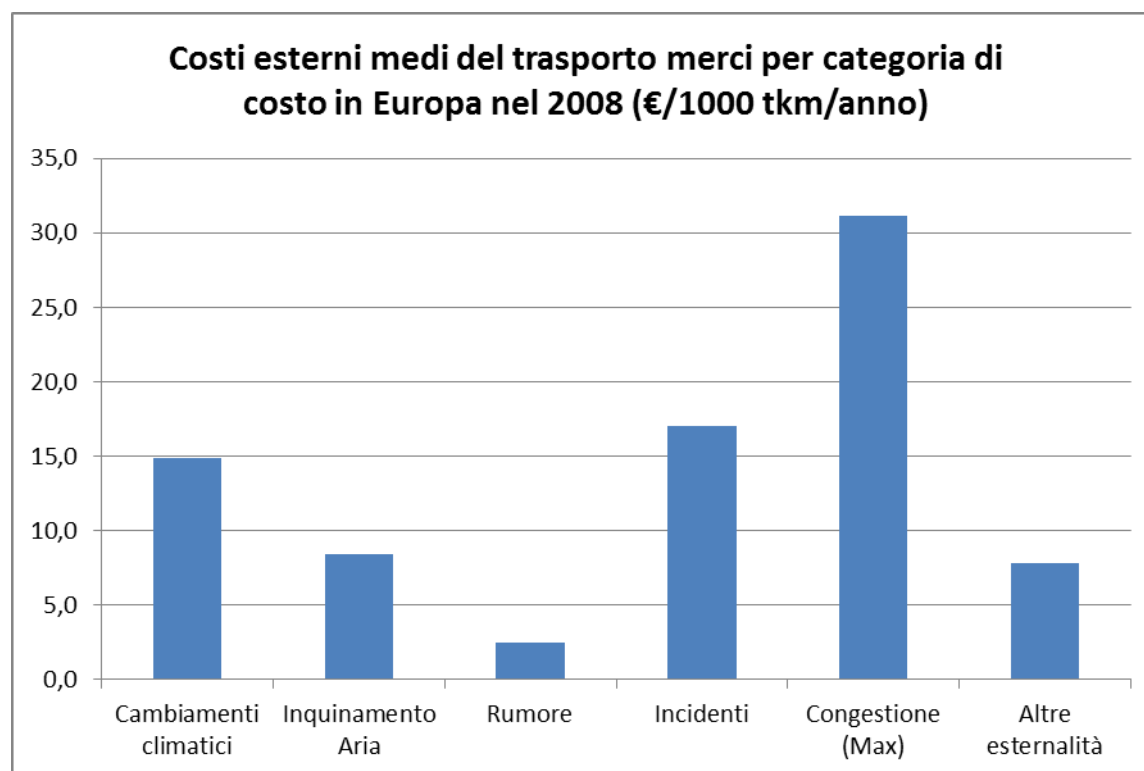


Figura 8. Costi esterni medi del trasporto merci per categoria di costo in Europa nel 2008. (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft, Infrac, Fraunhofer-Isti, 2011). Nota metodologica. Nel calcolo dei valori di costo delle congestioni è stato preso il valore che fa riferimento allo scenario definito “massimo” che si contrappone a quello più cautelativo definito “minimo”. Tale scelta è stata dettata dalle osservazioni fatte dalla Commissione Europea nel Libro Bianco dei Trasporti 2011 circa il mantenersi dei dati sulle congestioni veicolari in Europa sui valori più alti delle stime. La voce “altre esternalità” comprende le seguenti esternalità: up and down stream della produzione dell’energia

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

impiegata per il trasporto, l'impatto su natura e paesaggio, la perdita di biodiversità, e l'inquinamento del suolo e dell'acqua).

Le differenti esternalità associate al settore della logistica, pesano in maniera differente nel comporre il valore complessivo del costo esterno medio del trasporto merci (Figura 8). Il costo esterno medio più alto si associa alla congestione, mentre quello più basso è associato alla rumorosità.

Il costo esterno medio generato dalla movimentazione delle merci cambia significativamente a seconda della tipologia veicolo con cui tali operazioni logistiche vengono compiute.

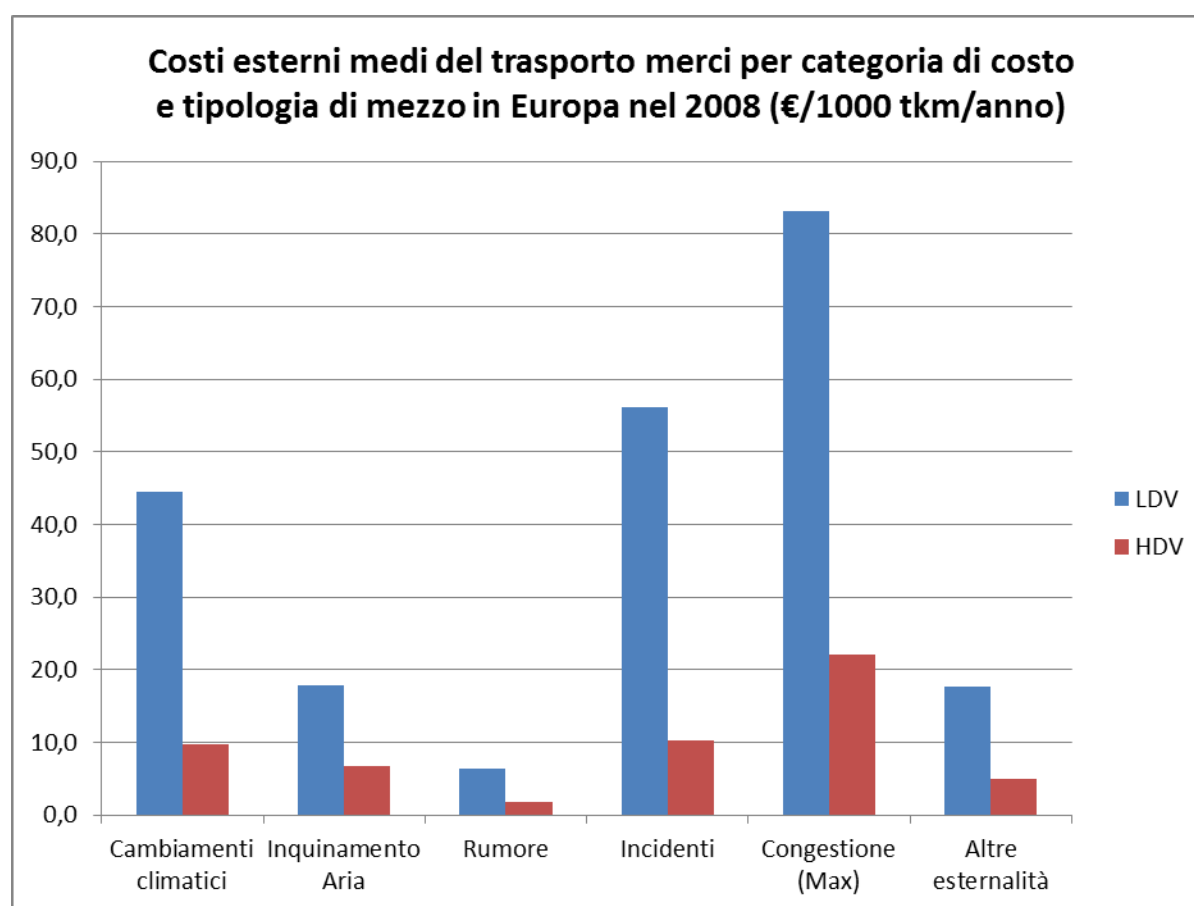


Figura 9. Costi esterni medi del trasporto merci per categoria di costo e tipologia di mezzo in Europa nel 2008. (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft, Infrac, Fraunhofer-Isi, 2011)³².

³² Nel calcolo dei valori di costo delle congestioni è stato preso il valore che fa riferimento allo scenario definito "massimo" che si contrappone a quello più cautelativo definito "minimo". Tale scelta è stata dettata dalle osservazioni fatte dalla Commissione Europea nel Libro Bianco dei Trasporti 2011 circa il mantenersi dei dati sulle congestioni veicolari in Europa sui valori più alti delle stime. La voce "altre esternalità" comprende le seguenti esternalità: up and

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Come emerge dalle analisi sintetizzate nella Figura 9, i trasporti condotti con veicoli commerciali leggeri (LDV) generano esternalità significativamente più alte rispetto a quelle generate dai mezzi commerciali pesanti (HDV). Infatti mentre lo spostamento di una tonnellata di merce per un chilometro con un mezzo leggero genera un costo esterno medio di **55,6 €/1000 tkm/anno**, la stessa consegna effettuata con un veicolo commerciale pesante genera esternalità per **22,5 €/1000 tkm/anno**. A pesare maggiormente, soprattutto per quanto riguarda i veicoli leggeri, sono le esternalità congestione e incidentalità.

Al costo medio complessivo delle esternalità, deve poi essere aggiunta una quota addizionale se queste viene generata all'interno di un'area urbana. A tal proposito in letteratura si parla di "effetto urbano" (Ce Delft, 2011) delle esternalità. Tale costo aggiuntivo medio è pari a **0,9 €/1000 tkm/anno**, che varia dai 3,1€/1000 tkm/anno dei veicoli commerciali leggeri ai 0,5€/1000 tkm/anno dei veicoli commerciali pesanti.

	"Effetto urbano" (€/1000 tkm/anno)
Costo medio totale	0,9
LDV	3,1
HDV	0,5

Figura 10. Costi medi aggiuntivi connessi con l' "effetto urbano", ossia il costo aggiuntivo associato ai costi medi esterni prodotti dal trasporto merci all'interno di un'area urbana. (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft, Infras, Fraunhofer-Isi, 2011).

Per quanto riguarda l'Italia invece, il costo esterno medio generato dal trasporto merci su strada è pari a **52,4 €/1000 tkm/anno** (Amici della Terra, 2005). Tale valore tuttavia non è direttamente confrontabile con quello europeo (**45,8 €/1000 tkm/anno**, congestione esclusa, fonte Ce Delft 2011) in quanto fa riferimento ad un anno diverso, non comprende la voce "altre esternalità"³³ e la metodologia di calcolo utilizzata è diversa rispetto a quella utilizzata a livello europeo³⁴.

L'analisi sul peso delle singole esternalità nel comporre il costo esterno medio complessivo, condotta sui dati 2005 (Amici della Terra, Ferrovie dello Stato, 2005), evidenzia come anche in Italia il costo esterno medio più elevato si associa ai fenomeni di congestione (25,5 €/1000 tkm/anno)³⁵, seguito dall'inquinamento dell'aria (11,8 €/1000 tkm/anno) e dal rumore (10,5 €/1000 tkm/anno).

down stream della produzione dell'energia impiegata per il trasporto, l'impatto su natura e paesaggio, la perdita di biodiversità, e l'inquinamento del suolo e dell'acqua).

³³ Non comprende pertanto le esternalità connesse con up and down stream della produzione dell'energia impiegata per il trasporto, l'impatto su natura e paesaggio, la perdita di biodiversità, e l'inquinamento del suolo e dell'acqua.

³⁴ L'Handbook 2011 fornisce un dato aggiornato dei costi medi dei trasporti merci in Europa disaggregato per singolo paese, ma questo non comprende la congestione

³⁵ Amici della Terra e Ferrovie dello Stato italiano (2005), I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia. Quinto Rapporto

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

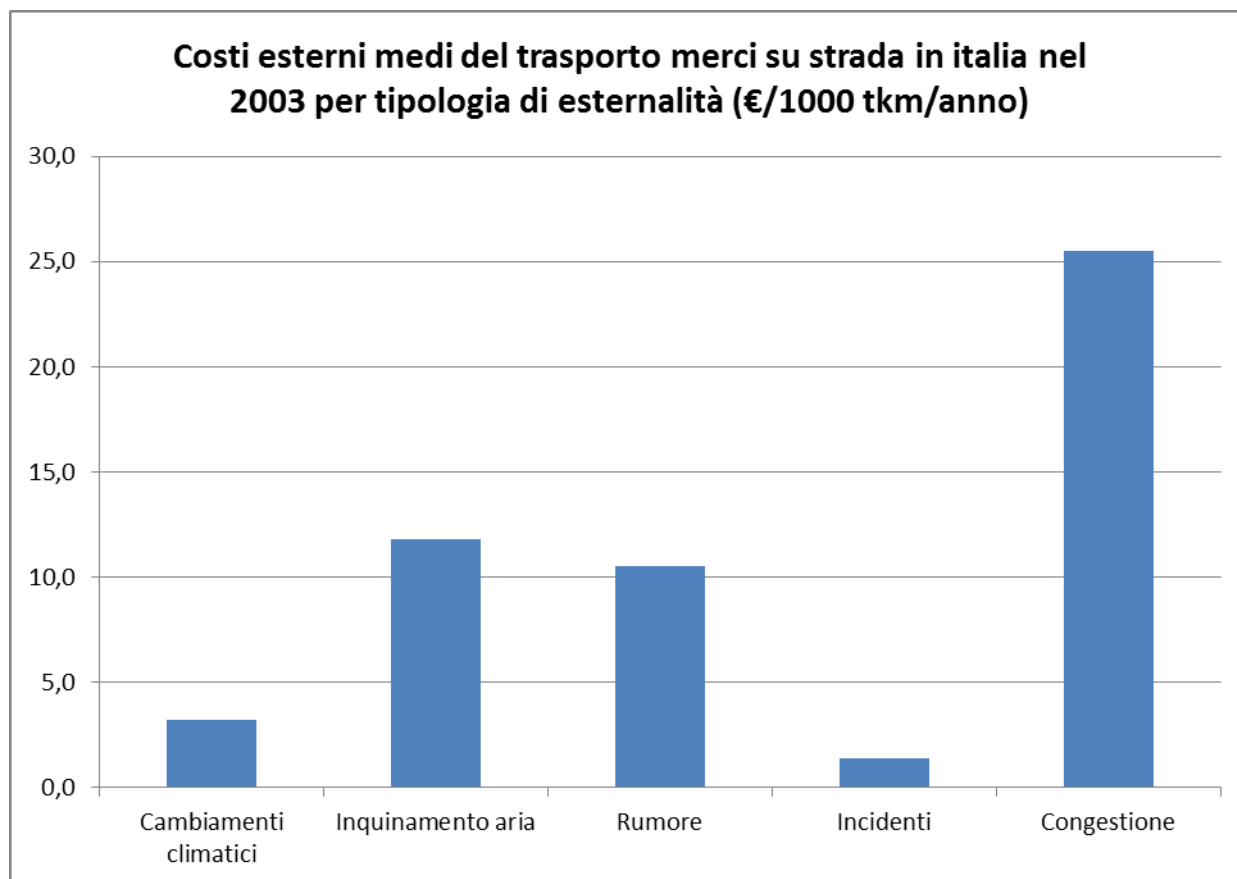


Figura 11. Costi esterni medi del trasporto merci per categoria di costo in Italia nel 2003. (Fonte. Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati Amici della Terra, Ferrovia dello Stato, 2005).

L'analisi condotta sulle differenze nei valori di costo esterni medi generati da veicoli commerciali leggeri e pesanti, conferma quanto emerso a livello europeo. I valori di esternalità medi più alti sono associati ai veicoli commerciali leggeri, significativamente più contenuti quelli dei veicoli commerciali pesanti.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

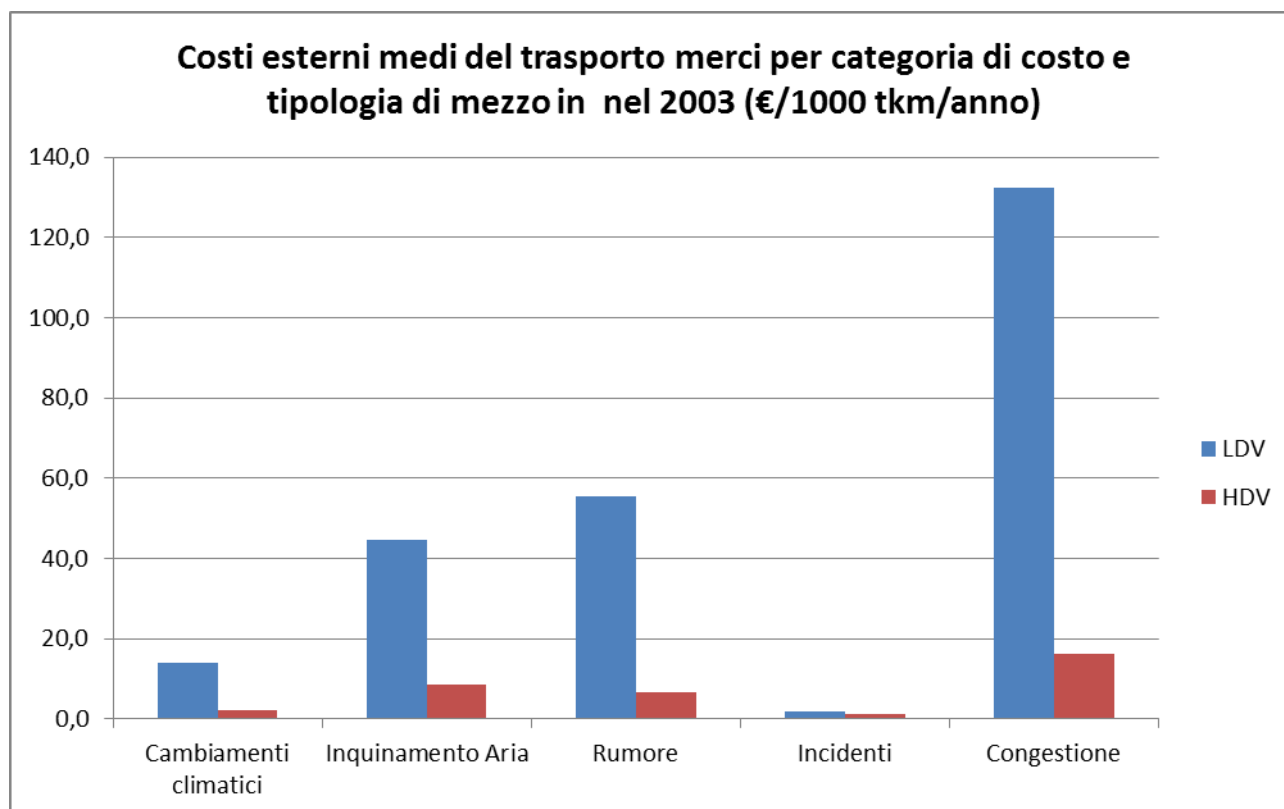


Figura 12. Costi esterni medi del trasporto merci per categoria di costo e tipologia di mezzo in Italia nel 2003. (Fonte. Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati Amici della Terra, Ferrovia dello Stato, 2005).

Così come emerso nelle analisi condotte a livello europeo, anche in Italia i veicoli commerciali leggeri sono responsabili della generazione di esternalità significativamente più elevate rispetto a quelle prodotte dai veicoli commerciali pesanti. Tale discrepanza risulta essere ancora più marcata rispetto a quella documentata a livello europeo. Tale aspetto è strettamente legato alla conformazione delle città italiane e alla presenza di numerosi centri urbani storici in cui l'operare dei veicoli commerciali leggeri per operazioni logistiche last-mile influisce sui livelli di congestione, inquinamento dell'aria e rumorosità.

4.3 I costi esterni ambientali e sociali marginali dei trasporti merci in Europa ed in Italia e le principali variabili delle esternalità della logistica urbana

I costi esterni marginali dei trasporti vengono calcolati come le esternalità aggiuntive prodotte, a partire dalla situazione attuale, dall'immissione nel sistema di una unità di traffico aggiuntiva. Il valore economico di tali costi esterni marginali varia sensibilmente a seconda del variare di uno dai seguenti fattori:



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

1. Luogo in cui l'esternalità è stata generata (area urbana o extraurbana);
2. Orario della giornata in cui l'esternalità è stata generata (off-peak, peak hours, notte)³⁶;
3. Caratteristiche e tipologia di veicolo da cui l'esternalità è stata generata.

Il valore economico assunto dal costo esterno marginale varia in modo molto forte al variare di uno o più di questi fattori. A tal riguardo si è proceduto ad una quantificazione economica di tali variazioni, riferendoli alle due principali tipologie di veicoli impiegati nel settore della logistica delle merci:

- Light-Duty Vehicles (LDV), veicoli leggeri con massa inferiore alle 3,5 tonnellate;
- Heavy-Duty Vehicles (HDV), veicoli pesanti con massa superiore alle 3,5 tonnellate.

Come per i costi medi è ai veicoli commerciali leggeri che si associano i costi marginali esterni più alti. Questi sono riconducibili al fatto che questi mezzi operano prevalentemente in contesti urbani dove anche un solo veicolo può rallentare il traffico su una strada, hanno generalmente dei tassi di riempimento più bassi in quanto destinati prevalentemente a consegne last-mile e sono solitamente servizi affidati a soggetti terzi retribuiti in base a criteri quali tempestività e rapidità della consegna piuttosto che in termini di efficienza complessiva del processo.

4.3.1 Variazione dei costi ambientali e sociali marginali esterni della logistica in area urbana e extra urbana

Le aree urbane sono le aree in cui la domanda e l'offerta di servizi logistici si concentra. Queste aree sono anche quelle in cui si registrano le maggiori densità abitative e dove la maggiore scarsità di spazio e di tempo generano i conflitti più forti. Per questo le esternalità generate in città hanno valori di costo sensibilmente più alti rispetto a quelli che si registrano sui corridoi intercity o nelle aree rurali (Ce Delft, 2011).

Al fine di quantificare in termini economici tale incremento, è possibile analizzare come variano i costi esterni marginali generati da diverse tipologie di veicoli commerciali dentro e fuori un'area urbana. I costi marginali esterni analizzati si riferiscono ai costi esterni generati dalla movimentazione di una tonnellata di merce per 1 chilometro all'interno e all'esterno di un'area urbana.

³⁶ Tale voce riguarda sole le esternalità rumore e congestione, nessuna differenza invece per le altre esternalità che rimangono costante lungo tutto l'arco della giornata.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

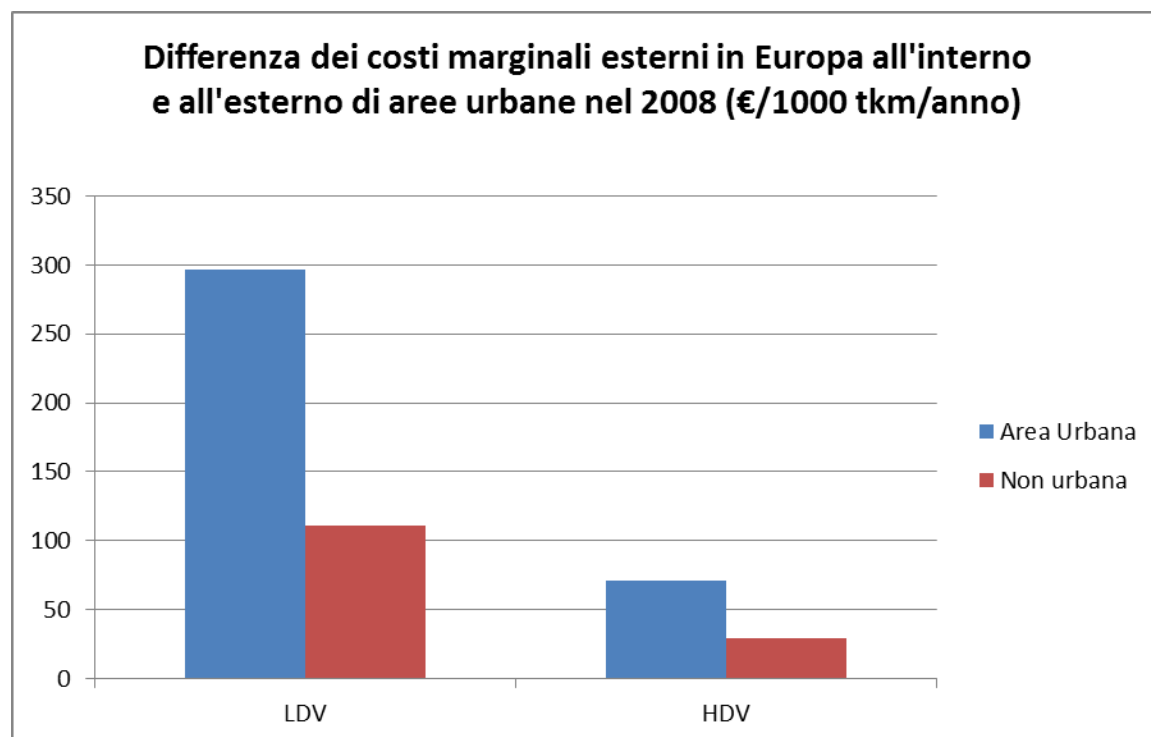


Figura 13. Differenza dei costi marginali esterni in Europa prodotti da veicoli leggeri (LDV) e pesanti (HDV) all'interno e all'esterno delle aree urbane europee, congestione esclusa. (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft 2011).

L'analisi condotta mostra come, per quanto riguarda i mezzi commerciali leggeri (LDV), a parità di condizioni in termini di orario della giornata e livello di congestione³⁷, il costo esterno generato in un'area urbana è maggiore del 63% rispetto a quello generato dallo stesso mezzo in un'area non urbana. Valore più contenuto invece per quanto riguarda i veicoli commerciali pesanti (HDV), con una variazione percentuale tra i due valori del 59%.

Non tutte le esternalità generano costi esterni significativamente più alti all'interno delle aree urbane. Alcune esternalità infatti, come nel caso di quelle connesse con i cambiamenti climatici, non subiscono nessuna significativa variazione. Questo accade in quanto le emissioni di CO₂ prodotte dai veicoli hanno effetti globali che trascendono la scala locale, per cui movimentare della merce all'interno o all'esterno della città non comporta nessuna differenza.

Relativamente all'inquinamento dell'aria invece, i costi esterni marginali generati dallo spostamento di 1.000 tonnellate di merce per 1 chilometro in un'area urbana, sono dell'84% più alti rispetto a quelli generati in un'area non urbana per i veicoli merci leggeri (rispettivamente i valori sono 88,5 e 14,2 €/1000 tkm/anno) e del 46% per quelli pesanti (rispettivamente 11,4 e 6,1 €/1000 tkm/anno). La differenza è elevata anche per quanto riguarda l'incidentalità, che genera costi esterni marginali in area urbana superiori del 75% rispetto alle aree non urbane.

³⁷ I valori economici presi in considerazione fanno riferimento ad una condizione di assenza di fenomeni di congestione e alle ore centrali della giornata.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Nel caso del rumore invece, costi esterni vengono generati quasi esclusivamente all'interno di aree urbane, con costi marginali esterni quasi nulli invece al di fuori delle aree urbanizzate. In relazione alla congestione invece, pur in assenza di dati specifici a riguardo, è plausibile ipotizzare che si abbiano costi esterni più alti all'interno delle aree urbane.

	Tipologia veicolo	Aree urbane (€1.000 tkm)	Aree non urbane (€1.000 tkm)	Variazione %
Inquinamento aria	LDV	88,5	14,2	84%
	HDV	11,4	6,1	46%
Cambiamento climatico	LDV	7,6	7,6	0%
	HDV	1,7	1,7	0%
Rumore	LDV	45,1	0,4	99,1%
	HDV	83	0,7	99,2%
Incidenti	LDV	n.d	n.d	n.d
	HDV	7,15	1,81	75%
Congestione	LDV/HDV	n.d	n.d	n.d

Figura 14. Variazione dei costi esterni marginali in Europa generati dalla movimentazione merci all'interno e all'esterno di un'area urbana. (Fonte: CE Delft, 2011)

4.3.2 Variazione dei costi esterni ambientali e sociali marginali della logistica nei differenti orari della giornata

I costi esterni marginali prodotti dal trasporto merci variano a seconda dell'orario della giornata in cui vengono generati. Tali differenze, legate al fatto che ci si riferisca ad ore di peak o off-peak, del giorno o della notte, si associano soprattutto alla congestione e al rumore e in misura minore alle altre esternalità. Per le altre esternalità infatti, non si rileva nessuna variazione di costi esterni significativa a seconda che vengano prodotti di giorno o di notte e per questa ragione non sono state prese in considerazione.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

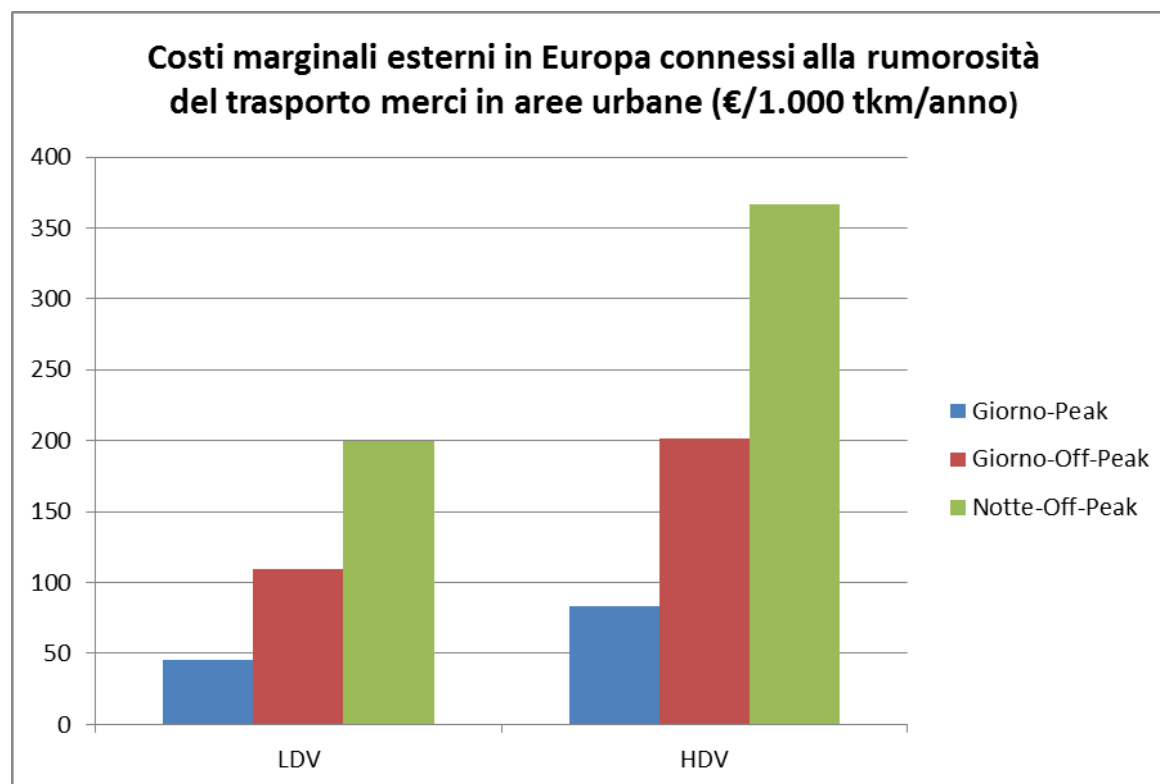


Figura 15. Costi marginali esterni in Europa connessi alla rumorosità del trasporto merci condotto con veicoli leggeri (LDV) e pesanti (HDV) in aree urbane (€/1000 tkm). (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati CE Delft 2011).

Per quanto riguarda il rumore, dai differenti valori assunti dai costi marginali esterni generati dai principali mezzi utilizzati nella logistica urbana, è possibile notare come vi siano differenze molto accentuate, oltre che tra differenti mezzi tra differenti condizioni di traffico. I costi marginali più alti si associano come era prevedibile alle ore notturne quando il traffico è meno intenso e il rumore prodotto da un mezzo aggiuntivo genera costi esterni maggiori. Da evidenziare inoltre l'elevata rumorosità generata dai mezzi di maggiore dimensione e peso.

4.3.3 Variazione dei costi esterni ambientali e sociali marginali della logistica in base alle caratteristiche e alla tipologia di veicolo

I costi marginali esterni prodotti dal settore della logistica sono strettamente legati alla tipologia di veicolo commerciale che li genera. Come già evidenziato nei paragrafi precedenti, ai veicoli commerciali leggeri (LDV) si associano le esternalità ambientali più alte sia che ci si trovi all'interno di un'area urbana che fuori. Oltre alla tipologia di veicolo, i costi marginali esterni associati alla logistica merci variano anche a seconda della motorizzazione del mezzo, ovvero che sia un veicolo diesel o a benzina. Tale peculiarità, all'interno della letteratura sulle valutazioni economiche dei costi

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

esterni generati dai trasporti, viene catturata all'interno dell'esternalità legata all'inquinamento dell'aria.

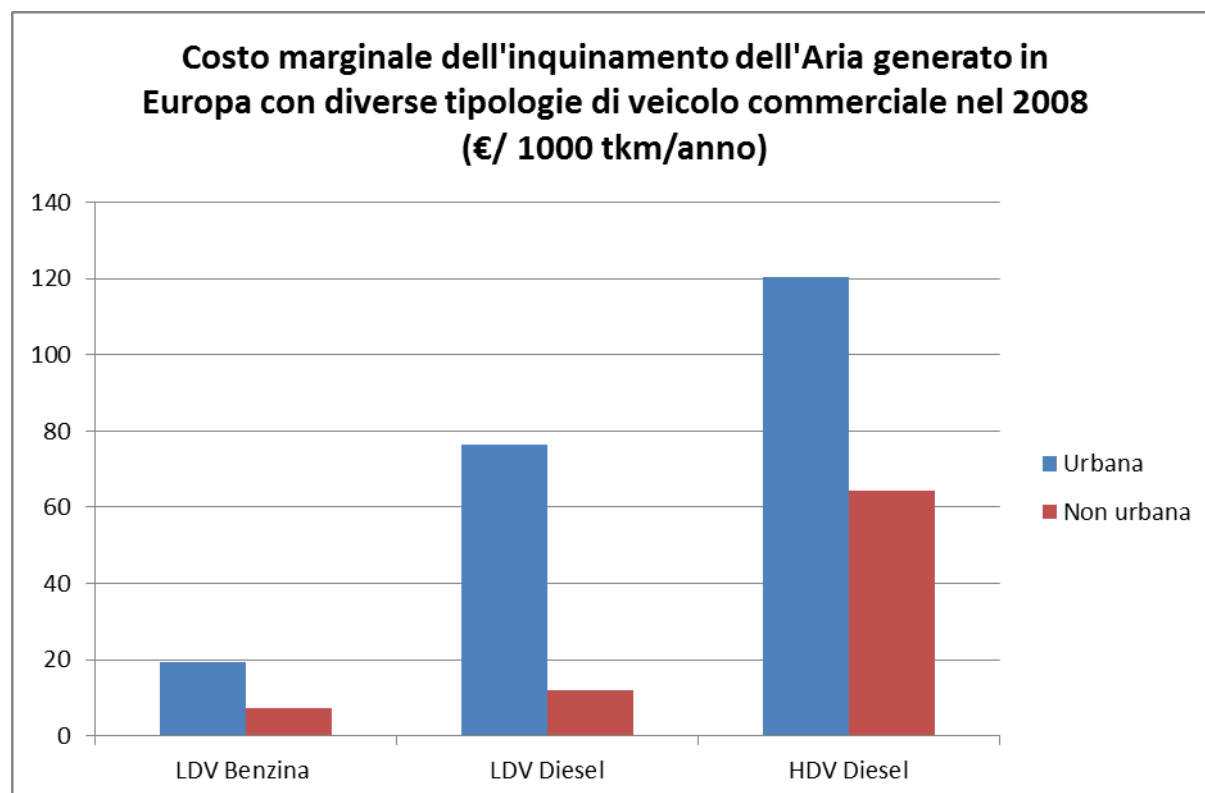


Figura 16. Costo marginale dell'inquinamento dell'aria generato in Europa con diverse tipologie di veicolo merci nel 2008. Il dato fa riferimento allo spostamento di 1 tonnellata di merce per 1.000 chilometri nel 2008. (Fonte: Elaborazione IEFE-Università Bocconi su dati Ce Delft 2011).

Come evidenziato nella Figura 16, ai veicoli diesel si associano livelli di costi marginali esterni legati all'inquinamento dell'aria più alti rispetto a quelli dei veicoli a benzina. Tali differenze sono imputabili alle maggiori emissioni di particolato delle motorizzazioni diesel rispetto a quelle a benzina (Ce Delft, 2011).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

5 LE SOLUZIONI DEL PROGETTO URBELOG

Il progetto Urbelog intende valutare cinque differenti scenari di policy:

1. Scenario Business as Usual (BAU): rappresenta la fotografia dello stato di fatto, con analisi riguardanti le percorrenze medie coperte dagli operatori che svolgono il servizio di presa/consegna in conto terzi o in conto proprio;
2. Scenario Veicoli Zero Emission (ZEV): scenario con divieto totale di ingresso in Area C per tutti i veicoli merci leggeri alimentati a combustibile fossile (sia conto terzi che conto proprio);
3. Scenario con Ottimizzazione gestionale logistica last mile: prevede la diffusione dell'utilizzo tra gli operatori di logistica urbana di un sistema centralizzato (piattaforma informatica Urbelog) in grado di governare il "matching" delle merci in funzione di tipologia, vincoli di consegna e destinazione, il cui scopo è l'aumento della saturazione dei veicoli e la diminuzione delle percorrenze medie;
4. Scenario Piazzole Smart: consiste nella infrastrutturazione intelligente di alcune aree di carico/scarico mediante l'installazione di telecamere in grado di monitorarne la sosta abusiva, riducendo l'occupazione impropria delle corsie di marcia imputabile alle operazioni di carico/scarico (sosta in doppia fila).
5. Mobile Depot: deposito mobile a rimorchio per la consegna last mile con cargo bike.

Punto di partenza per la valutazione dei miglioramenti indotti da ogni singolo scenario è stata la definizione delle percorrenze medie giornaliere effettuate dai veicoli commerciali leggeri degli operatori in conto terzi o in conto proprio all'interno delle due "green area".

6 KPIS E INDICATORI

Il processo di scelta dei KPIs da utilizzare per la valutazione delle soluzioni tecniche e di policy sviluppate all'interno del progetto URBeLOG ha previsto diverse fasi di lavoro:

- l'analisi dello stato dell'arte in termini di KPIs relativi sia a strumenti tecnologici specifici, quali Information Transport Systems (ITS) dedicati al trasporto merci in ambito urbano, sia alle misure di regolamentazione del trasporto merci in area urbana;
- la predisposizione di un primo set di KPIs compatibile con le soluzioni previste dal progetto URBeLOG;

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- la validazione ed integrazione del set di KPIs attraverso il coinvolgimento dei soggetti (partners) coinvolti nel processo quali: lo sviluppatore della piattaforma e degli apparati e gli utilizzatori finali (operatori merci);
- la predisposizione degli strumenti di misura qualitativa per la valutazione delle funzioni dei KPIs.

La tabella seguente presenta una sintesi del processo di formulazione dei KPIs:

Torino	
Caso d'uso 1	
Sistema di tracciamento (T&T) della flotta di veicoli equipaggiati con OBU sia prototipali (SSSA) che legacy (Italdata) utilizzate per la sperimentazione.	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Percorrenza; • Percorrenza per tipo di veicolo (alimentazione veicolo); • Velocità [media]. • Percorrenza e velocità per fascia oraria [media] • Tipologia di servizio per fascia oraria [consegne/prese] • Tipologia di servizio per giornata [tipologia colli: parcel, small, big].
Fonte dati	Registrazioni OBU. Integrazione dati OBU con dati reali TNT
Caso d'uso 2	
Monitoraggio e gestione stalli carico/scarico oggetto della sperimentazione.	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenza utilizzo piazzola; • Durata media sosta del veicolo; • Fasce orarie di utilizzo; • Velocità [variazione%] (parametro strettamente connesso alla congestione);
Fonte dati	Registrazioni RSU non utilizzabili. Elaborazione dei dati raccolti dalle OBU
Caso d'uso 3	
Sperimentazione veicoli IVECO equipaggiati con OBU sviluppate da SSSA per interagire con la piattaforma e l'infrastruttura ICT road side	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Percorrenza; • Percorrenza per tipo di alimentazione veicolo (gpl, elettrico, diesel, ecc.); • Velocità [media]; • Velocità [variazione%]. • Percorrenza e velocità per fascia oraria [media]
Fonte dati	Registrazioni OBU.
Caso d'uso 4	

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Sperimentazione veicolo (1 Daily diesel TNT) equipaggiato con OBU fornite da Italdata per T&T veicolo ed altre funzionalità legate alle OBU legacy	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Percorrenza; • Velocità [media]. • Percorrenza e velocità per fascia oraria [media]
Fonte dati	Registrazioni OBU. Integrazione dati OBU con dati reali TNT
Caso d'uso 5	
Sperimentazione Mobile Depot TNT accoppiato con Cycle Logistics	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Indice di prestazione; • Variazione percentuale Indice di prestazione; • Riduzione percentuale dei tempi di consegna bikers; • Incremento percentuale colli consegnati; • Esternalità (confrontare scenario MD anche con lo scenario STANDARD filiale-distribuzione su furgone)
Fonte dati	Fonte dati: database TNT
Caso d'uso 6	
Sistemi di policy making dinamici: sperimentazione crediti di mobilità (eco point)	
	<ul style="list-style-type: none"> • Numero di colli consegnati (n°/unità di tempo); • Impronta ambientale per singolo collo; • Numero di colli per fascia oraria (da valutare se misurabile).
	Integrazione dati OBU con dati reali TNT
Milano	
Caso d'uso 1	
Sistema di tracciamento (T&T) della flotta di veicoli equipaggiati con OBU sia prototipali (SSSA) che legacy (Italdata) utilizzate per la sperimentazione	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Percorrenza; • Percorrenza per tipo di veicolo (alimentazione veicolo); • Velocità [media]. • Percorrenza e velocità per fascia oraria [media]
Fonte dati	Registrazioni OBU. Integrazione dati OBU con dati reali TNT
Caso d'uso 2	
Monitoraggio e gestione stalli carico/scarico oggetto della sperimentazione	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenza utilizzo piazzola; • Durata media sosta del veicolo; • Fasce orarie di utilizzo;
Fonte dati	Registrazioni telecamere.
Caso d'uso 3	
Sperimentazione veicoli IVECO equipaggiati con OBU sviluppate da SSSA per interagire con la piattaforma e l'infrastruttura ICT road side	

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Percorrenza; • Percorrenza per tipo di alimentazione veicolo (gpl, elettrico, diesel, ecc.); • Velocità [media]; • Percorrenza e velocità per fascia oraria [media]
Fonte dati	Registrazioni OBU.
Caso d'uso 4	
Sperimentazione veicolo (1 Daily diesel TNT) equipaggiato con OBU fornite da Italdata per T&T veicolo ed altre funzionalità legate alle OBU legacy	
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Percorrenza; • Velocità [media]; • Percorrenza e velocità per fascia oraria [media]
Fonte dati	Dati BAU e modellistica.

7 CALCOLO DELLE ESTERNALITÀ AMBIENTALI: DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO

In letteratura, le esternalità ambientali dei trasporti vengono calcolate a partire da due principali parametri trasportistici (CE Delft, 2011):

- le percorrenze dei veicoli (chilometri percorsi in un determinato periodo di tempo);
- le emissioni dei singoli veicoli (tonnellate di contaminanti emesse in un determinato periodo di tempo).

Questi dati consentono di calcolare le esternalità ambientali totali (comprehensive di inquinamento atmosferico, cambiamento climatico, rumore, incidentalità e congestione) associate ad un determinato scenario di logistica urbana.

Il calcolo delle esternalità ambientali per ciascuno scenario è stato effettuato utilizzando i costi esterni ricavati dalla principale letteratura sul tema (CE Delft, 2011).

Costi marginali associati alle esternalità del trasporto su strade urbane in Italia (€/vkm)

		Scorrevol e	Mediamente trafficato	Altamente trafficato
Congestione (EC)	LDV	5	305	465
	HDV	7	466	709
Incidentalità (EI)	LDV		0.6	
	HDV		4.0	
	Motorcycle		1.5	

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Inquinamento dell'aria (EIA)	LDV Euro 4		3,2
	LDV Euro 5		1,4
	HDV 14-20 t Euro 5		6,8
Inquinamento acustico (EA)		Poco trafficato	Altamente trafficato
	LDV	107.0	44.0
	HDV	196	81
Cambiamento climatico (ECC)	EURO 4 – 5		2.8
	HDV 8-16t Euro 5		6.8

Costi marginali associati alle esternalità del trasporto su strade extraurbane in Italia (€/t/vkm)

		Scorrevole	Mediamente trafficato	Altamente trafficato
Congestione (EC)	LDV	1.8	268.5	344.4
	HDV	2.7	409.8	525.6
Incidentalità (EI)	LDV		0.2	
	HDV		1.0	
	Motorcycle		0.2	
Inquinamento dell'aria (EIA)	LDV Euro 4		1.5	
	LDV Euro 5		0.8	
	HDV 14-20 t Euro 5		5.1	
Inquinamento acustico (EA)		Poco trafficato	Altamente trafficato	
	LDV	6.8	2.4	
	HDV	12	4.5	
	EURO 4 – 5		1.7	

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Cambiamento (ECC)	climatico	HDV 8-16t Euro 5	3.9
------------------------------	------------------	------------------	-----

Fonte: Ricardo-AEA (2014)

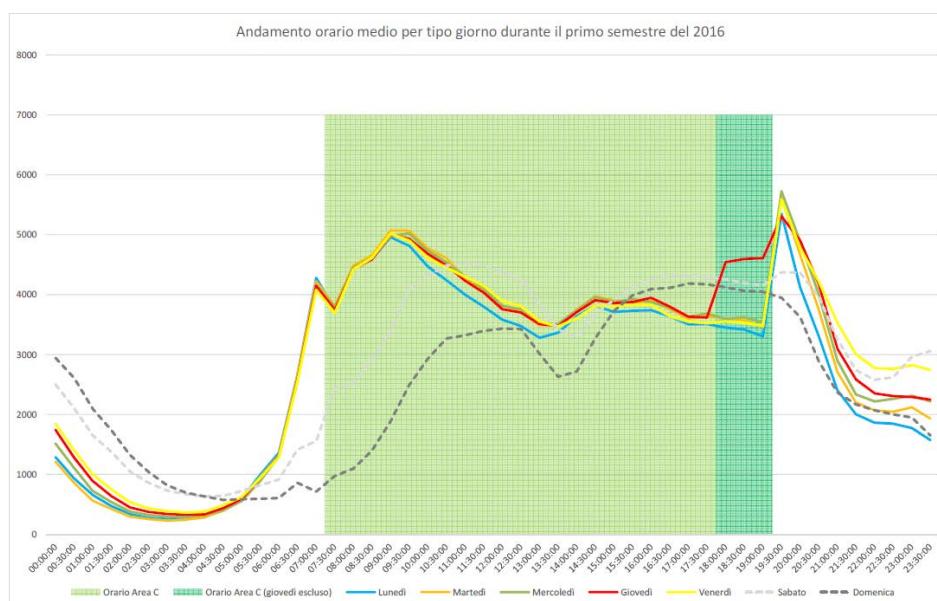
*Costi legati all'inquinamento nella catena di produzione del carburante consumato

Per effettuare il calcolo dei costi associati alle esternalità dei diversi scenari è stato inoltre necessario effettuare una serie di assunzioni relative ai parametri di stima delle diverse tipologie di esternalità negative connesse all'attività di trasporto logistico last-mile. In particolare:

- **Classe del veicolo:** i furgoni rientrano nella tipologia 'Light Duty Vehicle' o LDV classi Euro 4 ed Euro 5, mentre il Mobile Depot è stato associato alla categoria di 'Heavy Duty Vehicle' o HDV, classe Euro 5.
- **Tipo di strada percorsa:** i valori presentati dalla letteratura distinguono generalmente tra strade urbane, rurali e autostrade. I valori relativi alla categoria urbana sono stati utilizzati (ad eccezione dei costi di congestione, per cui sono riportati i valori relativi al trasporto su strade 'metropolitane').
- **Livello di congestione del traffico:** I valori riportati si riferiscono al costo marginale legato ad un km aggiuntivo percorso da un veicolo (vkm). Per questo, i costi di congestione crescono esponenzialmente passando da una situazione di traffico scorrevole ad una mediamente trafficata, mentre crescono solo limitatamente da una situazione intermedia ad una a traffico elevato. Ove possibile è stato distinto tra i costi a seconda del livello di congestione: nell'analisi delle percorrenze della sperimentazione di progetto in particolare sono stati selezionati i valori corrispondenti alle tre diverse categorie "strada scorrevole", "mediamente trafficata" e "altamente trafficata", sulla base della seguente ripartizione tra le fasce orarie.

Andamento orario del traffico in area C (AMAT, 2016)

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



Fascia	6-7	7-9	9-10	10-17	17-19	19-20	20-21
Catogiria associata	Scorrevole	Altamente trafficato	Mediamente trafficato	Scorrevole	Mediamente trafficato	Altamente trafficato	Scorrevole

Identificazione delle esternalità associate alle consegne con biciclette: si è ipotizzato che queste siano essenzialmente legate all'aumento del rischio di incidentalità. In questo caso sono utilizzati come approssimazione i valori riportati dalla letteratura per le motociclette (Ricardo-AEA, 2014): la differenza tra la velocità media e la sicurezza dei due tipi di veicoli fa sì che questo valore sia visto come un tetto massimo per i costi associati alle biciclette.

Identificazione delle esternalità associate alle consegne con ZEV: I costi derivanti dalle esternalità associate alla consegna con ZEV sono legati principalmente all'effetto sulla congestione e sul rischio di incidentalità. Sono stati tuttavia identificati anche gli impatti legati alle emissioni di inquinanti e di rumore, sulla base della stima di coefficienti correttivi. Dal momento che alcune misure di logistica last-mile non agiscono su tali variabili (ad esempio la sostituzione di veicoli alimentati a combustibile con veicoli ZEV), si è ritenuto opportuno inserire degli specifici coefficienti correttivi (ciascuno relativo alla singola esternalità a cui è applicato) che tengano conto dei benefici connessi all'utilizzo di tecnologie ambientali più pulite (es. veicoli ZEV) o tali da ridurre la congestione stradale (es. piazzole smart). Pertanto, le esternalità ambientali totali sono state calcolate mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$E = Veickm \times (EIA \times fIA + ECC \times fCC + ER \times fR + EI + EC \times fC)$$

Dove:



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

E = Esternalità ambientali totali;

Veickm = flussi veicolari merci annui, ovvero numero di chilometri percorsi annualmente dai veicoli merci;

EIA = Esternalità ambientali connesse all'inquinamento dell'aria;

fIA = fattore correttivo dell'inquinamento atmosferico;

ECC = Esternalità ambientali connesse al cambiamento climatico;

fCC = fattore correttivo del cambiamento climatico.

ER = Esternalità ambientali connesse al rumore;

fR = fattore correttivo del rumore;

EI = Esternalità ambientali connesse all'incidentalità;

EC = Esternalità ambientali connesse alla congestione;

fC = fattore correttivo della congestione.

I fattori correttivi utilizzati sono stati ricavati come segue e sono riassunti nella Tabella X, in particolare:

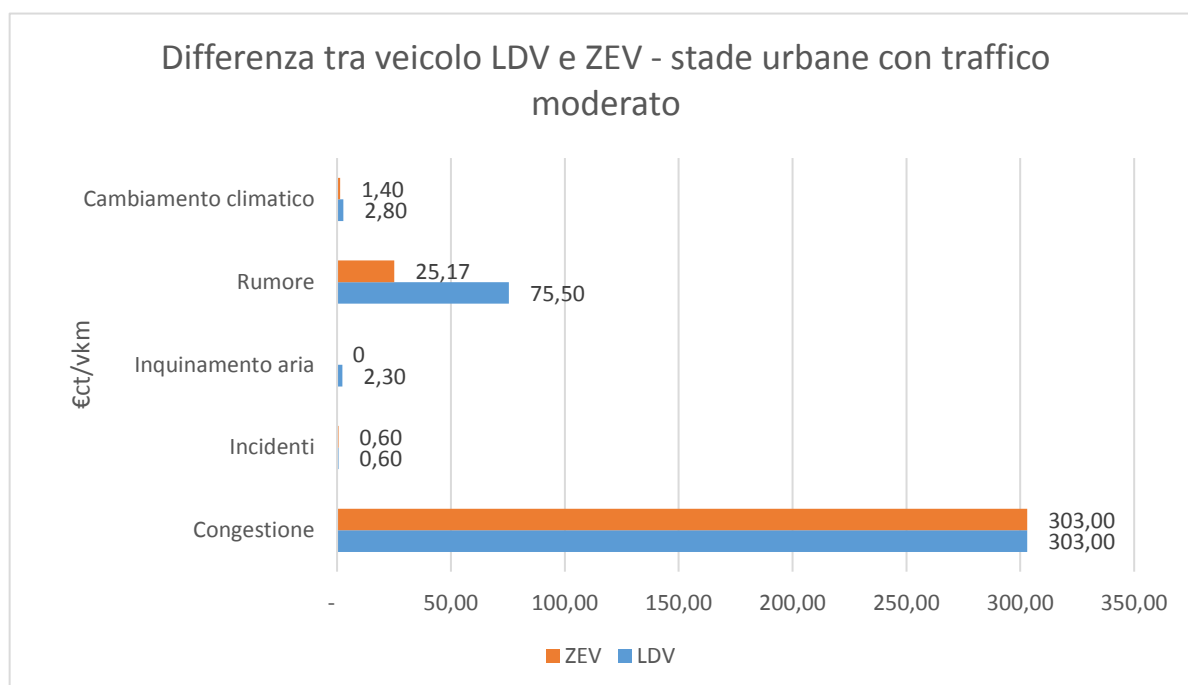
- Il fattore correttivo dell'inquinamento atmosferico (fIA) assume valore pari a 1 per i veicoli tradizionali (sia leggeri che pesanti) e pari a 0 per veicoli a zero emissioni (veicoli ZEV e Cargo-bike).
- Il fattore correttivo del cambiamento climatico (fCC) è stato calcolato come rapporto tra la CO₂ emessa nei differenti scenari di policy e quella emessa nello scenario BAU. Le elaborazioni di IEFE-Bocconi sono state effettuate basandosi sui risultati del modello emissivo TREFIC utilizzato nell'ambito di un progetto di valutazione di misure di logistica innovative condotto a Milano e in altre province della Lombardia (Progetto OPTILOG)
- Il fattore correttivo del rumore (fR) assume valore pari a 1 per i veicoli tradizionali e pari a 0,3 per veicoli ZEV; questo perché i veicoli ZEV hanno emissioni sonore ridotte di circa un terzo rispetto ai veicoli tradizionali nella fascia di velocità compresa tra 0 e 30km/h, velocità tipiche degli spostamenti urbani (Litmann, 1999; Schokkahert, 2016). A velocità maggiori, ovvero nel caso del servizio di consegna nelle zone extraurbane, le emissioni sonore si equivalgono, dal momento che sono principalmente connesse al rotolamento dei pneumatici sul manto stradale e all'effetto del vento sul veicolo (FIA, European Bureau. 2013). Si ritengono, date le ridotte dimensioni dei pneumatici e i pochi componenti meccanici in movimento, trascurabili le emissioni sonore generate dalle cago-bike (fR pari a 0);
- Il fattore correttivo della congestione (fC) definisce la percentuale di riduzione della congestione legata all'introduzione di una data misura/policy. Questo fattore è stato calcolato come rapporto tra le velocità medie di percorrenza nello scenario BAU e le velocità medie

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

dopo l'applicazione delle misure di policy nei differenti scenari previsti. Il calcolo è stato effettuato da IEFE-Bocconi sulla base delle velocità.

€/vkm	Stima delle esternalità ambientali totali					
	strade urbane			strade extraurbane		
	Scorrevole	Mediamente trafficato	Altamente trafficato	Scorrevole	Mediamente trafficato	Altamente trafficato
LDV Euro 4	118	387	515	15	275	447
LDV Euro 5	116	386	513	14	274	447
HDV	219	621	806	29	430	684
ZEV	42	333	481	13	273	445

La figura sottostante mette in evidenza i valori relativi ai veicoli ZEV e ai veicoli LDV (media tra Euro 4 ed Euro 5), nei diversi fattori presi in considerazione:



8 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI DEL PROGETTO URBELOG: MILANO

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Punto di partenza per la valutazione dei miglioramenti indotti da ogni singolo scenario è stata la definizione delle percorrenze medie giornaliere effettuate dai veicoli commerciali leggeri degli operatori in conto terzi o in conto proprio all'interno di Area C. Tali percorrenze sono state determinate sia grazie all'utilizzo dei dati raccolti tramite i varchi in ingresso ad Area C, suddivisi per classe veicolare, tipologia di operatore e classe inquinante dei veicoli, sia mediante il processo di assegnazione modellistica dei flussi di traffico dell'ora di punta del mattino.

A seguito dell'individuazione delle percorrenze medie giornaliere interne ad Area C dei veicoli commerciali leggeri, per mezzo dell'applicazione delle ipotesi introdotte dalle policy di scenario si potranno definire i miglioramenti in termini di riduzione del livello di congestione e delle emissioni inquinanti, obiettivo del progetto Urbelog.

Oltre che prendendo in esame le differenze nelle performance operative delle modalità di consegna alternative analizzate nel D.12.1.1, il calcolo delle esternalità è stato effettuato prendendo in considerazione diversi volumi di attività (numero di consegne totali al giorno). In particolare, per un dato livello di consegne ipotizzato, è necessario valutare le performance operative rispetto a due variabili chiave:

- rapporto tra stop e consegne
- percorrenza media per stop

Tali dati di input, derivanti dai dati di sperimentazione ove disponibili e dalle misurazioni modellistiche ove non presenti, permettono di calcolare la variabile chiave per la valutazione delle esternalità, ossia i veicoli-chilometro associati ad una dato volume di consegne in ciascuno scenario.

La tabella riporta i dati di input relativi alle performance operative utilizzati nella valutazione delle sperimentazioni e dello scenario BAU a Milano:

Dati di input relativi alle performance operative utilizzati per il calcolo delle esternalità			
	BAU	Sperimentazione OBU	Sperimentazione ZEV
Km/stop	1,26	0,96	1,26
Stop/consegna	0,74	0,74	0,74
Zona	ZTL	urbana non ZTL	ZTL

La situazione business as usual a Milano si riferisce ai giri effettuati in Area C da veicoli furgonati diesel, classe EURO 4 ed EURO 5. Lo scenario 'sperimentazione OBU' si riferisce all'attività di consegna in Corso Buenos Aires, effettuata da veicoli diesel EURO 5 equipaggiati con la OBU di progetto. È importante sottolineare come tale variazione nelle zone di consegna nei due scenari, che si riflette su una notevole variazione delle percorrenze per consegna registrate, non renda

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

possibile una comparazione tra i valori delle esternalità legate allo scenario business as usual e quello di sperimentazione con le OBU.

Lo scenario ZEV in ZTL è invece comparabile alla baseline in quanto bastato sulla simulazione effettuata nel D.12.1.1, simulazione che si riferisce al servizio di consegna effettuato in Area C da un veicolo furgonato elettrico con capacità assimilabili a quelle dei veicoli furgonati utilizzati dall'operatore privato nello scenario business as usual.

8.1 Scenario AS-IS e analisi delle consegne in Area C

Affinché i dati estratti dal database di Area C potessero rappresentare a pieno le condizioni medie del traffico ordinario sono stati presi in considerazione i giorni feriali lavorativi di una mensilità "tipo", esente da particolari ponti o festività.

Sono così stati analizzati i dati riferiti all'ora di punta 08:00 – 09:00 delle giornate feriali lavorative del mese di ottobre 2016, periodo antecedente alla variazione delle regole di accesso in Area C per i veicoli inquinanti, così da poter esaminare dati omogenei rispetto a quelli derivanti dal modello di traffico PUMS, la cui matrice della domanda fa riferimento alla medesima ora di punta relativa al 2013.

Dalla lettura delle targhe è stato così possibile ottenere il dato riferito ai soli veicoli commerciali leggeri, suddiviso in conto terzi e conto proprio, per le seguenti classi di veicoli:

- Autorizzati;
- Ecologici (elettrici, ibridi, metano, gpl);
- Residenti;
- Veicoli di servizio (ambulanze, polizia, mezzi AMSA ecc.);
- Altri paganti.

Per ogni tipologia di operatore (conto proprio o conto terzi) sono state escluse quelle classi veicolari delle quali sarà presumibilmente impossibile modificare il parco veicolare a seguito dell'introduzione di una nuova policy, ovvero i veicoli ecologici (che già hanno ridotte emissioni) e i veicoli di servizio (ambulanze ecc.).

Le seguenti tabelle mostrano gli output derivanti dal database della lettura delle targhe in ingresso ad Area C, riferito all'ora di punta 08:00 – 09:00 durante il mese di ottobre 2016. I dati fanno riferimento sia al totale dei veicoli in ingresso ad Area C, sia al totale dei transiti da loro effettuati (conteggio comprensivo dei passaggi multipli) durante il mese di ottobre 2016.

Il valore delle percorrenze medie giornaliere interne ad Area C dei veicoli commerciali leggeri, suddivise per operatori in conto proprio e conto terzi, è stato ricavato a partire dal dato modellistico riferito alle percorrenze dell'ora di punta 08:00-09:00 dello stato di fatto PUMS (2013) per la medesima categoria di veicoli.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

La banca dati dei conteggi di traffico in possesso di AMAT, composta da rilievi distribuiti lungo l'intero arco della giornata, ha inoltre permesso di individuare il coefficiente di espansione del dato orario delle percorrenze riferite all'ora di punta (08:00-09:00) a tutto il giorno, risultato essere pari a 13,97.

Ciò che invece ha consentito di disaggregare il dato per tipologia di operatore (conto proprio o conto terzi) è stato il database associato alla lettura delle targhe dei veicoli in ingresso ad Area C, tramite il quale è stato possibile risalire alle informazioni riguardanti le immatricolazioni.

Mediante il totale delle percorrenze medie giornaliere ricavato tramite il modello di traffico, la percentuale di ingressi in Area C per tipologia di operatore e le relative percorrenze medie giornaliere, derivanti da apposite indagini, è stato quindi possibile suddividere il totale delle percorrenze medie giornaliere per tipologia di operatore e classe inquinante.

OPERATORI C.TO TERZI	AUTORIZZATI		RESIDENTI		ALTRI PAGANTI		TOTALE	
	Veicoli	Transiti	Veicoli	Transiti	Veicoli	Transiti	Veicoli	Transiti
03/10/2016	45	53	-	-	138	144	183	197
04/10/2016	43	48	-	-	144	154	187	202
05/10/2016	51	57	-	-	130	136	181	193
06/10/2016	44	51	-	-	143	149	187	200
07/10/2016	47	55	-	-	143	149	190	204
10/10/2016	49	53	-	-	137	148	186	201
11/10/2016	54	60	-	-	140	148	194	208
12/10/2016	46	54	-	-	128	134	174	188
13/10/2016	46	52	-	-	131	136	177	188
14/10/2016	43	47	-	-	149	154	192	201
17/10/2016	52	59	-	-	125	133	177	192
18/10/2016	43	51	-	-	166	174	209	225
19/10/2016	54	61	-	-	144	156	198	217
20/10/2016	56	62	-	-	117	124	173	186
21/10/2016	54	59	-	-	135	146	189	205
24/10/2016	50	54	-	-	120	130	170	184
25/10/2016	47	52	-	-	142	148	189	200
26/10/2016	52	59	-	-	145	153	197	212
27/10/2016	44	47	-	-	112	119	156	166
28/10/2016	44	48	-	-	127	136	171	184
Totale ottobre	964	1.082	-	-	2.716	2.871	3.680	3.953
Media giorno	48	54	-	-	136	144	184	198

Numero di veicoli in ingresso ad Area C e numero dei transiti ai varchi degli operatori c.to terzi durante il mese di ottobre 2016 (hdp 08:00-09:00) Fonte: Amat, 2017

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

OPERATORI C.TO PROPRIO	AUTORIZZATI		RESIDENTI		ALTRI PAGANTI		TOTALE	
	Veicoli	Transiti	Veicoli	Transiti	Veicoli	Transiti	Veicoli	Transiti
03/10/2016	9	10	2	2	358	378	369	390
04/10/2016	11	11	2	2	356	366	369	379
05/10/2016	14	15	6	9	325	335	345	359
06/10/2016	11	11	2	3	348	361	361	375
07/10/2016	11	11	3	3	329	353	343	367
10/10/2016	9	10	5	5	366	385	380	400
11/10/2016	15	16	2	2	377	402	394	420
12/10/2016	18	19	5	5	418	433	441	457
13/10/2016	20	22	5	5	383	410	408	437
14/10/2016	14	18	6	8	346	370	366	396
17/10/2016	20	22	4	4	356	376	380	402
18/10/2016	12	14	5	5	375	398	392	417
19/10/2016	17	18	5	5	353	377	375	400
20/10/2016	12	14	3	3	347	369	362	386
21/10/2016	16	16	4	4	329	345	349	365
24/10/2016	16	18	4	4	293	308	313	330
25/10/2016	15	16	5	5	337	350	357	371
26/10/2016	19	22	7	8	330	353	356	383
27/10/2016	12	13	3	3	315	327	330	343
28/10/2016	11	13	3	3	342	354	356	370
Totale ottobre	282	309	81	88	6.983	7.350	7.346	7.747
Media giorno	14	15	4	4	349	368	367	387

Numero di veicoli in ingresso ad Area C e numero dei transiti ai varchi degli operatori c.to proprio durante il mese di ottobre 2016 (hdp 08:00-09:00). Fonte: Amat, 2017

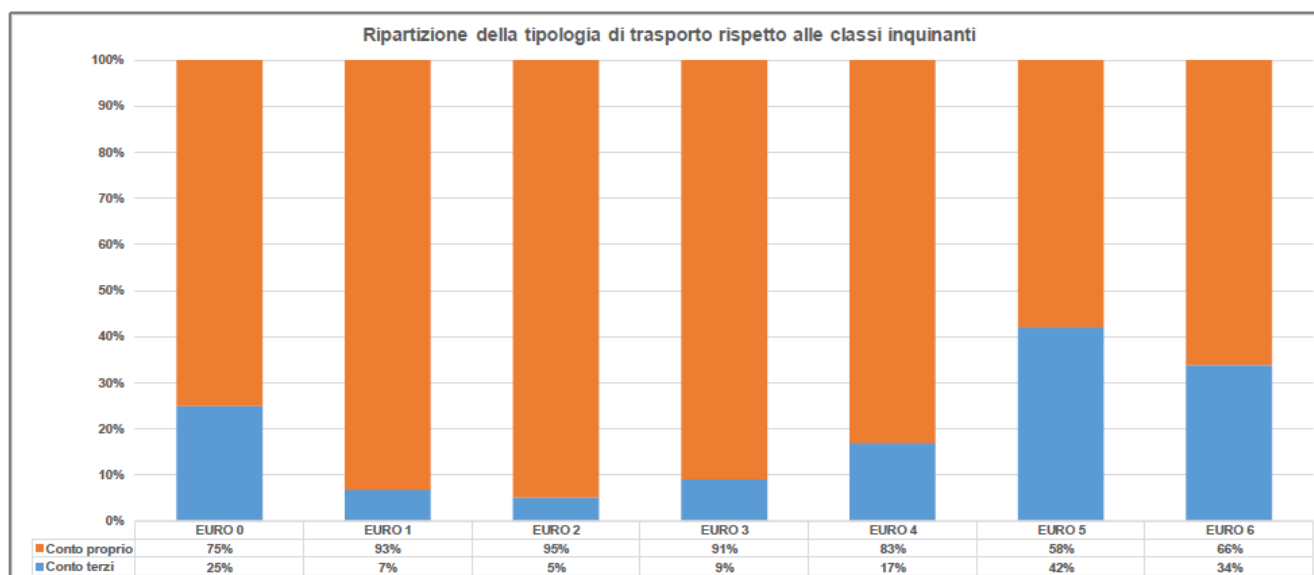
La seguente tabella riassume la ripartizione percentuale media tra operatori in conto terzi e operatori in conto proprio che hanno effettuato l'accesso in Area C durante l'ora di punta 08:00-09:00 delle giornate feriali lavorative di ottobre 2016.

Tipologia operatore	Media giornaliera veicoli	Ripartizione %
C.to Terzi	184	33,4%
C.to Proprio	367	66,6%

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Ripartizione tra veicoli di operatori c.to terzi e c.to proprio

Come anticipato, il database derivante dalla lettura delle targhe dei veicoli in ingresso ad Area C ha permesso di associare ad ogni veicolo commerciale leggero la relativa classe inquinante (Euro 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6). Il seguente diagramma, infatti, illustra per ogni classe inquinante la ripartizione percentuale della tipologia di operatore (conto proprio o conto terzi) dei veicoli in ingresso.



Ripartizione della tipologia di operatore rispetto alle classi inquinanti dei veicoli commerciali leggeri in ingresso ad Area C

La tabella mette in evidenza come, per ogni classe inquinante, il numero di veicoli in c.to proprio sia sempre superiore rispetto a quelli in c.to terzi, con una riduzione di questa tendenza per le classi Euro 5 ed Euro 6.

8.2 Analisi delle percorrenze ricavate dal macromodello di simulazione del traffico

Mediante il macromodello di simulazione del traffico è stato possibile calcolare il totale delle percorrenze interne ad Area C dei veicoli commerciali leggeri durante l'ora di punta del mattino 08:00-09:00, che è risultato essere pari a 3.916,3 veic*km.

Da informazioni raccolte tramite opportune indagini presso gli operatori del trasporto, le percorrenze medie giornaliere interne ad Area C sono risultate essere:

- 66 km per gli operatori c.to terzi;
- 28 km per gli operatori c.to proprio.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Moltiplicando le percorrenze medie giornaliere degli operatori per la relativa percentuale di veicoli in ingresso ad Area C è stato possibile calcolare il peso delle rispettive percorrenze medie rispetto al totale nell'ora di punta e di conseguenza proiettarlo sull'intera giornata.

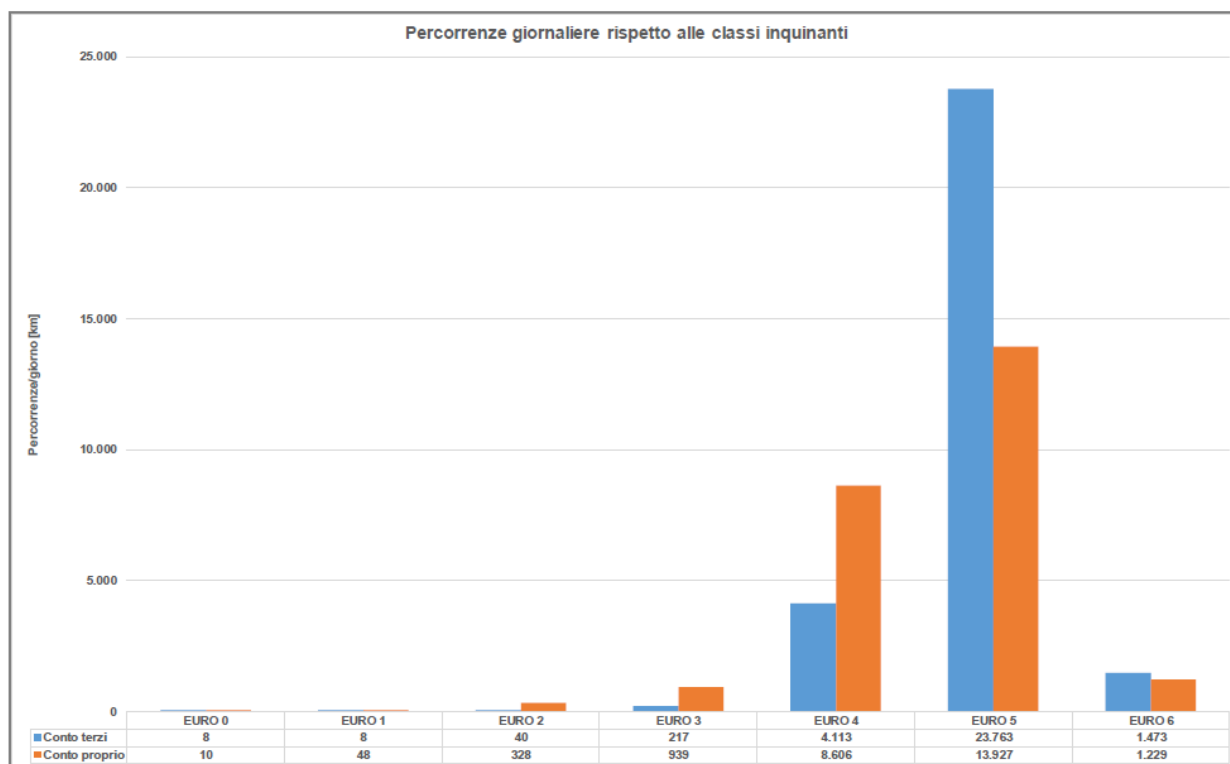
La seguente tabella riassume le percorrenze per tipologia di operatore riferite sia all'ora di punta 08:00-09:00, sia all'intero arco della giornata.

Percorrenze hdp e giorno per tipologia operatore

	Ingressi in Area C	Percorrenze medie (km/giorno)	Peso sulle percorrenze	Percorrenze HPM (veic*km)	Percorrenze giorno (veic*km)
Conto terzi	33,4%	66	54%	2.120	29.623
Conto proprio	66,6%	28	46%	1.796	25.087
Totale				3.916	54.710

Dalla tabella si evince come, anche se il numero di veicoli c.to proprio in ingresso ad Area C sia pressoché doppio rispetto a quelli conto terzi, i totali delle percorrenze medie giornaliere siano molto simili tra di loro. Il 54% delle percorrenze totali, infatti, è formato da spostamenti c.to terzi e il restante 46% da spostamenti c.to proprio.

Il seguente diagramma mostra invece le percorrenze giornaliere interne ad Area C, suddivise per classe inquinante.



Per entrambe le tipologie di operatori la maggior parte delle percorrenze sono coperte da veicoli delle classi Euro 4 ed Euro 5. Il dato relativo alle percorrenze dei veicoli Euro 4 in c.to proprio è

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

pressoché il doppio rispetto a quelli in c.to terzi della medesima classe inquinante, mentre per quanto riguarda gli Euro 5, la situazione si ribalta, con percorrenze del conto terzi superiori di circa il 40 % rispetto al c.to proprio. I dati sopra ottenuti possono così essere utilizzati come base di partenza per le ipotesi introdotte nelle sperimentazioni e negli scenari di policy.

8.3 Sperimentazione 'OBU'

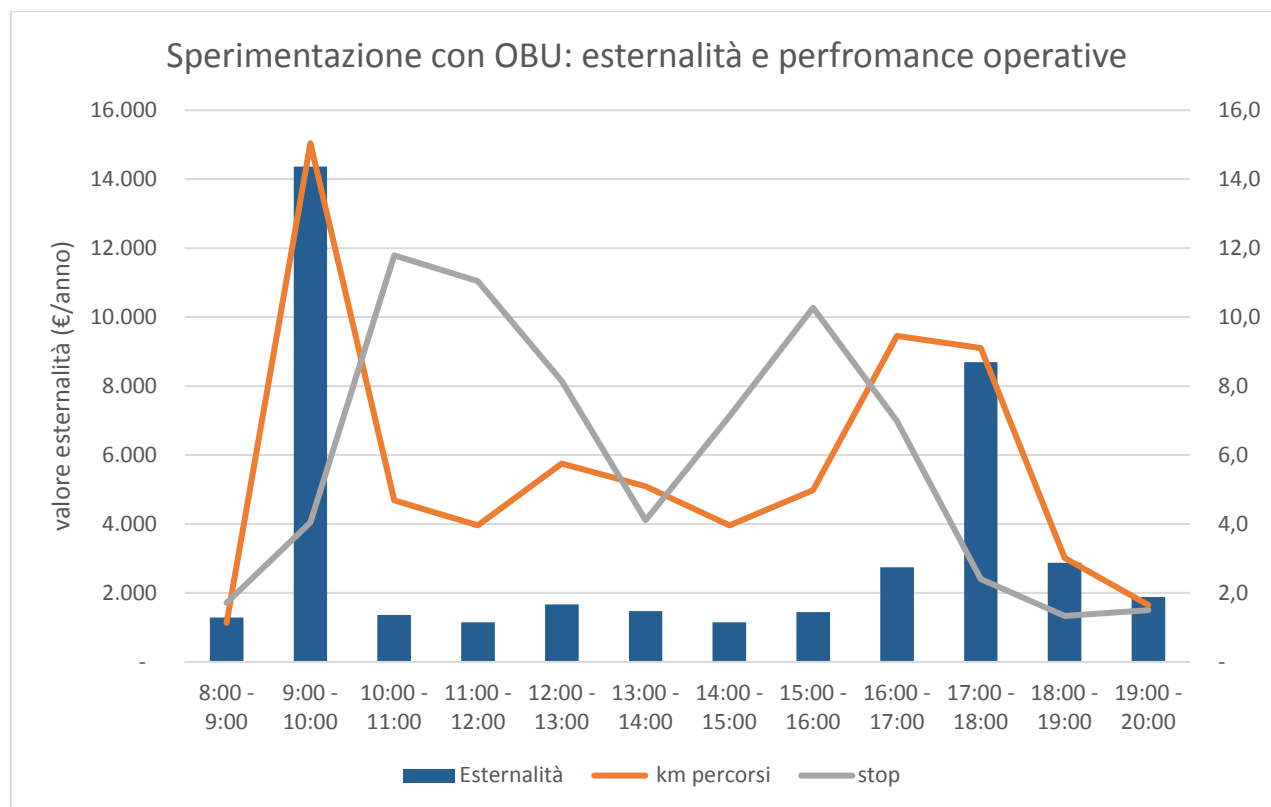
I dati sono stati raccolti nell'arco di 71 giornate di attività, nel periodo compreso tra giugno e ottobre 2017 (veicoli URB02, URB03, URB04) nell'area di corso Buenos Aires.

La tabella riporta le misurazioni dei KPIs (media dei tre veicoli) relativi a ciascuna fascia oraria:

Milano: giro in zona urbana non ZTL			
Fascia oraria	km percorsi	stop effettuate	Velocità media
8:00 - 9:00	1,1	1,7	4,7
9:00 - 10:00	15,0	4,0	27,6
10:00 - 11:00	4,7	11,8	13,7
11:00 - 12:00	4,0	11,0	13,6
12:00 - 13:00	5,8	8,1	17,5
13:00 - 14:00	5,1	4,1	19,6
14:00 - 15:00	4,0	7,1	12,3
15:00 - 16:00	5,0	10,3	13,0
16:00 - 17:00	9,5	7,0	18,6
17:00 - 18:00	9,1	2,4	12,1
18:00 - 19:00	3,0	1,3	3,8
19:00 - 20:00	1,7	1,5	4,7

Sulla base del modello di attribuzione delle esternalità descritto nel paragrafo precedente, tali dati hanno permesso di calcolare i valori monetari associati a ciascuna fascia oraria.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



La presenza delle OBU permette di indentificare delle fasce orarie in cui gli impatti ambientali sono più elevati, perché influenzati sia dal livello di congestione stradale sia da elementi che modificano l'operatività del servizio (pausa pranzo, operazioni di carico/scarico del veicolo, percorso di andata e di rientro dalla sede centrale), in particolare:

- Nelle fasce orarie 8-10 sono concentrate le fasi di carico dei veicoli e le percorrenze dalla sede centrale alla prima stop.
- Nelle fasce 17-19 è consueto che i furgoni effettuino gli ultimi ritiri. Sono solitamente ritiri massivi poiché la produzione della giornata è stata accumulata e concentrata in un unico momento e quindi possono richiedere molto tempo. Un altro fattore determinante è la percorrenza del tragitto dall'ultimo stop alla filiale, che comporta più tempo su strada rispetto alla media oraria giornaliera (fuori dall'area più densamente popolata di servizi) e meno tempo impiegato ad effettuare servizi.

8.4 Sperimentazione ZEV

Lo scenario ZEV in ZTL è bastato sulla simulazione effettuata nel D.12.1.1 e si riferisce al servizio di consegna effettuato in Area C da un veicoli furgonato elettrico con capacità assimilabili a quelle dei veicoli furgonati utilizzati dall'operatore privato nello scenario business as usual e di sperimentazione.

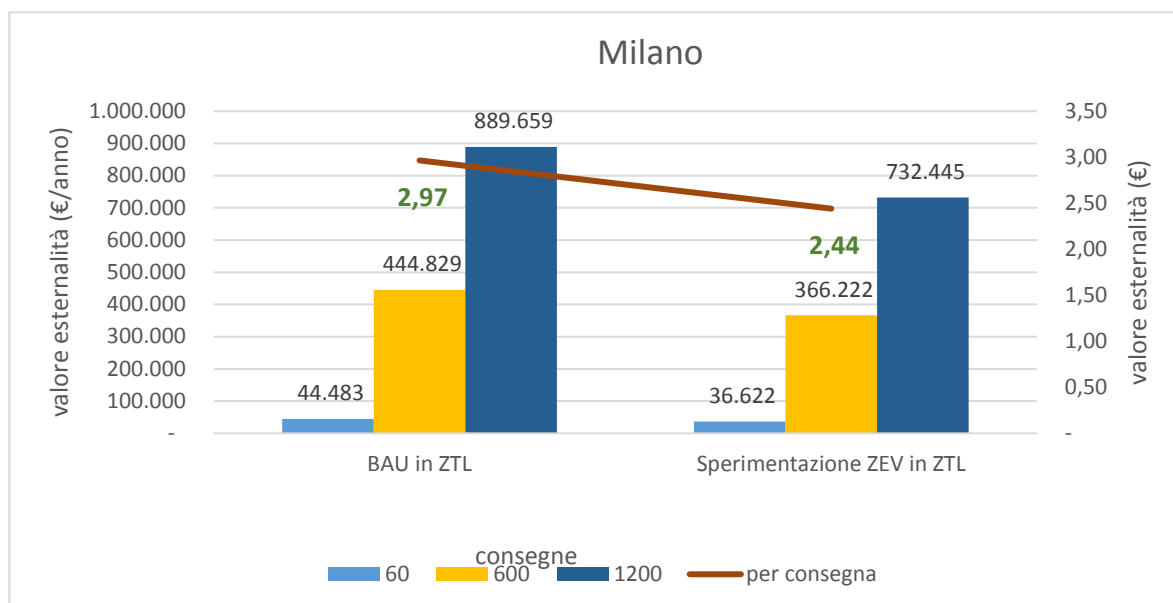
D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Vincoli tecnici degli ZEV

Veicolo	Furgone leggero (es VAN)	Furgone pesante (es. TRANSIT)	EV leggero (es: Nissan e-NV200)	EV pesante (es: Iveco Daily elettrico)
Carico massimo (t)	0.5	5	0.8	5.6
Capienza massima (m ³)	3	18	3.5 - 4.2	19.6
Autonomia (km)	/	/	110 - 170	280

Fonti: cataloghi Iveco (2017) e Nissan (2017)

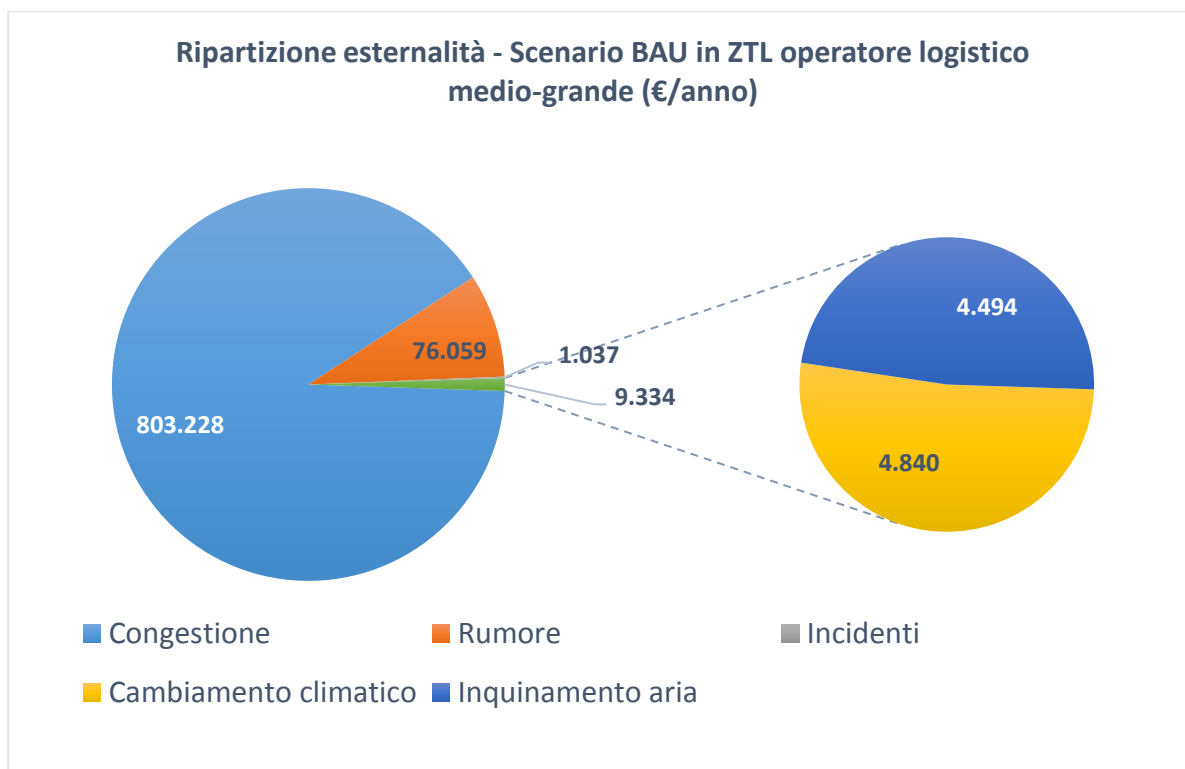
Il grafico riporta i costi associati a diversi volumi di consegna (da 60 a 1200 consegne), a seconda dei diversi scenari:



Dal momento che i valori dei KPIs input cambiano tra lo scenario BAU e lo scenario 'sperimentazione OBU', i risultati non sono direttamente comparabili. La differenza nei risultati è infatti dovuta al minor numero di stop necessarie per effettuare un dato numero di consegne, con un diretto impatto sulle percorrenze chilometriche complessive, nello scenario 'sperimentazione OBU'. Tale differenza deriva tuttavia dal fatto che cambia l'area geografica in cui sono stati effettuati i giri veicolari, corrispondente all'Area C nel primo caso e a Corso Buenos Aires nel secondo caso.

Al contrario, lo scenario BAU e lo scenario ZEV, essendo basati sulle medesime assunzioni relative al servizio di consegna, sono direttamente comparabili: con l'adozione di una flotta veicolare elettrica le esternalità relative alle percorrenze dei veicoli impiegati si riducono del 17% rispetto alla baseline.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



Dalla ripartizione dei costi tra i diversi fattori che generano delle esternalità ambientali e sociali si può osservare come la congestione legata alle attività di consegna di un operatore che effettua circa 1200 consegne al giorno siano pari, in un anno, a circa 800.000 relativamente alla congestione (quota pari a circa il 90% del totale), alle emissioni sonore per circa 76.000 euro (quota pari a circa il 8% del totale), e in maniera residuale per circa l'1% dalle emissioni inquinanti e climalteranti, il cui impatto è quantificato complessivamente attorno ai 10.000 euro all'anno.

8.5 Scenario di policy: diffusione ZEV in Area C

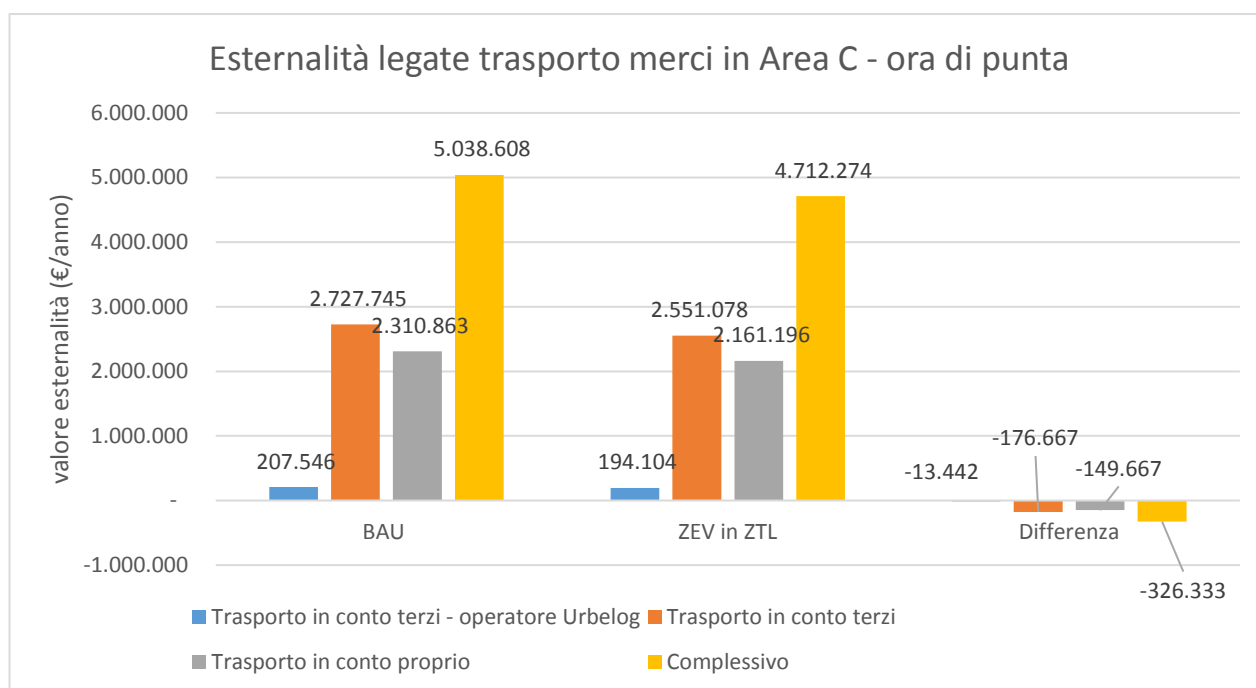
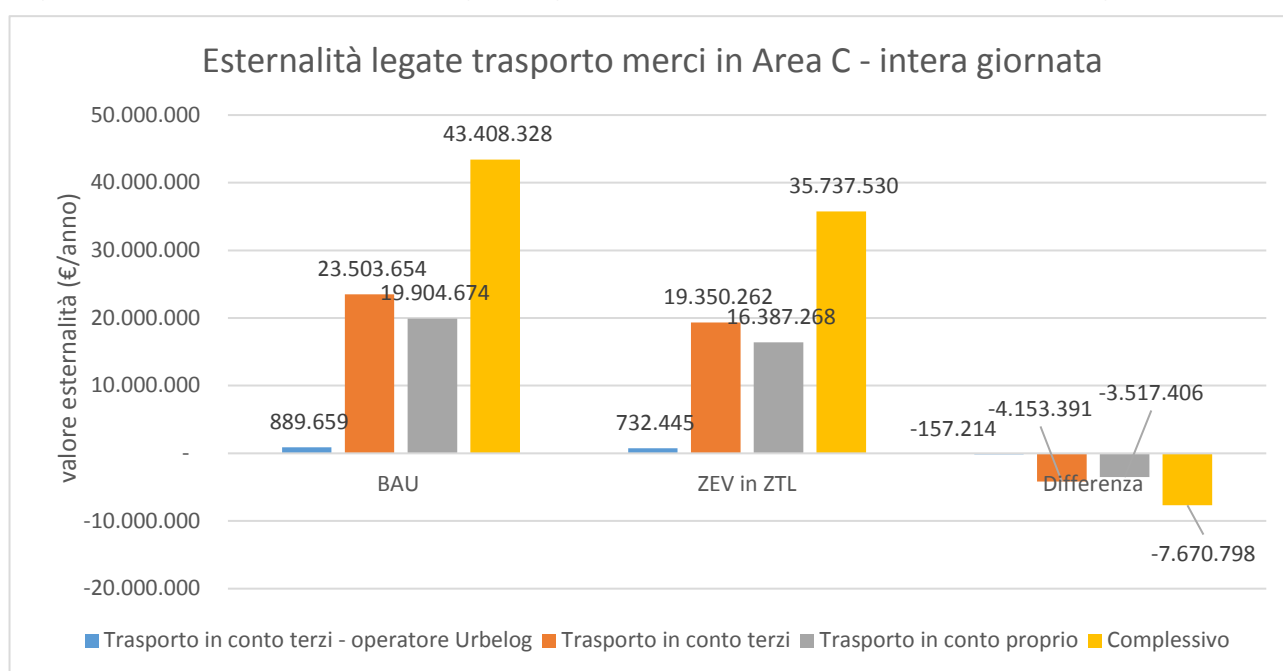
Per valutare l'impatto della diffusione dei veicoli elettrici oltre al caso dell'adozione da parte di un singolo operatore logistico ("sperimentazione ZEV"), è stata ipotizzata l'adozione di tali veicoli da parte sia dell'insieme di operatori in conto terzi che dei soggetti che operano in conto proprio all'interno dell'Area C. A tal fine sono stati utilizzati i dati delle rilevazioni AMAT sugli ingressi e le motorizzazioni e la formula di calcolo delle emissioni come specificato nel paragrafo precedente.

Milano - veic/km associato a consegne			
	Giorno	Ora di punta (8-9)	Veicoli
	LDV	ZEV	

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Trasporto in conto terzi - 1 operatore	1.121	161	14
Somma trasporto in conto terzi	29.623	2.120	184
Somma trasporto in conto proprio	25.087	1.796	367

La tabella riporta gli impatti ambientali nello scenario business as usual e nel caso di completa sostituzione del parco veicolare da parte delle due tipologie di attori. È inoltre distinto tra gli impatti legati all'intero servizio di consegna e gli impatti riferiti all'ora di massima congestione (8.00-9.00).



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

8.6 Scenario di policy: ottimizzazione del routing dei mezzi e del consolidamento dei carichi

Tale sviluppo di policy prevede la diffusione dell'utilizzo tra gli operatori della logistica urbana della piattaforma Urbelog al fine di governare il 'matching' delle merci in funzione della tipologia, dei vincoli di consegna e della destinazione. I benefici ottenibili mediante l'utilizzo della piattaforma riguardano l'aumento della saturazione e la diminuzione delle percorrenze medie dei veicoli merci in conto proprio e, in misura molto minore, dei veicoli merci in conto terzi.

Per quanto riguarda il trasporto merci effettuato in conto proprio, lo scenario di baseline su cui intervenire è calcolato sulla base dei dati ricavati dal rapporto AMAT (2015)³⁸:

- Numero di attività commerciali che si avvalgono di servizi di logistica urbana in Area C;
- Numero totale di prese e consegne nella giornata tipo;
- Suddivisione del regime di trasporto prescelto (conto proprio, grossisti, operatori specializzati);
- Totale dei km percorsi nel caso di ricorso a mezzi in conto proprio (dati disponibili in fasce e per il totale annuo);
- Fascia oraria delle operazioni di carico e scarico.

Esercizi commerciali in Area C (AMAT, 2015)			
Attività commerciali	Numero esercizi	Totale consegne/settimana	Totale prese /settimana
Vendita	4.276	10.606	30431
Pubblici esercizi	1.403	12.588	7938
Altro	362	492	1368
La classe 'vendita' comprende il commercio al dettaglio in sede fissa di grandi, medie e piccole strutture. La classe 'pubblici esercizi' i servizi al piano offerti da bar e ristoranti.			
Caratteristiche del servizio di logistica per gli esercizi commerciali in Area C (AMAT, 2015)			
Mezzo utilizzato		Fascia oraria soste	
Mezzo proprio	16%	Prima delle 7,30	39,7%
Grossisti e fornitori	51%	7,30-9,30	15,8%
Operatore partner	7%	9,30-12,30	29,7%
Altri operatori	26%	12,30-16,30	10,1%
		Dopo le 16,30	4,7%

³⁸ Marras, V., Sevino V. Rapporto Sull'aggiornamento Della Base Dati Informativa Relativa Al Trasporto Merci In Milano, (2015).

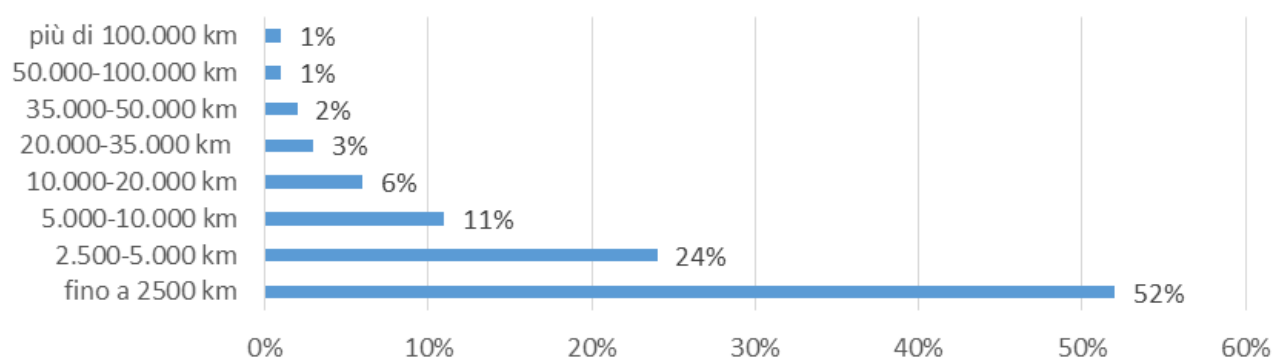
D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il 16% degli esercizi operanti nella Zona di Decentramento 1 (ZD 1, coincidente con Area C), ossia circa 960 esercizi commerciali, utilizza un mezzo proprio per le consegne. La Figura 1 riporta le percorrenze annue dell'attività di trasporto merci in conto proprio effettuata dalle attività commerciali delle ZD 1-9, divise per fasce chilometriche (AMAT, 2015). Sulla base di questa ripartizione e del numero di km percorsi ogni anno dagli esercizi operanti in conto proprio (AMAT, 2015), si è stimato che la percorrenza media per ciascuno dei 960 operatori commerciali operanti in conto proprio sia:

- giornaliera: 28 km
- settimanale: 141 km
- annuale: 7350 km

Si sottolinea che i dati riportano i km medi effettuati dagli operatori con sede nella ZD 1 e non ai km percorsi all'interno della zona stessa.

km/anno percorsi per le consegne in conto proprio



fonte: elaborazione IEFE Bocconi, dati AMAT (2015)

La stima delle percorrenze del trasporto in conto proprio in un'area più estesa dell'Area C (es al Cordone Comunale) può essere effettuato rapportando i dati chilometrici alla percentuale di consegne e prelievi effettuate nelle diverse Zone di Decentramento. Le consegne effettuate dalle attività commerciali nella Zona di Decentramento 1, rispetto al totale delle nove Zone di Milano, rappresentano il 30% delle prelievi e il 43% delle consegne.

Per una valutazione delle esternalità negative il dato sulla percorrenza chilometrica media giornaliera verrà integrato dalle caratteristiche dei veicoli utilizzati dagli operatori in conto proprio:

Caratteristiche dei veicoli utilizzati in conto proprio (AMAT, 2015)

Classe euro	Mezzo proprio	Alimentazione
EU 2	2% Furgone	88% Gasolio 58%
EU 3	8% Auto	8% Benzina 8%
EU 4	57% Altro	4% GPL 2%
EU 5	32%	Ibrida 1%

La tabella riporta una suddivisione dei veicoli in conto proprio sulla base della saturazione dei carichi, relativa alla situazione BAU (AMAT, 2015). Un veicolo può infatti essere altamente inefficiente (saturazione 0%-25%), mediamente inefficiente (saturazione 25%-50% e 50%-75%) o efficiente (saturazione 75%-100%). L'ottimizzazione della saturazione nei diversi scaglioni è ipotizzata

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

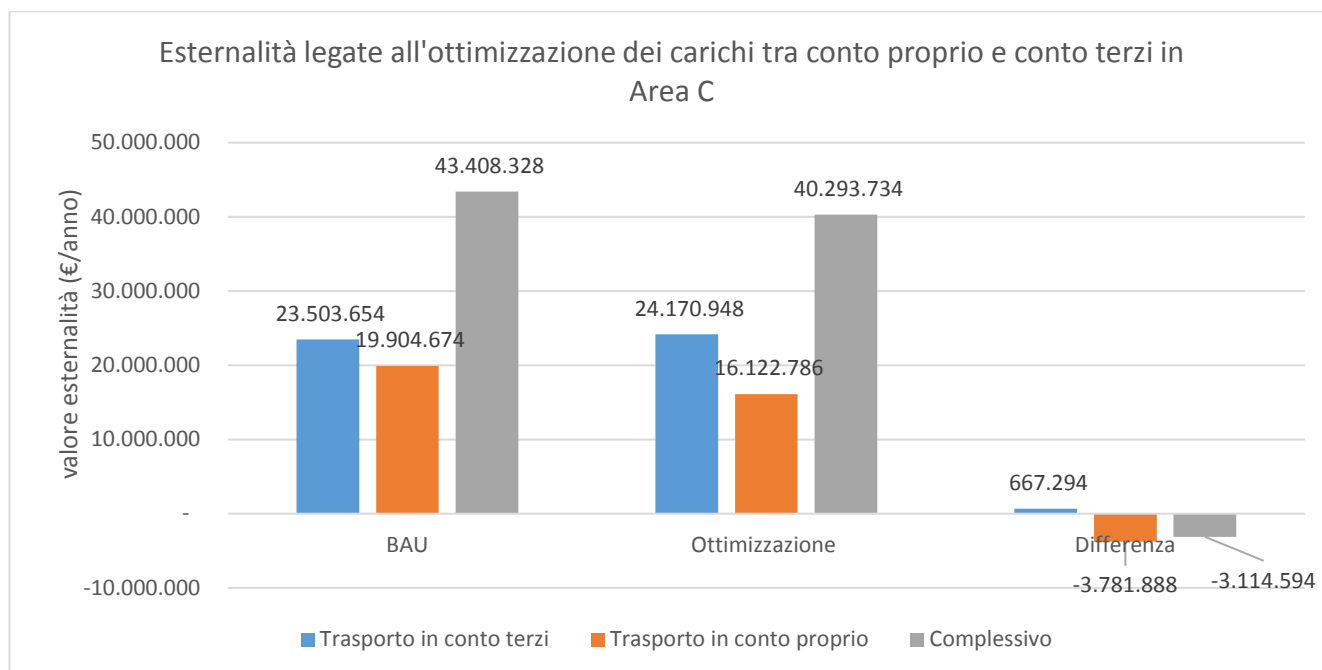
inversamente proporzionale alla performance iniziale: per i veicoli più inefficienti l'aumento della saturazione (che si traduce in una riduzione del numero di furgoni utilizzati) sarà maggiore rispetto alla classe di veicoli relativamente più efficienti.

Classificazione	Fasce di saturazione	Ripartizione veicoli BAU (AMAT, 2015)	Ottimizzazione (stima IEFE – Bocconi)	Riduzione complessiva veicoli (stima IEFE - Bocconi)
Veicoli altamente inefficienti	Da 0 a 25%	44%	Riduzione del 30% dei veicoli	19%
Veicoli mediamente inefficienti	Da 25% a 50%	17%	Riduzione del 20% dei veicoli	
Veicoli mediamente efficienti	Da 50 a 75%	19%	Riduzione del 10% dei veicoli	
Veicoli altamente efficienti	da 75% a 100%	19%	Nessuna riduzione	

Nel caso del trasporto in conto proprio, la riduzione dei flussi veicolari è pari al 19%. Tale riduzione riguarderebbe, sulla base dei dati medi riportati nella tabella x, un numero di consegne e prese al giorno pari a circa 900 e 1500 rispettivamente. Prendendo in esame le sole consegne ed ipotizzando di aumentare l'attività svolta dagli operatori in Conto Terzi di tale ammontare, il numero dei chilometri percorsi a parità di volumi di consegna si riduce da circa 54.000 a 50.000 al giorno, ossia di circa il 7%. La tabella x riporta l'impatto sulle esternalità ambientali associate a tale spostamento nei flussi veicolari e chilometrici (scenario 'nuova ripartizione') rispetto allo scenario iniziale. L'aumento delle esternalità legate al trasporto in conto terzi di circa 667.000 euro all'anno è più che compensato dalla riduzione delle esternalità legate alla riduzione dei veicoli a minore saturazione utilizzati in conto proprio, pari a -3.7 milioni di euro, per una riduzione complessiva superiore ai 3 milioni di euro all'anno.

Veicoli*km associati alle consegne al giorno (AMAT 2015, stime IEFE-Bocconi)		
	BAU	Nuova ripartizione
Somma trasporto in conto terzi	29.623	30.464
Somma trasporto in conto proprio	25.087	20.320
Complessivo	54.710	50.784

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



8.7 Scenario di policy: diffusione delle piazzole 'smart'

La quantificazione dell'aumento di capacità degli archi interni ad Area C, imputabile ad una infrastrutturazione intelligente di determinate aree di carico/scarico e perseguibile mediante l'installazione di telecamere atte a monitorare la sosta abusiva, è stata ottenuta mediante il confronto tra lo scenario modellistico attuale (stato di fatto PUMS 2013) e uno scenario di progetto in cui la capacità di alcuni archi potrà beneficiare dell'assenza delle soste in doppia fila dovute al carico/scarico merci.

I parametri utilizzati come base del confronto tra la situazione attuale e quella di progetto sono il livello di congestione e la velocità media dell'ora di punta degli archi interni ad Area C.

Al fine di calcolare la riduzione di capacità dei singoli archi con le formule HCM (Highway Capacity Manual) si è deciso di visionare una serie di filmati localizzati in prossimità di intersezioni semaforizzate contraddistinte dalla presenza di piazzole di carico/scarico lungo uno o più archi afferenti, così da stabilire un tempo medio di permanenza dei veicoli in doppia fila imputabile alle operazioni di carico/scarico merci.

L'analisi dei video ha permesso di quantificare l'occupazione media oraria di una corsia dovuta alla doppia fila in circa 20 min, in grado cioè di ridurre di 1/3 la capacità oraria. Lo scopo è quindi capire, rispetto alle capacità attuali degli archi presenti nel modello, che intrinsecamente considera le soste in doppia fila, quale potrebbero essere le nuove capacità a seguito dell'eliminazione di tale fenomeno.

All'interno di Area C, sono stati quindi individuati una serie di archi del grafo modellistico corrispondenti alle vie in cui sono presenti una o più piazzole di carico/scarico localizzate in prossimità delle intersezioni semaforizzate e rispondenti a determinate condizioni, quali:

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

posizionamento a lato strada con tipologia di stalli in linea, assenza di sosta a pagamento/residenti nelle immediate vicinanze della piazzola ecc.

La vicinanza alle intersezioni semaforizzate è infatti condizione necessaria affinché eventuali perturbazioni alla circolazione dei veicoli, come la sosta in doppia fila, siano in grado di condizionare il calcolo della capacità degli archi, dipendente principalmente dalla durata del verde semaforico rispetto all'intero ciclo.

Di contro, la presenza di veicoli in doppia fila lungo archi distanti da intersezioni semaforizzate determinerebbe una riduzione della capacità sensibilmente inferiore e più difficile da quantificare.

La seguente immagine illustra le piazzole di carico/scarico interne ad Area C e mette in luce le intersezioni semaforizzate interessate in cui almeno un arco è interessato dalla variazione di capacità.

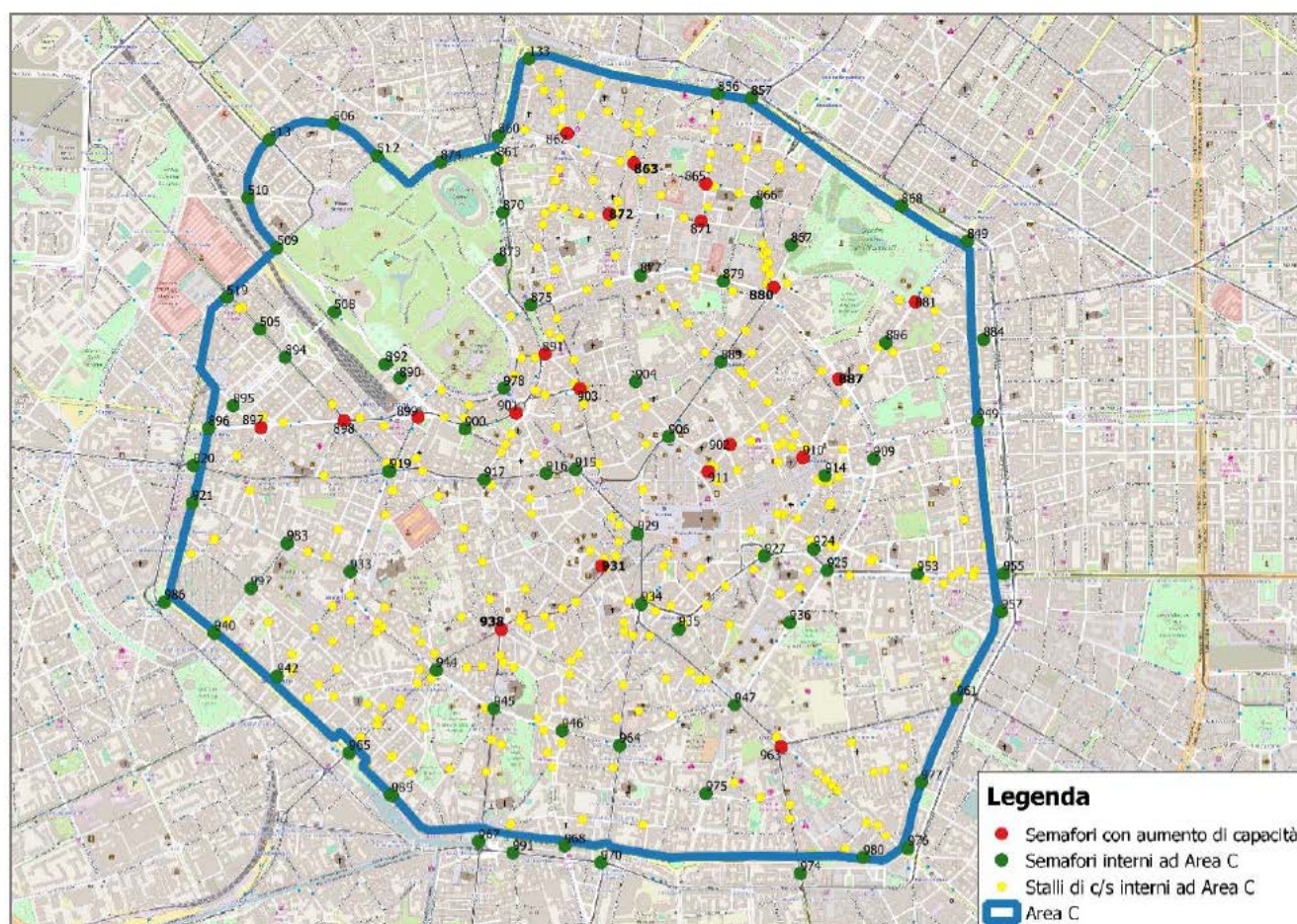


Figura 3: Impianti semaforici in cui almeno un arco gode di aumento della capacità

La seguente tabella mostra nel dettaglio le intersezioni interessate dall'aumento di capacità ed i rispettivi archi afferenti in cui è presente almeno una piazzola. Le colonne mostrano la differenza di capacità imputabile all'intervento sulla gestione delle piazzole.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Id	Intersezione	N° Corsie	Capacità iniziale [Veq/h]	Capacità Scenario [Veq/h]	Differenza di Capacità [Veq/h]
1	862 La Foppa - Moscova				
a	l.go La Foppa	1	867	1.300	433
b	via della Moscova	1	911	1.367	456
2	863 Moscova - Solferino - San Marco				
a	via della Moscova	1	911	1.367	456
b	via San Marco	2	833	1.000	167
3	871 Montebello - Porta Nuova				
a	via Montebello	2	917	1.100	183
4	872 Montebello - San Marco				
a	via Balzan	1	733	1.100	367
5	891 Buonaparte - Sella				
a	via Sella	1	333	500	167
6	897 Piazza Giovine Italia				
a	via Boccaccio	2	1.667	2.000	333
7	898 Piazza Virgilio				
a	via Boccaccio	2	1.667	2.000	333
8	902 Piazza Meda				
a	c.so Matteotti	1	600	900	300
9	903 Broletto - Cusani - Dell'Orso				
a	via Ponte Vetere	1	333	500	167
b	via Broletto	1	600	900	300
10	910 Piazza S. Babila				
a	c.so Matteotti	1	600	900	300
11	911 Agnello - Hoepli				
a	via Agnello	1	333	500	167
b	via Hoepli	1	333	500	167
12	963 Porta Romana - Lamarmora				
a	c.so P.ta Romana	1	401	601	200
13	865 Moscova - Porta Nuova				
a	Moscova - Porta Nuova dir. ovest	2	1.138	1.366	228
14	880 Cavour - Manzoni				
a	Turati - Cavour dir. Fatebenefratelli	2	756	907	151
15	881 Venezia - Palestro - Salvini				
a	Palestro - Venezia svolta dx	1	319	479	160
b	Salvini - Venezia	1	232	348	116
16	887 Senato - Venezia				
a	Venezia - Senato dir. sud	2	1.072	1.286	214
b	Venezia - Senato dir. nord	2	1.402	1.682	280
17	899 Piazzale Cadorna				
a	Foro Buonaparte-Cadorna	2	1.766	2.119	353
18	901 L.go Cairoli				
a	via Cusani	1	154	231	77
19	931 Torino - Unione				
a	Torino - Beltrade	1	391	586	195
b	Beltrade - Torino	1	174	261	87
20	938 Carrobbio - Torino				
a	Porta Ticinese - Carrobbio	1	190	286	95

Tabella 5: archi interni ad Area C con variazione della capacità

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Di seguito sono riassunte le modifiche apportate al grafo del modello al fine di calcolare il nuovo livello di congestione attribuibile all'intervento.

RIASSUNTO delle modifiche apportate agli archi del grafo

Totale intersezioni semaforizzate interne Area C	59
Totale intersezioni con modifica capacità archi	20
Numero archi con variazione capacità	27
Tempo medio di sosta in doppia fila (min.)	20
Riduzione di capacità per gli archi con 1 corsia	33,3%
Riduzione di capacità per gli archi con 2 corsie	16,7%

Tramite le modifiche delle capacità apportate agli archi del macro modello di simulazione del traffico, è stato possibile, mediante la procedura di assegnazione dei flussi, ricalcolare il livello medio di congestione interno ad Area C durante l'ora di punta 08:00-09:00 e la velocità media degli archi compresi entro tale area.

RIASSUNTO dei risultati ottenuti dalle simulazioni modellistiche

		Scenario attuale	Scenario di progetto
A	Percorrenza totale archi Area C [Veic*km]	28.982,6	29.035,5
B	Percorrenza totale archi Area C dei veicoli leggeri [Veic*km]	3.909,2	3.916,3
C	Somma delle capacità [Veic*km]	126.998,0	128.089,6
D	Totale ore spostamenti [Veic*h]	1.790,7	1.790,8
E	Ore spostamenti veicoli leggeri [Veic*h]	241,6	241,5
F	Indice di congestione: (A/C)	22,82%	22,67%
G	Velocità media veicoli leggeri [km/h]: (B/E)	16,18	16,22

I risultati modellistici delle simulazioni dell'ora di punta 08:00-09:00 fanno emergere una riduzione contenuta dell'indice di congestione degli archi interni ad Area C (0,67%) e un lieve innalzamento della velocità media (0,24%).

L'esiguo numero di piazzole interne ad Area C aventi caratteristiche adeguate per esser parte integrate del progetto produce una modifica molto limitata della capacità generale dell'offerta di trasporto, con conseguente scarsa riduzione del livello di congestione.

8.8 Scenario di policy: crediti di mobilità



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Nell'ambito delle proposte ideate per problematiche di City Logistics Urbelog propone la valutazione delle missioni di consegna mediante specifiche policy di ordinamento, al fine di poter regolare la circolazione dei mezzi nell'area urbana. Tra queste, i crediti di mobilità, attraverso funzioni di contabilizzazione degli accessi in Green Area e l'accreditamento degli operatori logistici, permettono di attuare policy dinamiche di accesso, configurabili da parte della Pubblica Amministrazione, impostate secondo logiche di costo in funzione del reale utilizzo delle infrastrutture urbane di trasporto (tempi e spazi della città). Il sistema sviluppato nell'ambito del progetto è basato sul concetto dei crediti di mobilità che si configurano come una quantità di punti (cosiddetti "eco-point") che l'operatore acquisisce o perde a seconda delle sue strategie operative adottate per l'effettuazione delle attività di consegna e ritiro delle merci all'interno della Green Area (D10.2.1)

Comportamenti virtuosi (come ad esempio l'utilizzo di veicoli a basso impatto ambientale, il raggiungimento di elevati livelli di saturazione della capacità di carico dei mezzi, utilizzo di sistemi di tracciabilità dei veicoli, riduzione degli ingressi giornalieri in ZTL per effettuare le consegne e ritiri, riduzione dei tempi medi di sosta presso le piazzole di carico/scarico delle merci, ecc.) da parte dell'utente accreditato al sistema consentono l'ottenimento di un monte di crediti (eco-point).

Al contrario comportamenti non virtuosi (ad esempio l'utilizzo di veicoli inquinati, il raggiungimento di bassi coefficienti di riempimento dei mezzi, utilizzo prolungato di una piazzola di carico/scarico, ecc.) da parte dell'utente accreditato può comportare la cessione di un determinato numero di crediti (eco-point) a partire dal monte di crediti originariamente acquisito.

Qualora l'ammontare di crediti si annulli a causa di comportamenti poco virtuosi dal punto di vista dell'efficienza logistica, del rispetto dell'ambiente ed efficienza energetica, questi possono essere riacquistati direttamente dalla Pubblica Amministrazione o, in alternativa, attraverso sistema di interscambio eco-point fra utenti (secondo un modello di interscambio dei crediti tra operatori).

Nello specifico tali logiche si esplicano mediante:

- sviluppo di un sistema di crediti di mobilità (anche definiti eco-point) per la gestione ed implementazione di policy dinamiche di accesso, circolazione e sosta in Green Area;
- calcolo di tali crediti secondo algoritmi di misurazione che tengano conto dell'impatto delle operazioni logistiche (es. numero di accessi in Green Area per unità di tempo, fattore di carico, km percorsi per missione, numero di consegne/ritiri, standard euro dei veicoli, ecc.);
- implementazione di un mercato di scambio (Marketplace) dei crediti di mobilità in possesso dei diversi operatori logistici professionali e non professionali che operano in Green Area.

Le policy di pricing saranno perciò basate sul modello dei crediti di mobilità (eco-point) che, a valle del processo di registrazione (**accreditamento**) del veicolo utilizzato per consegne e/o ritiro delle merci e della relativa acquisizione di un certo numero di crediti iniziali, saranno scalati a consuntivo in base a parametri di valutazione delle operazioni effettuate (esecuzione delle missioni/viaggi). In altre parole, l'algoritmo di misurazione dovrà essere in grado di effettuare la consuntivazione delle missioni effettuate da parte dell'operatore accreditato sulla base dei **parametri di valutazione** che



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

saranno utilizzati per la valutazione delle missioni (es. km percorsi, orario di ingresso in Green Area, tempo di permanenza all'interno della Green Area, ecc.).

Il **consumo dei crediti** può essere reso variabile in funzione di parametri di valutazione quali l'orario di accesso in Green Area (es. ora di punta, ora di morbida, ecc.), il numero di ingressi giornalieri in Green Area effettuati dal veicolo, le strade utilizzate, i parametri di inquinamento medi o locali (es. polveri sottili, NOx), il tempo medio di sosta presso le piazzole di carico/scarico, ecc.

8.8.1 Parametri di valutazione delle operazioni effettuate

Il calcolo di crediti di mobilità secondo algoritmi di misurazione che tengano conto dell'impatto delle operazioni logistiche in Green Area, necessità di configurare i diversi elementi rappresentati dai parametri di valutazione delle suddette operazioni e relativi valori di riferimento e delle politiche di accesso e di tariffazione (pricing) che potranno essere implementate da parte della Pubblica Amministrazione, finalizzate ad incentivare comportamenti virtuosi e razionalizzare il processo di distribuzione e consegna delle merci in ambito urbano con particolare attenzione alle zone centrali della città (es. ZTL, Zone di Particolare Rilevanza Urbanistica, Zone 30 km/h, zone pedonali, ecc.).

Sono di seguito indicati **obiettivi specifici** da tradurre in parametri di valutazione per la gestione del consumo dei crediti (decurtamento o acquisizione crediti). Si ribadisce come la disponibilità di un sistema di bordo che abbia un modulo GPS (Global Positioning System) per l'identificazione della posizione del veicolo debba consentire la tracciabilità del veicolo secondo le modalità previste dalla legge sulla privacy, con l'obiettivo non di conoscere il percorso del singolo veicolo ma piuttosto in modo anonimo e complessivo il numero e la velocità media dei veicoli commerciali accreditati sulle sezioni stradali.

- 1) Riduzione del numero di accessi giornalieri/settimanali, conseguente alla razionalizzazione dei meccanismi distributivi, senza intervenire sul numero di consegne e/o ritiri effettuati, che deve essere quello necessario alle attività economiche nell'Area.
- 2) Riduzione dei tempi medi di sosta presso le piazzole di carico/scarico delle merci al fine di garantire un migliore utilizzo degli stalli (rotazione) ed eliminare la sosta prolungata delle piazzole soprattutto da parte del trasporto in conto proprio o autovetture private.
- 3) Elevato rapporto consegne/missione che incentivi l'incremento del numero di consegne complessive per missione attraverso un'efficace ottimizzazione dei carichi e percorsi, teso ad incentivare il trasporto professionale (conto terzi), disincentivando il conto proprio.
- 4) Riduzione delle percorrenze medie per missione per singolo veicolo in termini di veicoli*km attraverso un efficace pianificazione dei carichi e dei percorsi distributivi.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

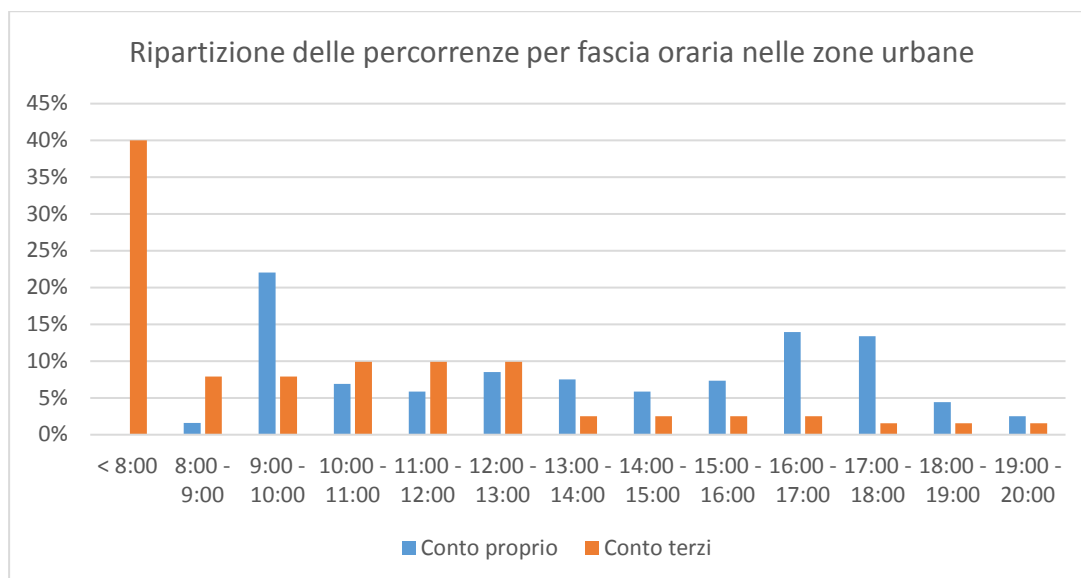
5) Garantire elevati standard emissivi attraverso il rinnovo del parco veicolare e quindi attraverso l'utilizzo di veicoli di recente immatricolazione (euro 5) e/o ecocompatibili.

Parametri di valutazione	Conto terzi specializzato (MI)	Conto proprio con mezzo proprio (MI)
1) Accessi giornalieri in Green Area per veicolo (numero)	1-3	1
2.1) Tempo totale di permanenza nella Green Area per veicolo (min)	Non disponibile	Non disponibile
2.2) Tempo medio di sosta (min)	3-5 minuti	8 minuti
2.3) Frequenza utilizzo piazzole (numero/veicolo/giorno)	Non disponibile	5% delle stop
3.1) Stop in un'ora (numero)	6.8 - 9.2	-
3.2) Numero di soste veicolo per operazioni di carico/scarico (n°stop/missione/veicolo/giorno)	70	1.85
4.1) Percorrenza veicolo per missione (km, vkm)	67.8 vkm	28 vkm
4.2) Percorrenza media veicolo per missione	=	=
4.3) Percorrenze in un'ora (km)	5.5-6.3	na
4.4) Percorrenze per stop (km)	0.59-0.96	15.1
5.1) Tipo di alimentazione veicolo (GPL, CNG, Elettrico, diesel, etc.)	Gasolio	Gasolio 60%; Benzina 35%; GPL/ibrda 5%
5.2) CO ₂ emessa per collo	0.59 kg/collo	Non disponibile
5.3) CO ₂ emessa per tratta	38 kg / tratta	Non disponibile
5.4) Categoria standard veicolo	Conto terzi	Conto proprio
	EURO 2	-
	EURO 3	-
	EURO 4	30%
	EURO 5	65%
	EURO 6	5%
6) Percorrenze nelle ore di picco del traffico veicolare (si veda la figura sottostante)	2%	48%

6) Riduzione dei veicoli merci in ingresso durante le ore di picco del traffico veicolare (ad esempio ora di punta del mattino, ecc.), incentivando gli accessi e transiti in Green Area da parte dei veicoli merci in orari non conflittuali con il trasporto privato e con il trasporto pubblico, riducendo le interferenze tra le diverse categorie di flussi di traffico.

La tabella riassume i valori di soglia possibilmente associabili a ciascun parametro di valutazione, raccolti per mezzo delle sperimentazioni di progetto relativamente al caso del trasporto in conto proprio e attraverso le informazioni riportate da AMAt (2015) relativamente al caso del trasporto in conto proprio.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



8.8.2 Regole di Consuntivazione e ranking delle missioni

La consuntivazione ha l'obiettivo di suddividere i viaggi in diverse categorie (due categorie: rossi, e verdi, o tre categorie: rossi, gialli e verdi) e addebitare un corrispondente costo in EcoPoints. Le categorie vengono determinate sulla base di specifici criteri di classificazione, che fissano delle soglie di riferimento per una serie di parametri (i chilometri percorsi nella Green Area, le emissioni, il numero di soste). Se un viaggio non soddisfa la totalità dei criteri specificati viene immediatamente classificato come rosso. Se invece rispetta i criteri, si assegna al viaggio un punteggio decimale (nell'intervallo tra 0 e 1) che misura qualitativamente il soddisfacimento dei criteri (ad esempio, il grado di vicinanza/lontananza dalla soglia massima specificata per un determinato parametro). Il punteggio così assegnato determina la classe del viaggio. Nella piattaforma Urbelog utilizzata, la sezione **Criteri di classificazione** richiede di specificare il valore di alcuni parametri (si veda il D.5.2.2_A1):

- la **soglia limite** che definisce il confine tra le classi gialla e verde (un valore percentuale tra 0 e 100)
- la ripartizione del **peso dei costi e dei benefici**. I parametri utilizzati per specificare i criteri di classificazione e assegnare un punteggio ai viaggi vengono suddivisi in costi (da minimizzare) e benefici (da massimizzare). L'assegnazione di un punteggio ai viaggi può considerare costi e benefici come equivalenti (50% - 50%) oppure può dare un maggior peso ai costi (75% - 25%) o ai benefici (25% - 75%)

La sezione **Criteri di classificazione** richiede di definire le soglie di riferimento (valore minimo e massimo) e il peso relativo (Basso, Medio, Alto) dei parametri utilizzati per la classificazione (i km

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

percorsi nella Green Area, le emissioni, il numero di soste). L'inserimento di tali informazioni è obbligatorio. La sezione **EcoPoints addebitati** specifica i costi in EcoPoints associati alle classi. La configurazione permette di specificare quali politiche di accesso alle Green Area si applicano ai viaggi, sulla base dell'esito della loro valutazione (ad esempio come costo, espresso in ecoPoint, che è addebitato ai veicoli che hanno ottenuto con una data valutazione).



8.8.3 Impatti della restrizione agli accessi in ZTL

Per valutare gli impatti ambientali dell'applicazione della policy "eco-point" l'analisi considera singolarmente alcuni degli obiettivi specifici identificati nel paragrafo 8.5.1.

Nello scenario seguente, l'assegnazione del punteggio 'verde' è fatta dipendere direttamente dall'ora di accesso nella 'green area'. In particolare, si ipotizza che l'assegnazione della classe "rosso" a tutti i veicoli partecipanti allo schema di premialità che effettuano l'accesso nella "green area" tra le ore 8:00 e le ore 9:00 vengano disincentivati per via della perdita di "ecopoints" tanto da decidere di modificare l'orario di consegna ad un momento precedente o successivo a tale intervallo.

I veicoli che, nello scenario AS-IS, circolano nell'ora di punta (8.00-9.00) percorrono, secondo i dati rilevati da AMAT (2015), 3.916 veic/km in totale (somma delle consegne in conto terzi e conto proprio).

Sulla base della valutazione degli impatti condotta con l'ausilio del modello del traffico AMAT nella sezione precedente, è possibile misurare l'impatto di tale soluzione sull'intera Area C: la congestione nell'ora di punta passerebbe dal 22.82% al 19.7%.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Milano - veic/km associato a consegne				
	AS IS		Policy 1	
	Giorno	Ora di punta (8-9)	Giorno	Ora di punta (8-9)
Somma trasporto in conto terzi	29.623	2.120	29.623	-
Somma trasporto in conto proprio	25.087	1.796	25.087	-
Totale	54.710	3.916	54.710	-

Alternativamente, può essere ipotizzato che l'adozione della politica di incentivazione abbia un impatto solo sulle consegne in conto proprio, più inefficienti e più frequenti (dal punto di vista della distribuzione di frequenza, sono preponderanti sulle consegne effettuate nelle altre fasce della giornata). L'impatto sulle percorrenze totali deriva dall'assunzione per cui il conto proprio scelga di affidarsi al conto terzi per le consegne nella fascia di punta per via del maggior vantaggio ad usufruire di tale servizio rispetto che ad acquistare un maggior numero di eco-points (per compensare lo stato 'rosso'). In tal caso si avrebbe una nuova ripartizione delle percorrenze nell'ora di punta, come indicato in tabella:

Milano - veic/km associato a consegne				
	AS IS		Policy 2	
	Giorno	Ora di punta (8-9)	Giorno	Ora di punta (8-9)
Somma trasporto in conto terzi	29.623	2.120	30.085	2.582
Somma trasporto in conto proprio	25.087	1.796	23.291	-
Totale	54.710	3.916	53.376	2.582

Veicoli*km associati alle consegne al giorno (AMAT 2015, stime IEFE-Bocconi)			
	AS IS	Policy (1)	Policy (2)
Somma trasporto in conto terzi	29.623	29.623	30.085
Somma trasporto in conto proprio	25.087	25.087	23.291
Complessivo	54.710	54.710	53.376

La differenza tra le esternalità associate allo scenario AS-IS rispetto allo Scenario Policy 1 e 2 deriva dalla riduzione delle percorrenze nelle fascia oraria di massima congestione e, nel secondo caso, alla riduzione complessiva di chilometri percorsi. Il calcolo di tale variazione è effettuato associando al valore dei veic/km percorsi due diversi valori delle esternalità ambientali totali, rispettivamente i

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

valori utilizzati nel modello identificato del paragrafo 4 nel caso in cui le percorrenza avvengano in una strada urbana altamente o mediamente congestionata.

Stima delle esternalità ambientali totali - strade urbane			
€/vkm	Scorrevole	Mediamente trafficato	Altamente trafficato
LDV (Euro 4)	118	387	515

Tale differenza ammonta a 128 €/vkm, ossia a 5.012 € al giorno e circa 1.100.000 € euro all'anno nello Scenario 1; nello Scenario 2, dal momento che la riduzione delle percorrenze in conto terzi aumenta per coprire, in misura meno che proporzionale, la riduzione delle consegne in conto proprio, tale riduzione è meno elevata e corrisponde a 1.707 € al giorno e a circa 375.000 € all'anno.

Esternalità ambientali evitate (€)		
	Scenario 1	Scenario 2
Giornalmente	5.012	1.102.640
Annualmente	1.707	375.540

9 RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI DEL PROGETTO URBELOG: TORINO

La tabella riporta i dati di input relativi alle performance operative utilizzati nella valutazione delle sperimentazioni e dello scenario BAU a Torino:

Dati di input relativi alle performance operative utilizzati per il calcolo delle esternalità					
	BAU 2015 - furgoni	BAU 2016 - furgoni (+bike)	Sperimentazione Torino	BAU 2016 - bike	Bike e Mobile Depot Torino
Km/stop	0,89	1,34	1,62	1,09	1,00
Stop/consegna	0,92	0,92	0,68	0,87	0,87
Zona	ZTL	urbana no ZTL	extraurbana	ZTL	ZTL
veic/km associato a consegne	0,82	1,23	1,10	0,95	0,87

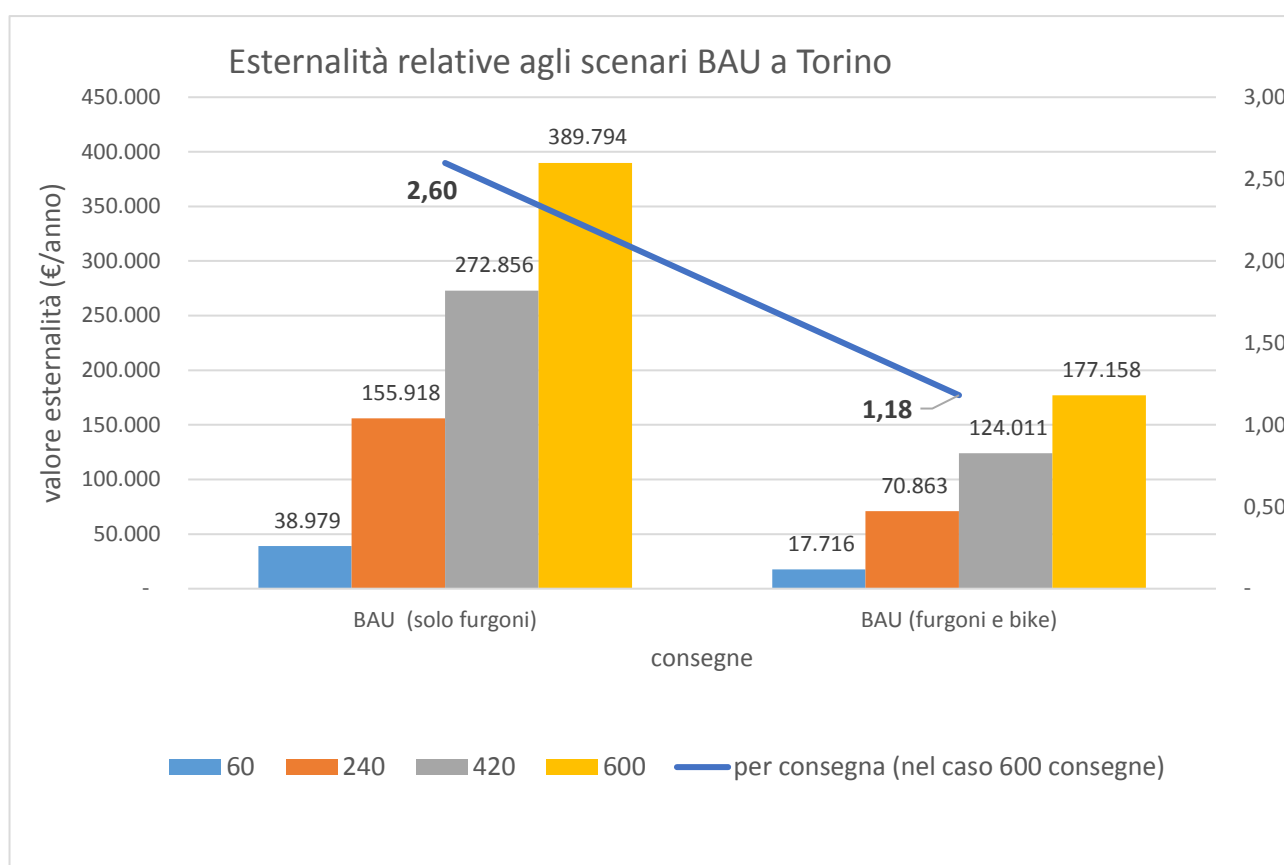
9.1 Consegne AS-IS

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il grafico riporta i costi associati a diversi volumi di consegna (da 60 a 600 consegne), a seconda dei diversi scenari:

- La situazione business as usual 2015 a Torino si riferisce ai giri effettuati in ZTL e zona urbana non ZTL da veicoli furgonati diesel, classe EURO 4 ed EURO 5.
- La situazione business as usual 2016 a Torino si riferisce ai giri effettuati in ZTL e zona urbana non ZTL da una combinazione di veicoli furgonati diesel, classe EURO 4 ed EURO 5, e di cargo bike, per una quota rispettivamente del 30% con i furgoni e del 70% con le bike.

Il passaggio alla consegna con bike Ponyzero effettuato nel 2016 ha permesso di ridurre le esternalità ambientali legate al servizio di consegna del 30%.



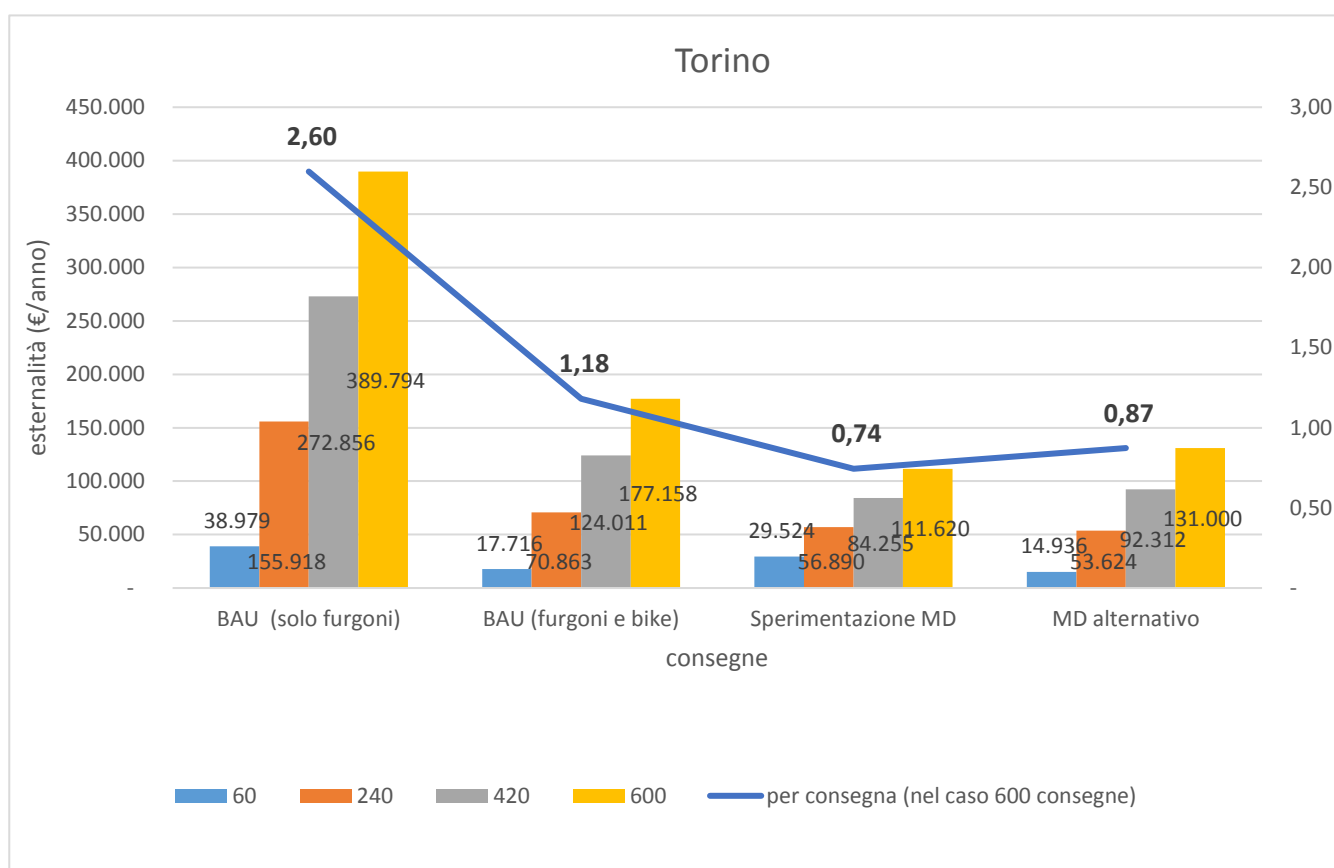
9.2 Sperimentazione Mobile Depot

Il grafico riporta i costi associati a diversi volumi di consegna (da 60 a 600 consegne), a seconda dei diversi scenari:

- La situazione business as usual 2015 a Torino si riferisce ai giri effettuati in ZTL e zona urbana non ZTL da veicoli furgonati diesel, classe EURO 4 ed EURO 5.
- La situazione business as usual 2016 a Torino si riferisce ai giri effettuati in ZTL e zona urbana non ZTL da una combinazione di veicoli furgonati diesel, classe EURO 4 ed EURO 5, e di cargo bike, per una quota rispettivamente del 30% con i furgoni e del 70% con le bike.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- Lo scenario sperimentazione Mobile Depot si riferisce al servizio di consegna effettuato attraverso cargo-bike e Mobile Depot nelle modalità descritte nel D.12.1.1, in cui i pacchi vengono caricati sul MD ogni mattina e, allo stesso modo, i ritiri e le merci non consegnate sono riportati a fine giornata alla sede della società dal MD stesso.
- Lo scenario Mobile Depot alternativo si riferisce al servizio di consegna effettuato attraverso cargo-bike e Mobile Depot nelle modalità descritte nel D.12.1.1, ossia con l'accoppiamento di veicoli che effettuano dei giri di supporto per le operazioni di trasporto dei pacchi dalla filiale al Mobile Depot e viceversa per i ritiri a fine giornata.

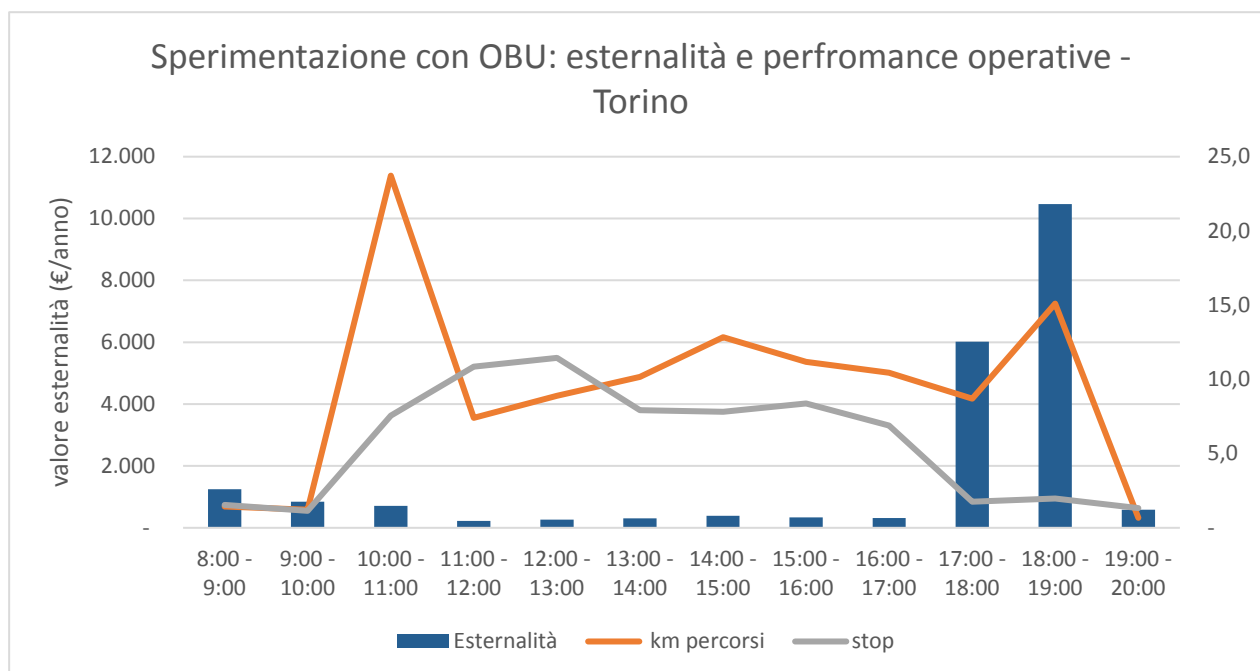


Gli scenari possono essere comparati tra loro vista la corrispondenza delle aree in cui è ipotizzato lo svolgimento del servizio di consegna. Concentrandoci su volumi di consegne per le quali il Mobile Depot risulta saturo (8-10 biciclette attive ogni giorno a seconda delle assunzioni sulle performance operative), l'adozione del Mobile Depot, a seconda delle modalità operative scelte, porta ad una riduzione dell'impatto ambientale del 28%-34% rispetto alla baseline del 2016 (consegna integrata furgoni e bike), e del 66%-70% rispetto alla baseline del 2015 in cui le consegne sono effettuate da soli furgoni diesel Euro 4 ed Euro 5.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

9.3 Sperimentazione OBU

Lo scenario 'sperimentazione OBU' si riferisce all'attività di consegna nella zona extraurbana di Ciriè, effettuata da un veicolo diesel Euro 5 (veicolo URB01) equipaggiato con la OBU di progetto. I risultati si riferiscono a giri in zone extraurbane che presentano un valore dei chilometri percorsi per stop maggiore di circa il 60-70% rispetto al valore registrato nelle aree urbane ZTL. Tale effetto è inoltre enfatizzato dal minor numero di consegne effettuate con una fermata. Da ciò risulta che lo scenario in esame presenti un valore delle esternalità decisamente più elevato rispetto alle operazioni di consegna in ZTL.



La presenza delle OBU permette di identificare delle fasce orarie in cui gli impatti ambientali sono più elevati, perché influenzati sia dal livello di congestione stradale sia da elementi che modificano l'operatività del servizio (pausa pranzo, operazioni di carico/scarico del veicolo, percorso di andata e di rientro dalla sede centrale), in particolare:

- A differenza del caso pilota di Milano, le fasi di carico dei veicoli e le percorrenze dalla sede centrale alla prima stop sono concentrate in una fascia successiva a quella di maggiore congestione stradale: a differenza del pitola di Milano pertanto le esternalità ambientali legate al servizio nelle ore mattutine sono relativamente basse rispetto alla media giornaliera.
- Nelle fasce 17-19, come nel caso pilota di Milano, i furgoni effettuano gli ultimi ritiri. Inoltre, la percorrenza del tragitto dall'ultimo stop alla filiale comporta maggiore tempo su strada rispetto alla media oraria giornaliera (fuori dall'area più densamente popolata di servizi) e meno tempo impiegato ad effettuare servizi, per tali motivi le esternalità registrate sono superiori alla media giornaliera.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

9.4 Scenario di policy: diffusione ZEV in ZTL

Lo scenario ZEV in ZTL è bastato sulla simulazione effettuata nel D.12.1.1 e si riferisce al servizio di consegna effettuato in un'area extraurbana e in un'area urbana da veicoli furgonati elettrici assimilabile a quella dei veicoli furgonati utilizzati dall'operatore privato nello scenario business as usual e di sperimentazione. I dati di input relativi alle caratteristiche delle attività di consegna in area ZTL, tra cui il numero degli accessi, la ripartizione del parco veicolare tra consegne in conto proprio e in conto terzi e i dati relativi alle motorizzazioni dei veicoli impiegati sono stati ottenuti dall'analisi precedentemente effettuata nell'ambito del progetto Urbelog (documento di progetto D1.2.1):

Secondo le rilevazioni effettuate dal Torino Tecnologie Telematiche Trasporti Traffico, il numero medio dei mezzi che hanno transitato attraverso i varchi della ZTL Centrale di Torino relativamente al trasporto in "Conto Proprio" è pari a 3100 accessi. Questo numero corrisponde all'incirca al triplo della somma del numero medio di accessi effettuati in Conto Terzi. Guardando alla categoria con cui vengono riconosciuti i veicoli, gli ingressi di autocarri per il trasporto di cose sono stati in media 3.643, pari al 60.71% del totale. Tale numero è stato ripartito tra Conto Proprio e Conto Terzi secondo il rapporto evidenziato, ovvero di uno a tre. I dati relativi alle percorrenze degli operatori in conto terzi sono stimate sulla base delle valutazioni effettuate nell'Allegato 1 del D.12.1.

Accessi nel TGM per Classe Euro	Numero	%
EURO 0	19	0.32%
EURO 1	18	0.30%
EURO 2	213	3.55%
EURO 3	955	15.91%
EURO 4	2.112	35.18%
EURO 5	732	12.19%
EURO 6	0	0.00%
N.D.	1.955	32.56%
Totale	6.004	100,00%

Per quanto riguarda le consegne in conto terzi, sono rapportati tre scenari rispetto alle consegne in ZTL: solo veicoli furgonati (situazione pre 2016), veicoli furgonati e bici (BAU), veicoli furgonati elettrici e veicoli furgonati elettrici e bike.

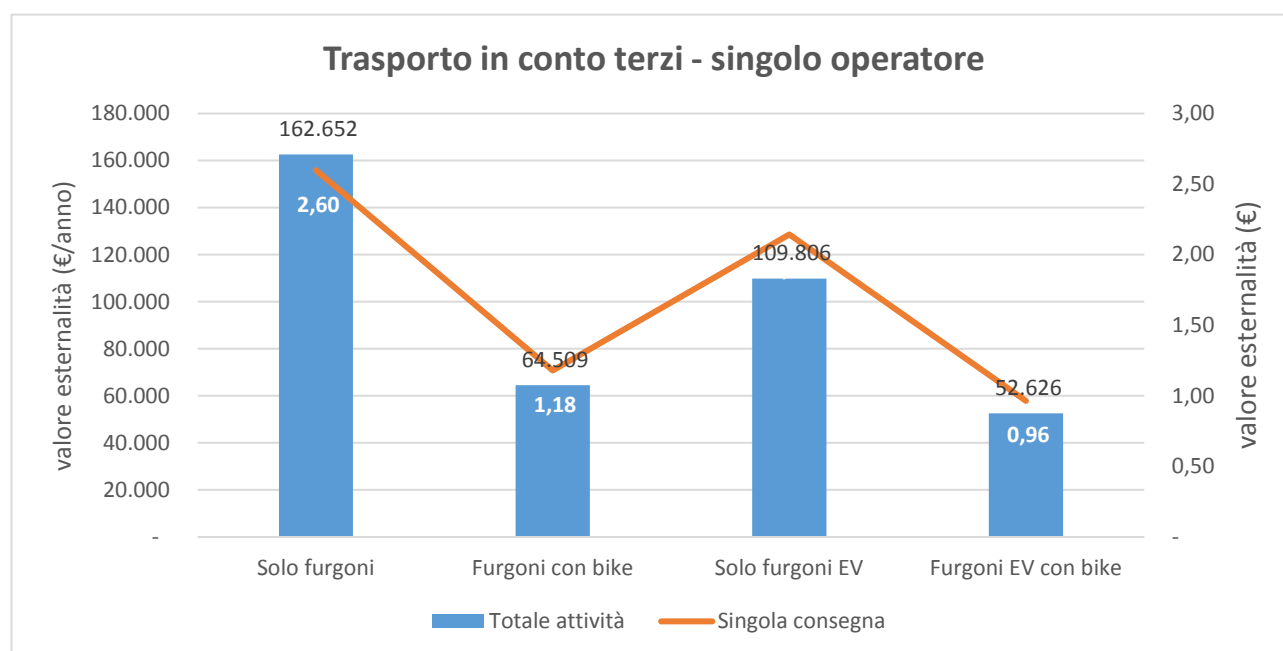
Il passaggio da una situazione in cui vengono utilizzati solo veicoli motorizzati (sia diesel che elettrici), ad uno in cui tali veicoli consegnano una quota minoritaria, pari al 40% sulla base dei dati

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

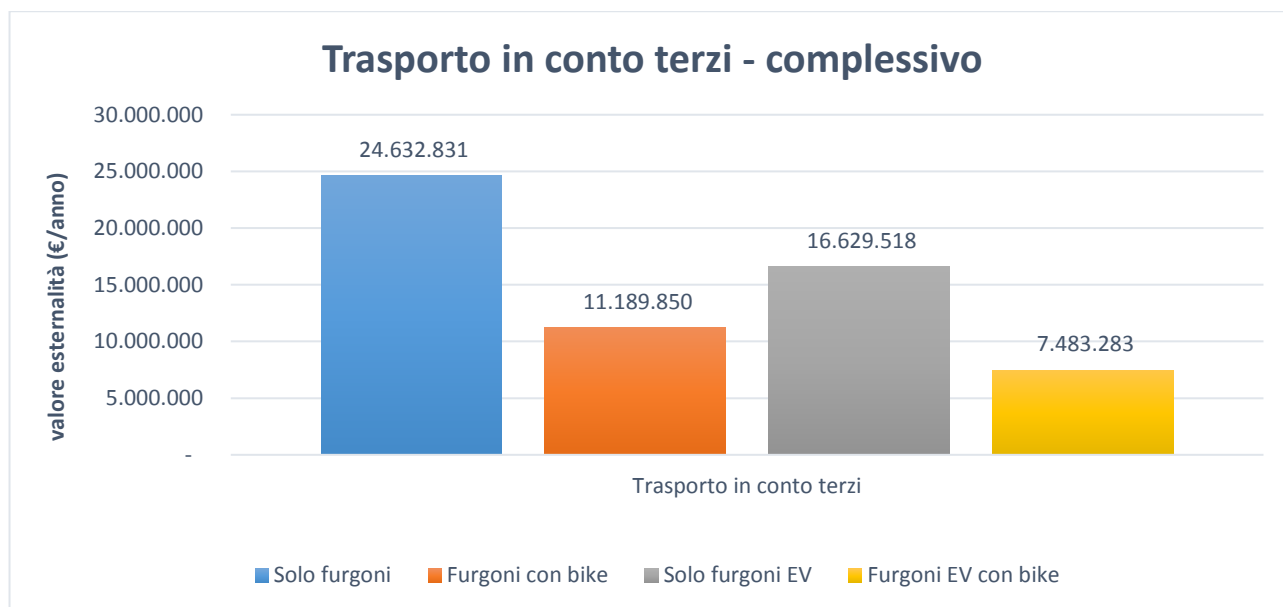
business as usual registrati per Torino, comporta una riduzione delle performance dei furgoni, registrate in termini di percorrenze/consegna e di consegne totali in un turno, in conformità al risultato dell'analisi dei percorsi ottimizzati con il modello di System Dynamics.

Dati di input – consegne operatore privato						
	Performance media per veicolo motorizzato			Performance media per bike		
	Km/consegna	Consegne	Quota attività	Km/consegna	Consegne	Quota attività
Solo furgoni	0.82	Totale consegne	100%	/	Nessuna consegna	/
Furgoni con bike	1.31	Consegne perso >5kg	30%	1.09	Consegne perso <5kg	70%
Solo furgoni EV	0.82	Totale consegne	100%	/	Nessuna consegna	/
Furgoni EV con bike	1.31	Consegne perso >5kg	30%	1.09	Consegne perso <5kg	70%

Le consegne con peso superiore a 5kg rappresentano in media il 30% delle consegne, ma con destinazioni localizzate prevalentemente nella zona semi-centrale o suburbana, dove il corriere 'bike' non può operare.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



Guardando al volume di attività di un singolo operatore emerge come il passaggio dalla gestione delle consegne con veicoli furgonati (classe Euro 4 e Euro 5) alla consegna integrata con bike abbia portato benefici derivanti dalla riduzione delle esternalità pari a quasi 100.000 euro all'anno. Allo stesso tempo, sostituire i veicoli furgonati con mezzi elettrici, porterebbe un beneficio ambientale pari a oltre 50.000 euro all'anno nel caso di consegna con soli furgoni, e pari a 8.000 euro all'anno nel caso in cui la sostituzione veicolare dovesse avvenire per i veicoli utilizzati nel servizio accoppiato con bike. Lo scenario più virtuoso si discosta dallo scenario BAU con soli furgoni di circa 110.000 euro all'anno, una riduzione del 67% evidenziata anche in termini relativi dal calcolo delle esternalità per singola consegna, che passa da 3.17 € a 1.03 €.

9.5 Ottimizzazione real-time del routing

Il presente capitolo riporta l'analisi delle simulazioni condotte al fine di testare gli algoritmi per ottimizzazione real-time del routing di flotte integrate nell'infrastruttura URBeLOG. In particolare, si pone l'obiettivo di evidenziare come un sistema ottimizzato di consegna merci in ambito Last Mile, possa comportare notevoli vantaggi non solo dal punto di vista economico dell'operatore logistico, ma anche dal punto di vista ambientale e di mobilità, guidando la Pubblica Amministrazione verso l'adozione di adeguate policy.

La sperimentazione della piattaforma URBeLOG coinvolge corrieri e trasportatori conto terzi ed operatori commerciali che trasportano in conto proprio. Infatti, in aggiunta agli attori considerati nel modello logistico presentato nel deliverable D10.1.1- D10.1.2 - Metodi ed algoritmi per la riottimizzazione del routing [6], nelle seguenti analisi condotte sono stati considerati i seguenti principali operatori logistici, i quali eseguono le operazioni di distribuzione dei pacchi nelle aree

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

urbane e nel cosiddetto Ultimo Miglio per conto dei grandi Corrieri internazionali. Quest'ultimi infatti, al fine di ottenere una maggiore efficienza operativa ed economica ed una maggiore capillarità nel territorio e dunque vicinanza al consumatore finale, esternalizzano le attività logistiche nell'Ultimo Miglio a corrieri subcontractor.

- Corriere Logistico Tradizionale

Attributi:

- utilizzo veicolo van
- capacità di carico del veicolo
- consumi e profilo delle emissioni
- ore di utilizzo del veicolo (ore di guida del driver)
- tempi di servizio

- Corriere di Cycle-Logistics

Attributi:

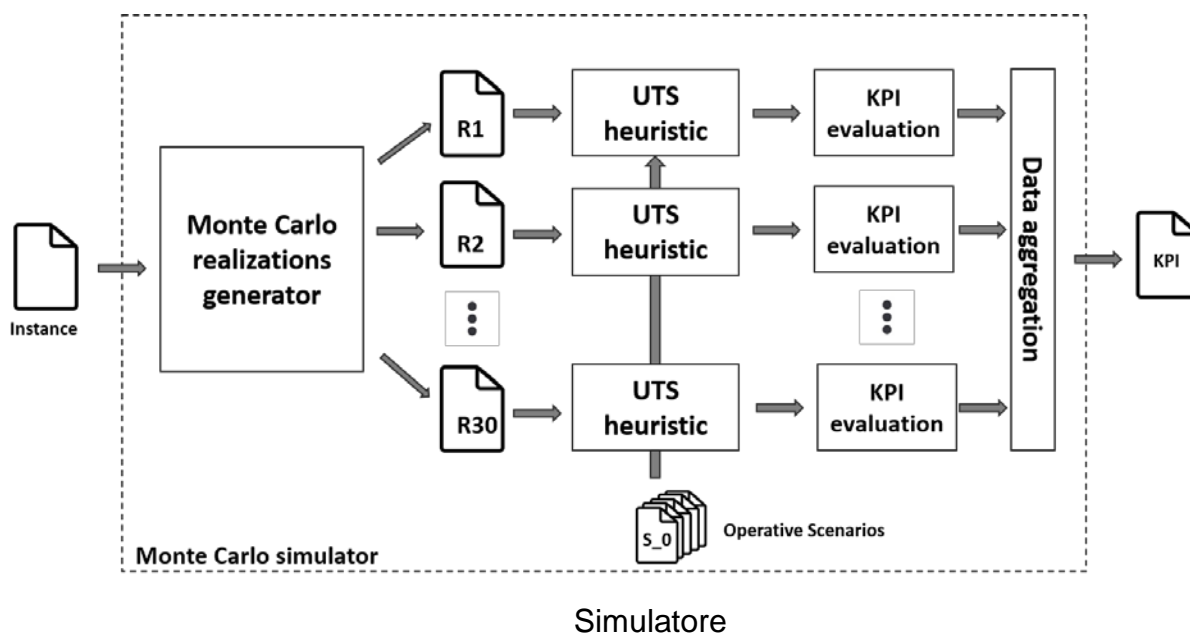
- utilizzo cargo bike
- capacità di carico del veicolo
- ore di utilizzo della cargo bike (ore di guida del biker)
- tempi di servizio

9.5.1 Il sistema di supporto alle decisioni di URBeLOG

Il sistema di supporto alle decisioni adottato, illustrato in Figura 1 si compone dei seguenti moduli:

- Simulatore Monte Carlo
- Metaeuristica per l'ottimizzazione delle operazioni nell'ultimo miglio
- Modulo di aggregazione ed analisi dei dati ed informazioni

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



Il primo blocco genera le realizzazioni che costituiranno l'input della metaeuristica, la quale ottimizzerà le operazioni day-to-day delle varie flotte di veicoli considerate. Le soluzioni ottenute in termini di routing saranno così tradotte ed analizzate utilizzando dei KPI. L'ultimo modulo riceverà così in input i valori dei singoli KPI per ciascuna soluzione della simulazione Monte Carlo, ed analizzerà i valori medi per valutare l'impatto di ciascuna policy.

Il simulatore richiede un grafo logico della città, nonché un'istanza che descrive le consegne da evadere e gli scenari operativi da valutare.

Data una certa domanda, il processo di simulazione sarà costituito dalle seguenti fasi:

1. Creazione delle istanze. Ciascuna istanza è definita in termini di numero di pacchi, per ciascuno dei quali sono note le informazioni riguardanti il tipo di pacco ed il volume, come verrà successivamente descritto.
2. Creazione di un set di 30 realizzazioni R. Viene dunque creata una realizzazione per ciascun giorno del mese, contenente lo stesso numero di consegne e caratteristiche, ma differenti destinazioni. In particolare, sono identificate delle destinazioni localizzate nelle zone centrale e semi-centrale di Torino illustrate in Figura 2. Tali zone sono state identificate, come le aree su cui l'utilizzo della piattaforma URBeLOG potrebbe maggiormente impattare in modo positivo, data la presenza di diverse tipologie di ZTL. Inoltre, la zona centrale di Torino è quella su cui avviene la sperimentazione.

Per ciascuna consegna da effettuare, note le sue coordinate, si individua nel grafo logico della città, il nodo che presenta la posizione rilevata dal *Geographic Information System* (GIS) più vicina e la si assegna ad esso. La distanza tra la posizione GIS della destinazione ed il nodo logico è calcolata attraverso la *distanza Manhattan* anche nota come Geometria del Taxi.

3. Costruzione del Problema di Routing. Per ciascuna realizzazione $r \in R$ viene generato un Vehicle Routing Problem (VRP) valutato a seconda dello scenario operativo. In particolare, il



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

simulatore integra un algoritmo di ottimizzazione che minimizza il costo della consegna e calcola le rotte per le flotte di veicoli. Tale algoritmo di ottimizzazione è basato sull'euristica *Unified Tabu Search Algorithm* (UTS) formulata da Cordeau e Laporte (2001) [1], applicato ad una variante del Multi-Depot Periodic Vehicle Routing Problem with Time Windows, così come elaborato da Lahrichi et al. (2015) [2].

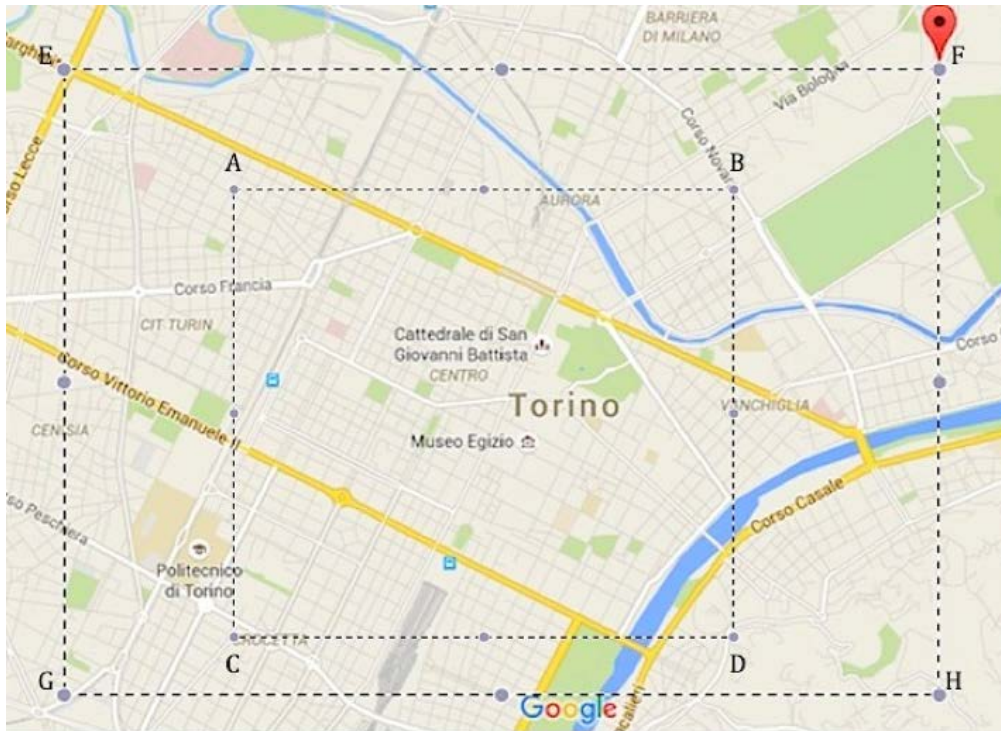
L'algoritmo è un metodo euristico basato sulla tecnica del *Tabu Search* per la ricerca locale. Esso permettendo di esplorare soluzioni infeasible intermedie utilizzando una funzione obiettivo generalizzata contenente coefficienti self-adjusting e diversificazioni continue. Tale tecnica esplora, ad ogni iterazione, il vicinato $N(s)$ della soluzione corrente s (es. lo spazio delle soluzioni raggiungibili da s mediante l'applicazione di una mossa). Dal momento che la soluzione attuale potrebbe deteriorarsi durante la ricerca, devono essere implementate delle regole di anti-cycling. Il compito di queste regole è di evitare che, una volta generata una soluzione peggiorante, l'algoritmo ritorni alla soluzione dell'iterazione precedente. Inoltre, meccanismi di diversificazione possono essere utilizzati per aiutare il processo di ricerca ad esplorare una vasta porzione dell'intero spazio di soluzioni.

Soluzioni di vicinato sono così ottenute muovendo un vertice dalla sua route ad un'altra, per mezzo della procedura generalizzata di inserimento basata sull'euristica GENI di Gendreau et al. (1992) [3].

Per maggiori dettagli sull'algoritmo di ottimizzazione del routing, si veda il deliverable D10.1.1-D10.1.2 - Metodi ed algoritmi per la riottimizzazione del routing [6].

4. Calcolo dei KPI e Aggregazione dei Dati. Date le soluzioni precedentemente ottenute, il modulo di aggregazione dei dati, georeferenzia le route utilizzando le API di Google Maps, ne calcola i rispettivi KPI individuali e della flotta di veicoli, valutando così le performance degli operatori logistici considerati. Inoltre, al fine di ottenere valori dei KPI in maniera più accurata, la durata di ciascuna route è calcolata utilizzando la distribuzione empirica dei tempi di viaggio durante il giorno, come presentato in Maggioni et al. (2014) [4].

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali



Aree geografiche considerate nella simulazione

9.6 Dati di Input

Per condurre gli esperimenti, sono stati considerati tre diversi setting di dati denominati come I1, I2 ed I3 contenenti da 1000 a 4000 consegne. Tali setting sono stati generati da dati reali raccolti durante l'implementazione del progetto URBeLOG, durante le tre settimane a cavallo tra la fine del 2014 e l'inizio del 2015, nella città di Torino.

Per ciascun setting, sono state considerate 30 istanze, che come precedentemente menzionato, sono descritte in termini di numero di pacchi. Per ciascuna consegna sono note le informazioni:

- Tipologia di pacco e rispettivo peso e volume. In particolare, analogamente alla distinzione operata dalla Commissione Europea nel Green Paper [5], sono individuate le seguenti classi di pacchi:
 - *Mailer*. Comprende tutte le consegne con peso inferiore ai 3 kg
 - *Small Delivery*. Pacchi con peso compreso tra i 3 ed i 5 kg
 - *Large Delivery*. Pacchi con peso superiore ai 5 kg.

In generale, dai dati a disposizione emerge che in ciascuna istanza, più del 50% dei pacchi sono Mailer, localizzate nella zona centrale della città. Diversamente le Large Delivery rappresentano in media il 30% delle consegne, ma con destinazioni localizzate



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

prevalentemente nella zona semi-centrale o suburbana, dove il corriere green non può operare.

- Destinazione, indicata con latitudine e longitudine.
- Time Window entro cui la consegna deve essere eseguita.

Si considerano inoltre i seguenti dati in input circa gli operatori logistici:

- Classi di pacchi. Il corriere tradizionale può trasportare e consegnare tutte le classi di pacchi precedentemente illustrate, mentre il corriere green solo i Mailer e le Small Delivery, per via delle limitazioni di carico del proprio veicolo.
- Velocità. Nella meta euristica, la funzione di costo considera i tempi di viaggio. Per tale ragione, sono stati considerati per i veicoli tradizionali una velocità pari a 20 km/h in centro città, zona generalmente affetta da traffico e congestione, e pari a 35 km/h nella zona semi-centrale. Diversamente la velocità dei biker per il corriere green è di 20 km/h, senza distinzione di area, per la maggiore capacità del mezzo di svincolarsi dal traffico cittadino e limitazioni stradali.
- Tempi di Servizio. Il tempo di servizio per l'operatore tradizionale, è di circa 4 minuti in caso di Large Delivery, e 3 minuti per le restanti classi, considerando il tempo necessario per la sosta del veicolo e le operazioni di consegna. Diversamente il corriere green può beneficiare della facilità di parcheggio, ottenendo dei tempi di servizio più ridotti e pari a 2 minuti.
- Capacità. Il veicolo tradizionale ha una capacità di 700 kg, mentre per il corriere green si considera 70 kg di cui 20 kg nella "messenger bag" e 50 kg nel cassone della bici.

Sono state inoltre formulate le seguenti assunzioni, al fine di considerare dei test il più possibile accurati e conformi alla realtà operativa degli operatori logistici:

- i pacchi sono disponibili nel deposito del corriere all'inizio della giornata lavorativa;
- il deposito/centro di distribuzione del corriere tradizionale è localizzato appena fuori la città, mentre un deposito secondario è localizzato in centro città per agevolare le operazioni di carico/scarico merci per gli operatori logistici che utilizzano la cargo bike;
- tutte le consegne considerate sono destinate nelle aree urbane
- per semplicità si ipotizza che non sussistano problemi di non disponibilità dei veicoli.

Per ciascuna istanza, sono stati definiti i seguenti 5 scenari operativi (riepilogati nella Tabella 1), combinando le due aree geografiche e le classi di pacchi considerate:

- Scenario S_0. Il corriere tradizionale effettua tutte le consegne in entrambe le zone considerate.
- Scenario S_3_C. Il corriere green consegna i pacchi con peso < 3 kg (Mailer) nella zona centrale, lasciando tutte le rimanenti consegne al corriere tradizionale.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- **Scenario S_3_S.** Il corriere green consegna i pacchi con peso < 3 kg (Mailer) nella zona centrale e semi-centrale di Torino, lasciando tutte le rimanenti consegne al corriere tradizionale.
- **Scenario S_3_C.** Il corriere green consegna i pacchi con peso < 5 kg (Mailer e Small Delivery) nella zona centrale, lasciando tutte le rimanenti consegne al corriere tradizionale.
- **Scenario S_3_S.** Il corriere green consegna i pacchi con peso < 5 kg (Mailer e Small Delivery) nella zona centrale e semicentrale, lasciando tutte le rimanenti consegne al corriere tradizionale.

Tabella – Scenari operativi

Scenario S_0		
	<i>Centro</i>	<i>Semi-centro</i>
<i>Mailer</i>	Van	Van
<i>Small Delivery</i>	Van	Van
<i>Large Delivery</i>	Van	Van
Scenario S_3_C		
	<i>Centro</i>	<i>Semi-centro</i>
<i>Mailer</i>	Cargo Bike	Van
<i>Small Delivery</i>	Van	Van
<i>Large Delivery</i>	Van	Van
Scenario S_3_S		
	<i>Centro</i>	<i>Semi-centro</i>
<i>Mailer</i>	Cargo Bike	Cargo Bike
<i>Small Delivery</i>	Van	Van
<i>Large Delivery</i>	Van	Van
Scenario S_5_C		
	<i>Centro</i>	<i>Semi-centro</i>
<i>Mailer</i>	Cargo Bike	Van
<i>Small Delivery</i>	Cargo Bike	Van
<i>Large Delivery</i>	Van	Van
Scenario S_5_S		
	<i>Centro</i>	<i>Semi-centro</i>
<i>Mailer</i>	Cargo Bike	Cargo Bike
<i>Small Delivery</i>	Cargo Bike	Cargo Bike
<i>Large Delivery</i>	Van	Van

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

9.7 Key Performance Indicator (KPI)

Per quantificare gli effetti del sistema messo a punto nel corso del progetto URBeLOG, sulla mobilità urbana, sulle scelte comportamentali e sull'efficienza dell'integrazione dei diversi operatori del trasporto, sono necessari KPI definiti ad hoc e che alimentano un sistema di supporto alle decisioni per le pubbliche amministrazioni ed operatori logistici.

In particolare, sono stati definiti tre KPI:

- Numero di Veicoli Equivalenti (nVEq). Al fine di poter comparare le performance dei due corrieri, date le differenze dei due veicoli, abbiamo effettuato una conversione tra bici e van, considerando un turno di lavoro a tempo pieno del corriere tradizionale pari a 6 ore e mezza, secondo la normativa europea. In particolare, è stato calcolato il numero di veicoli equivalenti come la somma del tempo lavorativo per ciascun biker t_b , diviso il numero di ore in un turno lavorativo del driver del corriere tradizionale h_d .

$$nVEq = \frac{\sum t_b}{h_d}$$

- Numero di consegne per ora (nC/h). Tipicamente l'efficienza di un corriere viene misurata in termini di consegne effettuate in un'ora lavorativa.
- Riduzione di CO2 (CO2Sav). Questo KPI misura i kilogrammi di CO2 risparmiati in caso di utilizzo di veicoli ecologici combinati all'ottimizzazione dei percorsi.

9.7.1 Impatto ambientale

Al fine della valutazione dell'impatto ambientale generato dall'ottimizzazione dei percorsi e dall'introduzione di veicoli ecologici, sono state calcolate le emissioni dell'intera supply chain, in accordo con quanto previsto dalla normativa ISO/TS 14067:2013 [7]. In particolare, sono state considerate:

- Emissioni dirette, generate direttamente dal veicolo (es. in caso di veicolo ibrido o tradizionale)
- Emissioni indirette, emesse nelle diverse componenti della supply chain (es. nel trasporto su lunga tratta o per la produzione dei veicoli ed alimentazione)
- Emissioni CO2 Equivalenti, conversione necessaria per includere gli altri inquinanti (es. No_x, ecc.)

I risultati ottenuti dalle simulazioni condotte hanno evidenziato come l'introduzione di nuovi modelli di business basati sull'utilizzo di veicoli a basso impatto ambientale come le cargo bike, i veicoli elettrici ed ibridi, porti ad una riduzione delle emissioni, con un picco pari al 45% corrispondente a circa 14 tonnellate di CO2 all'anno (Tabella 3). L'area servita dal corriere di cycle logistics ha inoltre un notevole impatto sulle emissioni. Infatti, riducendo ed ottimizzando gli accessi

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

del corriere logistico tradizionale nelle zone centro e semi-centro di Torino, la lunghezza dei suoi percorsi si riduce di circa il 25% con una corrispondente riduzione delle emissioni pari al 40%.

Tuttavia è importante ribadire come l'adozione di veicoli a basso impatto ambientale debba essere supportata da un processo continuo di gestione, ottimizzazione e monitoraggio delle operazioni.

Tabella – Riduzione delle emissioni (%) rispetto allo scenario S_0

Istanze	CO2Sav			
	S_3_C	S_3_S	S_5_C	S_5_S
I1	22%	34%	27%	45%
I2	16%	34%	26%	44%
I3	16%	41%	20%	48%

10 LE POLITICHE PUBBLICHE PER L'INTERNALIZZAZIONE DELLE ESTERNALITÀ DEL TRASPORTO MERCI

10.1 Il settore della logistica urbana in Italia

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il settore della logistica urbana italiana è caratterizzato da elevati livelli di inefficienza. Queste inefficienze, secondo i dati contenuti nel Piano Nazionale della Logistica 2011-2020, costano complessivamente 4 miliardi di euro all'anno (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2010). Queste inefficienze, oltre a ledere la qualità dei servizi logistici, ne determina anche gli elevati impatti negativi sull'ambiente e la società. Poiché questi impatti negativi non vengono adeguatamente internalizzati dagli operatori privati che li generano, si rende necessario l'intervento del soggetto pubblico. Nei seguenti paragrafi verrà presentato lo stato della logistica merci in Italia e le differenti tipologie di politiche e misure impiegabili dalle pubbliche amministrazioni per contenere e/o internalizzare le esternalità negative generate dal settore della logistica.

10.2 La logistica delle merci in Italia: le principali inefficienze

Il settore della logistica delle merci ha bassi tassi di efficienza interni in tutto il mondo. Secondo quanto riportato dall'OECD³⁹, il coefficiente medio di riempimento dei veicoli commerciali è complessivamente inferiore al 25% per il 30% dei veicoli e inferiore al 50% per il 50% dei veicoli. Studi condotti in Italia su alcune aree urbane confermano l'esistenza di questi elevati livelli di inefficienza anche nel nostro paese. A Milano ad esempio, uno studio condotto nel 2001⁴⁰ ha rilevato un tasso di carico medio dei veicoli commerciali pari al 40% e un numero di spostamenti a vuoto che si aggirava attorno al 20-30%. Anche a Siena⁴¹, le indagini condotte hanno rilevato coefficienti di riempimento dei mezzi commerciali inferiori al 50% nel 70% dei casi.

La letteratura è concorde nell'associare le maggiori inefficienze del settore alla logistica in conto proprio rispetto a quella in conto terzi, capace invece di raggiungere maggiori livelli di efficienza grazie alle economie di scala che si generano. Questo dato è particolarmente significativo per l'Italia visto che, secondo quanto riportato dal Centro Studi Confetra⁴², nel 2006 il 77,8% degli spostamenti merci a livello urbano è avvenuto con mezzi in conto proprio e solo il 22,2% con mezzi in conto terzi. Le percentuali cambiano se si prende in considerazione invece la scala nazionale. Qui infatti la ripartizione è 51,9% in conto proprio e 48,1% in conto terzi.

Le inefficienze del sistema logistico urbano oltre che sul conto terzi si concentrano sugli operatori che effettuano le movimentazioni merci di ultimo miglio (last-mile). Le ragioni di tali inefficienze nel comparto last-mile sono imputabili in primo luogo a:

- Piccola dimensione societaria della maggior parte dei soggetti industriali che effettuano le consegne last-mile, il cosiddetto fenomeno dei padroncini (Centro Studi Confetra, 2008);

³⁹ OECD (2002), Urban freight transport, intermediate report of the working group.

⁴⁰ Comune di Milano, Politecnico di Milano (2001), Indagine sul traffico merci nell'area milanese, Comune di Milano, Milano.

⁴¹ Comune di Siena, Siena Parcheggi (1999), Linee progettuali per il Servizio di Logistica Urbana della città di Siena, Comune di Siena, Siena.

⁴² Centro Studi Confetra (2008), La fattura Italia dei servizi logistici e del trasporto merci, Quaderno N. 2 – Aprile 2008.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- Difficoltà nell'ottimizzazione dei carichi connesse con la necessità di effettuare consegne singole (Centro Studi Confetra, 2008);
- Bassa incidenza sul prezzo finale di vendita del prodotto dei servizi logistici last-mile, che incidono complessivamente per non più dell'1-2% (Commissione Europea, 1998)⁴³.

Per questo motivo risulta cruciale, al fine di rendere più efficiente il settore della logistica merci in Italia, disporre di efficaci e moderne policy urbane in grado di guidare gli operatori della logistica verso comportamenti più efficienti e meno impattanti dal punto di vista ambientale.

10.2.1 Le esternalità positive della logistica urbana: trade-off tra efficacia ed efficienza della logistica urbana

Nella definizione delle politiche e degli strumenti più idonei a promuovere un maggiore grado di efficienza nei servizi di logistica urbana, è necessario tenere in considerazione una serie di esternalità positive generate dal settore. La distribuzione urbana delle merci infatti non è un'attività eliminabile, né tantomeno da penalizzare in assoluto, in quanto il benessere delle aree urbane dipende dal grado di efficienza garantito dagli operatori della logistica nel far circolare le merci in città (McKinnon A., Cullinane S., Browne M., Whiteing A., 2010). Le aree urbane infatti, necessitano di una logistica urbana che sia allo stesso tempo efficiente ed efficace, in grado cioè di soddisfare le esigenze del cliente garantendo che venga consegnata la giusta quantità di merce, nel posto esatto e nel tempo richiesto, con le caratteristiche di qualità della merce inalterate⁴⁴.

Esiste tuttavia un trade-off tra l'obiettivo dell'efficienza e quello dell'efficacia logistica, in quanto "la minimizzazione dei costi logistici totali tramite razionalizzazione dei flussi ed aumento della produttività, comporta il più delle volte un peggioramento del livello di servizio" (Maggi, 2001)⁴⁵. Questo accade in quanto si ha una riduzione della frequenza delle consegne, un allungamento dei tempi di consegna, difficoltà nel garantire servizi di consegne "just in time", ecc. È evidente pertanto che ogni rottura di carico indotta ad esempio dalla necessità di consolidare i carichi, può generare dei benefici ambientali complessivi ma al costo spesso di uno scadimento della qualità complessiva del servizio di consegna.

Le politiche pubbliche che intervengono sui servizi di logistica urbana devono pertanto tenere in considerazione questi aspetti, garantendo allo stesso tempo efficienza ed efficacia dei servizi logistici. In tal senso la definizione di policy pubbliche partecipate, cioè sviluppate in collaborazione con gli operatori della logistica può essere un utile strumento per giungere a misure condivise ed efficaci.

⁴³ Commissione Europa, Direzione Generale Trasporti (1998), Cost 231. Urban goods transport, Office for official publication of the European Communities, Bruxelles.

⁴⁴ Tale concetto di efficacia nei sistemi logistici è stata teorizzata da Kobayashi nel 1998 nella sua teoria delle "Sette condizioni giuste ovvero: 1) right quantity; 2) right quality; 3) right place; 4) right time; 5) right method; 6) right materials; 7) right impression.

⁴⁵ Maggi E. (2001), La logistica merci urbana: criticità e proposte di soluzione, in Atti della XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali (AISre) Scienze Regionali e strategie per la città e il territorio, Venezia.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

10.2.2 Le trasformazioni in atto nel settore della logistica che influenzano le policy pubbliche

I servizi logistici urbani stanno subendo negli ultimi anni un profondo processo di trasformazione (OECD, 2001), che deve necessariamente essere analizzata al fine di realizzare politiche realmente incisive. Le trasformazioni del settore della logistica stanno intervenendo sulle due dimensioni essenziali del settore:

- Domanda di servizi logistici;
- Offerta di servizi logistici.

Per quanto riguarda la domanda di servizi logistici, le principali trasformazioni in atto sono:

- **Proliferazione dei soggetti che esprimono domanda.** Questo è legato, in particolar modo per l'Italia, all'elevata polverizzazione dei punti vendita e alla scarsa diffusione della grande distribuzione organizzata (GDO) (Erasmus School of Economics, 2008)⁴⁶;
- **Espandersi dei rifornimenti industriali "Just in Time".** Molti settori industriali hanno adottato nuovi modelli organizzativi interni finalizzati alla riduzione dei magazzini, sia in termini spaziali che temporali (OECD, 2001);
- **E-Commerce.** Sebbene rappresenti ancora una piccola quota delle vendite al dettaglio totali europee (circa il 2%)⁴⁷, l'e-commerce è in costante crescita, tanto che nel 2010 il 40% dei consumatori europei ha acquistato almeno una merce o un servizio via internet (Commissione Europea, 2011)⁴⁸.
- **Personalizzazione delle consegne.** Con il diffondersi dell'e-commerce e dei rifornimenti industriali Just in time cresce la domanda di consegne a domicilio e ad orari prestabiliti della giornata, rendendo pertanto la domanda di servizi logistici sempre più frammentata e difficilmente aggregabile (OECD, 2001)⁴⁹.

La letteratura sul tema evidenzia come la domanda di servizi logistici sia poco elastica e molto "esigente" in termini di qualità del servizio e rispetto delle tempistiche di consegna. Questo rende molto complesso per gli operatori della logistica ottimizzare le proprie attività di consegna.

Sul lato dell'offerta di servizi logistici invece, le principali trasformazioni in atto sono:

⁴⁶ Erasmus School of Economics (2008), Sustainability of Urban Freight Transport Retail Distribution and Local Regulations in Cities, Erasmus Research Institute of Management (ERIM).

⁴⁷ MDS Transmodal, DG MOVE European Commission (2012): Study on Urban Freight Transport. Final Report Pag.37

⁴⁸ Commissione Europea (2011), 5th Edition of the Consumer Conditions Scoreboard, Marzo 2011.

⁴⁹ OECD, ECMT (2001), Transport and local distribution. Impacts of Information and Communication Technology on Urban Logistics System, OECD/ECTM Joint Seminar, Paris. All'interno del paper viene inoltre presentato uno scenario che associa alla crescita dell'e-Commerce di una maggiore efficienza dei sistemi logistici, connesso soprattutto con la possibilità di ridurre la quantità di *dead stock*, ancorando la produzione di merci direttamente alla loro domanda.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- **Forte processo di *outsourcing* della logistica last-mile** (Razzaque M. A., Sheng C. C., 1998)⁵⁰. Questo fenomeno è particolarmente accentuato in Italia dove si sono affermate un elevato numero di piccole aziende specializzate guidate dai cosiddetti “padroncini” (Centro Studi Confetra, 1999)⁵¹. Tali piccole realtà imprenditoriali sono in forte competizione l’una con l’altra, soprattutto sui prezzi e i tempi delle consegne, rendendo molto difficile ogni forma di consolidamento dei carichi e utilizzo di piattaforme logistiche condivise. La loro limitata capacità finanziaria inoltre, le porta a ricorrere a mezzi di trasporto vecchi e pertanto fortemente inquinanti.
- **Servizi di consegna sempre più specializzati.** Cresce in Europa ed Italia l’offerta da parte degli operatori della logistica urbana di servizi *door-to-door* e *business-to-consumer* (MDS Transmodal, DG MOVE, 2012). Queste tipologie di consegne sono difficili da aggregare e con esigenze marcate in termini di *lead time* e affidabilità delle consegne.

La competizione tra gli operatori della logistica urbana sul lato offerta di servizi logistici è molto elevata. Questa competizione tuttavia si gioca più sull’offerta di servizi sempre più innovativi in termini di tempi e modi di consegna che su una reale ottimizzazione delle consegne. Questo è legato al fatto che i costi delle consegne last-mile incidono poco sul costo totale di consegna della merce consegnata.

10.3 Le politiche pubbliche nel settore della logistica urbana delle merci

Le politiche pubbliche nazionali nel settore della logistica urbana delle merci sono numerose e differenti tra loro. Pur con le specificità tipiche di ciascun paese della Commissione Europea, esistono dei precisi riferimenti europei e delle forti similarità tra differenti Paesi.

10.3.1 Indirizzi europei per le policy di internalizzazione dei costi esterni generati dal settore della logistica

La Commissione Europea ha più volte ribadito la necessità di definire politiche e strumenti atti ad internalizzare i costi esterni generati dai trasporti. Tale necessità è stata sancita per la prima volta nel V Programma d’Azione Ambientale del 1992 e infine definita con maggiore dettaglio nel Libro Bianco dei Trasporti del 2011⁵². La Commissione Europea prevede di “procedere

⁵⁰ Razzaque, M. A. and C. C. Sheng (1998), Outsourcing of logistics functions: a literature survey. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 28 (2), 89-107.

⁵¹ Centro Studi Confetra (1999), La fattura Italia dei servizi logistici e del trasporto merci, Quaderno N. 2 – Aprile 2008.

⁵² Commissione Europea (2011), Libro Bianco dei Trasporti. Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti. Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile, COM (2011) 144 definitivo.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

all'internalizzazione dei costi esterni per tutti i modi di trasporto, applicando principi comuni e tenendo conto della specificità di ciascun modo” e definendo un “quadro per destinare le entrate generate dai trasporti allo sviluppo di un sistema di trasporti integrato ed efficiente” (Commissione Europea, 2011). Questo compito compete al settore pubblico in quanto “gli attori della logistica urbana, nel prendere le loro decisioni, considerano solo i costi privati” (Maggi, 2004)⁵³.

Internalizzare i costi esterni della logistica urbana (sia sul lato dell'offerta che della domanda di servizi logistici) per un soggetto pubblico significa avviare “politiche efficaci su tutti i livelli di policy-making finalizzate ad incentivare gli operatori logistici ed i loro clienti ad incrementare l'efficienza complessiva del sistema distributivo urbano. Tali misure potranno avere un effetto sia sulla riduzione dei costi e/o l'aggiunta di valore per il settore privato che una riduzione delle esternalità negative” (Commissione Europea, 2012)⁵⁴. Tali politiche pertanto, devono mirare al raggiungimento di una “distribuzione urbana sostenibile”, ovvero all'adozione di politiche e misure in grado di massimizzare l'efficienza economica del sistema distributivo urbano, riducendone allo stesso tempo gli impatti sociali e ambientali negativi “tenendo in considerazione l'intera catena logistica door-to-door” (Commissione Europea, 2012)⁵⁵. Si tratta di adottare misure in grado di creare un vantaggio competitivo a favore delle forme di distribuzione più efficienti e a minore impatto ambientale, disincentivando invece quelle che generano esternalità negative (Moggi E., 2001).

10.3.2 Strategie di intervento pubblico per l'internalizzazione delle esternalità

Il soggetto pubblico interviene nel mercato della logistica urbana al fine di spingere il sistema verso una condizione di “ottimo sociale” che in assenza di un suo intervento non verrebbe raggiunto (Maggi E., 2001). Il settore del trasporto merci infatti non ha un particolare interesse ad incrementare l'efficienza dei propri modelli organizzativi, “in quanto per chi riceve la merce, il costo dei trasporti è spesso una piccola parte del valore complessivo delle merci acquistate e l'operatore del trasporto merci è pagato per la qualità del servizio che fornisce” (Commissione Europea, 2012)⁵⁶ e non per l'efficienza complessiva con cui lo realizza. Il fine ultimo dell'intervento pubblico nel mercato della logistica urbana pertanto, è finalizzato al raggiungimento del livello più elevato possibile di efficienza del sistema logistico urbano.

Il settore pubblico dispone di diverse possibilità di intervento nel rendere più efficienti i servizi di logistica urbana e ridurre in questo modo parte dei relativi costi esterni. Al fine di razionalizzare il processo distributivo delle merci in città e adottare scelte di policy in grado di tenere in considerazione il trade-off tra efficacia ed efficienza dei servizi logistici, il settore pubblico può decidere di intervenire sulla domanda o sull'offerta di servizi logistici (Maggi E., 2001) o includere

⁵³ Maggi E., (2004), La regolazione della mobilità delle merci per uno sviluppo urbano sostenibile, Politecnico di Milano, dipartimento di Architettura e Pianificazione

⁵⁴ Commissione Europea (2012), Study on Urban Freight Transport. Final Report, pag. 4

⁵⁵ Commissione Europea (2012), Study on Urban Freight Transport. Final Report, pag. 2

⁵⁶ Commissione Europea (2012): Study on Urban Freight Transport. Final Report, pag. 4



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

misure che incidono sulla logistica urbana in altre politiche settoriali come quelle ambientali o infrastrutturali.

Sul lato della domanda di servizi logistici, le priorità d'intervento sono:

- La riduzione della quantità di merci circolanti (raggruppando ad esempio gli ordini o diminuendo la frequenza delle richieste di consegne, ecc.);
- La riconversione della domanda dal conto proprio al conto terzi;
- La creazione di spazi dedicati in cui stoccare le merci.

Sul lato dell'offerta invece, le priorità d'intervento sono:

- La razionalizzazione dei flussi delle merci;
- Innovazione dei modelli logistici;
- Il ricorso a mezzi meno inquinanti.

Incrementare l'efficienza del sistema distributivo delle merci in ambito urbano, significa intervenire prioritariamente sui seguenti ambiti (Commissione Europea, 2012):

- Incrementare i fattori di carico dei singoli mezzi;
- Ridurre il numero di viaggi a vuoto compiuti;
- Ridurre/gestire i tempi di sosta dei veicoli commerciali nei punti di carico e scarico;
- Ridurre il numero di consegne singole a singoli clienti.

Nonostante l'importanza del tema, "la maggior parte degli enti locali aventi competenze sulle aree urbane non ha sviluppato una politica coerente in materia di trasporto merci" (McKinnon A., Cullinane S., Browne M., Whiteing A)⁵⁷ e anche dove lo ha fatto ha seguito propri bisogni specifici, senza un coordinamento centrale, portando a livello regionale e nazionale ad una iperframmentazione del contesto regolatorio.

10.3.3 Gli strumenti per la razionalizzazione della logistica urbana e i loro limiti

Gli strumenti attraverso i quali le Pubbliche Amministrazioni possono attuare le diverse misure di razionalizzazione della logistica urbana sono molteplici ed in letteratura vengono solitamente classificati in cinque grandi categorie (MDS Transmodal, DG Move, 2012):

- **Interventi di natura economica basati sul mercato**, sono le misure fiscali come tasse, pedaggi, incentivi, permessi scambiabili, il cui obiettivo è quello di disincentivare dal punto di vista economico le operazioni logistiche che generano le maggiori esternalità negative;

⁵⁷McKinnon A., Cullinane S., Browne M., Whiteing A., A cura di (2010), Logistica verde. Migliorare la sostenibilità ambientale della logistica, Tecniche nuove. Pag 294.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- **Interventi di regolamentazione di tipo command and control**, sono quei sistema di regole e divieti imposti dalle Pubbliche Amministrazioni al fine di indirizzare e controllare l'azione del settore privato, pena il pagamento di una sanzione qualora non vengano rispettate. Misure come finestre temporali di accesso al centro città, divieti per veicoli con certe caratteristiche di peso e dimensioni, regole sul carico-scarico delle merci, Low Emission Zone sono i principali strumenti che rientrano all'interno di questa categoria;
- **Interventi di pianificazione territoriale**, sono quelle politiche che nella regolamentazione dell'uso del suolo e della pianificazione degli spazi urbani, prevedono misure atte a favorire e razionalizzare i servizi logistici. Tali misure riguardano ad esempio la creazione di appositi spazi di carico-scarico in aree strategiche della città e il contenimento della domanda di beni in nuovi sviluppi urbani mediante ad esempio un maggiore mix funzionale dell'urbanizzato;
- **Interventi infrastrutturali**, sono quelle misure atte a creare infrastrutture più idonee al supporto di un più efficiente sistema di logistica urbana. Tali misure riguardano ad esempio la creazione di spazi dedicati e tecnologicamente evoluti di carico e scarico, Centri di Consolidamento in prossimità dei centri storici e interconnessioni tra sistemi di trasporto merci di lungo raggio come i treni con quelli di corto raggio;
- **Interventi di tipo tecnologico e manageriale**, sono quei supporti di natura politica ed economica alle attività di ricerca e sviluppo degli operatori privati finalizzati all'implementazione di sistemi di Information and Communication Technology (ICT) e Intelligent Transport System (ITS).

Le politiche fino ad ora utilizzate per razionalizzare i servizi logistici urbani, sono riuscite solo in parte a raggiungere i propri obiettivi. Questo è accaduto in quanto tutte le differenti misure hanno messo in mostra una serie di limiti e di criticità che ne hanno limitato una piena efficacia.

I principali limiti evidenziati dagli interventi di natura economica basati sul mercato ad esempio, sono connessi principalmente con la difficoltà di ancorare le previste tariffe, pedaggi e tasse al valore dei costi esterni ambientali e sociali effettivamente generati dai differenti operatori logistici. A tal proposito la Commissione Europea ha finanziato una serie di progetti di ricerca (CE Delft, 2011)⁵⁸ finalizzati a definire dei valori di costo di riferimento che possano servire come base comune per gli interventi di natura economica di tutti i paesi UE. Una loro piena attuazione tuttavia non è ancora avvenuta. Altro limite degli interventi di natura economica è connesso con la loro impopolarità, tra i cittadini e soprattutto tra gli operatori logistici. Per questo motivo essi necessitano di un notevole investimento politico, con forti rischi in termini di consensi e di lunghi iter amministrativi causati talvolta dai numerosi ricorsi alla giustizia. Nel complesso tuttavia, gli strumenti di natura economica sono quelli su cui la Commissione Europea intende puntare di più (DG MOVE, Commissione Europea, 2011).

I principali limiti evidenziati dagli interventi di regolamentazione di tipo command-and-control, possono così essere riassunti:

- Forti difficoltà nel procedere ad un sanzionamento delle infrazioni capillare e puntuale, a causa degli elevati costi dei sistemi tecnologici di monitoraggio e del personale amministrativo

⁵⁸CE Delft (2011), External Costs of Transport in Europe, CE Delft, Infrac, Fraunhofer Isi.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

necessario per effettuare i controlli. La mancanza di controlli sistematici è spesso la causa di un generalizzato non ottemperamento delle regole e dei divieti imposti dalla Pubblica Amministrazione (Centro Studi Confetra, 2001);

- Limitazioni generalizzate all'ingresso in città di veicoli commerciali di grande dimensione, "può portare ad una ristrutturazione della flotta impiegata per la distribuzione urbana delle merci, con una proliferazione del numero di veicoli più piccoli"⁵⁹ e un conseguente aumento delle emissioni complessive derivante dalle operazioni logistiche urbane;
- Standard su emissioni, processi o prodotti possono produrre effetti particolarmente negativi sugli operatori logistici più piccoli (soprattutto quelli last-mile) con scarsa capacità finanziaria di rinnovare la loro flotta veicolare "prima della fine della loro vita economica"⁶⁰;
- Politiche di regolamentazione troppo severe delle piazzole di carico-scarico urbane, possono portare ad un eccessivo irrigidimento del sistema logistico urbano, con una conseguente perdita di efficienza da parte del sistema nel suo complesso. Inoltre una mancata capacità di controllo della disponibilità delle piazzole o sistemi di prenotazione troppo complessi, possono portare ad un incremento delle soste irregolari da parte degli operatori logistici;
- Eccessiva frammentazione nazionale⁶¹ ed europea del sistema di regolamentazione, che rende difficile per gli operatori logistici di dimensioni maggiori ottimizzare i propri sistemi di consegna delle merci (MDS Transmodal, 2012) a livello provinciale e regionale;
- Eccessiva rigidità degli strumenti di command and control (Zatti A., 2004), che intervengono allo stesso modo su aree altamente congestionate e rurali, nelle ore di picco come nelle ore di off-peak, su chi si comporta in modo più virtuoso e chi no. Questa rigidità può portare ad aggravii eccessivi in determinati contesti (ad esempio nelle aree extra urbane) e del tutto insufficienti in altri (ad esempio nelle ore di maggiore congestione).

I principali limiti evidenziati dagli interventi di tipo infrastrutturale possono così essere riassunti:

- "Effetto Rebound", ovvero quei fenomeni di aumento della domanda nell'uso di una data infrastruttura che si registrano in seguito al suo miglioramento e potenziamento. Un incremento che, se non adeguatamente gestito, rischia di rendere vano l'adeguamento infrastrutturale realizzato;
- Gli interventi di tipo infrastrutturale necessitano di lunghi tempi di attuazione (MDS Transmodal, DG MOVE, 2012), fattore che rende efficaci tali politiche solo nel lungo termine;
- Costi elevati per la progettazione, realizzazione e gestione di infrastrutture complesse come ad esempio piazzole di carico-scarico video sorvegliate o sistemi di monitoraggio in grado di rilevare il *load factor* dei mezzi commerciali che entrano nelle città;

⁵⁹MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report, Pag.7.

⁶⁰MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report, pag.60.

⁶¹ In Italia ad esempio, ogni municipalità è libera di adottare le misure di regolamentazione del traffico e di accesso al centro città dei mezzi commerciali che ritiene più idonee. In Italia la Regione Emilia Romagna, pur nel rispetto della discrezionalità delle singole amministrazioni locali, ha avviato una procedura per uniformare i sistemi di regolamentazione per l'accesso dei veicoli commerciali all'interno delle città.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- Difficoltà delle Pubbliche Amministrazioni di attivare meccanismi finanziari complessi come il Project Financing, i Project Bond, ecc. per la realizzazione di infrastrutture logistiche complesse come ad esempio i Centri di Consolidamento delle merci nelle aree esterne della città o centri di trasbordo delle merci da sistemi di lunga percorrenza come i treni a quelli urbani.

Per quanto riguarda i limiti degli interventi di Pianificazione Territoriale sono stati documentati i medesimi problemi di natura economica e fiscale evidenziati per gli interventi infrastrutturali, con l'aggravante dei complessi e lunghi meccanismi di approvazione delle politiche urbanistiche che ne minano la capacità di fornire risposte celeri a città in trasformazione (Salzano E., 2007)⁶².

11 LE POLICY PUBBLICHE PER UNA LOGISTICA URBANA SOSTENIBILE: LE MISURE ECONOMICHE

Le misure economiche sono definite come *market-based* in quanto il loro scopo è quello di “modificare i prezzi di mercato delle merci e dei servizi la cui produzione genera costi esterni negativi. I cambiamenti di prezzo infatti, hanno un impatto diretto sul comportamento altamente competitivo dei differenti operatori logistici, tanto che il singolo operatore deve necessariamente rispondere al cambiamento dei suoi costi se vuole rimanere competitivo” (DG MOVE, Commissione Europea, 2011).

La Commissione Europea ha sottolineato inoltre “i vantaggi delle misure *market-oriented* rispetto a quelle di tipo regolatorio”, evidenziandone la loro efficacia nell'internalizzazione delle esternalità, la loro flessibilità nell'utilizzo e la loro capacità di generare entrate aggiuntive per le Pubbliche Amministrazioni riutilizzabili per il miglioramento della mobilità urbana (DG MOVE, Commissione Europea, 2011).

11.1 Park pricing

Il park pricing è lo strumento di natura economica per la gestione della mobilità urbana maggiormente utilizzato. L'ampio ricorso a questa tipologia di strumento è legata soprattutto alla sua semplicità di attuazione e gestione, ai ridotti livelli di investimento che necessita da parte dell'autorità pubblica e al maggiore livello di accettabilità sociale rispetto agli altri strumenti di natura economica (Zatti A., 2004)⁶³.

L'interesse riconosciuto dagli amministratori pubblici allo strumento del park pricing, è inoltre associato alla sua capacità di rappresentare efficacemente all'utente finale i costi esterni generati dalla sosta dei veicoli all'interno delle aree urbane (Zatti A., 2004). Tali esternalità riguardano

⁶² Salzano E. (2007), Fondamenti di Urbanistica. La Storia e la norma, Laterza.

⁶³ Zatti A., (2004), Strumenti economici e governo della mobilità urbana: il caso delle tariffe di parcheggio, Economia delle fonti di energia e dell'ambiente n.2, 2004.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

soprattutto il peggioramento dei fenomeni di congestione urbana, peggioramenti direttamente connessi con i mezzi fermi in doppia fila o in sosta dove non consentito. A questi si aggiungono esternalità connesse con la riduzione del decoro urbano dei centri storici dovuti alle soste indiscriminate, conflitti nell'uso dei suoli urbani e talvolta la creazione di vere e proprie barriere al diritto di mobilità dei soggetti più deboli come disabili, bambini e anziani.

La piena efficacia delle misure di park pricing nella gestione della domanda di mobilità urbana, è assicurata nel momento in cui le tariffe introdotte riescono a garantire i seguenti requisiti (Zatti A., 2004):

- Differenziazione temporale: tariffe più alte durante gli orari di peak load e i giorni della settimana maggiormente congestionati possono portare ad una ridistribuzione più equilibrata e sostenibile dei flussi veicolari;
- Differenziazione spaziale: una tariffazione più elevata in corrispondenza delle aree urbane più dense, congestionate o attrattive, può portare ad una redistribuzione più equilibrata dei flussi veicolari, con l'occupazione delle aree di maggior pregio solo da parte di quegli utenti il cui beneficio giustifica la sua maggiore disponibilità a pagare;
- Ampia estensione degli utenti coinvolti: un ampliamento eccessivo delle classi veicolari esentate dal pagamento di queste tariffe (sono spesso esentati dalle tariffe di park pricing i residenti, i proprietari di attività commerciali, i mezzi di servizio ecc.) porta ad una significativa riduzione dell'efficacia di queste misure.

È proprio la possibilità dei sistemi di park pricing di approcciarsi con grande flessibilità al problema della differenziazione temporale e spaziale delle tariffe a renderlo estremamente interessante e alternativo a rigidi sistemi di divieti e standard. Nel caso dell'imposizione di questi ultimi, spesso si verificano dei carichi economico-normativi eccessivi su determinate aree e orari (ad esempio le aree rurali o le ore notturne) e insufficienti per altre (ad esempio le grandi conurbazioni durante le ore di punta), cosa che invece può essere gestita con maggiore razionalità e semplicità nei sistemi di park pricing.

Il tempo necessario ad un veicolo commerciale per completare il proprio piano di consegne all'interno di un'area urbana, si può suddividere in tre parti fondamentali (DG Move, 2012): il tempo necessario per raggiungere la città, il tempo necessario per attraversare l'area urbana fino al punto di consegna e il tempo necessario per caricare/scaricare il mezzo presso il punto di consegna (dwell time). Queste due ultime componenti generano "la maggior parte dei costi sostenuti dagli operatori logistici"⁶⁴, costi che si aggravano con l'aumentare della congestione e l'impossibilità di ottimizzare le procedure di carico e scarico a causa della mancanza di spazi adeguati. A Londra ad esempio, la Freight Transport Association ha calcolato che in media il costo operativo per un veicolo commerciale che opera nel centro della città è di 1£ al minuto.

La disponibilità di spazi adeguati per le procedure di carico-scarico dei veicoli commerciali diventa pertanto un tema centrale della logistica urbana, un tema con pesanti ricadute sui costi complessivi gravanti sugli operatori della logistica. Tali spazi tuttavia sono spesso carenti, soprattutto nei centri città, dove spesso si trovano ad entrare in conflitto con gli spazi dedicati alla sosta delle automobili e ad altri usi dello spazio urbano. Tali carenze di aree di carico-scarico si rendono ancora più acute nel momento in cui le attività commerciali delle aree urbane centrali non dispongono di propri spazi

⁶⁴ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

per queste attività o dove le poche piazzole esistenti sono o occupate abusivamente da veicoli privati o utilizzate impropriamente da altri operatori logistici.

Come evidenziato da uno studio condotto nel 2005 nella città di Bologna, le soste illegali per attività di carico e scarico nel centro città sono state il 57% delle intere operazioni di carico-scarico condotte nell'area urbana. Tale fenomeno è stato generato da un lato dalla mancanza di spazi sufficienti e dall'altro dall'occupazione indebita degli spazi attrezzati da parte di veicoli privati. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha evidenziato come "la grave carenza in molte città italiane di adeguate aree private dedicate al carico/scarico merci situate al di fuori della sede stradale e delle sue pertinenze è forse, per ordine di importanza, la criticità principale evidenziata dagli operatori logistici (si stima che oltre l'80% delle consegne avvenga su area pubblica demaniale)"⁶⁵. Va tuttavia evidenziato come una proliferazione di aree private per il carico/scarico delle merci rischia di irrigidire eccessivamente il sistema, generando complessivamente una perdita di efficienza dell'intero sistema. Tali aree infatti, se non opportunamente regolamentate, rischiano da un lato di essere utilizzate solo per poche ore al giorno (con un conseguente utilizzo non ottimale di spazi urbani di pregio) e dall'altro possono impedire la creazione di aree di carico/scarico condivise tra più attività commerciali. Più che alla creazione di spazi privati, politiche innovative di carico/scarico merci dovrebbero orientarsi verso una ridefinizione delle finestre temporali di consegna e un loro ampliamento anche alle ore serali/notturne.

Questi dati e queste difficoltà stanno spingendo molte città italiane ed europee ad adottare specifiche misure di park pricing per superare queste criticità. Innanzitutto facendo riferimento ai meccanismi di park pricing tradizionali, presenti ormai in tutte le città europee sia di grandi che di medio/piccole dimensioni. Tale strumento viene utilizzato prevalentemente in relazione alla mobilità privata nelle aree urbane, ma può essere efficace anche per il settore della logistica. Tariffe incrementalmente di sosta ad esempio (tariffe che crescono con l'aumentare della durata della sosta), possono portare ad una significativa contrazione dei tempi di carico/scarico, con un conseguente aumento del ricambio orario dei mezzi in sosta e una maggiore efficacia del sistema logistico urbano complessivo.

In controtendenza la città di Milano, dove è prevista una politica particolare sul tema delle soste dei veicoli commerciali all'interno del centro città. Nell'accesso alla congestion charge area (Area C) della città infatti, i veicoli commerciali hanno l'opportunità di scegliere tra un ticket giornaliero di 3 euro che non comprende alcun diritto di sosta e uno da 5 euro che comprende però anche 2 ore di sosta negli spazi di sosta a pagamento del centro città. Lo stesso non avviene a Londra e a Stoccolma, dove i veicoli commerciali sono tenuti al pagamento delle normali tariffe di parcheggio anche in seguito al pagamento del pedaggio di ingresso alla congestion area.

Accanto alle forme tradizionali di park pricing, si stanno progressivamente affiancando nuove esperienze innovative che intendono incentivare il ricorso a mezzi e sistemi logistici più efficienti e meno impattanti sull'ambiente. Ci sono ad esempio città come Brema⁶⁶, in Germania, che hanno introdotto soste agevolate e gratuite nel centro città per i veicoli commerciali elettrici o con

⁶⁵ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Consulta Generale per l'autotrasporto e per la logistica (2012), Piano nazionale della Logistica 2012-2020, Bozza Finale 26 luglio 2012. Pag.153.

⁶⁶ Konstantinopoulou L.(2010), Trends of urban logistics in Europe 27. Deliverable 1.1 City Log. Sustainable and efficiency of city logistic, FP7 project.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

performance ambientali particolarmente alte⁶⁷. Altre città, come ad esempio Goteborg in Svezia, hanno avviato sperimentazioni su aree di sosta dedicate e gratuite ai mezzi con fattori di carico superiori al 65%. Tali misure tuttavia, si sono dimostrate di difficile attuazione in quanto “ci sono significative difficoltà pratiche nel monitorare il fattore di carico di ogni singolo veicolo merci”⁶⁸. Un'altra soluzione innovativa che sta suscitando interesse da parte di numerose pubbliche amministrazioni riguarda il controllo mediante telecamere e/o sensori di piazzole di sosta appositamente attrezzate. Tali misure intendono ottimizzare l'uso della piazzola di carico e scarico, controllando sia che chi si ferma sulla piazzola sia autorizzato a farlo, sia gestendo i tempi della sosta coordinando tra loro le richieste dei singoli operatori (spesso raccolte mediante sistemi di prenotazione anticipata delle piazzole).

La letteratura sulla logistica urbana si è inoltre occupata del tema della prenotazione in anticipo di tali piazzole, evidenziandone punti di forza e debolezze. Il punto di forza principale risiede soprattutto nella possibilità di pianificare con maggiore dettaglio le proprie consegne all'interno della città. Le problematiche sono tuttavia numerose. Ci possono essere infatti problemi di *over-booking*, soprattutto durante le ore di picco, problematiche connesse con l'arrivare in anticipo o in ritardo rispetto allo slot temporale prenotato per cause che trascendono il mezzo e il suo conducente o nel corso di consegne multiple già ottimizzate, la successione ottimale nella prenotazione delle piazzole può non essere disponibile. Nel caso di un numero di operatori logistici molto alto, per la gestione efficace dei fenomeni di *over-booking* e cancellazione all'ultimo momento della prenotazione (Feng, Xiao, 2006)⁶⁹, si potrebbero strutturare dei meccanismi di mercato sul modello dello scambio di crediti di mobilità che siano in grado di allocare nella maniera ottimale queste prenotazioni (Crediti di Sosta).

Le principali criticità dei sistemi di park pricing possono così essere sintetizzate:

- I sistemi di tariffazione dei parcheggi, per quanto flessibili e differenziabili a seconda dell'orario e della zona della città in cui vengono applicati, “sono solo in grado di approssimare la reale dimensione degli effetti esterni. Essi infatti non possono cogliere elementi quali la lunghezza dei tragitti effettuati, la tipologia dei veicoli, il periodo o il luogo esatto ove i chilometri vengono percorsi. In termini di percorrenza, ad esempio, l'impossibilità di commisurare le somme pagate alle distanze percorse rende necessaria un'approssimazione, determinando una forma di sussidiazione incrociata in favore dei tragitti più lunghi a discapito di quelli più brevi”⁷⁰. Per questo motivo i sistemi di park pricing risultano essere una soluzione sub-ottimale (Zatti A., 2004), limitata, un buon sostituto (second best) qualora altre forme di intervento più efficaci non fossero facilmente applicabili;
- Incapacità dei sistemi di park pricing di intervenire sulla gestione e la riduzione dei flussi del traffico di attraversamento delle città. Al contrario, può accadere che un miglioramento dei tempi di percorrenza urbani determinati da un parziale decongestionamento della città legate

⁶⁷ Si tratta delle “Environmental Loading Point” (ELP), accessibili solo ai mezzi elettrici, ai diesel Euro V, lunghi fino a massimo 8,5 metri e di peso complessivo non superiore alle 7,5 tonnellate.

⁶⁸ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.

⁶⁹ Feng, Y. & Xiao, B. (2006). A continuous-time seat control model for single-leg flights with no shows and optimal overbooking upper bound. EJOR, 174, No. 2.

⁷⁰ Zatti A., (2004), Strumenti economici e governo della mobilità urbana: il caso delle tariffe di parcheggio, Economia delle fonti di energia e dell'ambiente n.2, 2004, Pag. 89.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

ad alte tariffe di parcheggio, possano portare ad un aumento dei flussi stessi in attraversamento (Rebound Effect);

- Costi elevati dei sistemi di park pricing più evoluti, legati ad un controllo elettronico delle attività di carico-scarico delle merci in aree urbane. Infatti, per quanto riguarda ad esempio le soluzioni con piazzole di carico-scarico controllate da telecamere in grado di riconoscere le targhe dei mezzi in sosta, questi “hanno costi operativi alti, come nel caso di Londra dove questi sistemi, installazione e controlli inclusi, hanno raggiunto le 30.000£ a telecamera”⁷¹. In assenza di telecamere, i controlli esercitati dalla municipalità mediante le forze dell’ordine devono comunque essere frequenti e capillari, pena una generale inottemperanza delle regole fissate.

Fatte salve queste criticità, i sistemi basati su tariffe flessibili per la sosta in aree urbane si presentano ad una Pubblica Amministrazione come una misura “semplice e costo-efficiente da pianificare e implementare”⁷². Inoltre se pur con alcuni limiti intrinseci, gli strumenti di park pricing possono essere efficacemente utilizzati in parallelo ad altri strumenti di gestione della mobilità urbana di natura economica, come ad esempio il road pricing. La combinazione di questi due strumenti infatti “va a correggere le rispettive carenze”⁷³ permettendo notevoli vantaggi in termini di efficacia ed efficienza dell’intervento pubblico (Commissione Europea, 1999)⁷⁴.

11.2 Road Pricing

Per Road Pricing si intende un sistema di tariffazione sull'uso delle infrastrutture viarie finalizzata da un lato a ridurre la congestione e dall'altra a far pagare direttamente agli utenti che le generano parte dei costi esterni prodotti dalle loro scelte di mobilità (Victoria Transport Policy Institute, 2013).

Per quanto riguarda la logistica urbana, gli obiettivi primari degli interventi di Road Pricing sono ridurre il numero di mezzi commerciali che utilizzano aree congestionate (Munuzuri J., Larraneta j., Onieva L., Cortes P., 2005)⁷⁵ e indirettamente incrementare il fattore di carico dei mezzi rendendo più efficienti i sistemi di consegne. La Commissione Europea ha riconosciuto le potenzialità di questa tipologia di interventi, ponendola al centro dei numerosi documenti sul rinnovamento del sistema trasportistico europeo approvati a partire dagli inizi degli anni '90.

Nel Libro Bianco della Mobilità 2011, tra le principali misure previste per conseguire una logistica urbana a zero emissioni entro il 2030, grande spazio viene dato proprio ai sistemi di tariffazione per l'utilizzo da parte dei mezzi commerciali di determinate infrastrutture stradali. In particolare la

⁷¹ Department for International Development, World Bank (2009), Urban Freight. Freight Transport, a Key for the New Urban Economy, The International Bank for Reconstruction and Development, Washington DC.

⁷² MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.

⁷³ Zatti A., (2004), Strumenti economici e governo della mobilità urbana: il caso delle tariffe di parcheggio, Economia delle fonti di energia e dell'ambiente n.2, 2004, Pag.110.

⁷⁴ Commissione Europea (1999), Trenen II STRAN. Policy analysis for externalities in road transport: models and results, Transport Research, Fourth Framework Programme, Strategic Transport, Transport DG – 105.

⁷⁵ Munuzuri J., Larraneta j., Onieva L., Cortes P., (2005), Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Commissione Europea spinge per l'introduzione progressiva entro il 2016 di "diritti obbligatori per l'uso delle infrastrutture a carico dei veicoli pesanti nell'ambito di un regime che preveda, in sostituzione dei diritti attualmente prelevati, strutture tariffarie e componenti di costo comuni, quali il recupero dei costi di usura, inquinamento acustico e atmosferico"⁷⁶.

La Commissione Europea si è focalizzata in particolar modo su sistemi tariffari variabili per regolare i flussi dei mezzi pesanti (Heavy Goods Vehicles)⁷⁷, rivedendo nel 2011 la Direttiva Eurovignette⁷⁸ del 1999 e rendendola un "passaggio fondamentale verso l'implementazione di una policy europea di road charging". Scopo della Direttiva è favorire misure atte a ridurre le esternalità negative generate dai mezzi pesanti e snellire il traffico, servendosi di un sistema di tassazione progressiva degli automezzi commerciali pesanti. Nello specifico la Direttiva prevede che il livello delle imposizioni dovrà variare sulla base delle emissioni dei veicoli, della distanza percorsa e dell'utilizzo delle strade. Tre le numerose novità introdotte, vi è l'estensione della possibilità di imporre pedaggi su tutta la rete stradale carrozzabile europea (prima limitata alla sola rete trans-europea) e la possibilità di modulare i costi di eventuali pedaggi al livello di congestione, purché tale variazione nelle ore di maggiore congestione non superi il 175% del valore base e non sia applicato per più di 5 ore al giorno. Vengono definiti inoltre una serie di requisiti minimi per l'imposizione di un onere economico proporzionale ai costi esterni prodotti⁷⁹. Si prevede l'esenzione da tali tariffe per i veicoli pesanti Euro V. Ad ogni Stato inoltre, è stata lasciata la scelta se assoggettare o meno a tali pagamenti i veicoli commerciali sotto le 12 tonnellate di peso.

Gli strumenti mediante i quali le politiche di Road Pricing possono essere attuate sono molteplici e differiscono profondamente per le tipologie di obiettivi che riescono a perseguire e i contesti territoriali in cui manifestano la loro efficacia. I principali strumenti di Road Pricing esistenti sono:

- **Pedaggi stradali (Road Tolls).** Si configurano come tasse per usufruire di un servizio offerto da una data infrastruttura e in quanto tali vengono solitamente impiegati per ripagare i costi di realizzazione e manutenzione di autostrade e ponti;
- **Congestion Pricing.** Si tratta di pedaggi "variabili" che intendono intervenire sulla riduzione della congestione lungo una data infrastruttura o una determinata area urbana. Tali pedaggi possono essere fatti pagare o in misura fissa o in maniera dinamica, ovvero differenziando la tariffa a seconda dello specifico livello di congestione esistente in un dato momento (ad esempio tariffe più basse durante i momenti off-peak);
- **Cordoni tariffari.** Si configurano come tasse pagate da ogni utente che entra in un'area particolare, solitamente il centro storico di una città. Tali sistemi possono raggiungere diversi livelli di complessità (TDM, 2013) a seconda che per l'ingresso sia necessario un semplice pass da mettere in mostra nel veicolo o l'implementazione di un sistema di telecamere per controllare le targhe di tutti i veicoli che accedono all'area;

⁷⁶ Commissione Europea (2011), Libro Bianco dei Trasporti, par.6.3, punto 39.

⁷⁷ Tale categoria di mezzi pesanti è responsabile di circa un terzo delle emissioni di CO2 connesse con i trasporti.

⁷⁸ Direttiva 2011/76/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 settembre 2011 che modifica la direttiva 1999/62/CE.

⁷⁹ Tali requisiti sono contenuti nell'Allegato III bis del testo di legge del Consiglio Europeo approvato il 7 giugno 2011 a revisione della precedente direttiva Eurovignette.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- **Corsie preferenziali (Hot Lanes).** Si configurano come delle corsie preferenziali veloci soggette a pagamento. Queste corsie possono talvolta prevedere meccanismi premiali per chi utilizza veicoli a pieno carico di merci o di persone (High Occupancy Toll) o con specifici requisiti di basso impatto ambientale (ad esempio veicoli elettrici o ibridi);
- **Tariffazioni basate sulle distanze percorse.** Si configurano come sistemi di tassazione proporzionali alla quantità di chilometri che effettivamente vengono percorsi. Tali tariffe possono essere calcolate con rilevamenti in apposite stazioni di sosta (come nel caso del sistema autostradale italiano) o installando dei sistemi GPS sui singoli veicoli;
- **Contingentamento dei diritti di percorrenza di una infrastruttura.** Si tratta di un sistema basato su crediti di mobilità, un sistema che si ispira al funzionamento dei meccanismi flessibili di Kyoto e al sistema ETS europeo. Si tratta di uno strumento ad adesione volontaria e fortemente *market oriented*.

L'efficacia di questi strumenti nell'ottenere i principali quattro benefici connessi con l'introduzione di sistemi di Road Pricing (entrate per la pubblica amministrazione, riduzione della congestione, riduzione dell'inquinamento e crescita della sicurezza) è schematicamente sintetizzato nella tabella che segue.

	Entrate pubblica amministrazione	Riduzione congestione	Riduzione Inquinamento	Crescita sicurezza
Pedaggi stradali	+++	++	+	+
Congestion Pricing	++	+++	++	+
Cordoni tariffari	++	+++	+	+
High Occupancy Tool	+	++	+	0
Tariffazioni a distanza	+++	++	++	++
Contingentamento diritti percorrenza	0	+++	+	+

Figura 17 Efficacia dei principali strumenti di Road Pricing nel raggiungimento dei principali quattro obiettivi associati a tali politiche. **Legenda:** +++: molto efficace; +: poco efficace; 0: nessun impatto (Fonte: Rielaborazione su dati Victoria Transport Policy Institute).

Le criticità connesse con l'introduzione di politiche di Road Pricing sono molteplici e benché variabili a seconda del contesto geografico ed economico in cui vengono attuate, possono così essere sintetizzate:

- L'imposizione di sistemi di pricing sull'utilizzo di date infrastrutture, può portare ad un massiccio passaggio dei veicoli su strade non soggette a sistemi di pricing, generando pertanto un semplice spostamento dei problemi di congestione da una strada ad un'altra;
- L'imposizione di tariffe più alte nelle ore di picco, può portare ad un incremento dei flussi di traffico nelle ore off-peak, aumentando pertanto le ore complessive della giornata caratterizzate da elevati flussi veicolari;



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- Il miglioramento della viabilità urbana complessiva connessa con l'introduzione di sistemi di road pricing o l'impiego dei proventi di queste misure per migliorare la viabilità urbana, può generare un *Rebound Effect*, ovvero un aumento complessivo della domanda di mobilità che di fatto neutralizza gli effetti positivi delle misure stesse;
- I sistemi tecnologici più innovativi per il supporto di misure di road pricing hanno costi notevoli, sia gestionali che di predisposizione dell'infrastruttura tecnologica di supporto. I costi di gestione dei sistemi di tariffazione rappresentano talvolta una considerevole percentuale sui ricavi totali del sistema stesso. Anche i costi fissi raggiungono percentuali molto elevate⁸⁰, minimizzando il ruolo di tali sistemi di pricing come generatori di entrate per la pubblica amministrazione. Va tuttavia evidenziato come la contabilizzazione dei benefici sociali e ambientali generati da questi sistemi porti in genere ad un beneficio rilevante indipendentemente dai costi monetari di sistema;
- I meccanismi di road pricing possono configurarsi come un sistema di "doppia tassazione", in quanto gli operatori della logistica pagano già parte delle loro esternalità mediante le tasse sui combustibili, le tasse di immatricolazione e i bolli, i costi di assicurazione ecc.;
- I sistemi possono essere penalizzanti per gli operatori logistici più piccoli, in genere più inefficienti, rispetto a quelli più grandi;
- Il road pricing può trasformarsi in una tassa, in un onere finanziario permanente per tutti coloro che dipendono in maniera esclusiva da un'infrastruttura soggetta a pagamento per l'espletamento della propria attività;
- L'imposizione di un pedaggio o di una tariffa su una determinata area, determina una riduzione della sua attrattività da un punto di vista dei sistemi logistici (Munuzuri J., Larraneta j., Onieva L., Cortes P., 2005), che pertanto nel lungo periodo possono portare ad una rilocalizzazione degli edifici commerciali e di supporto alla logistica urbana in altre aree della città;
- L'introduzione di ulteriori costi gravanti sugli operatori della logistica può portare ad un aumento del prezzo al consumatore delle merci, con un conseguente effetto inflazionistico sull'economia di uno Stato (Munuzuri J., Larraneta j., Onieva L., Cortes P., 2005);
- La domanda di consegna delle merci è tradizionalmente scarsamente elastica, in quanto il costo di trasporto delle principali tipologie di merce incide solo marginalmente sul prezzo finale di vendita (DG MOVE Commissione Europea, 2012);
- I sistemi di tariffazione vigenti, raramente sono in grado di premiare soluzioni logistiche particolarmente efficaci (veicoli a pieno carico, ottimizzazione dei percorsi, riduzione degli spostamenti con il mezzo vuoto, efficacia di consegna dei mezzi più grandi a tre o più assi ecc.) (Holguín-Veras J., 2006)⁸¹. Tali limiti sono legati in particolar modo ai costi elevati

⁸⁰ Institute for Transport Economics at the University of Cologne (2008), External Costs in the Transport Sector – A Critical Review of the EC Internalisation Policy. Study for the European Automobile Manufacturers Association (ACEA).

⁸¹ Holguín-Veras J., (2006), The truth, the myths and the possible in freight road pricing in congested urban areas, In "Association for European Transport and contributors 2006.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

connessi con l'implementazione di sistemi tecnologici e organizzativi capaci di supportare tali comportamenti.

L'introduzione di meccanismi sempre più raffinati di Road Pricing è stato reso possibile da sistemi tecnologici di rilevamento e pagamento evoluti, che oltre ad aumentare le potenziali modalità di pagamento, hanno permesso di garantire la massima libertà ai flussi veicolari (EEA, 2013)⁸². Si tratta di evoluzioni degli stessi sistemi tecnologici che hanno permesso in diversi paesi dell'Unione Europea⁸³ di imporre tasse di natura ambientale sui mezzi pesanti che utilizzano le principali infrastrutture viarie.

L'efficacia e la flessibilità dei differenti sistemi di Road Pricing varia al variare delle tecnologie di rilevamento e pagamento che vengono utilizzate. Le tecnologie di rilevamento più evolute infatti, come i sistemi di telecamere quelle utilizzate ad esempio per le congestion charge areas di Londra, Milano, Stoccolma, consentono di implementare sistemi di pagamento particolarmente efficaci, precisi e flessibili. Meno efficaci invece i sistemi più tradizionali che utilizzano ticket e pass di ingresso (Gervasoni A., Sartori M., 2007)⁸⁴.

Una delle misure di road pricing "ibride"⁸⁵ maggiormente impiegate in Europa è costituita dalle Low Emission Zone (LEZ), ovvero aree in cui l'accesso a veicoli commerciali che non rispettano requisiti ambientali minimi (solitamente veicoli EURO III o superiori) è vietato salvo il pagamento di una tassa. In molte città il sistema è destinato espressamente solo ai veicoli commerciali, escludendo invece quelli per la mobilità privata (Pwc, Isis, 2010)⁸⁶. Le LEZ in Europa sono ormai numerose, con una prevalenza nelle grandi e medie aree urbane. Il motivo principale alla base della loro implementazione è legata a motivazioni di natura ambientale e solo in minima parte come strumento per la gestione dei fenomeni di congestione del traffico (Pwc, Isis, 2010).

Una delle Low Emission Zone europee più estese e consolidate d'Europa è quella di Londra, introdotta nel 2008 su tutta l'area della *Greater London*, "al fine di sostenere la conversione dei mezzi pesanti diesel che attraversano la città"⁸⁷. Il sistema LEZ di Londra è attivo 24 ore al giorno tutti i giorni della settimana, compresi anche quelli festivi. Il sistema LEZ prevede che tutti i mezzi diesel in ingresso in città che non raggiungono dei criteri ambientali minimi (almeno Euro IV i mezzi sotto le 3,5 tonnellate, almeno Euro III quelli maggiori di 3,5 tonnellate) debbano pagare una tassa di ingresso giornaliera di 100 sterline, 200 sterline se il veicolo ha un peso superiore alle 3,5

⁸² EEA (2013), Road user charges for heavy goods vehicles (HGV). Tables with external costs of air pollution, EEA Technical report No 1/2013, Pag. 7.

⁸³ Si pensi ad esempio al complesso sistema di rilevamento GPS messo in piedi a partire dal 2013 dal Governo Francese per tassare i veicoli che transitano lungo la sua rete autostradale.

⁸⁴ Gervasoni A., Sartori M. (2007), Il Road Pricing, esperienze internazionali, costi, benefici e sostenibilità finanziaria, Luic Papers N.198, Serie impresa e mercati finanziari 6, gennaio 2007.

⁸⁵ Le Low Emission Zone (LEZ) sono considerate ibride in quanto uniscono al loro interno sia strumenti di tipo puramente regolatorio con sistemi sanzionatori/premiali che in un qualche modo le ricollegano con strumenti afferenti alla categoria del road pricing.

⁸⁶ Pwc, Isis, (2010), Study on urban access restriction. Final Report, TREN/A4/103-2/2009.

⁸⁷ <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/lez/17678.aspx#tk-tab-panel-1>

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

tonnellate. Con il passare degli anni le condizioni per l'esenzione dal pedaggio sono diventate sempre più stringenti, con l'obiettivo entro il 2015 di inasprire ulteriormente questi criteri.

Dove implementate, le LEZ risultano essere particolarmente efficaci nel migliorare le caratteristiche ambientali del parco veicolare circolante. A Gothenburg ad esempio, l'estensione nel 2007 della LEZ su un ampio settore della città, ha portato in pochi anni ad un forte rinnovamento del parco veicolare circolante, tanto che ad oggi oltre il 96% dei veicoli pesanti circolanti in città sono almeno Euro IV, con un'attesa di riduzione delle emissioni annue di PM10 di 1 tonnellata e di 40 tonnellate/anno per quelle di NOx (DG MOVE, Commissione Europea, 2012).

11.3 Congestion Charge

La Congestion Charge è un sistema di pedaggio urbano appartenente alla famiglia degli strumenti di *road pricing* e prevede il pagamento di una tariffa per l'ingresso all'interno di una determinata area particolarmente congestionata. Si può distinguere fra *congestion charge*, il cui obiettivo è ridurre la congestione all'interno delle aree urbane (EEA, 2005)⁸⁸ e *pollution charge*, che prevede pedaggi e restrizioni differenziati a seconda delle caratteristiche emissive dei singoli veicoli.

Attualmente sistemi di congestion charge sono operativi a Londra, Stoccolma, Göteborg e Milano, in discussione in numerose altre città europee. Prosegue inoltre l'esperienza di Singapore, la prima città al mondo ad adottare un sistema di congestion charge nel 1975.

L'adozione di misure di congestion charge nei centri urbani ha sempre suscitato forti contrapposizioni. Tra i più strenui oppositori di queste misure, vi sono spesso stati i proprietari delle attività commerciali e gli operatori della logistica urbana.

Anche a Londra, la prima città in Europa ad adottare una congestion charge nel 2003⁸⁹, l'approvazione di queste misure non è stata affatto indolore ed ha visto il formarsi di una fortissima lobby di opposizione guidata dai principali operatori della logistica. Nei mesi precedenti alla definitiva approvazione della London Congestion Charge infatti, la *Freight Transport Association* del Regno Unito, supportato dai principali retailers della città, fecero "una durissima attività di lobbying su Transport for London affinché esentassero dal sistema di congestion charge la movimentazione delle merci"⁹⁰. Come motivo di questa richiesta di esenzione dichiararono che "la domanda degli operatori della logistica urbana è anelastica e quindi il pedaggio urbano non avrà alcun impatto sul comportamento degli operatori della logistica"⁹¹. La scelta dell'allora Sindaco di Londra di non concedere l'esenzione agli operatori della logistica urbana fu una scelta dalla forte connotazione politica.

Lunga e complessa anche la definitiva approvazione ed entrata in esercizio della congestion area milanese (Area C). Nata nel gennaio 2008 come *pollution charge*, l'Ecopass milanese subì numerosi rallentamenti a causa dei forti conflitti politici sorti all'interno della stessa Giunta comunale che

⁸⁸ EEA (2005), Market-based instruments for environmental policy in Europe, EEA Technical report No 8/2005, Pag. 57.

⁸⁹ La prima città al mondo ad ideare un sistema di congestion charge, nel 1975, fu Singapore. Il sistema nel corso degli anni è stato più volte rivisto ed è ancora in funzione.

⁹⁰ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.

⁹¹ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

l'aveva voluta. Ulteriori rallentamenti e sospensioni dei pedaggi Ecopass, furono dovuti a diversi ricorsi alla giustizia ordinaria avanzati in primo luogo dai commercianti del centro città. Nel gennaio 2012, in seguito alla revoca da parte del Consiglio di Stato della sospensione all'area Ecopass, l'intero sistema venne modificato in una vera e propria congestion area denominata Area C oggi in pieno funzionamento.

Pur se fortemente osteggiata dagli operatori logistici, meccanismi di congestion charge hanno dimostrato di generare effetti positivi sui comportamenti e le scelte dei singoli operatori. In particolare, gli ingressi a pagamento nelle aree urbane maggiormente congestionate hanno portato ad una maggiore efficienza dell'intera *supply chain* logistica (MDS Transmodal, 2012), con un notevole miglioramento dell'efficienza nella consegne di merci. Uno studio del 2012 commissionato dalla Direzione Generale Move ad esempio, evidenzia come "a seconda del livello di tassazione, questi meccanismi possono portare ad un aumento del *load factor* dei singoli mezzi"⁹² e una conseguente riduzione del numero di ingressi all'interno dell'area urbana senza che questo comporti una riduzione della qualità e quantità delle consegne. Nel suo complesso pertanto l'introduzione di meccanismi di congestion charge nelle aree urbane maggiormente congestionate genera notevoli benefici per gli operatori della logistica organizzata che vi operano.

Effetti positivi si hanno anche sulla ristrutturazione della flotta logistica utilizzata. In uno studio condotto nel 2010 dal *Nordic Council of Ministers Energy & Transport*, a Stoccolma "l'esenzione dalla congestion charge dei veicoli elettrici commerciali, ha portato ad un incremento nella vendita di veicoli elettrici del 23%"⁹³. Non è un caso quindi che *Transport for London*, il gestore della congestion area londinese, stia valutando di esentare al 100% dalla congestion charge, entro la fine del 2013, tutti i veicoli elettrici indipendentemente dalle loro caratteristiche⁹⁴. Oltre ai mezzi elettrici, l'aumento dei costi unitari di distribuzione delle merci all'interno delle congestion areas, può portare anche alla nascita di soluzioni logistiche last-mile del tutto nuove ed innovative, come ad esempio sistemi di cargo-bike. L'aumento dei costi unitari per i mezzi più inquinanti infatti, rimette in gioco dal punto di vista economico tutta una serie di servizi di consegna "alternativi" con costi unitari più alti rispetto a quelli dei mezzi diesel o a benzina ma con un minore impatto sull'ambiente urbano. Altri effetti positivi connessi con l'introduzione di sistemi di congestion charge sono invece connessi con un forte incremento delle velocità commerciali medie all'interno delle aree urbane. Come ad esempio evidenziato dai dati dell'Area C milanese, la velocità commerciale media all'interno della congestion area nel 2012 è aumentata tra il 3,1% e il 7,4%⁹⁵ a seconda dell'orario. Questo aumento della velocità commerciale media si traduce per gli operatori logistici in un forte risparmio in termini di consumi energetici e incremento del numero medio di consegne giornaliere. Per quanto riguarda solo le congestioni e l'aggravio economico per un operatore logistico che ne comporta, dati riportati nell'ambito del progetto europeo BESTUFS II mostrano che, su una distanza di 10 km, cinque soste aggiuntive legate a fenomeni di congestione urbana, comportano un incremento dei consumi di carburante di un mezzo commerciale del 140%⁹⁶. Evidenti le ricadute economiche e ambientali

⁹² MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.

⁹³ Norden Energy and Transport (2010), Safe Urban logistic. Future electric scenarios for urban logistic, Pag.20.

⁹⁴ <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/17094.aspx>

⁹⁵ Comune di Milano (2012), Area C, la congestion charge è definitiva, in nota sito web della Delibera di Giunta.

⁹⁶ Schoemaker et al. (2006), Quantification of Urban Freight Transport Effects I, deliverable del progetto BESTUFS II.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

positive per il settore legate ad una mobilità più fluida e regolare nelle aree urbane a maggiore densità insediativa e commerciale.

Altri benefici indiretti connessi con l'introduzione di sistemi di congestion charge, derivano dagli investimenti aggiuntivi sulla mobilità urbana attivati con i proventi di tali sistemi se in parte impiegati nel sistema di razionalizzazione della distribuzione delle merci.

Questi dati confermano come l'introduzione di meccanismi di congestion charge all'interno delle città si traducano in risparmi economici significativi per gli operatori logistici, soprattutto per quelli di maggiori dimensioni. I sistemi di congestion charge pertanto, si configurano ad oggi come uno dei più efficaci strumenti economico-finanziari disponibili per orientare il settore della logistica urbana verso pratiche più sostenibili ed efficienti.

Questi sistemi tuttavia presentano anche alcuni limiti, primo fra tutti gli elevati costi di implementazione e gestione che di fatto li rendono attuabili solo nelle città di maggiori dimensioni e con i maggiori problemi di congestione (MDS Transmodal, 2012). L'Institute for Transport Economics dell'Università di Colonia ad esempio, in un suo studio ha evidenziato come "la London Congestion Charge ha mostrato di essere una soluzione costosa. Infatti circa il 60% dei ricavi del sistema sono stati impiegati nel sostenere costi operativi e amministrativi. I costi più alti sostenuti dall'autorità pubblica sono stati impiegati nell'acquisto delle tecnologie necessarie, senza che questo abbia portato ad un miglioramento materiale delle infrastrutture di trasporto"⁹⁷. Costi più contenuti invece in termini percentuali a Milano e a Stoccolma, dove molte delle infrastrutture di monitoraggio erano già presenti e per l'avvio della congestion charge è stato sufficiente aumentare il numero di varchi sorvegliati, rivedere i software gestionali e i sistemi di gestione dell'intero meccanismo. Va tuttavia evidenziato come la questione dei costi per l'infrastrutturazione non sia del tutto corretta se considerata solo nei suoi valori assoluti, in quanto è necessario comparare queste voci di costo con i reali benefici ambientali, sociali ed economici per la collettività arrecati da tali politiche. A Londra ad esempio, nel 2006 i benefici sociali complessivamente generati dalla congestion charge sono stati di 230 milioni di Sterline, a fronte di un costo annuo complessivo di 163 milioni di sterline (Leape J., 2006)⁹⁸.

I sistemi di congestion charge adottati in Europa hanno dimostrato di avere significativamente ridotto il numero di veicoli commerciali in ingresso nelle aree urbane e le conseguenti esternalità negative generate⁹⁹. A questa riduzione del numero di ingressi complessivi dei mezzi commerciali nelle aree urbane, non ha tuttavia fatto seguito alcuna contrazione dei volumi di merci scambiati o un declinare della attività commerciali. Questa tendenza piuttosto, pur in mancanza di studi specifici che mettano in relazione congestion charge ed effetti sulla logistica urbana, sembra dimostrare che il settore della logistica è andato in parte riorganizzandosi in seguito all'approvazione di queste misure, rivedendo i propri modelli di distribuzione delle merci. Questo dato dimostra pertanto che i sistemi di congestion charge hanno dato avvio ed impulso ad alcuni processi di razionalizzazione ed efficientamento del sistema distributivo urbano, processi attuati mediante l'attuazione di una o più delle seguenti azioni:

⁹⁷ Institute for Transport Economics at the University of Cologne (2008), External Costs in the Transport Sector – A Critical Review of the EC Internalisation Policy. Study for the European Automobile Manufacturers Association (ACEA).

⁹⁸ Leape J., (2006), The London Congestion Charge, Journal of Economic Perspectives—Volume 20, Number 4—Fall 2006—Pages 157–176.

⁹⁹ Sia a Londra che a Milano la riduzione del numero di mezzi commerciali in ingresso in città si è assestata attorno al 10%, con una contrazione più contenuta rispetto a quella del numero di automobili (con riduzioni in entrambi i casi attestatesi intorno al 30%).



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- Riduzione del numero di viaggi e scaglionamento delle consegne pur a parità di merce consegnata;
- Incremento dei coefficienti di carico dei veicoli commerciali in ingresso in città;
- Adozione di modelli organizzativi di distribuzione urbana più efficienti;
- Maggiore utilizzo di Centri di Consolidamento (dove esistenti).

Al momento non esistono studi specifici riguardanti quali delle precedenti azioni siano state maggiormente implementate dagli operatori logistici in seguito all'approvazione di una congestion charge. Un'altra critica rivolta ai sistemi di congestion charge, è connessa con i potenziali costi aggiuntivi per l'operatore logistico derivanti dalla necessità di doversi liberarsi di parte della propria flotta mezzi prima che questa abbia terminato il proprio ciclo di vita (MDS Transmodal, 2012). Questa necessità di ammodernamento precoce della flotta veicolare, può essere affrontata dai grandi operatori logistici mentre per i piccoli operatori può rappresentare una forte minaccia per la loro permanenza sul mercato. Questa ristrutturazione della flotta logistica verso modelli maggiormente organizzati gestiti da alcuni grandi operatori può tuttavia essere visto come un'importante traguardo sulla strada verso una maggiore razionalizzazione ed efficientamento del sistema logistico urbano. I costi aggiuntivi connessi all'introduzione di questi sistemi, potrebbero potenzialmente essere scaricati sull'utente finale ma al momento nelle congestion areas implementate non c'è evidenza che questo sia avvenuto. Al contrario la forte concorrenza esistente tra i differenti operatori logistici, ha fatto sì che in seguito all'implementazione di queste misure i vari operatori si siano spinti verso un miglioramento della loro efficienza organizzativa, al fine di ridurre i loro prezzi all'utente finale e acquisire ulteriori quote di mercato. Questa tendenza di fatto ha reso le congestion areas un ulteriore fattore verso una crescita della competizione tra operatori logistici, con una conseguente razionalizzazione dei sistemi distributivi urbani. Uno studio comparato tra i principali sistemi di congestion charge operativi in Europa, evidenzia l'esistenza di due modelli differenti di congestion charge. Da una parte Londra e Milano, con tariffe giornaliere che consentono un numero di ingressi e uscite illimitato dalle aree regolamentate e dall'altra parte Stoccolma (seguita recentemente da Göteborg), che sul modello di Singapore ha invece adottato una tariffa "Pay as you drive" che comporta il pagamento di una tariffa ogni volta che si entra, differenziata in base alla fascia oraria (tariffe più alte durante le ore di picco della giornata). Il modello inoltre, si caratterizza per un saldo del pagamento dovuto non giornaliero come a Milano e a Londra, ma mensile, pagamento obbligatorio solo per i cittadini svedesi con un'auto registrata nel paese al contrario di Londra e Milano in cui sono tenuti al pagamento tutti i mezzi indipendentemente dal loro paese di immatricolazione. Non esistono al momento studi comparativi circa la maggiore efficacia dell'uno o dell'altro modello sulla razionalizzazione dei sistemi logistici urbani. Certamente le esenzioni dal pagamento delle tariffe per i mezzi elettrici o con elevate prestazioni ambientali previste da entrambi i modelli, ha fortemente contribuito all'ammodernamento delle flotte logistiche impiegate all'interno delle aree urbane e al conseguente diminuzione dell'inquinamento. Gli studi e i dati fino ad oggi raccolti nelle aree urbane soggette a meccanismi di congestion charging hanno dimostrato che le soluzioni implementate hanno funzionato, pur non potendo configurarsi come una soluzione definitiva. Secondo uno studio del 2012 commissionato dalla DG Move della Commissione Europea dal titolo "*Study on Urban Freight Transport. Final Report*" infatti, i meccanismi di congestion charge hanno una "funzione di cerniera" verso meccanismi ancora più efficaci. Nello studio condotto dalla Commissione Europea si legge infatti come "nel lungo termine, i sistemi di congestion charge non saranno più necessari se un sistema comprensivo di road pricing verrà

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

introdotto su tutta l'area urbana¹⁰⁰. Il sistema comprensivo verso il quale la Commissione Europea è orientata, è un meccanismo di road pricing con tariffe differenziate a seconda del tipo di mezzo e l'orario del giorno, basato sui chilometri effettivamente percorsi da ciascun veicolo e rilevati mediante un sistema GPS installato su ogni mezzo (GNSS Road Pricing). L'Olanda è il paese in cui l'implementazione di tale sistema è maggiormente avanzata, in quanto già applicato dal 2011 a tutti i veicoli pesanti con peso superiore alle 3,5 tonnellate e con un programma di estensione del sistema a tutti i veicoli a motore entro la fine del 2016 (Transportation Research Board, 2009)¹⁰¹. Alcune sperimentazioni sono state avviate anche nel Regno Unito.

	Anno	Area	Valore Tariffa	Multe	Eccezioni Tariffa	Pagamento	Metodo pagamento	Organizzazione Tariffa	Funzionamento
Londra	2003	21 kmq	10£ (9£ se con pagamento automatico, 12£ se pagamento alle 00.00 del giorno di utilizzo)	130£-230£	Moto Taxi ¹⁰² Mezzi elettrici (in discussione e al 100%) "Greener Veichles"	Giornaliero	Congestion charging Auto-pay (pagamenti on-line per utenti registrati); Pagamenti on-line Pagamento con SMS e cellulari Negozii e stazioni rifornimento convenzionate	La tariffa è estesa a tutti i mezzi che entrano in città, inglesi e esteri.	Dalle 7 alle 18, dal Lunedì al Venerdì, festività escluse
Stoccolma	2007	34 kmq	Da 1,21€ (10 SEK) a 2,41€ (20 SEK) a seconda della fascia oraria	500 SEK (57,71 €)	Moto Veicoli registrati all'estero Veicoli elettrici o con carburanti non convenzionali	Pay as you drive ma con tetto massimo giornaliero a 60 SEK (7,23€)	Conto mensile inviato automaticamente all'intestatario dell'auto e pagabile o con addebito automatico RID su conto corrente o mediante l'invio di una comunicazione mail con estremo del pagamento.	4 fasce orarie. Le due fasce orarie di picco sono 7.30-8.30 e 16-17.30. La tariffa è riconosciuta solo ai mezzi registrati in Svezia.	Dalle 6.30 alle 18.30, dal Lunedì al Venerdì, festività escluse. Escluso anche il mese di Giugno.

¹⁰⁰ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report.

¹⁰¹ Transportation Research Board (2009), The Distance-Based Charging Project in the Netherlands, ITS in Daily Life.

¹⁰² <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/6713.aspx>

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Milano	2012	8 kmq	3€ (5€ per gli utenti privati)	87€	Veicoli elettrici Ciclomotori e motoveicoli Veicoli ibridi, bifuel, alimentati a GPL e Metano	Giornaliero	Telepass Addebito automatico RID Parcometri Rivendite autorizzate Pagamento online sito AreaC Call centre Area C Autorimesse aderenti all'iniziativa	Dalle 7.30 alle 19.30, dal Lunedì al Venerdì
--------	------	-------	-----------------------------------	-----	---	-------------	---	--

11.4 Crediti di mobilità

Tra le differenti misure economiche adottate per internalizzare i costi esterni generati dal trasporto merci e contenere la congestione, i crediti di mobilità rappresentano lo strumento più innovativo e meno sperimentato in contesti reali. In Italia ad esempio, l'unica simulazione a riguardo condotta sul settore logistico è stata Genova, ed è in corso una sperimentazione a Bologna che tuttavia riguarda solo la mobilità delle persone e non delle merci. Anche nel resto d'Europa, fatta salva una sperimentazione alle primissime fasi a Cracovia, non sono al momento in atto sperimentazioni che prevedono l'implementazione di sistemi di crediti di mobilità (MDS Transmodal, 2012).

Lo strumento dei crediti di mobilità non ha alcuna codificazione normativa a livello europeo o nazionale e idealmente nasce sul modello dei meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto e dalla sua applicazione concreta nei mercati ETS. Il meccanismo dei crediti di mobilità consiste nel fornire ad un determinato gruppo di utenti di un'area urbana un portafoglio di crediti di mobilità, ovvero una quota di permessi gratuiti per circolare nelle aree metropolitane aderenti al sistema. Ottenuta la propria quota di crediti, sarà l'utente a scegliere come e quando utilizzarli. A questo punto gli utenti più virtuosi nei loro spostamenti si troveranno ad utilizzare solo una quota dei crediti a loro disposizione e potranno cederli a coloro che invece hanno finito la loro quota di crediti o scambiarli con la pubblica amministrazione o il gestore dei servizi di trasporto pubblico locale in cambio di sconti sui biglietti, abbonamenti a servizi di bike e car sharing ecc.

Dal punto di vista dell'analisi economica, viene messo in evidenza come il valore del singolo credito deve almeno eguagliare il costo marginale di rinuncia allo spostamento del singolo soggetto, pena l'impossibilità del meccanismo di essere davvero efficace. In quanto tale, il sistema di scambio e commercializzazione di crediti di mobilità si pone come uno strumento fortemente *market oriented*, che lascia al libero mercato il compito di allocare in modo ottimale i diritti che ciascun abitante ha sui beni pubblici urbani (ARPA Emilia Romagna, 2006)¹⁰³.

¹⁰³ Basoli C. (2006), Road Pricing e crediti di mobilità, nuovi strumenti per limitare il traffico, in ARPA Rivista N.2, Gennaio-Febbraio 2006



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I vantaggi connessi all'utilizzo dei crediti di mobilità si rifanno all'estrema flessibilità dello strumento, la sua efficacia garantita dal fatto che il numero dei crediti rilasciati sarà proporzionale agli obiettivi che si intendono raggiungere e la sua equità in quanto meccanismo in grado di ricomprendere all'interno dello stesso modello di mercato tutti i soggetti che utilizzano la città.

Il progetto di sperimentazione dei crediti di mobilità più rilevante per il contesto italiano è stato quello del progetto Mercurio a Genova, condotto dalla Fondazione Accenture Italia e co-finanziato da Fondazione BCN, Telecom Italia, Centro Ricerche Fiat e Elsig ¹⁰⁴. Iniziata sul finire del 2009, tale sperimentazione si è conclusa con un sostanziale fallimento nell'inizio del 2011. Il progetto è stato attivato congiuntamente con l'avvio della ZTL nel centro storico della città. L'adesione al sistema dei crediti di mobilità era volontario e permetteva di ottenere agli aderenti dei risparmi e degli sconti nell'accesso alla ZTL.

Per quanto riguardava il lato trasportatori che abitualmente consegnavano merci nel centro storico, questi potevano registrarsi su un'apposita piattaforma indicando i veicoli da loro utilizzati per effettuare le consegne. Una volta registrati veniva aperto un conto virtuale personale, senza che questo comportasse l'allocazione di alcun credito di mobilità gratuito. Per ogni accesso alla ZTL veniva sottratto un certo numero di crediti, che potevano essere recuperati tramite le consegne effettuate (1 credito per ogni consegna), per mezzo di un lettore portatile in dotazione a ogni veicolo. Ogni sei mesi era prevista una "chiusura contabile" del conto dei trasportatori in cui se il saldo era in attivo i crediti potevano essere recuperati per il periodo successivo, altrimenti il trasportatore doveva richiedere i crediti mancanti necessari per svolgere la propria attività.

Meccanismo differente invece per i commercianti a cui ogni mese venivano automaticamente e gratuitamente accreditati sul proprio conto virtuale un certo numero di crediti di mobilità in base alle necessità di approvvigionamento dichiarate dall'operatore stesso in sede di registrazione alla piattaforma.

Questi crediti potevano essere utilizzati o per rifornirsi in proprio o per farsi rifornire da terzi. Per ogni accesso all'area ZTL con un proprio veicolo (rifornimento in proprio) veniva sottratto dal conto virtuale un certo numero di crediti¹⁰⁵ mentre per i rifornimenti effettuati tramite terzi era previsto un trasferimento di crediti (1 credito per ogni consegna ricevuta) dalle attività commerciali al trasportatore tramite una "card Mercurio". Steso meccanismo anche per gli uffici pubblici e privati. Come per i trasportatori prevista una chiusura contabile ogni sei mesi per verificare il credito o il debito di crediti di mobilità.

Tutte le transazioni furono gestite dotando i soggetti registrati al progetto Mercurio di una "card mercurio" elettronica e di un lettore portatile per la lettura delle card e lo scambio dei crediti di mobilità.

Il sistema di implementazione dei crediti di mobilità necessita di una precisa regolamentazione di alcune tematiche tecniche senza delle quali il sistema non ha alcuna possibilità di funzionare

¹⁰⁴Marcolongo V., Lorenzi S. a cura di (2005), Progetto di mobilità urbana. Nuovi modelli di sviluppo, Fondazione Accenture Italia.

¹⁰⁵ Numero di crediti chiaramente superiore a 1, ovvero al numero di crediti che il commerciante rilasciava all'operatore logistico in conto terzi per ogni consegna da questo effettuato. Il meccanismo serviva per scoraggiare i rifornimenti in proprio dei commercianti del centro città.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

(Ramazzoti D., Liguori G., Dziekan K., 2012)¹⁰⁶. Una prima questione fondamentale riguarda a quale unità di misura fisica legare il riconoscimento di un credito di mobilità. Nel caso studio di Genova ad esempio, il riconoscimento di un credito era legato al numero di ingressi effettuati all'interno del centro storico della città. Nel caso della sperimentazione condotta in Emilia Romagna invece, il sistema di maturazione dei crediti di mobilità è stato legato alle emissioni di CO2 evitate, utilizzando per lo scopo la piattaforma di monitoraggio delle emissioni di CO2 "Cartesio". Il sistema dei crediti pertanto, può essere legato ad una pluralità di parametri la cui scelta compete al decisore pubblico e alle specifiche esigenze che il sistema intende raggiungere.

Altro tema riguarda le modalità con le quali tali crediti devono essere inizialmente distribuiti e in seguito scambiati tra i differenti operatori che operano su un mercato che per natura dello strumento è per forza locale. Si tratta di una fase particolarmente delicata da gestire e da cui dipende l'esito finale dell'intera operazione (Yu N. M., 2012)¹⁰⁷. Secondo uno studio condotto nel 2012 negli Stati Uniti, l'equilibrio nell'allocatione e scambio di tali crediti "può essere turbato dall'esistenza di costi di transazione"¹⁰⁸, costi che se non adeguatamente gestiti dall'autorità pubblica possono compromettere il buon esito dell'intera iniziativa.

Ultima questione riguarda le modalità di monitoraggio e di controllo dei flussi e degli scambi dei crediti di mobilità. A questo proposito il sistema dei crediti deve necessariamente essere legato ad un sistema di ingressi in città regolato da telecamere o dall'installazione sui mezzi di sistemi di telerilevamento come GPS.

La lunga serie di questioni metodologiche e tecniche presentate, mettono in evidenza la complessità del sistema che, per quanto particolarmente efficace in quanto in grado di intervenire direttamente sui comportamenti dei singoli utenti, necessita contemporaneamente della piena partecipazione di numerosi *stakeholders* e di sistemi tecnologici e gestionali di grande complessità.

Nonostante il forte interessamento accademico nei confronti di tale strumento, ad oggi un modello di gestione della distribuzione urbana di merci basato sullo scambio di crediti di mobilità, risulta di difficile attuazione. Si tratta pertanto dello strumento economico meno utilizzato e con i più complessi problemi di attuazione tra gli strumenti economici presentati in questo paragrafo.

11.5 Tasse, incentivi e sussidi pubblici

Il settore dei trasporti, sia privato che commerciale, è da lungo tempo uno dei settori maggiormente incentivati e sussidiati da interventi di natura politica. Il settore dell'autotrasporto in particolar modo, è stato ampiamente supportato nel corso degli anni, ricorrendo prevalentemente a trattamenti fiscali agevolati e alcune esenzioni/rimborsi sulle accise dei carburanti. Oltre alla forte incentivazione, il settore ha anche subito forti forme di tassazione, in particolar modo attraverso le imposte sui carburanti, bolli di varia natura e oneri per l'utilizzo delle strade. Nonostante la forte tassazione a cui è sottoposta, ricerche condotte dalla Banca d'Italia dimostrano come i costi esterni generati dal

¹⁰⁶ Ramazzoti D., Liguori G., Dziekan K., (2012), Civitas MIMOSA project. Mobility Credit system in Bologna, Transport Research Area Europe 2012, Elsevier Ltd.

¹⁰⁷ Yu N. M. (2012), Transaction costs and tradable mobility credits, Transport Research, Elsevier.

¹⁰⁸ Yu N. M. (2012), Transaction costs and tradable mobility credits, Transport Research, Elsevier.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

settore logistico siano più alti rispetto alla tassazione a cui oggi sono sottoposti, aprendo di fatto ad un ventaglio di azioni di natura fiscale (carbon tax sui trasporti in primis) in grado di portare ad una piena internalizzazione di queste esternalità (Banca d'Italia, 2011)¹⁰⁹.

Il Libro Bianco dei Trasporti del 2011 della Commissione Europea ha messo in discussione il sistema di incentivi e sussidi al settore logistico vigente, evidenziando come un'incentivazione non mirata, che premia tutti gli operatori logistici indipendentemente dal loro grado di efficienza e di rispetto dell'ambiente, minaccia le politiche portate avanti dall'Unione Europea nella lotta ai cambiamenti climatici e la riduzione dell'inquinamento. L'articolo 64 del Libro Bianco dei Trasporti in particolare, evidenzia come "molti settori dei trasporti beneficiano di un trattamento fiscale favorevole rispetto al resto dell'economia: ad esempio, trattamento fiscale delle autovetture aziendali, nonché esenzioni IVA e sulla tassazione dei prodotti energetici nel trasporto aereo e marittimo internazionale. In generale tali disposizioni garantiscono incentivi in contrasto con gli sforzi per migliorare l'efficienza del sistema dei trasporti e ridurre i costi esterni generati.". L'impegno della Commissione Europea va quindi verso una ristrutturazione ed un ripensamento del sistema di incentivazione al settore dell'autotrasporto e della logistica urbana.

Questo indirizzo della Commissione Europea è del resto supportato da dati di natura fiscale ed economica elaborati nel corso del 2011 dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) per diversi paesi tra cui l'Italia. In Italia ad esempio, secondo quanto riferito in una nota¹¹⁰ pubblicata nel 2011 dall'EEA sul tema della *Environmental Fiscal Reform*, il settore dei trasporti pesanti è fortemente sussidiato e queste forme di sussidio si sono rivelate non idonee al raggiungimento di forme di trasporto merci più sostenibili e meno inquinanti. Secondo gli studi dell'EEA, rimuovendo dal settore degli autotrasporti questi sussidi dannosi per l'ambiente, sussidi che consistono soprattutto in sgravi fiscali, nel 2013 si risparmierebbero 32 milioni di euro, che salirebbero a 63 milioni di euro nel 2014 e a 95 milioni di euro nel 2015 (EEA, 2011). La nota dell'Agenzia Europea per l'Ambiente prevede inoltre che da una piena applicazione in Italia della Direttiva Eurovignette così come rivista nel 2011, si genererebbero flussi monetari per lo Stato pari a 500 milioni di euro nel 2012 e di 1.000 milioni di euro negli anni successivi. A tali introiti andrebbero poi ad aggiungersi altre entrate tra i 600 e i 1.800 milioni di euro all'anno qualora si introducesse, sempre sul modello della Direttiva Eurovignette, una tassazione dei veicoli (sia per la mobilità personale che commerciale) più proporzionale alle esternalità ambientali generate (EEA, 2011). Questi flussi monetari aggiuntivi per le casse dello Stato potrebbero e dovrebbero trasformarsi in aiuti alla logistica verde e alla mobilità sostenibile, con un focus particolare all'ammodernamento del parco mezzi circolante e il sostegno della mobilità elettrica.

L'Italia, in linea con quanto fissato dalla Commissione Europea nel Libro Bianco del 2011, intende rivedere il proprio sistema di incentivazione e supporto al settore dell'autotrasporto e proprio per questo motivo ha definito all'interno del Piano Nazionale della Logistica 2012-2020 redatto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, una serie di principi e linee guida per rivedere l'intero sistema al fine "di accompagnare e non ostacolare il cambiamento"¹¹¹ dei sistemi logistici urbani. "Una prima linea di azione" – si legge nel documento – "potrebbe prevedere un'azione di

¹⁰⁹ Banca d'Italia (2011), L'Italia e gli obiettivi europei del pacchetto Clima-Energia: un ruolo per gli strumenti economici. L'analisi di una Carbon Tax sui trasporti, Roma.

¹¹⁰ EEA (2011), EEA Staff position note 2011, Environmental Fiscal Reform. Illustrative potential in Italy, SPN11/01

¹¹¹ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Consulta Generale per l'autotrasporto e per la logistica (2012), Piano nazionale della Logistica 2012-2020, Bozza Finale 26 luglio 2012.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

incentivazione/orientamento delle scelte dei singoli Enti Locali competenti, attraverso la subordinazione della possibilità di accesso ai finanziamenti per la mobilità sostenibile resi disponibili dalle Amministrazioni Centrali, all'approvazione ed adozione di un Piano della Distribuzione Urbana, all'interno del Piano Urbano della Mobilità (PUM)¹¹². A tali misure dovrebbe poi affiancarsi, a livello regionale, "un meccanismo premiale di attribuzione dei finanziamenti ai Comuni"¹¹³.

Il Piano Nazionale della logistica 2012-2020, intende inoltre intervenire sia sul lato dell'offerta che della domanda di servizi logistici. Per quanto riguarda l'offerta di servizi logistici, "essa va incentivata per migliorarne la qualità sul piano strutturale, organizzativo, tecnologico e lavorativo; vanno sostenuti gli investimenti per la qualificazione del personale, per l'introduzione di tecnologie ICT e l'adeguamento dei mezzi e degli impianti agli standard operativi, ambientali e energetici; vanno altresì promosse forme di aggregazione e collaborazione e la crescita dimensionale delle imprese. In questo senso, gli attuali ed importanti incentivi destinati in difesa dell'autotrasporto, sono importanti visto il ruolo del trasporto su strada e vanno al più presto in prospettiva gradualmente riorientati insieme al rafforzamento degli incentivi al trasferimento modale su ferro e su nave attraverso una politica industriale del settore". Per quanto riguarda il lato della domanda di servizi logistici invece, "va anch'essa qualificata, incentivando la riorganizzazione delle imprese industriali e commerciali e l'aggregazione logistica. Lo strumento dei *contratti di rete* può rappresentare sicuramente una grande opportunità per qualificare la domanda logistica, ma può esserlo anche per l'offerta".

I sussidi al settore della logistica urbana possono essere suddivisi in due grandi categorie:

- **Sussidi diretti**, ovvero contributi di natura economica destinati direttamente a soggetti pubblici o privati per sostenere investimenti in ricerca o implementazione di soluzioni innovative o l'acquisto di mezzi con performance ambientali superiori (ad esempio i 24 milioni di euro stanziati dal Ministero dei Trasporti italiano nel 2013 per l'acquisto di camion Euro VI superiori alle 11,5 tonnellate);
- **Sussidi indiretti**, ovvero esenzioni a sistemi tariffari o di tassazione riconosciute dalle autorità pubbliche a quei soggetti che implementano comportamenti o soluzioni virtuose in termini di organizzazione logistica o ricorso ad una flotta di mezzi con performance ambientali elevate.

Per quanto riguarda i sussidi diretti, questi possono essere elargiti dagli Stati centrali e molto difficilmente invece dalle autorità locali. Queste forme di incentivazione dirette infatti, oltre ad essere estremamente onerose per le amministrazioni locali, possono portare all'apertura di procedure di infrazione da parte dell'Unione Europea in quanto configurabili come aiuti di Stato (MDS Transmodal, 2012). Proprio per questi motivi, raramente in Europa forme di incentivazione dirette al settore della logistica urbana sono state utilizzate dalle amministrazioni locali.

Le forme indirette di sussidio al settore logistico risultano senza dubbio di maggiore interesse per le pubbliche amministrazioni, soprattutto perché poco costose e più costo-efficienti (MDS Transmodal,

¹¹² Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Consulta Generale per l'autotrasporto e per la logistica (2012), Piano nazionale della Logistica 2012-2020, Bozza Finale 26 luglio 2012.

¹¹³ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Consulta Generale per l'autotrasporto e per la logistica (2012), Piano nazionale della Logistica 2012-2020, Bozza Finale 26 luglio 2012.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

2012) nel sostenere gli operatori privati più virtuosi. Tra le forme di sussidio indirette “maggiormente di successo si segnalano quelle forme di esenzione da obblighi di tipo regolatorio per quei soggetti che adottano comportamenti che conducono ad una distribuzione urbana delle merci sostenibile”¹¹⁴. Gli esempi in questa direzione sono numerosi. A Londra ad esempio sono esentati dal sistema di congestion charge i veicoli elettrici e tutti quelli che rientrano all'interno dei requisiti tecnici dei cosiddetti “greener vehicles”¹¹⁵. A Norwich invece, sempre nel Regno Unito, è concesso l'utilizzo gratuito delle corsie preferenziali urbane per tutti gli operatori logistici che hanno utilizzato il Centro di Consolidamento delle merci collocato al di fuori del centro storico. A Bristol e a Utrecht invece, sono state concesse finestre temporali di consegna molto più ampie rispetto a quelle normali per quegli operatori logistici in grado di utilizzare veicoli a basse emissioni.

Queste forme di sussidi indiretti basati sull'esenzione da determinati vincoli normativi, “sono nel breve-medio periodo gli strumenti più costo efficienti di cui al momento dispongono le pubbliche amministrazioni”¹¹⁶. Queste forme di sussidio indirette basate su policy premiali differenziali, riguardano prevalentemente il supporto a tre differenti tipologie di comportamenti logistici:

- Utilizzo di veicoli zero o low emission;
- Veicoli che utilizzano Centri di consolidamento dei carichi;
- Maggiore utilizzo di fornitori logistici in conto terzi.

L'efficacia di tali misure è garantita dal fatto che gli operatori della logistica urbana sono molto attenti a rendere più costo-efficienti i propri sistemi logistici, e queste forme di sussidi indiretti forniscono un notevole supporto agli operatori più efficienti, senza il rischio di incorrere in procedure di infrazione per aiuti di Stato non autorizzati (MDS Transmodal, 2012). Si tratta inoltre di strumenti che lasciano ampio spazio al mercato, consentendo a ciascun operatore logistico di trovare le soluzioni gestionali e veicolari migliori per ridurre le proprie esternalità senza compromettere l'efficienza delle operazioni di delivery.

Gli strumenti di natura fiscale possono essere molto utili soprattutto per intervenire su tre criticità del settore logistico:

- Pieno carico dei mezzi;
- Emissioni inquinanti;
- Percorrenze.

Per quanto riguarda il pieno carico dei mezzi commerciali in circolazione, una delle misure fiscali su cui si sta lavorando a livello europeo riguarda una tassazione sui vuoti, ovvero una tassa proporzionale al coefficiente di carico del mezzo. Le questioni tecniche e normative per una sua piena attuazione sono ancora numerose ma il suo potenziale impatto sull'efficientamento del settore logistico paiono di grande interesse.

Per quanto riguarda invece il tema della riduzione delle emissioni inquinanti, forme di tassazione differenziate a seconda del tipo di motorizzazione e classe ambientale del veicolo esistono già e rappresentano la piena attuazione delle importanti innovazioni normative sul tema introdotte nel

¹¹⁴ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report, Pag.73.

¹¹⁵ Vetture con emissioni inferiori a 100g/km, Euro V, veicoli commerciali leggeri con peso inferiore ai 3.500 chili e veicoli elettrici e ibridi.

¹¹⁶ MDS Transmodal (2012), DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport. Final Report, Pag.74



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

2011 con la revisione della Direttiva Eurovignette. Esempi di questa categoria di interventi sono le numerose Low Emission Zone sorte in numerose città europee. Tra le prime città ad attuare su vasta scala una politica di questo tipo Londra, che ha introdotto dal gennaio 2012 una tassa giornaliera di ingresso in città di 100 sterline (200 sterline invece per i mezzi di peso maggiore alle 3,5 tonnellate) per i mezzi diesel che non sono almeno Euro IV.

Per quanto riguarda infine il tema della riduzione della percorrenza media dei mezzi pesanti, esistono già in Europa forme di tassazione chilometriche differenziate a seconda delle prestazioni ambientali dei veicoli. Questo accade ad esempio in Francia dove, a partire dall'ottobre 2013, verrà introdotta una Ecotassa su tutti i mezzi pesanti (HDV) superiori alle 3,5 tonnellate che percorrono sia la rete autostradale che alcune strade distrettuali. La tariffa prevista è di 0,125c€/km, differenziata in base al numero di assi, le performance ambientali del mezzo e il peso complessivo del veicolo. Al fine della rilevazione dei dati, su ogni mezzo verrà installata un'unità di bordo unito ad un apposito sistema satellitare GPS.

11.6 I meccanismi di cooperazione/condivisione tra gli operatori logistici

Le misure logistiche generalmente hanno come obiettivo la regolazione del traffico generato dal trasporto merci in ambito urbano, non influenzando però i meccanismi interni di funzionamento del sistema distributivo (rapporti tra fornitori e clienti del servizio, tra aziende di trasporti) stabiliti dal mercato¹¹⁷.

Esistono tuttavia misure che, prevedendo la cooperazione di più operatori logistici, incidono sulla loro struttura organizzativa. Questi meccanismi però hanno incontrato fino ad oggi grosse difficoltà di sviluppo¹¹⁸ connesse soprattutto alla reticenza dei trasportatori ad affidare i propri carichi a terzi, in virtù di motivi:

- Contrattuali (responsabilità sulla merce, tempi di consegna);
- Di mercato (perdita di controllo su una parte importante della filiera di trasporto);
- Di *marketing* (perdita di visibilità connessa all'assenza del logo aziendale).

Le criticità appena evidenziate assumono una rilevanza diversa a seconda della natura del meccanismo di condivisione. Infatti, questi ultimi possono essere:

- *Volontari*.
- *Obbligatori*.

Mentre nel primo caso l'operatore logistico è libero di aderire al meccanismo cooperativo (ed es. affidare i propri carichi ad un distributore unico per le consegne *last-mile*) oppure non farlo accettando alcune restrizioni (ad es. eseguire personalmente i giri di consegna all'interno però delle fasce orarie imposte), nel secondo all'operatore è imposta l'adesione alla misura di cooperazione con conseguenti maggiori difficoltà nel superare le criticità sopra elencate.

¹¹⁷ A. Creazza, S. Curi, F. Dallari. 2014. "City logistics: panoramica delle best practice nazionali e internazionali".

¹¹⁸ F. Giuffrida. 2002. "Ingresso e movimentazione delle merci nelle grandi aree urbane".

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Nella presente nota si offre una mappatura delle principali forme di cooperazione tra operatori logistici che ad oggi hanno trovato maggiore diffusione. In particolare, queste esperienze fanno riferimento ai seguenti aspetti:

- Utilizzo di un comune Centro di Distribuzione Urbana (CDU multi-operatore);
- Utilizzo di un comune sistema di stoccaggio temporaneo per il ritiro delle merci;
- Utilizzo degli stessi veicoli a basso impatto ambientale per le consegne *last-mile*;
- Utilizzo di piattaforme *web* e *software* di ottimizzazione delle consegne.

Per ciascuno dei casi sopra citati l'analisi, oltre a mettere in luce i meccanismi di cooperazione e condivisione all'interno del sistema organizzativo di gestione delle merci urbane, tiene conto anche dei potenziali benefici e delle criticità emerse in fase applicativa.

11.7 I centri di distribuzione urbana multi-operatore

Un primo esempio di forma di cooperazione tra operatori logistici è rappresentato dall'utilizzo da parte di più operatori di un unico Centro di Distribuzione Urbana (CDU) a cui è associato un sistema di consegne dell'ultimo miglio affidato ad un soggetto terzo, che può essere una società pubblica, o mista, piuttosto che un *pool* di operatori consorziati.

Tale misura di solito si associa alla presenza di una ZTL con un sistema di regole di accesso molto restrittivo e cogente che favorisce in modo decisivo l'operatore che si affida al CDU, o che spinge verso comportamenti virtuosi (ad es. la possibilità di ingresso fuori dalle fasce orarie previste concesso agli operatori che utilizzano veicoli a basse emissioni).

Più precisamente questo meccanismo di cooperazione prevede la creazione di centri di trasbordo (piattaforme logistiche o centri di distribuzione urbana-CDU) localizzati nei dintorni della città o a ridosso del centro urbano, verso i quali indirizzare le merci, consolidare i carichi (*groupage*) e inviarli verso i punti di destino, affidandoli ad uno o più prestatori che utilizzano veicoli a basso impatto ambientale, pianificano al meglio le consegne e aumentano il coefficiente di carico dei veicoli.

L'idea, che in teoria potrebbe rappresentare una soluzione ai problemi del trasporto urbano di merci, è in realtà irta di difficoltà che ne hanno impedito fino ad ora l'utilizzo su vasta scala, limitandone l'applicazione ad alcune sperimentazioni in corso in vari paesi europei. Il principale punto critico di tale soluzione organizzativa è legato, oltre all'aumento dei costi indotto da una rottura di carico supplementare, anche alle difficoltà di implementazione di un complesso modello organizzativo.

11.7.1 Le esperienze europee

A livello europeo possono essere schematicamente individuati tre modelli di approccio al problema dei CDU¹¹⁹:

- Il modello tedesco;
- Il modello olandese;
- Il modello monegasco.

¹¹⁹ S. Curi. "Il trasporto urbano di merci, analisi delle esperienze city logistics in Europa".



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Modello tedesco

Il modello tedesco si basa sulla cooperazione volontaria tra trasportatori, che si accordano per organizzare la distribuzione in città, suddividendosi le aree di competenza, scambiandosi i carichi, utilizzando magazzini comuni. Le municipalità e altri organismi locali come le Camere di Commercio si limitano al ruolo di promotori degli accordi di autodisciplina dei trasportatori; raramente partecipano alle società eventualmente costituite per la gestione del CDU o di parte dei servizi offerti. In genere i trasportatori che partecipano all'iniziativa non godono, né di vantaggi particolari rispetto alle regole che sovrintendono alla distribuzione delle merci in ambito urbano, né di alcun sostegno finanziario pubblico. Le iniziative devono sostenersi da sole, raggiungendo l'equilibrio gestionale con le attività svolte nel mercato. L'unico vantaggio competitivo dei trasportatori che partecipano all'iniziativa è "l'immagine", spesso sostenuta con appositi certificati rilasciati dalle municipalità e iniziative ad hoc, di aziende attente ai problemi ecologici della città.

Un esempio tipico del modello tedesco è offerto da *Friburgo* e dal suo progetto di "*City Logistik*", iniziativa della locale Camera di Commercio (CCI) che si era ispirata ad un'analoga esperienza di *Brema*. Il progetto si è focalizzato sulla distribuzione delle merci nel centro città e consta di 4 gruppi, ognuno dei quali composto da un numero diverso di aziende aggregatesi sulla base della vicinanza geografica delle rispettive sedi.

Ogni gruppo ha un suo modello organizzativo che prevede differenti forme di cooperazione; tra queste particolarmente interessante risulta, oltre al classico affidamento dei propri carichi per la consegna *last-mile* a terzi, l'organizzazione di alcune aziende che a turno (rotazione settimanale) si assumono l'onere di distribuire le proprie merci e quelle dei *partner* del gruppo.

I principali risultati positivi del progetto "*City Logistik*" possono essere così riassunti¹²⁰:

- Il numero dei giri fatti dall'insieme dei veicoli commerciali nel centro città è diminuito del 33%;
- Il coefficiente di carico è aumentato collocandosi intorno al 70%;
- La distanza media dei percorsi si è ridotta da 10 a 5 km.

Modello olandese

Il modello olandese si basa sulla presenza di CDU abbinati ad un sistema di "licenze" di distribuzione urbana rilasciate dalle municipalità. I trasportatori che possiedono la licenza hanno dei vantaggi soprattutto sul piano della circolazione (es. finestre orarie più ampie), in cambio di alcune limitazioni (es. rotazione dei permessi di accesso, utilizzo di veicoli a basse emissioni). La differenza principale rispetto al modello tedesco, dove l'intervento del pubblico è limitato al minimo indispensabile, risiede nel diretto coinvolgimento delle autorità locali nella gestione dei CDU e nella definizione di uno stringente sistema di regole di accesso alla città.

L'esempio più noto del modello olandese è quello dalla Città di *Leida* in cui è stata costituita una società di gestione del CDU (denominata *UDC Company*) partecipata dalla Municipalità di *Leida*, dall'azienda di trasporti *Mostert* (con compiti di gestione operativa del CDU e di distribuzione delle merci nel centro città) e dalla Compagnia *De Zijl Bedrijven* (controllata dalla Municipalità, con il compito di fornire la manodopera necessaria al CDU). La distribuzione urbana delle merci a *Leida* è organizzata come segue: la merce in arrivo a *Leida* e destinata al centro città, converge verso il

¹²⁰ "Experimentations en France et en Europe" tratto da www.transports-marchandises-en-ville.org.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

CDU ubicato in periferia, qui la merce viene raggruppata e caricata su veicoli di proprietà della società *UDC Company* o dei trasportatori dotati di licenza, cercando di massimizzare il *load factor* e ottimizzare i giri.

Questo progetto dopo lunghe discussioni prese avvio nel 1997, non ha avuto grossi benefici per i trasportatori che hanno contestavano una politica municipale tendente a creare una situazione di monopolio di fatto nel servizio di distribuzione merci in città. Queste critiche insieme alle difficoltà a raggiungere l'equilibrio economico-finanziario del CDU hanno portato alla sospensione del progetto¹²¹.

Modello monegasco

Il modello sviluppato a Montecarlo nel 1989 riguarda la proibizione assoluta ai mezzi di portata superiore alle 8 tonnellate di circolare nel territorio cittadino a qualsiasi ora del giorno e della notte e l'utilizzo di una piattaforma logistica municipale gestita da un concessionario verso la quale obbligatoriamente convergono tutti i veicoli commerciali di portata superiore.

Le merci da questi scaricate possono essere consegnate dal concessionario che si avvale di propri mezzi, oppure ritirate con propri mezzi dal destinatario. Si tratta, però, di un modello difficilmente esportabile poiché strettamente connesso alla particolarità della città per localizzazione geografica, organizzazione istituzionale, densità urbana.

Modello	Tipologia di misura		Prevede misure di premialità	Gestione pubblica	Capacità del servizio di autosostenersi
	Volontaria	Obbligatoria			
Tedesco	X		NO		SI
Olandese	X		SI	X	NO
Monegasco		X	SI	X	-

Figura 18. Quadro riassuntivo dei tre modelli di consolidamento dei carichi analizzati. Fonte: Elaborazione IEFE

L'unico dei modelli precedentemente descritti che funziona ed è capace di autosostenersi è il modello Tedesco. La motivazione è legata sia alla natura volontaria della misura sia alla gestione privata del servizio. Nel caso di quello olandese, infatti, è stata proprio la gestione municipale che, tendendo a creare una situazione di monopolio nel servizio di distribuzione merci in città, è stata contestata dagli operatori.

11.7.2 Esperienze nazionali

Padova

Quello di Padova è il caso "modello" in Italia di realizzazione di un sistema di logistica urbana basato sull' utilizzo da parte di più operatori di un'unica piattaforma (logistica localizzata presso l'Interporto di Padova a 3,5 km dal centro città), e di un servizio (*Cityporto*) di consegne in città effettuato con

¹²¹ Al momento attuale nessun CDU è operativo in Olanda.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

10 veicoli a basse emissioni (metano) e gestito direttamente dall'Interporto di Padova S.p.A., secondo lo schema sotto illustrato (fonte: Interporto Padova).



Il modello operativo è basato sull'adesione volontaria degli operatori logistici e del trasporto; l'operatore logistico che effettua consegne in città è infatti libero di scegliere se affidarle a *Cityporto*, oppure occuparsene direttamente accedendo alla ZTL nelle fasce orarie previste. L'ingresso ai veicoli a trazione elettrica è sempre consentito. Attualmente gli operatori aderenti sono 55, tra cui i maggiori *courier* nazionali ed esteri.

Il servizio, partito con un finanziamento totale di 360.000 € assicurato dal Comune, dalla Provincia e CCIAA di Padova e dalla Regione Veneto, attualmente ha raggiunto un punto di equilibrio che lo rende in grado di auto sostenersi.

Vicenza

L'esperienza ha tratto ispirazione dal modello padovano, ma con una significativa differenza: il carattere non volontario dell'adesione al servizio. A Vicenza infatti non è possibile agli operatori accedere alla ZTL al di fuori delle ristrette fasce di accesso consentito, neanche in presenza di veicoli elettrici. Questa impostazione decisamente restrittiva ha portato il comune ad un contenzioso con alcuni operatori dell'espresso. La giustizia amministrativa, in prima istanza (sentenza TAR Veneto, 23/01/2008, n° 146) aveva accolto il ricorso degli operatori, che è stato poi rigettato dal Consiglio di Stato (n° 596/09 REG.DEC.) che ha confermato la legittimità delle misure adottate dal comune.

Il modello vicentino si basa su una piattaforma logistica localizzata presso il mercato ortofrutticolo, nei pressi dei Magazzini Generali di Vicenza ad 1,5 km dal centro cittadino. Il modello operativo è basato sull'utilizzo obbligatorio (al di fuori delle finestre orarie) del servizio distributivo fornito tramite l'utilizzo di 6 veicoli a zero emissioni (elettrici) e 1 veicolo ibrido dalla società *Vicenza Logistic Center S.r.l.*

A differenza di quello padovano però nel caso del modello vicentino il finanziamento annuale dei soci non copre i costi d'esercizio, ne consegue che la società tende a chiudere il bilancio costantemente in perdita.

Parma

La città di Parma, con il progetto "*Ecologistics*", ha sviluppato un sistema di *city logistics* basato su un modello simile a quello di Padova, ossia tramite l'istituzione di una ZTL per fasce orarie e con un sistema di permessi a pagamento e l'utilizzo di una CDU con un servizio di distribuzione (*Ecocity*) gestito dalla piattaforma del Centro Agroalimentare e Logistica Consortile (CAL) localizzato in prossimità del centro cittadino (circa 3 km).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

La società che gestisce il CAL è anche il soggetto attuatore del servizio di consegna merci in città, avendone ricevuta la nomina da parte del Comune. Le consegne effettuate dal CAL si avvalgono di veicoli leggeri alimentati a gas metano di PTT (Peso Totale a Terra) pari a 35 q.

Come nel caso di Padova la misura non ha carattere obbligatorio, ma gli operatori logistici possono scegliere volontariamente di non utilizzare il servizio Ecocity CDU per la consegna merci nella ZTL ed effettuare autonomamente le consegne dotandosi di veicoli che rispettino alcuni *standard*¹²².

Il servizio inizialmente finanziato dal Comune, si sostiene attualmente con il contributo dei partner che hanno aderito all'iniziativa (operatori che includono non solo PMI, ma anche grandi aziende produttrici e distributori del Largo Consumo).

Città	Tipologia di misura		Accesso ZTL per fasce orarie	Consegne con veicoli elettrici	Consegne con veicoli a metano	Capacità del servizio di autosostenersi
	Volontaria	Obbligatoria				
Padova	X		X		X	SI
Vicenza		X	X	X		NO
Parma	X		X		X	SI

Figura 19. Tabella comparativa dei tre casi studio italiani analizzati. Fonte: Elaborazione IEFE

Dall'analisi della Tabella risulta che mentre nei casi di Padova e Parma il servizio è capace di autosostenersi, nel caso di Vicenza è in costante perdita. Quest'evidenza potrebbe essere collegata, analizzando la tabella, sia alla natura obbligatoria della misura, che all'utilizzo di veicoli elettrici per le consegne.

La natura obbligatoria del servizio infatti nel caso di Vicenza ha portato il comune ad un contenzioso con alcuni operatori logistici. Per quanto riguarda l'utilizzo di veicoli elettrici, invece, va sottolineato che sebbene gli importanti progressi tecnologici degli ultimi anni, l'utilizzo di questi veicoli per il trasporto merci in ambito urbano presenta ancora forti criticità per quanto concerne il prezzo d'acquisto del mezzo, la portata massima e l'autonomia, entrambe molto contenute.

11.8 I sistemi di stoccaggio temporaneo per il ritiro merci multi-operatore

Una soluzione infrastrutturale innovativa è l'installazione di *box* per presa/consegna di merci posizionati in luoghi accessibili ad alta densità abitativa, o di uffici. La loro funzione è di fatto quella di *hub* urbano; infatti l'operatore logistico invece di effettuare un giro di consegna con svariati punti di *drop*, effettua con un unico viaggio una molteplicità di consegne in solo punto. Il destinatario viene in seguito avvisato dell'avvenuta consegna e riceve un codice di accesso, con il quale può accedere al *box* stesso per ritirarne il contenuto, oppure può richiedere la consegna a domicilio mediante veicoli a basso impatto o con *cargo bike*.

¹²² Veicoli con portata <35 q; motori che rispettino gli standard almeno Euro4, oppure elettrici, a metano, Gpl; coefficiente di carico pari almeno al 70% della portata utile.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Tipicamente tali servizi sono organizzati da operatori logistici già presenti nel mercato (mono-operatore) ma una variante è rappresentata dalla gestione da parte di un singolo soggetto (es. Pubblico) di punti destinati all'utilizzo da parte di più operatori logistici (multi-operatore).

11.8.1 Esperienze europee

Berlino

Berlino è una delle città europee più innovative nella ricerca di soluzioni tese a migliorare la qualità della vita in città. Tra le soluzioni che sono in fase di avanzata sperimentazione vi è quella dell'installazione dei box (*BentoBox*); l'iniziativa è stata sviluppata a partire dal 2011 all'interno del progetto *CityLog* (cofinanziato dal 7° programma quadro della UE).

I *BentoBox* sono una sorta di *hub* urbano di raccolta/consegna, utilizzabili congiuntamente da più operatori logistici che hanno aderito all'iniziativa¹²³. In una prima fase i box hanno avuto una funzione supporto alle attività generate dai *courier* (non erano accessibili ai destinatari), successivamente sono stati utilizzati anche per le consegne ai destinatari finali, sia privati, sia *business*.

Il sistema consiste in un telaio fisso e moduli removibili (*trolley*) suddivisi in cassette indipendenti. Gli operatori logistici che aderiscono all'iniziativa (circa 140) portano presso il magazzino del gestore del servizio (*Messenger*) i colli da consegnare. *Messenger* riempie i cassette che compongono i moduli removibili e li porta a destinazione, riposizionandoli nel telaio fisso e ritirando al contempo i moduli vuoti¹²⁴.

I benefici ottenuti a Berlino con questo sistema purtroppo non sono stati quantificati per assenza di studi specifici ma gli stessi operatori logistici che hanno aderito all'iniziativa hanno sottolineato una consistente riduzione dei flussi veicolari dei furgoni merci con conseguenti risparmi di carburante e riduzione delle emissioni¹²⁵.

11.8.2 Esperienze italiane

In Italia è in corso una sperimentazione di tale sistema a Torino, gestito da TNT. Più precisamente la sperimentazione, effettuata nell'ambito del progetto *CityLog*, riguarda una *BentoBox*, ovvero un prototipo ideato e realizzato da *ICOOR*, consorzio di Università per la Ricerca Operativa. Il *box* si compone di un telaio fisso (*docking station*) e di 6 moduli removibili (*trolley*) suddivisi in cassette indipendenti nei quali, in un'ottica di utilizzo multi-operatore, più corrieri potrebbero riporre i pacchi. Anche in questo caso, il vantaggio ottenibile con l'utilizzo di questo sistema sarebbe la riduzione del numero di furgoni che si muovono in città, con conseguente riduzione d'impatti sull'ambiente e sul traffico.

¹²³ Non è quindi un sistema proprietario come i box berlinesi installati da *Dhl (Packstation)*.

¹²⁴ Se posizionati in luoghi adatti, il ciclo dei *BentoBox* può prevedere una fase di carico/scarico notturna.

¹²⁵ <http://www.civitas.eu/content/berlin>.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

11.9 CONSEGNE LAST-MILE CON VEICOLI LEV/ZEV MULTI-OPERATORE

Tra le misure messe in atto dalle Pubbliche Amministrazioni per migliorare la qualità dell'aria, hanno assunto un ruolo strategico nel panorama europeo le iniziative per ridurre l'utilizzo di veicoli privati a motore e promuovere l'utilizzo di sistemi di consegna *last-mile* pubblici o multi-operatore con veicoli LEV (*Low emission vehicle*) alimentati a metano, GPL, biocombustibili, ibridi o ZEV (*Zero emission vehicle*) ad alimentazione elettrica. Questa misura risulta strettamente connessa alla realizzazione di Centri di Distribuzione Urbana (CDU) generalmente gestiti da un operatore pubblico che si avvale per le successive consegne *last-mile* di veicoli a basso impatto ambientale.

11.9.1 Esperienze europee

Utrecht

Un'applicazione particolare del trasporto *last-mile* con veicoli ZEV è stato sviluppato in Olanda e attuato regolarmente ad *Utrecht*. Il sistema, denominato *Cargohopper*, si compone di una serie di elementi:

- Un CDU posto all'esterno della città, verso cui convergono le merci destinate agli esercizi della ZTL;
- Un semirimorchio capace di caricare fino a 8 *box* in cui sono state consolidate in modo opportuno le merci in colli;
- Una piccola motrice elettrica, caricata anche con pannelli solari, in grado di trainare il semirimorchio che effettua il giro delle consegne, scaricando la merce e raccogliendo gli imballaggi usati.



Anche in questo caso purtroppo non sono disponibili in letteratura dati quantitativi sui flussi veicolari risparmiati e sulle emissioni conseguentemente evitate. Risulta, però, evidente che i benefici connessi a questo sistema di consegna *last-mile* non sono sicuramente trascurabili.

11.10 SISTEMI ITS PER LA GESTIONE DELLE CONSEGNE MULTI-OPERATORE



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il recente sviluppo tecnologico ha portato alla diffusione di sistemi e piattaforme informatiche di ottimizzazione logistica delle consegne. Nel dettaglio si tratta di *software* che utilizzano algoritmi di pianificazione dei percorsi (*routing*), di programmazione delle consegne (*scheduling*) in tempo reale, per ottimizzare i giri di consegna in funzione della tipologia di merci e dei punti di destinazione. Tali sistemi possono essere collegati a piattaforme di infomobilità pubbliche o private, per consentire il ricalcolo dei percorsi in relazione alle condizioni di traffico reali. Generalmente tali *software* sono associati a sistemi di monitoraggio della posizione che consentono di individuare la collocazione del veicolo e di monitorare in tempo reale il percorso (*tracing and tracking*), attraverso tecnologie GPS e GPRS¹²⁶.

Negli ultimi anni sono stati messi in opera differenti progetti che prevedono l'utilizzo di un unico sistema ITS per l'ottimizzazione della logistica merci da parte di più operatori oppure di un unico soggetto (privato o pubblico) che effettua le consegne *last-mile*. Nel seguito se ne descrivono alcune di stampo nazionale.

Siena

Siena con il suo progetto "*Alife*" ha sperimentando la possibilità di sviluppare una logistica urbana che, oltre a prevedere l'utilizzo di veicoli a basso impatto ambientale, utilizza anche nuove tecnologie per il controllo e la regolamentazione del traffico merci.

Alife prevede infatti che le consegne *last-mile* vengono effettuate con veicoli a basso impatto¹²⁷ che passano da accessi controllati telematicamente e sono gestite da sistemi informatici di ottimizzazione delle consegne. I lotti iniziati nel febbraio 2000 e finanziati dal Comune di Siena, con l'impegno di Siena Parcheggi, il progetto coinvolge enti pubblici e privati, ed è il primo programma italiano di questa natura sponsorizzato, con un finanziamento di circa due miliardi dal Ministero per l'Ambiente, come azione pilota per la logistica urbana e la città sostenibile.

Le condizioni di abilitazione al transito attraverso un dato varco sono basate sulla verifica che la "categoria utente" sia ammessa al transito nella ZTL, che l'utente sia abilitato a transitare da quello specifico varco e in quella specifica fascia oraria e che l'autorizzazione non sia scaduta.

In questo progetto di gestione dei flussi di merci, Siena è senz'altro favorita rispetto ad altre città dalla sua struttura (dimensioni medio-piccole, pianta medioevale con accessi ben definiti attraverso un sistema di mura che chiudono il perimetro cittadino) e dall'aver sviluppato nel corso degli anni un sistema molto rigido di controllo del traffico cittadino privato e merci. Per quanto riguarda le merci, ad esempio, già da tempo vige un regolamento molto articolato di accesso al centro storico che prevede orari differenziati per filiera (alimentari, fiorai, rivenditori di bombole, artigiani, autofficine-elettrauto, distributori di giornali, aziende edili).

Parma

Il modello di *city logistics* sviluppato dalla città di Parma prevede che le consegne *last-mile* avvengano mediante il servizio *Ecocity* che si avvale di veicoli LEV alimentati a metano. Gli operatori che non utilizzano tale servizio sono obbligati ad avvalersi di veicoli di portata inferiore ai 35 q, provvisti di motori che rispettino almeno gli standard Euro 4, oppure elettrici, a metano o Gpl.

¹²⁶ Questi sistemi sono potenzialmente impiegabili per garantire la sicurezza del veicolo e della merce trasportata; tema di rilevanza se si tratta di merci pericolose.

¹²⁷ Il 60% delle merci è consegnata con 20 mezzi alimentati a gas naturale (CNG) e 5 elettrici e con un *load factor* non inferiore al 70%.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Dal punto di vista tecnologico la gestione del sistema di distribuzione urbana si basa su una piattaforma telematica ITS sviluppata da una società privata che include l'utilizzo dei supporti Gps, Gis e Gprs per la tracciatura delle merci e dei veicoli (*tracking & tracing*) in tempo reale.

La piattaforma informatica gestisce, oltre alla tracciatura dei veicoli e delle merci, anche la pianificazione della distribuzione, ossia ottimizzare i giri di consegna tenendo conto della tipologia delle merci e dei punti di consegna.

12 ANALISI DELLE POLITICHE DI INCENTIVAZIONE DI SCELTE DI MOBILITÀ VIRTUOSE

Il presente approfondimento affronta il tema delle premialità, come meccanismo finalizzato ad incentivare i comportamenti virtuosi nell'ambito della logistica urbana, nell'ambito del modello proposto da URBeLOG.

Un sistema premiante prevede l'attribuzione di ricompense o punti, tramutabili in premi, a coloro che attuano dei comportamenti virtuosi. Questo permette di facilitare il cambiamento dei comportamenti e delle abitudini dei soggetti in gioco, sostenendo una partecipazione volontaria e non imposta. I tradizionali sistemi di tassazione, ad esempio il road pricing, seppur efficienti, spesso trovano un'opposizione da parte dell'opinione pubblica in quanto imposti da un'autorità superiore, mentre un modello premiante risulta essere più accettabile. Nonostante questo, il sistema premiante non va necessariamente a sostituire i sistemi più tradizionali, ma può affiancarsi ad essi, migliorando le prestazioni complessive.

Nel seguito viene analizzato il campo dei crediti di mobilità con alcuni richiami a progetti ed esperienze maturate nel campo più generale dei trasporti. Analizzati i limiti applicativi di tale meccanismo, si passa quindi allo studio di sistemi premianti più semplici, senza attribuzione e scambio di crediti, per poi focalizzarsi sulle applicazioni esistenti all'ambito della logistica urbana.

L'analisi delle applicazioni di sistemi premianti nella logistica viene condotta attraverso uno schema logico che sintetizza le relazioni nella mappa degli attori della rete logistica, analizzandone le loro caratteristiche e le possibili fonti di premialità. Attraverso l'analisi degli elementi di raccolta, controllo e tipologia di premi, si sono valutati infine i punti di forza e di debolezza dei casi presentati, al fine di individuarne gli elementi di efficacia per definire un nuovo modello di premialità per la logistica last-mile.

12.1 Penalità, crediti e premialità

12.1.1 Possibili approcci della Pubblica Amministrazione: regolazione e incentivazione

Per far fronte ad elevati livelli di inquinamento ambientale e acustico e una congestione stradale sempre crescente, le Pubbliche Amministrazioni hanno tradizionalmente applicato sistemi di regolazione e tariffazione dello spazio stradale, attraverso l'installazione di tecnologie di controllo e di tariffazione, sia per il trasporto privato che per quello delle merci. In alcune esperienze l'articolazione degli strumenti di controllo ha consentito di modulare tariffe e divieti sulla base di



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

finestre orarie, di limitazioni in base a carico e lunghezza dei veicoli o anche della tipologia di motorizzazioni. Le zone a traffico limitato (ZTL), ad esempio, impattano positivamente su una molteplicità di fattori critici della mobilità, tra cui la logistica e richiedono livelli di investimento infrastrutturale modesti ma sistemi di controllo sia elettronico che umano più onerosi (anche se non particolarmente complessi). Nel caso dei sistemi di tariffazione delle ZTL l'idea è di far pagare agli utilizzatori il danno che essi comportano in termini di costi di congestione, costi di mantenimento, costi di inquinamento (Bliemer, et al., 2010), utilizzando i soldi ricavati dai pedaggi per migliorare i servizi offerti e quindi il benessere generale.

Sistemi basati su questa idea trovano però spesso opposizione dell'opinione pubblica, che percepisce come ingiusto il dover pagare per l'uso di strade pubbliche ed obietta il fatto che i costi necessari per raccogliere i pedaggi costituiscano una grande percentuale (tipicamente 30 – 50%) del totale, riducendo così la parte che può essere reinvestita in nuovi progetti di trasporto (Parry, et al., 2001). Inoltre, un corretto utilizzo del road pricing prevedrebbe la differenziazione dei pedaggi al variare del luogo, delle fasce orarie, delle condizioni meteorologiche, del tipo di veicolo e dello stile di guida (Vickrey, 1969), ma questo risulta difficile da implementare e da comprendere per l'utente.

Accanto all'approccio basato sulle penalità, nelle strategie di riorganizzazione del traffico cittadino stanno emergendo anche modelli premiali, dove invece che punire un comportamento ritenuto negativo, vengono premiati comportamenti virtuosi. Il sistema può essere basato su un mercato di crediti di mobilità ad esaurimento, dunque con elementi tipici dei meccanismi penalizzanti, o su programmi di accumulo di punti per l'ottenimento di premi, che incentivano semplicemente comportamenti virtuosi.

In generale tra penalizzazione e incentivazione, non è univocamente determinato quale sia l'approccio migliore in termini di efficacia. La Prospect Theory (Kahneman, 1979) sostiene che le perdite abbiano un impatto emotivo maggiore, non siano soggette a domanda indotta e permettano una raccolta di denaro che potrà essere utilizzata per progetti futuri; questo porterebbe quindi a dedurre una maggiore efficacia dei sistemi di penalità.

D'altro canto Schuitema et al (Schuitema, et al., 2003) sostengono che alla base dell'efficacia ci debba essere la soddisfazione delle persone e che questa possa essere più facilmente raggiunta attraverso un sistema premiante, nonostante esso sia soggetto a domanda indotta e sia svantaggioso in termini di introiti.

Alcune recenti normative come la legge 28 dicembre 2015, n. 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali" stanno promuovendo l'utilizzo del meccanismo della premialità per lo spostamento casa-lavoro, prevedendo la cessione a titolo gratuito di «buoni mobilità» ai lavoratori che usano mezzi di trasporto sostenibili.

E' da rimarcare, infine, che nel trasporto merci oggetto di intervento non è tanto il "costume" trasportistico (come nel caso della mobilità individuale), quanto l'adozione di nuovi modelli di distribuzione, la ricerca di un equilibrio tra economicità ed efficacia industriali e di un consenso sulle misure da adottare. Ciò quindi spinge a valutare un sistema di premialità che possa avere benefici per tutti gli attori della catena, costituendo un vero e proprio contributo all'ottimizzazione del settore stesso.

12.1.2 I crediti di mobilità



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il sistema di crediti di mobilità, sviluppato in Italia dalla fondazione italiana Accenture, prevede che i cittadini abbiano un certo ammontare di crediti da spendere per le proprie esigenze di mobilità.

Il meccanismo si basa su tre passi fondamentali: calcolare il carico di mobilità sostenibile, distribuire in modo equo i crediti ai cittadini e infine creare un mercato per il loro scambio a seconda che il soggetto abbia esigenze superiori o inferiori alla dotazione iniziale fornitagli. Il fine è quello di tenere sotto controllo le emissioni calcolando il consumo dei crediti (Accenture, 2005).

Il sistema dei crediti, dunque, pur essendo pensato come un sistema incentivante, è caratterizzato da alcuni elementi tipici dei meccanismi penalizzanti, in quanto assegna un ammontare di crediti di mobilità che vanno ad esaurirsi, piuttosto che semplicemente premiare comportamenti virtuosi.

Il meccanismo prende spunto da quanto dal sistema europeo di "emission trading" di quote di anidride carbonica, messo a punto nell'ambito del Protocollo di Kyoto¹²⁸ e che dal 2005 consente a ogni Stato aderente di assegnare ad aziende e industrie una soglia emissiva. Il meccanismo prevede di attribuire veri e propri permessi ad emettere gas serra nell'atmosfera entro la soglia prefissata, pena pesanti sanzioni e crea un mercato di crediti negoziabili. Si genera così una "borsa" di crediti di emissione, misurati in tonnellate di anidride carbonica, che possono essere scambiati. Questo significa che se un soggetto riduce in maniera maggiore rispetto alla soglia fissata potrà vendere le proprie quote di emissione ad altri soggetti con comportamenti meno virtuosi. Una parte dei diritti di emissione è assegnata gratuitamente, il resto viene acquistato sul mercato e la quotazione segue un meccanismo borsistico.

In analogia a quanto sopra descritto, il sistema di crediti di mobilità negoziabili è un mercato di crediti pensato per il settore del trasporto. L'idea nasce dalla necessità di ridurre la congestione del traffico e l'inquinamento e consiste nella ripartizione di crediti ai singoli automobilisti in modo tale da fornire un incentivo per ridurre le emissioni non solo attraverso la scelta del veicolo ma anche adottando comportamenti di guida migliori.

L'efficienza di questo sistema è messa in discussione da alcuni problemi riguardanti il settore di trasporti: un elevato numero di utenti comporterebbe dei costi per la sua attuazione superiori ai vantaggi ottenibili; inoltre, è difficile sia trovare un modo per allocare i crediti in modo equo nel caso di ingresso di nuovi utenti, sia definire meccanismi di scambio dei crediti tra le diverse modalità di trasporto (strada, ferrovia, aria, mare) (Rev. Dobes, 1998).

Rispetto al tema dei crediti di mobilità, esistono diversi studi teorici e alcune sperimentazioni quali **MobiMart** (www.civitas.eu/mimosa), **Democritos** (www.cordis.europa.eu) e **Mercurio**, la prima applicazione europea del concetto di crediti di mobilità per la razionalizzazione e l'ottimizzazione dei problemi della logistica urbana per la riduzione della congestione e dell'inquinamento. Quest'ultimo progetto regolamentava gli accessi nella città vecchia di Genova per gli operatori economici. Ad ogni commerciante veniva dato un certo numero di crediti di mobilità che sarebbero dovuti bastare per il normale approvvigionamento. I crediti non utilizzati potevano essere trasferiti al mese successivo, mentre nel caso di esaurimento anticipato si sarebbero dovuti acquistare dei nuovi. Gli operatori che non aderivano al progetto, in quanto facoltativo, dovevano sottostare alle regole della ZTL, cioè pagare l'accesso al centro storico. (www.genovapost.com)

Il progetto non è mai completamente decollato: secondo le fonti disponibili¹²⁹ fu ritenuto troppo complesso e persino dannoso per le attività commerciali: le restrizioni eccessive riguardanti la

¹²⁸ Trattato internazionale (stipulato nel 1997) in materia ambientale

¹²⁹ http://www.ilsecoloxix.it/p/genova/2010/05/04/AMYgMDfD-accesso_storico_regole.shtml; www.arcigenova.org

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

possibilità di ingresso degli operatori economici non permettevano un corretto approvvigionamento. Tra i problemi riscontrati si evince l'insufficienza di crediti assegnati, la ristrettezza delle fasce orarie per la consegna (dalle sette alle undici e mezza del mattino), la mancanza di piazzole di carico e scarico e l'utilizzo obbligatorio di varchi assegnati. Dopo sei mesi di sperimentazione, con una costante opposizione dei commercianti, è stato quindi deciso di tornare al metodo classico di zona ZTL con orari fissi per la consegna delle merci.

Da quanto illustrato si desume che il sistema dei crediti, pur garantendo equità e flessibilità, ha trovato alcuni ostacoli nella propria applicazione, in quanto spesso le regole sono percepite come troppo complesse o non adeguate a rispondere in modo adeguato alle esigenze dell'utente finale. Inoltre pur costituendo un sistema incentivante, assegna comunque un ammontare di crediti destinato ad esaurirsi in mancanza di comportamenti virtuosi, con un accento quindi penalizzante.

12.1.3 Sistemi premianti

Con l'introduzione dei sistemi premianti si passa quindi da meccanismi basati su assegnazione di crediti ad esaurimento a sistemi premianti basati su accumulo di punti o premi ottenuti a fronte di comportamenti virtuosi.

Gli incentivi possono essere classificati in base ai bisogni che vanno a soddisfare:

Tabella 1: Correlazione tra natura degli incentivi e bisogni (Rugiadini A, Organizzazione d'Impresa)

Incentivo	Bisogno
Incentivi monetari	Bisogni di consumo
Relazioni interpersonali	Bisogni di socialità e di stima
Riconoscimenti sociali	Bisogni di status
Coinvolgimento nelle decisioni	Bisogni di potere
Natura del lavoro	Bisogni di autorealizzazione

A seconda della forma di incentivo i bisogni possono appagare in modo più o meno diretto. Quando si definisce un sistema premiante bisogna stabilire che cosa premiare, chi premiare e come premiare.

Un sistema premiante per essere efficace deve avere gradualità nell'erogazione dei premi, un tempo di erogazione sufficientemente lungo, una durata nel tempo dell'effetto motivante e i premi devono apparire appetibili da parte dei partecipanti. Inoltre deve risultare chiaro il rapporto tra comportamenti desiderati, i comportamenti attuati e i premi.

Per raggiungere gli obiettivi di riduzione della congestione e dell'inquinamento si può utilizzare un sistema premiante nel quale vengono attribuiti premi a coloro che assumono un comportamento sostenibile, per esempio a chi utilizza mezzi pubblici, a chi cambia gli orari di partenza (per evitare le ore di picco) o a chi acquista mezzi green. Di seguito una breve panoramica di alcune esperienze in atto di sistemi premianti nel trasporto persone.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

12.1.4 Esperienze di premialità: trasporto persone

Ecorewards scheme (www.ecorewards.org.uk) è un progetto della camera di commercio del Surrey (UK) sostenuto da Smartran Ltd che ha lanciato un piano per premiare le scelte di viaggio green dei residenti e dei lavoratori. L'obiettivo è ridurre la congestione locale del traffico soprattutto nei periodi di picco e di conseguenza anche l'inquinamento e le emissioni di CO2 in modo tale da migliorare l'ambiente locale. Le persone che vogliono partecipare devono semplicemente registrarsi sul sito creando il loro Eco Rewards account. I punti vengono assegnati ogni qual volta l'utente decide di spostarsi a piedi, in bici o con un mezzo pubblico e, a seconda della modalità, viene assegnata una quantità di punti differente (come riportato in tabella). Non esiste un vero e proprio controllo ma ogni utente compila un questionario settimanale in cui riporta i viaggi da lui effettuati. I punti possono poi essere convertiti in sconti o premi in denaro per far acquisti sul sito di Eco Rewards, inoltre si possono ricevere sconti addizionali su vestiti, vacanze, biglietti di viaggio, assicurazioni, attrezzatura ciclistica.

ECO REWARDS POINTS	
	250
	250
	250
	250
	125
	125
	75

Figura 20: Punteggi Ecorewards. (www.ecorewards.org.uk)

Travelsmart Reward (www.travelsmartrewards.sg) è un progetto attuato a Singapore e tutt'ora in vigore con il fine di incentivare i pendolari ad utilizzare i treni nell'orario di morbida in modo da redistribuire il carico. La partecipazione è di carattere volontario e ogni partecipante guadagna punti sulla base della fascia oraria utilizzata e dei chilometri percorsi. L'iscrizione al programma e i punti vengono caricati sulla carta di transito registrata nel sito, attraverso vengono monitorati gli spostamenti ed i loro orari. I punti guadagnati aumentano in base al numero di viaggi in fasce decongestionate ed il viaggiatore che diventa sempre più virtuoso passa da un profilo bronze, silver, gold a platinum. I punti sono convertibili ogni qual volta il viaggiatore desidera farlo, in premi in denaro che vanno da 1\$ a 200\$ ma ci sono anche estrazioni di premi da 1500\$.

Monday - Friday				
	Bronze	Silver	Gold	Platinum
Before 6:15am off-peak	1x	1x	1x	1x
6:15 - 7:15am decongesting	3x	4x	5x	6x
7:15 - 8:45am peak	1x	1x	1x	1x
8:45 - 9:45am decongesting	3x	4x	5x	6x
After 9:45am off-peak	1x	1x	1x	1x

Figura 21: Punteggi Travelsmart Reward. (www.travelsmartrewards.sg)

Dutch Peak Avoidance project (Bliemer, et al., 2010) è invece un progetto sperimentale implementato in Olanda da Ottobre a Dicembre 2006 in cui sono stati sviluppati sistemi di premiazione al fine di ridurre la congestione stradale. Prima del lancio del progetto è stato installato sulle strade più congestionate un sistema di riconoscimento delle targhe per poter identificare i partecipanti e per controllare i movimenti degli autisti prescelti e consenzienti nel corso del progetto. Il progetto prevedeva un premio monetario dai 3 ai 7€ al giorno per coloro che non utilizzavano tali percorsi nella fascia di punta, variabile a seconda del tratto stradale. L'introduzione di questi incentivi ha portato a un dimezzamento del numero di viaggi nell'ora di punta, dovuto nella maggior parte dei casi allo spostamento della fascia oraria di partenza. Circa il 10% di tale riduzione è data da chi ha cambiato il mezzo di trasporto (TPL in particolare) mentre il 5% si è astenuto dal fare il viaggio, ad esempio scegliendo di lavorare da casa. Nonostante i risultati fortemente positivi il progetto non ha



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

avuto seguito soprattutto a causa del forte investimento economico richiesto, bisogna però sottolineare che se da una parte un progetto di questo tipo non è sostenibile nel lungo periodo, dall'altra può esser efficace per periodi di breve durata, ad esempio se si vuol far cambiare il percorso a causa di lavori su un tratto stradale. È possibile inoltre evidenziare alcuni degli altri potenziali problemi che questo sistema può comportare (Donovan, 2010):

- Domanda indotta: la presenza di incentivi può portare nuovi viaggiatori su quel tratto stradale.
- Gli incentivi possono incoraggiare eccessivamente i cambiamenti nel tempo di partenza o nei percorsi e spostare così la congestione ai periodi a monte o a valle del periodo di picco.
- L'utilizzo della tecnologia di riconoscimento delle targhe nei periodi precedenti all'indagine potrebbe sollevare problemi di violazione della privacy.
- Possibilità di incorrere in truffe, ad esempio una famiglia con diversi veicoli può utilizzare un altro veicolo e viaggiare comunque nelle ore di punta.

Incentivi pubblici: Il ministro dell'ecologia francese da Ottobre 2015 ha attuato una nuova misura anti-smog basata su un sistema premiante. Essa prevede l'assegnazione di un'indennità di 0,25 centesimi a chilometro percorso per tutti i cittadini che vanno al lavoro in bicicletta. Il premio non viene versato direttamente dal governo francese ma sono le aziende, che possono aderire al programma in modo volontario, e distribuire l'incentivo in cambio di sgravi fiscali, dopo aver verificato l'effettivo utilizzo del veicolo sostenibile. Con questa riforma ogni cittadino può incassare 50 euro al mese per andare a lavorare. Il guadagno per il partecipante, in realtà, risulta anche superiore grazie al risparmio di carburante e alle spese di manutenzione del mezzo minori.

Anche in Italia la legge 28 dicembre 2015, n. 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali" promuove l'utilizzo del meccanismo della premialità per lo spostamento casa-lavoro, prevedendo la cessione a titolo gratuito di «buoni mobilità» ai lavoratori che usano mezzi di trasporto sostenibili.

Esperienze GDO: anche nella Grande Distribuzione Organizzata alcune aziende hanno messo in atto dei progetti per incentivare la mobilità sostenibile per il trasporto casa-lavoro dei propri dipendenti. La Decathlon di Basiglio (MI) sta sperimentando un sistema premiante che prevede la messa a disposizione di una bicicletta, di un caschetto e di un gilet in comodato d'uso a tutti i dipendenti con contratti a tempo indeterminato o determinato da almeno 6 mesi che vogliono effettuare il viaggio casa-lavoro con una bicicletta. Il sistema si basa sull'idea che se per almeno 50 volte durante l'anno il trasporto fino al sito lavorativo avviene attraverso la bicicletta, il lavoratore viene premiato con la bicicletta stessa. Di fondamentale importanza è sottolineare che una politica della Decathlon è la fiducia verso il dipendente, per questo motivo non avviene un vero e proprio controllo sul numero di viaggi in cui è utilizzato il mezzo, ma solo una valutazione di fattibilità andando a controllare la distanza casa-lavoro. Decathlon attribuisce anche un premio ai dipendenti che condividono l'automobile per raggiungere l'azienda, concedendo stalli in parcheggi coperti. Anche in questo caso, non avviene un vero e proprio controllo.

Bike to Shop Day è una giornata che fa parte di un programma annuale promosso dalla Silicon Valley Bicycle Coalition, che incoraggia le persone ad utilizzare la bicicletta per andare a fare acquisti nei negozi locali.

I negozi possono partecipare all'iniziativa mettendo a disposizione incentivi o offerte promozionali ai clienti che arrivano nei negozi in bici. Il negozio viene elencato e mappato nel sito web, in modo che l'esercizio commerciale sia visibile e possa anche dare informazioni aggiuntive, disponibili



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

anche sullo smartphone. Vengono inoltre messi a disposizione dei poster del “Bike to Shop Day” da appendere alle vetrine dei negozi partecipanti (biketoshopday.com).

12.1.5 Aspetti di gamification

Alcune esperienze di premialità sono caratterizzate da elementi di gioco (serious game), spesso informatizzati, attraverso cui le persone sono maggiormente stimolate a partecipare in quanto le dinamiche reali vengono ridisegnate sotto forma di gioco o di competizione.

I serious game rappresentano dei giochi virtuali in cui viene simulato un ambiente o una situazione reale, con l'ausilio di apposite tecnologie informatiche. Attraverso questa modalità le persone sono maggiormente stimolate a partecipare in quanto le dinamiche reali sono strutturate sotto forma di gioco o di competizione.

Riportiamo di seguito alcuni esempi nell'ambito del trasporto persone:

TrafficO2: trafficO2 è un serious game che ha come obiettivo la riduzione del traffico e dell'inquinamento attraverso l'attribuzione di premi e buoni sconto per spostamenti sostenibili. Esso è stato ideato da un gruppo di giovani palermitani per lo sviluppo di una mobilità urbana sostenibile coinvolgendo cittadini, imprese locali e sponsor. Scaricando l'applicazione e scegliendo mezzi di trasporto alternativi all'auto, come spostamenti con trasporti pubblici, in bici, a piedi, in carpooling o motopooling i partecipanti possono ottenere punti O2 poi tramutabili in premi. L'app fornisce anche informazioni utili per migliorare le proprie performance ad esempio ogni tratta è descritta in funzione della distanza percorsa, del costo in euro, del costo ambientale in termini di CO2, delle calorie spese e infine in punti O2 (crediti di sostenibilità ambientale). Nel 2012 il progetto ha vinto il bando “Smart City and Communities and Social Innovation” promosso dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca ed è stato inserito all'interno della campagna dell'Unione Europea sulla mobilità sostenibile “Do the right mix” (www.wepush.org/project/TrafficO2). L'applicazione è stata poi sperimentata grazie alla partecipazione degli studenti dell'Università degli studi di Palermo che ha avuto inizio nel 2013.

Durante tre sfide chiamate Suv Challenge gli studenti sono stati invitati a muoversi in modo sostenibile, sfidando amici e colleghi e migliorando le proprie abitudini aggiudicandosi i premi messi in palio dagli sponsor che hanno sostenuto il progetto.

Si è passati da un risparmio di 4.500 g di CO2 nella prima sperimentazione a 33.360 g nella terza, il miglioramento è giustificato da una maggiore partecipazione al progetto.

Gli ottimi risultati hanno portato trafficO2 a voler valutare la solidità del progetto anche in assenza di uno dei pilastri fondamentali: i premi.

Per questo motivo è stata lanciata a Milano, Roma e Palermo la sfida “ Secret Challenge”. Per la prima volta il progetto non è stato limitato agli studenti universitari ma ha messo in competizione tutti coloro che amano il pianeta e vogliono renderlo un posto migliore. Per valutare in che misura i premi costituissero una motivazione per convincere gli utenti a muoversi in modo sostenibile, essi sono stati eliminati e sostituiti da “premi di esperienza” come i Badges innescati dalla frequenza di utilizzo e da premi immateriali come lezioni di cucina o pilates.

TrafficO2 ha vinto la prima edizione del premio Social Innovation AROUND Award nel 2014, e del premio Smart City Innovation Awards nel 2015 (Fonte: www.traffico2.com).

SuperHub: Il nome SuperHub sta per “SUStainable and PERsuasive Human Users moBility in future cities”. Si tratta di un progetto co-finanziato dall'Unione Europea finalizzato alla realizzazione di una



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

piattaforma open source e di un'app mobile che sia in grado di raccogliere in tempo reale i dati relativi a tutte le risorse di mobilità fruibili e creare combinazioni dei percorsi con i mezzi di trasporto disponibili in modo da soddisfare i bisogni degli utilizzatori e stimolarne il cambiamento dei comportamenti. Il progetto è stato lanciato nel 2014 e prevede tre siti di prova chiamati trials (Barcellona, Helsinki, Milano) e punta a creare un nuovo ecosistema dei servizi di mobilità urbana che riduca l'inquinamento e il traffico.

Dai risultati è possibile dedurre che il concetto generale del progetto è apprezzato dai cittadini come anche la possibilità di impostare obiettivi personali, ma l'applicazione, se pur considerata in modo positivo deve essere migliorata, in quanto le funzionalità sono difficili da utilizzare. Inoltre bisognerebbe migliorare la pianificazione dei viaggi per poter competere contro altri pianificatori esistenti che hanno altre prestazioni. Per valutare correttamente il reale impatto di Superhub nelle abitudini di mobilità sarebbe anche necessario un tempo di sperimentazione maggiore. L'adattamento del processo alle nuove città è quindi fattibile ma dipenderà dal numero e dalla qualità delle fonti dei dati disponibili (Fonte: www.superhub-project.eu).

12.1.6 Considerazioni

L'analisi delle diverse esperienze porta ad alcune considerazioni in merito ai tre seguenti aspetti:

- come raccolgo: quali sono gli indicatori rispetto ai comportamenti utili alla raccolta dei punti per ottenere le premialità;
- come controllo: che tipo di controllo avviene rispetto alla veridicità dei dati forniti;
- quali premialità: quali sono le premialità fornite e che efficacia hanno.

Nei progetti analizzati, gli indicatori di comportamenti virtuosi (come raccolgo) sono relativi all'utilizzo di modalità sostenibili per gli spostamenti oppure rispetto alla scelta dell'orario in cui ci si sposta, sia con l'auto che con il mezzo pubblico, per evitare i fenomeni di congestione.

Al di là degli specifici casi deve comunque risultare chiaro il rapporto tra comportamenti desiderati, comportamenti attuati e premi. Poiché la partecipazione ai programmi di premialità è volontaria è necessario che, oltre all'appetibilità dei premi, vi siano anche sistemi che possano incentivare la partecipazione, quali aspetti di gaming.

Nel caso dei comportamenti personali non specificatamente legati al mezzo pubblico, non esiste un vero e proprio controllo, ma ogni utente fornisce dei dati di cui garantisce la veridicità. Nel caso invece di schema riguardante uno specifico mezzo pubblico è possibile gestire il controllo attraverso i titoli di viaggio elettronici. E' certamente da considerare il fatto che i sistemi di controllo automatico (es. sistema di riconoscimento targhe) potrebbero generare problemi di violazione della privacy e possono essere elusi, utilizzando un secondo veicolo familiare. Nel caso di sistemi di gaming spesso il controllo avviene direttamente tramite l'app dove vengono registrati i viaggi effettuati e le modalità. Rimane aperta la difficoltà relativa all'attivazione dell'app quando si viaggia o ai problemi legati alla durata della batteria nel caso di app che si attivano automaticamente per controllare i viaggi e le modalità di trasporto scelte.

Rispetto al tema dei crediti di mobilità, esistono diversi studi teorici e alcune sperimentazioni che vengono di seguito brevemente riassunti.

I premi (o incentivi) invece possono essere variegati: da sconti e/o voucher su vestiti, vacanze, biglietti di viaggio, assicurazioni, attrezzatura ciclistica, ma anche premi in denaro.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I progetti che prevedono premi in denaro, oltre alla scarsa sostenibilità economica nel tempo, hanno dimostrato livelli di efficacia estremamente elevati che possono generare domanda indotta e incoraggiare eccessivamente al cambiamento spostando i momenti di congestione nei periodi a monte o valle della fascia oraria o su nuovi percorsi.

Un sistema premiante per essere efficace deve quindi avere gradualità nell'erogazione dei premi, un tempo di erogazione sufficientemente lungo, una durata nel tempo dell'effetto motivante e i premi devono apparire appetibili da parte dei partecipanti.

12.2 Sistemi premianti per la logistica urbana

Una volta introdotto il concetto di schemi premianti, l'obiettivo è studiarne le possibili applicazioni nell'ambito di riferimento del progetto URBeLOG, ossia della logistica urbana.

Bisogna però tener in considerazione che, come già citato, nel caso della logistica a differenza della mobilità individuale non si tratta solamente di cambiamenti di costume trasportistico, ma di un insieme di:

- adozione di nuovi modelli di distribuzione;
- equilibrio tra economicità ed efficacia industriali;
- consenso sulle misure da adottare.

Ciò sottintende la considerazione dei diversi attori che animano la logistica urbana, ricercando la soddisfazione di esigenze diverse.

Se nelle grandi distribuzioni i volumi trattati sono elevati, nella logistica urbana molto spesso le consegne riguardano lotti di piccole dimensioni (talvolta anche unitari) per rispondere alle esigenze del cliente. L'incremento delle frequenze di consegna e di ritiro causa riduzione degli spazi di magazzino, le contrazioni dei tempi di consegna, l'ampliamento delle tipologie dei prodotti, la frammentazione degli esercizi commerciali e anche l'aumento delle vendite on-line hanno infatti portato a lotti di dimensioni sempre inferiori e quindi a condizioni operative sempre più complicate (Freight Leaders Council Quaderni-Numero 22). Tutto ciò comporta un maggior numero di mezzi in viaggio, una scarsa saturazione del carico, una maggiore congestione e un aumento dei livelli di inquinamento.

Infine è utile sottolineare che il trasporto merci all'interno delle città può variare in base alle caratteristiche dell'azienda quali ad esempio la localizzazione geografica, il settore di appartenenza o la struttura della supply chain, ma anche alle caratteristiche delle città e dei suoi cittadini. Le regolamentazioni per l'accesso in ambito urbano, le infrastrutture di trasporto vigenti, le condizioni del traffico stradale, la presenza o meno di impianti di stoccaggio o addirittura le abitudini dei consumatori spingono all'utilizzo di una determinata tipologia rispetto ad un'altra.

Tutti gli attori chiamati in causa devono essere quindi disposti a cambiare e a collaborare per creare un sistema che sia più sostenibile senza però andare a danneggiare gli interessi commerciali.

12.3 Gli attori del sistema

La rete logistica dell'ultimo miglio comprende una pluralità di attori che interagiscono tra loro con obiettivi e bisogni diversi, ma anche attraverso specifiche leve a propria disposizione.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

La Pubblica Amministrazione per ridurre l'inquinamento e la congestione stradale impone dei vincoli e delle restrizioni che vanno a influire negativamente sull'ottimizzazione dei viaggi attuata dai trasportatori e anche sulle consegne rapide e frequenti richieste dai mittenti e dai destinatari che desidererebbero maggior flessibilità. Sia i produttori che gli esercizi commerciali sono interessati ad avere delle consegne rapide e frequenti da parte dei trasportatori, ma mentre i mittenti ritengono più importante non incorrere in fenomeni di stock-out anche a discapito di trasporti non ottimizzati e hanno l'opzione di scelta del trasportatore, i secondi si focalizzano maggiormente su una massimizzazione della superficie di vendita cercando di ridurre al minimo il magazzino e i costi annessi, esercitando la scelta sul mittente. Il destinatario vuole avere accesso a un'ampia gamma di prodotti nel minor tempo possibile, senza incorrere in problemi di traffico cittadino. Infine, mentre il mittente e il destinatario sono interessati a livelli di servizio elevati con consegne dedicate e attenzione alle merci, i trasportatori per ottimizzare i viaggi devono effettuare consolidamento del carico.

Quindi, se da una parte la PA ha come obiettivo la sostenibilità ambientale, attraverso la riduzione dell'inquinamento e della congestione e per questo motivo pone dei vincoli, dall'altra deve comunque garantire una vitalità economica e sociale non limitando eccessivamente l'attività degli altri attori (Freight Leaders Council Quaderni-Numero 22).

Gli aspetti di governance tra i vari attori sono quindi molto importanti da considerare, le relazioni devono essere analizzate affinché si crei un equilibrio tra i vari interessi per raggiungere l'obiettivo comune di riduzione del traffico e dell'inquinamento.

Andando ad approfondire gli strumenti a disposizione dei principali attori, rispetto alla pubblica amministrazione, essa ha la responsabilità di introdurre misure che incoraggiano o impongono cambiamenti che possano favorire una mobilità sostenibile; può agire in modi differenti e molteplici, come rappresentato in figura, andando ad esempio ad introdurre una segnaletica stradale chiara e aggiornata, regolamentando gli accessi per i veicoli commerciali e per le loro dimensioni, adottando particolari schemi di gestione del traffico o ancora introducendo adeguate infrastrutture. È



Figura 22: Politiche di tassazione (Fonte: McKinnon (a cura di) et al., 2010)

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

importante che essa collabori con gli altri attori sostenendo e premiando i comportamenti virtuosi di questi e che promuova la sostenibilità attraverso investimenti infrastrutturali, incentivi sulla tassazione e sconti per chi utilizza mezzi alternativi.

Un altro attore è il gestore delle infrastrutture, ossia colui a cui la Pubblica Amministrazione concede la gestione, attraverso la vincita di appositi bandi, di infrastrutture finalizzate all'erogazione di servizi di utilità collettiva, su cui può agire in accordo con la PA.

Anche le associazioni rientrano nella logistica dell'ultimo miglio. Per associazioni si intendono sia gli enti che rilasciano certificazioni di mobilità sostenibile e quindi facilitano il processo di valutazione delle performance ambientali dei trasportatori, sia le associazioni di categoria, come la Confcommercio, che rappresentano una serie di attori e che attraverso la loro autorità possono governare le relazioni facilitando il raggiungimento di determinati compromessi.

Troviamo poi mittente e destinatario, ossia colui da cui parte l'ordine di trasporto della merce e colui che la riceve. Come già detto in precedenza l'obiettivo principale è avere una consegna rapida e frequente. Per quanto riguarda le azioni che essi possono intraprendere in ottica green: il mittente deve impegnarsi a trovare modalità e operatori di trasporto che garantiscano un trasporto sostenibile e che siano impegnati nel cercar di ridurre le emissioni, mentre il destinatario può valutare i mittenti che utilizzino modalità green come migliori e dunque sceglierli con maggior frequenza o dove possibile garantir ad essi alcuni vantaggi (es. posizioni migliori delle loro merci sulle scaffalature).

Troviamo infine i trasportatori. L'obiettivo principale per questa categoria è l'ottimizzazione dei viaggi attraverso la saturazione dei mezzi e la pianificazione dei percorsi. Fanno parte di questa categoria i last miler, coloro che si occupano di trasportare le merci nell'ultimo miglio, e coloro che si occupano del trasporto delle merci nel tratto precedente.

È importante che questi ultimi collaborino in maniera adeguata con i last milers, in modo tale da poter ottimizzare la fase a loro successiva ad esempio comunicando e rispettando gli orari di consegna ed eventuali loro variazioni. Altro fattore da non trascurare è l'impegno che tutti i trasportatori devono dimostrare nella mobilità sostenibile, andando per esempio a sostituire la flotta con mezzi a minor inquinamento e formando il personale in maniera corretta. È infatti importante garantire un trasporto sostenibile lungo l'intera supply chain. In generale è importante che il conducente (o vettore), ossia colui che si impegna a trasportare le merci, sia ben informato e consapevole delle principali cause di inquinamento circa il trasporto merci, che sia a conoscenza delle caratteristiche tecniche del veicolo che utilizza e che partecipi a corsi di formazioni riguardanti uno stile di guida sostenibile.

Tabella 2: Bisogni e preferenze degli attori della logistica last-mile

Attore	Bisogni e preferenze
PA	Maggiore sicurezza stradale Meno traffico nelle aree urbane Meno emissioni e inquinamento Meno rumore Minore impatto del trasporto merci (specialmente nelle aree pedonali)
Destinatario	Consolidamento, ottimizzazione Finestre temporali per le consegne Riduzione degli spazi di magazzinaggio

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Trasportatore	Evitare la congestione e le perdite di tempo per le consegne in ambito urbano Ottimizzazione
Mittente	Evitare fenomeni di stock-out Ridurre i costi del trasporto

Nella figura che segue vengono evidenziate le principali relazioni tra gli attori in termini di possibili leve reciproche.

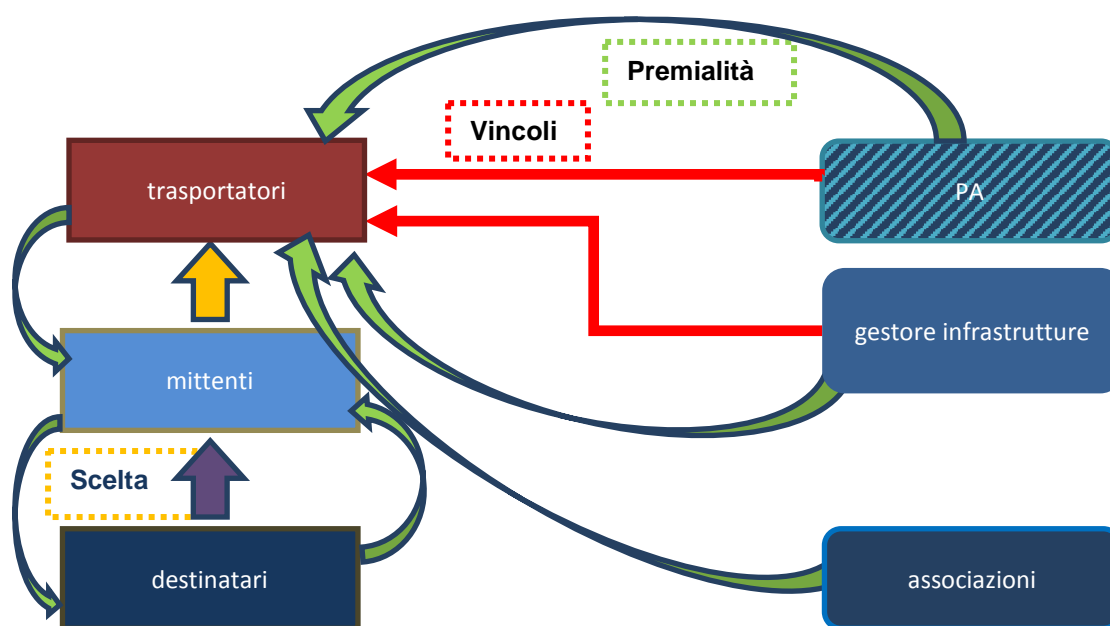


Figura 23: Attori della logistica e leve a disposizione

12.3.1 I diversi tipi di operatore di trasporto dell'ultimo miglio

I trasportatori dell'ultimo miglio anche chiamati last milers, essi si occupano di trasportare le merci nell'ultimo tratto fino al destinatario, in genere, all'interno di un centro urbano. Come per la logistica in generale anche il trasporto nell'ultimo miglio può avvenire in conto proprio o in conto terzi, attraverso l'utilizzo di corrieri o corrieri espressi che possono utilizzare mezzi tradizionali su gomma, mezzi elettrici o per i più innovativi velocipedi.

Si commentano di seguito alcune differenze di approccio fra le due categorie di trasportatori rispetto all'ottimizzazione e agli strumenti per aumentare la sostenibilità della logistica last mile.

Se si parla di corrieri espressi, che sono la parte più ottimizzata del outsourcing, è di normale amministrazione l'ottimizzazione dei percorsi, l'utilizzo di tecnologie di monitoraggio dei processi, il consolidamento delle spedizioni e la saturazione dei mezzi, tutte attività che nel trasporto in conto proprio vengono meno attuate o considerate in maniera limitata a causa dei bassi volumi e frequenze di consegna.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I corrieri espressi sono, inoltre, molto più sensibili alle fasce orarie di chiusura dei centri storici in quanto svolgono ritiri e consegne nell'intero arco della giornata mentre per il trasporto in contro proprio è più facile adeguare i percorsi alle restrizioni imposte in quanto non hanno né carichi ottimizzati né una produttività elevata.

Le piattaforme logistiche urbane di consolidamento appaiono poco attraenti per i corrieri espressi, che già essendo ottimizzati possono vedere come negativa una rottura di carico.

Infine, essendo l'attività logistica core business per i corrieri espressi, è più facile effettuare investimenti per il rinnovo del parco mezzi in senso ecologico andando così a ridurre l'inquinamento atmosferico rispetto ad un trasporto in conto proprio che utilizza un parco veicoli obsoleto (Freight Leaders Council Quaderni-Numero 22).

Caratteristiche per tipo di Operatore	Trasporto in conto proprio	Trasporto in conto terzi	Corrieri espresso
Ottimizzazione dei percorsi	-	**	***
Fattori di carico	*	**	**
Tecnologie di monitoraggio dei processi	-	**	***
Consolidamento spedizioni	-	**	***
Utilizzo potenziale delle piattaforme logistiche urbane	**	**	-
Disponibilità al rinnovo parco mezzi in senso ecologico	-	*	***
Sensibilità alla chiusura centri storici in fasce orarie	*	*	***

Tabella 3: Caratteristiche ed impatti dei diversi operatori (Rielaborazione di FLC, 2012)

Impatti per tipo di Operatore	Trasporto in conto proprio	Trasporto in conto terzi	Corrieri espresso
Inquinamento atmosferico	***	**	*
Congestione del traffico urbano	***	**	**

Tabella 4: Caratteristiche ed impatti dei diversi operatori (Rielaborazione di FLC, 2012)

12.4 Esperienze di schemi premianti nella logistica

Come per il trasporto persone, anche nel settore della logistica sono stati attuati dei progetti basati su sistemi premianti, riportiamo di seguito due casi che rappresentano approcci esemplificativi dei programmi esistenti.

12.4.1 Green Freight Europe

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Green Freight Europe è un programma dal carattere indipendente e volontario finalizzato al miglioramento delle prestazioni ambientali del trasporto merci su strada in Europa, grazie al quale le società affiliate misurano e migliorano il loro impatto ambientale. Il programma in precedenza denominato SmartWay Europa, è stata fondato a Bruxelles, nel marzo 2012, da un gruppo di 25 multinazionali tra cui molte di produzione e distribuzione, spedizionieri, trasportatori, commercianti e associazioni con nomi di rilievo. Esso deriva dall'esperienza americana SmartWay iniziata nel 2004, finalizzata alla ricerca e condivisione di best practice per una riduzione delle emissioni nocive nel trasporto merci lungo tutta la supply chain.

L'obiettivo di Green Freight Europe è individuare degli standard, dei parametri ed una metodologia di riferimento per poter calcolare l'impatto ambientale di ogni prodotto trasportato e trovare il modo di rendere green l'intero settore dei trasporti.

Per supportare le aziende nel miglioramento delle prestazioni ambientali nel trasporto merci il programma:

- Fornisce una piattaforma comune in grado di suggerire alle aziende le modalità per ridurre le emissioni di carbonio dei loro mezzi stradali, calcolarle e monitorarle attraverso un database centrale; questo consente alle aziende affiliate di comunicare i propri dati in modo standardizzato e di fare benchmarking. Inoltre si tratta di una piattaforma gestita in modo neutrale ed indipendente tale da garantire la riservatezza delle informazioni e la trasparenza del processo. I dati forniti riguardano: dettagli aziendali organizzativi, dati per calcolare le emissioni di CO2 come litri di carburante consumato, tipo di veicolo usato e distanze percorse e dettagli sul servizio di trasporto fornito tra cui livelli e tipi di carico.
- Costituisce un centro di conoscenza che offre best practice, tecnologie verificate e un portale per sostenere i prodotti e servizi.
- Facilita l'allineamento e la collaborazione tra le politiche governative di sostenibilità ambientale nel trasporto merci e altri importanti attori/ iniziative che lavorano in questo campo.
- Promuove la collaborazione tra i vettori e gli spedizionieri nel guidare le azioni di miglioramento e il monitoraggio dei progressi
- Stabilisce un sistema di certificazione per premiare gli spedizionieri e i trasportatori che partecipano a pieno titolo al programma

La veridicità dei dati inseriti nella piattaforma è auto dichiarata dalle aziende stesse (pena sospensione o il ritiro dal programma) e tali dati vengono elaborati e convertiti dall'Energy Saving Trust (EST), un'organizzazione no-profit pubblico-privata, in punteggi o graduatorie

Green Freight Europe premia le aziende che dimostrano di impegnarsi nelle pratiche di trasporto sostenibile con l'etichetta "Green Freight Europe".

A seconda delle prestazioni raggiunte ogni azienda può ottenere un massimo di 4 foglie (Figura 5), riportate sull'etichetta che rappresentano il livello di maturità dell'azienda in termini di prestazioni ambientali. Prima non vi era alcun tipo di distinzione, mentre nel 2015 sono stati introdotti i livelli 2, 3 e 4. A seconda del numero di foglie vengono identificati una serie di obiettivi che sono stati raggiunti in ambito di sostenibilità, ad esempio un'azienda per aver un marchio a 4 foglie deve

LEAF	ACHIEVEMENT
	Demonstrate awareness of CO2 reduction by calculating the baseline CO2 footprint
	Set CO2 reduction strategies and define the targets
	Implement CO2 reduction measures and achieve a reduction in freight emissions
	Strive for sustainability leadership and achieve the CO2 reduction target

Figura 24: livelli di sostenibilità (www.greenfreight.eu)



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

aver dimostrato un forte miglioramento nella riduzione delle emissioni di CO2 per il trasporto in conto proprio e per il trasporto in outsourcing, e deve aver implementato una strategia di successo, lungo la supply chain, per il miglioramento delle prestazioni ambientali (Fonte: www.greenfreighteuropa.eu).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Tabella 5: Caratteristiche Green Freight Europe

Come raccolgo	Come controllo	Quali premi
<ul style="list-style-type: none"> • Piattaforma in cui spedizionieri e vettori inseriscono dati operativi necessari per calcolare, validare e valutare comparativamente le prestazioni ambientali delle loro attività di trasporto. I dati riguardano: dettagli aziendali e organizzativi, dati per calcolare le emissioni di CO2, come litri di carburante consumato, tipo di veicolo usato e distanze percorse e dettagli sul servizio di trasporto fornito tra cui i livelli di carico e tipi di carico. • L'Energy Saving Trust (EST) organizzazione no-profit pubblico-privata, fornisce il sistema di input dei dati attraverso un portale web, banche dati e strumenti che convertono i dati in punteggi o graduatorie (ad esempio oro, argento e bronzo). 	<ul style="list-style-type: none"> • I dati presentati sono oggetto di un processo di monitoraggio e conformità. I membri fanno un'autodichiarazione all'adesione al programma che i dati presentati sono accurati e dichiarano sotto la loro responsabilità di non aver fornito informazioni false o fuorvianti a pena la sospensione o il ritiro del membro dal programma. • 	<ul style="list-style-type: none"> • I trasportatori ricevono un voto e un benchmark rispetto ad operatori simili. I trasportatori si impegnano a migliorare l'efficienza del carburante della loro flotta nel tempo e lo devono dimostrare annualmente. • I membri possono richiedere annualmente un marchio, composto da quattro foglie che identificano livelli crescenti di maturità in termini di prestazioni ambientali.
<p>Attori coinvolti: Trasportatori, Associazioni indipendenti</p>		

12.4.2 Lean & Green

Lean & Green è un programma istituito nel 2007 dal Ministero delle Infrastrutture e Mobilità olandese e gestito da Connekt, una partnership indipendente pubblico-privata in cui le compagnie private e le autorità pubbliche lavorano insieme per sviluppare una migliore mobilità sostenibile in Olanda sia per le persone che per le merci.

Il progetto mira a incoraggiare le imprese e gli enti governativi ad adottare dei comportamenti che non considerino solamente il risparmio sui costi, ma che permettano anche di ridurre l'impatto ambientale come la riduzione delle emissioni di CO2; questo porta alla creazione di una comunità logistica di spedizionieri, distributori, rivenditori, imprese di trasporto su strada, fornitori e autorità pubbliche locali e nazionali impegnati nel raggiungimento di un obiettivo comune. Lean and Green



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

insiste sulla collaborazione tra comuni e aziende affinché la Pubblica Amministrazione metta a disposizione privilegi a fronte di operazioni green, come ampliamento delle finestre temporali di accesso e delle zone di carico e scarico.

Lean & Green è un programma volontario dove le aziende o gli enti governativi che vogliono partecipare si impegnano a ridurre le emissioni di CO₂ del 20% entro 5 anni e accettano di essere controllate per tutto il periodo in esame. La verifica avviene per unità dimensionale e attraverso indicatori di performance misurabili e verificabili, mentre non sono accettate misure di compensazione come certificati, crediti di emissioni etc. Alle organizzazioni che dimostrano attraverso un piano d'azione scritto, validato e accompagnato da indici di prestazione di essere in grado di raggiungere questi obiettivi, viene assegnato il Lean & Green Award, un premio che gli permetterà l'iscrizione nella Lean & Green Community e la nomina di Frontrunner.

I partecipanti sono essi stessi responsabili della stesura del piano d'azione e della definizione di una serie di proposte per ottenere la riduzione di CO₂. I piani d'azione, dopo essere stati approvati da un'organizzazione indipendente di ricerca e sviluppo, vengono esposti durante la cerimonia di premiazione in cui i vincitori ricevono il Lean and Green Award e la possibilità di utilizzare il logo Lean and Green per le operazioni logistiche quotidiane.

Alle aziende o agli enti governativi che possiedono da almeno 18 mesi il Lean and Green Award e che riescono a raggiungere una diminuzione del 20% di CO₂ per almeno 12 mesi dimostrando in modo trasparente i risultati raggiunti attraverso la verifica da parte di un ente esterno nominato dall'azienda stessa, viene conferita la Lean and Green Star. Tali organizzazioni devono poi impegnarsi nell'affinare la riduzione delle emissioni anche nelle attività non connesse alla logistica grazie alle agevolazioni dovute alla rete Connekt.

In Olanda il progetto ha visto una crescita dei partecipanti da 9 pionieri nel 2007 a 294 Frontrunners nel 2014. I 91 partecipanti che hanno riportato i risultati hanno evidenziato una riduzione di 194.388 tonnellate di CO₂ emesse nel 2011; di questi 91 Frontrunners il 43% è riuscito a raggiungere una riduzione del 20%, il 49% ha riportato un'insufficiente riduzione delle emissioni per diverse ragioni tra cui la crisi economica, mentre l'8% non ha raggiunto alcun risparmio di emissioni nell'attività logistica.

Considerando il notevole aumento di organizzazioni partecipanti al programma è possibile ipotizzare una riduzione sempre maggiore di emissioni di CO₂.

Il premio viene assegnato anche in altri Paesi tra cui Belgio, Italia e Germania, l'internazionalizzazione del progetto è facilitata dalla presenza di aziende multinazionali come Frontrunner. Il riconoscimento principale è il logo Lean and Green che viene applicato su tutti i veicoli partecipanti, ma dato l'elevato numero di attori diversi coinvolti possono essere istituiti anche altri premi e incentivi come caselli autostradali privilegiati, possibilità di partecipare a gare di appalto, ottenere incentivazioni esclusive o ottenere sconti o privilegi nella distribuzione commerciale, ad esempio in Olanda è stato istituito un ingresso dedicato nel porto di Rotterdam

Il Freight Leaders Council, che dal 2012 gestisce l'edizione italiana del programma, è una libera associazione privata, apartitica, fondata nel 1991 che riunisce esperienze e professionalità di aziende leader nella filiera della logistica e che collabora con le istituzioni per lo sviluppo di tutti i suoi segmenti. Per ottimizzare i risultati di Lean&Green occorre che il governo e l'amministrazione mostrino attenzione al programma. In Italia secondo il Freight Leaders Council le frequenti crisi di governo dell'attuale fase politica rendono difficile mantenere con l'amministrazione quel rapporto stabile necessario a far maturare rapporti di collaborazione (Fonte: www.lean-green.nl - (Anten, et al., 2014)).



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Tabella 6: Caratteristiche Lean&Green

Come raccolgo	Come controllo	Quali premi
<ul style="list-style-type: none"> • Piano di azione in cui le aziende si impegnano a ridurre di almeno il 20% in cinque anni le emissioni di CO2. • Il piano deve contenere la baseline di emissioni di CO2 derivati da conversioni di parametri operativi quali ad es. Quantità totale di merci trasportate; km percorsi, etc. Poi si identificano le misure e si quantificano i risparmi previsti. Infine si monitorano i risultati. • Vengono forniti moduli excel con quantità da inserire e fattori di conversione, oltre che possibili misure per ridurre la CO2. • L'esame avviene per unità dimensionale (in termini di tonnellate, metri cubi, pallet, container) e attraverso indicatori delle performance misurabili e verificabili, mentre non sono ammesse misure di compensazione di nessun genere (piantumazione di alberi, acquisti di certificati o crediti di emissioni). 	<ul style="list-style-type: none"> • I dati forniti annualmente vengono validati da un organismo esterno nominato dall'azienda. • Al quinto anno vi è un audit che certifica il raggiungimento dell'obiettivo ed il ritorno economico 	<ul style="list-style-type: none"> • Un bollino verde applicato su tutti i prodotti e su tutti i veicoli dell'impresa Lean&Green. • Altri privilegi che può mettere in campo la pubblica amministrazione sono: • ingresso dedicato nel porto, slot di scarico, caselli autostradali privilegiati • partecipare a gare d'appalto o di ottenere incentivazioni in esclusiva o in via preferenziale. • ottenere sconti o privilegi nella distribuzione commerciale, come un posizionamento privilegiato nelle scaffalature dei punti vendita, in modo da attirare la clientela più eco sensibile.
<p>Attori coinvolti: Associazioni, Trasportatori, PA, Mittente, Destinatario</p>		

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

12.4.3 Considerazioni

Di seguito vengono messe in evidenza le principali differenze tra i progetti analizzati.

In Green Freight Europe gli attori coinvolti comprendono: un'**associazione indipendente e i trasportatori**. Sulla piattaforma ogni azienda inserisce i dati operativi necessari per calcolare, validare e valutare comparativamente le prestazioni ambientali della propria attività di trasporto. Questi dati sono **autocertificati** e le aziende sottoscrivono un'autodichiarazione, all'atto di adesione al programma, in cui dichiarano di non fornire informazioni false o forvianti pena sospensione o espulsione dal programma stesso. Il **marchio** che viene fornito come simbolo di impegno nel trasporto sostenibile comprende quattro livelli distinti sulla base degli obiettivi raggiunti e viene attribuito ai trasportatori dall'associazione.

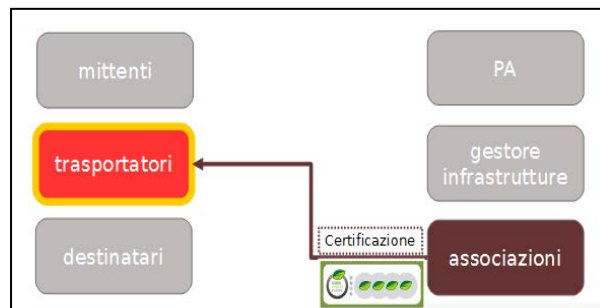


Figura 25: Relazione tra gli attori: Green Freight Europe

Gli attori coinvolti in Lean & Green sono invece **associazioni, trasportatori, pubblica amministrazione, mittente e destinatario**. Le aziende partecipanti si impegnano a fornire per 5 anni i dati relativi a vari parametri, **certificati da un ente esterno** nominato dall'azienda stessa, i quali vengono convertiti per poter calcolare l'effettiva emissione di CO₂. L'impegno viene **certificato tramite un marchio** fornito dall'associazione che può essere applicato sia ai prodotti che ai veicoli; ma dato l'elevato numero degli attori coinvolti ci possono essere **altri vantaggi** all'interno del network. Ad esempio la Pubblica amministrazione può fornire un punteggio preferenziale per gare e appalti ai trasportatori; i gestori di infrastrutture possono dare privilegi di accesso alle infrastrutture (porti, caselli autostradali etc) e infine i destinatari possono concedere sconti e privilegi nella distribuzione commerciale ai mittenti che utilizzano trasporti sostenibili.

Osservando le due esperienze è possibile notare che il principale problema risulta essere la fase di controllo che non viene effettuata da chi fornisce i premi ma da chi li riceve. Questo può portare alla creazione di comportamenti opportunistici o alla falsificazione dei dati con conseguente scarsa efficacia del progetto.

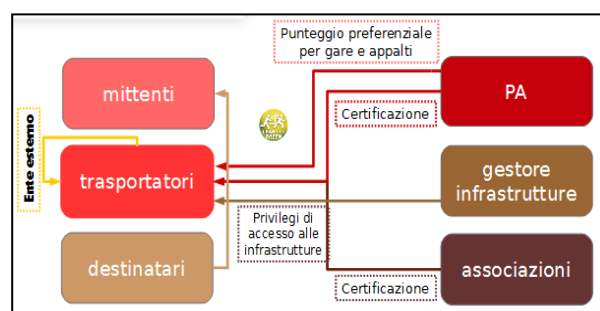


Figura 26: Relazione tra gli attori: Lean and Green

Anche in Lean and Green, dove la validazione dei dati avviene tramite un ente esterno, i problemi definiti precedentemente non vengono meno in quanto la nomina dell'organo viene effettuata dall'azienda stessa.

Il controllo dovrebbe invece essere effettuato dall'attore che fornisce i premi, permettendo così una maggior efficacia nell'implementazione del sistema e la garanzia di comportamenti corretti e trasparenti.

In questo caso il controllo può avvenire attraverso due principali modalità:

- Controllo/verifica periodica delle autocertificazioni.
- Controllo automatico: fornitura di dati real time.

Andando a creare una sintesi delle alternative analizzate è dunque possibile completare la seguente tabella:



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Tabella 7: Sintesi delle alternative

Come raccolgo	Come controllo	Quali premi
<ul style="list-style-type: none"> • Tracciabilità dei veicoli • Certificazione flotta • Stili di guida • Progressi • I dati vengono raccolti autonomamente da ogni singola società. 	<ul style="list-style-type: none"> • Autocertificazione di parametri operativi (off-line) senza controllo da esterni. • Verifica dei dati trasmessi. • Controllo in tempo reale di parametri operativi (real-time). 	<ul style="list-style-type: none"> • Misure intrinseche: marchio, certificazioni, schemi di riconoscimento, cerimonie di premiazione, classifiche interne pubbliche. • Misure estrinseche di natura finanziaria o benefit come accessi privilegiati ai porti, partecipazioni per vie preferenziali a gare d'appalto etc. • Misure intere come possibilità di avanzamenti di carriera.
<p>Attori coinvolti: Associazioni, Trasportatori, PA, Mittente, Destinatario</p>		

12.5 Proposta per la definizione di un sistema di premialità. Prospettive per il progetto Urbelog

Come noto, il progetto URBeLOG (progetto proposto nell'ambito del bando SMART CITIES del MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca), mira a realizzare e validare un sistema virtuoso di trasporto delle merci che renda più razionale, economicamente vantaggioso, efficiente ed eco-sostenibile il servizio distributivo dell'ultimo miglio, anche attraverso meccanismi di premialità che interagiscano con i sistemi di regolazione, regolamentazione e tariffazione.

Le funzionalità rese disponibili da URBeLOG permettono di sviluppare i processi, i servizi e le applicazioni di City Logistics, aggregando l'ecosistema degli stakeholders e semplificando la gestione e il monitoraggio in tempo reale dei processi logistici dell'ultimo miglio, sia per la Pubblica Amministrazione che per gli operatori del settore.

URBeLOG ha come obiettivo lo sviluppo e la sperimenta un'innovativa piattaforma per la logistica di ultimo miglio in ambito urbano in grado di aggregare l'ecosistema degli stakeholders e di gestire in tempo reale i processi distributivi dalla produzione alla consegna. In particolare:

1. ridefinisce il modello di business per il consolidamento dei carichi e la condivisione degli asset attraverso l'introduzione di unità satelliti intelligenti per il pick-up and delivery;
2. crea un innovativo middleware per l'integrazione di dati provenienti da fonti eterogenee e l'erogazione di servizi ICT per l'implementazione del processo di pianificazione, ottimizzazione e gestione real-time del servizio di routing dinamico delle flotte dei mezzi di distribuzione in funzione



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

dei dati forniti in tempo reale dal territorio (condizioni ambientali, traffico, vincoli di viabilità, policy pubbliche, eventi, ecc.); l'integrazione sviluppo di sistemi predittivi, di negoziazione e di supporto alla decisione in grado di agevolare rendere più efficaci le operazioni di pick-up, consegna e interscambio;

3. abilita servizi e applicazioni per la sperimentazione e applicazione delle policy pubbliche e per la gestione di un sistema di misura e accreditamento della sostenibilità ambientale dei soggetti che operano nel sistema distributivo logistico urbano.

4. sperimenta reti di bordo strada a basso costo ed a basso impatto ambientale per misure distribuite in tempo reale di traffico (e.g. flussi veicolari e velocità medie) e disponibilità di risorse (e.g. accessi e parcheggi) integrate nel middleware;

5. sperimenta veicoli a basso impatto ambientale elettrici e ibridi in grado di rendere il processo sostenibile e di determinare condizioni operative che favoriscano l'utilizzo di veicoli innovativi

I siti pilota di URBeLOG sono le città di Torino e Milano, le cui diverse caratteristiche permettono di indagare diverse casistiche applicative e processive che potranno essere applicate ad altre realtà nazionali.

La città di Genova è coinvolta nell'identificazione dei requisiti operativi.

A Milano gli obiettivi della sperimentazione sono i seguenti:

- Focalizzare il pilota sul centro commerciale più grande d'Europa, corso Buenos Aires. La via si trova in prossimità di corso Venezia e permette l'accesso di veicoli e merci alla zona più centrale di Milano
- Estendere la sperimentazione all'Area C per gestire lo scambio bidirezionale delle informazioni tra la centrale del traffico e la piattaforma URBeLOG
- Gestire in tempo reale la verifica della disponibilità e l'utilizzo di una o più piazzole di carico scarico merci, eventualmente sanzionando gli accessi non autorizzati
- Individuare le tecnologie da utilizzare per la dotazione infrastrutturale delle piazzole di carico e scarico (sensoristica a bordo del veicolo - OBU/On Board Unit - e a bordo strada - RSU/Road Side Unit).

12.6 Meccanismi premiali e sistemi multiattoriali

Come visto nel caso di Lean and Green, affinché un meccanismo premiante funzioni si ritiene necessario agire in una logica multiattoriale: il successo dello schema premiante, infatti, può avvenire solo attraverso dei rapporti di tipo win-win, dove ogni attore ottiene dei vantaggi dalla partecipazione, tenendo comunque in considerazione i compromessi tra gli stakeholders.

Per fare questo è necessario che lo sforzo non sia relegato a un cerchio ristretto di attori ed in tal senso la piattaforma URBeLOG può supportare la gestione di un sistema di misura e accreditamento della sostenibilità ambientale dei soggetti che operano nel sistema distributivo logistico urbano: Associazioni, Trasportatori, Pubblica Amministrazione, Gestore delle infrastrutture, mittente e destinatario.

Ognuno è chiamato ad attuare delle azioni che permettano il funzionamento ottimale della rete, ad esempio la Pubblica Amministrazione oltre a fornire infrastrutture adeguate (come baie di carico e scarico e piattaforme di smistamento), dovrebbe incentivare l'acquisto di veicoli green, l'uso delle



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

infrastrutture disponibili per l'ottimizzazione della logistica, quali i centri di consolidamento urbano, piazzole di carico/scarico prenotabili, etc.

I gestori delle infrastrutture, da considerare come una parte della Pubblica Amministrazione, potrebbero supportare il cambiamento elargendo sconti e agevolazioni agli altri attori coinvolti nella rete. Nel caso URBeLOG è però possibile considerare un particolare gestore delle infrastrutture coincidente con l'amministratore della piattaforma stessa, esso è responsabile della sua gestione e del suo buon funzionamento.

I trasportatori dovrebbero investire nella formazione degli autisti in modo da mettere in atto uno stile di guida sicuro ed ecologico. La formazione non deve essere limitata ai soli autisti ma anche al resto del personale in quanto ognuno influenza il risultato, anche se con modalità diverse. Conoscere i vantaggi che l'acquisto di veicoli green, una manutenzione programmata, una migliore pianificazione dei viaggi e la tipologia di carburante possono comportare non solo sull'ambiente ma anche sul bilancio aziendale spingono a mettere in atto i cambiamenti in modo più consapevole.

Le associazioni devono creare delle certificazioni adeguate ai fini del progetto ma anche definire le modalità attraverso cui attribuirle, in modo da offrire un interessante ritorno di immagine di tipo "green".

I mittenti devono avere garanzie dalle modalità di trasporto ecologiche (per esempio introducendo una rottura di carico, aumentano i rischi di danneggiamento o furto della merce) e l'eventuale aumento dei costi di trasporto deve essere bilanciato da opportuni elementi premianti in termini di marketing o di sconti. I destinatari possono ad esempio concedere sconti o privilegi nella distribuzione commerciale ai mittenti che utilizzano un trasporto ecologico.

Nel paragrafo successivo si definiscono con maggiore dettaglio le modalità attraverso cui raccogliere le informazioni, controllarle e quali premi possono essere assegnati.

12.7 Meccanismi per l'ottenimento ed il controllo dei sistemi di premialità della logistica urbana

E' da sottolineare che il modello URBeLOG con la sua piattaforma tecnologica dedicata presenta caratteristiche che sono fondamentali alla definizione dello schema di premialità.

Innanzitutto, come già detto, la gestione dell'accREDITamento ed il monitoraggio dei soggetti che operano nel sistema distributivo logistico urbano.

L'utilizzo della piattaforma, infatti, è esso stesso un elemento di ottimizzazione della logistica urbana in quanto grazie alle funzioni di real-time routing, delle modalità di smistamento e consolidamento per ogni piattaforma urbana, suggerisce ai trasportatori modalità per il risparmio di viaggi e quindi di emissioni, privilegiando i veicoli meno inquinanti.

Come già definito in precedenza, una delle carenze maggiore tra i progetti analizzati è la mancanza di controllo da parte di chi fornisce i premi. Nel caso Lean and Green olandese ad esempio, ci si basa su meccanismi di autocontrollo, che non sempre sono facilmente mutuabili in tutti i contesti geografici e culturali. Al fine di creare un modello il più efficace possibile è dunque necessario prevedere un sistema di controllo che non sia solo autocertificato.

Il controllo, dunque, deve avvenire sia real-time che off-line e deve essere effettuato in modo trasparente per chi fornisce i premi così da garantire equità ed evitare comportamenti opportunistici. Gli strumenti che vengono utilizzati per la raccolta dei dati devono poter comunicare real-time con la piattaforma. Il fatto che le informazioni vengano trasmesse direttamente dagli strumenti a bordo



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

alla piattaforma permette infatti di avere una maggiore veridicità dei dati e quindi di diminuire la probabilità di una loro alterazione.

Un altro controllo può basarsi sulle certificazioni della flotta o degli stili di guida che il trasportatore è riuscito ad ottenere.

Una funzionalità della piattaforma deve permettere il controllo incrociato sui dati forniti in modo tale da verificare se gli obiettivi dello stakeholder siano conformi alle misure che esso ha attuato.

Le diverse interazioni tra gli attori permettono l'attribuzione di premi di natura diversa, la maggior parte dei quali a favore dei trasportatori che sono gli attori che incidono maggiormente sulla sostenibilità ambientale e che sono anche coloro che devono affrontare maggiori investimenti e cambiamenti.

I trasportatori potrebbero ottenere:

- dalla Pubblica Amministrazione: certificazioni, punteggi preferenziali per gare e appalti, incentivi per l'acquisto di veicoli o sconti sui canoni di concessione del suolo pubblico;
- dai Gestori delle infrastrutture o comunque dalle Amministrazioni: orari preferenziali per l'ingresso nella ZTL, accesso a corsie preferenziali, spazi e piazzole di carico/scarico, sconti sul road pricing;
- dalle Associazioni: formazione e certificazioni.

I trasportatori possono inoltre attuare schemi di riconoscimento all'interno dell'azienda stessa per promuovere il cambiamento dei comportamenti attraverso, per esempio, riconoscimenti pubblici, cerimonie di premiazione, benefit o premi in denaro.

I mittenti appartenenti alla rete possono, invece, ottenere sconti o privilegi concessi dai destinatari nella distribuzione commerciale, ad esempio riservando uno spazio dedicato ai prodotti trasportati in modo green.

I trasportatori e i mittenti non sono, però, gli unici a trarre vantaggio dal sistema; infatti, affinché tutti gli attori siano motivati a far parte della rete, le relazioni devono essere di tipo win-win. Ogni attore deve dunque ottenere un vantaggio dalla partecipazione alla rete che può essere immateriale, come un miglioramento della propria immagine, o materiale attraverso l'attribuzione di veri e propri premi.

La pubblica amministrazione, così come i Gestori delle infrastrutture, a fronte di minori introiti per le agevolazioni e gli sconti forniti possono migliorare la propria immagine attraverso una riduzione dell'inquinamento e della congestione stradale.

Le associazioni ricevono maggiori introiti per la richiesta di certificazioni.

Sia i mittenti che i destinatari ottengono una maggiore visibilità e dunque possibilità di vendita nonostante i possibili aumenti del costo di trasporto.

I trasportatori possono essere ripagati per gli investimenti iniziali elevati con premi (come già descritto in precedenza), ma anche migliorando la propria immagine e dunque avendo la possibilità di incrementare il numero di clienti sensibili agli aspetti ambientali. Inoltre introducendo tali miglioramenti nella gestione delle attività è possibile che essi ottengano risparmi sui costi (carburante, organizzazione, etc.) e un aumento dell'efficienza.

È possibile, infine, fare delle ipotesi su quanto i diversi premi possano risultare appetibili da parte dei trasportatori distinguendo, come fatto in precedenza, tra trasporto in conto proprio, in conto terzi e con corrieri. La concessione di orari preferenziali per l'ingresso nella ZTL risulta esser più interessante per i corrieri, in quanto essi effettuano le consegne durante tutto l'arco della giornata e con frequenza molto maggiore rispetto al trasporto in conto proprio, e per il trasporto in conto terzi.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Le piazzole di carico e scarico, che facilitano la consegna delle merci, sono premi appetibili per tutti i trasportatori, ma mentre per i corrieri espressi che hanno molte consegne può essere vincolante la prenotazione di una piazzola, il conto proprio potrebbe apprezzare maggiormente un posto riservato per le poche consegne che devono effettuare, non essendo specialisti del settore.

Visto che per i corrieri la logistica costituisce un core-business, essi potrebbero ambire maggiormente agli incentivi in esclusiva o in via preferenziale per partecipare a gare di appalto. Analogamente avviene per le certificazioni che possono influire positivamente sull'immagine aziendale, infatti se per un trasportatore conto terzi o un corriere è importante introdurre innovazioni che ottimizzino i processi e alimentino l'immagine che il cliente percepisce, per un trasporto in conto proprio, seppur questo si ripercuote in maniera positiva sull'azienda, non risulta essere importante alla stessa maniera, considerando che la logistica, come già detto non è, in questo caso, l'attività core dell'azienda. L'introduzione di schemi di riconoscimento all'interno della stessa azienda, finalizzati ad incentivar i comportamenti positivi, è ovviamente di maggior interesse per i trasportatori conto terzi e ancor più per i corrieri (dati i maggiori volumi trattati), mentre non risulta influente per i trasportatori in conto proprio dato che in tal caso la logistica risulta in genere essere un'attività limitata. Infine gli sconti o privilegi nella distribuzione commerciale sono di notevole importanza per i trasportatori in conto proprio in quanto essi coincidono col mittente, mentre nel caso di trasportatori in conto terzi o corrieri può risultare positivo solo in maniera limitata poiché può accrescere l'interesse dei potenziali clienti.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

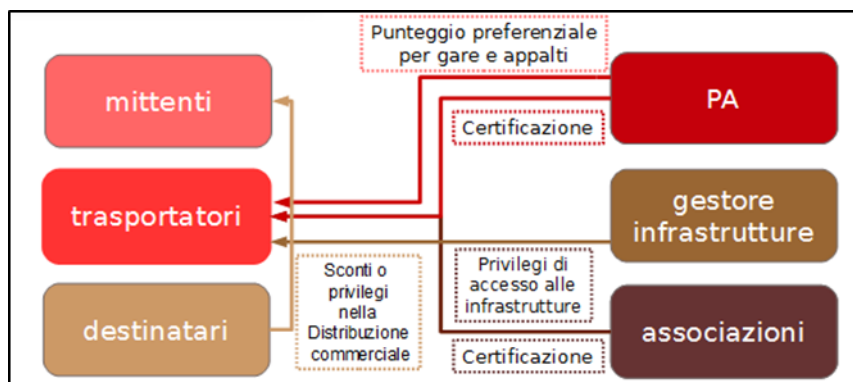


Figura 27: Relazione tra gli attori: URBeLOG

Tabella 8: Caratteristiche URBeLOG

Come raccolgo	Come controllo	Quali premi
<ul style="list-style-type: none"> • Tracciabilità dei veicoli → App • Certificazione flotta • Strumenti per verificare gli stili di guida • Progressi • Organizzazione dei viaggi (Routing, pick-up point, utilizzo piattaforme etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • Piattaforma in cui vi è la funzionalità indipendente ma potenzialmente connessa con le altre funzionalità • Sistema di certificazione della flotta, degli stili di guida • Controllo incrociato dei dati forniti. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orari preferenziali per ingresso ZTL • Spazi/piazzaole di carico/scarico (PA) • Sconti sui canoni di concessioni sull'uso del suolo pubblico (PA) • Sconti su road pricing (PA) • Incentivazioni in esclusiva o in via preferenziale per partecipare a gare di appalto (PA) • Incentivi per acquisto veicoli green (PA) • Certificazioni (PA e associazioni) • Misure interne come avanzamento di carriera, schemi di riconoscimento, cerimonie di premiazione etc (Trasportatori) • Sconti o privilegi nella distribuzione

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

		commerciale (Destinatario)
Attori coinvolti: Associazioni, Trasportatori, PA (e Gestori delle infrastrutture), Mittente, Destinatario		

13 RACCOMANDAZIONI DI POLICY PER LE AMMINISTRAZIONI LOCALI

Le innovazioni legate agli schemi distributivi di ultimo miglio e all'efficientamento delle operazioni di consegna e prelievo delle merci sono numerose a scala urbana.

Uno dei temi su cui gli operatori della logistica hanno maggiormente investito in termini di ricerca e definizione di nuovi modelli operativi è quello del consolidamento dei carichi al fine di aumentare la saturazione dei veicoli che entrano nelle aree urbane centrali e ridurre il numero di veicoli impiegati. Consolidare i carichi per gli operatori logistici vuol dire introdurre delle "rotture di carico" nelle filiere di consegna delle merci, ovvero scaricare le merci dai mezzi a lunga percorrenza e suddividerle tra i singoli mezzi che effettuano le consegne nelle aree urbane. Per rendere questa suddivisione efficiente, si devono ripartire le merci tra i singoli mezzi secondo criteri di tipo geografico (ad esempio caricare sullo stesso mezzo tutti i pacchi destinati ad una specifica area della città), temporale (mettere sullo stesso mezzo tutte le merci da consegnare entro un certo orario), o di organizzazione interna aziendale delle consegne (ad esempio evitare di fare circolare veicoli semi vuoti, ridurre il numero di mezzi in movimento riducendo in questo modo le percorrenze delle proprie flotte). Le possibilità sono strettamente collegate con le normative sempre più restrittive in materia di accesso alle città (Maggi, 2004). Queste restrizioni infatti, comportano per gli operatori logistici impatti rilevanti in termini di costi e tempi aggiuntivi delle attività di consegna, rendendoli pertanto molto sensibili all'adozione di misure che possano incidere su questi aspetti.

Il tema del consolidamento dei carichi è stato affrontato in vari modi dagli operatori logistici e con il passare degli anni sono comparse tecnologie e modelli organizzativi sempre più innovativi. Per quanto riguarda l'Italia, ad esempio, sul tema del consolidamento dei carichi nelle consegne di ultimo miglio molte energie in termini di ricerca e sperimentazioni sono state dedicate al tema dei Centri di Distribuzione Urbana (CDU). Per CDU si intende un impianto logistico multi operatore situato in prossimità di un'area urbana nel quale le consegne di ultimo miglio vengono consolidate e da qui inoltrate a destinazione. In virtù della loro natura multi operatore, questi centri solitamente sono gestiti da un'autorità pubblica e il loro utilizzo viene proposto e/o imposto agli operatori della logistica con interventi normativi più o meno stringenti. Vista l'innovatività e il costo elevato di costruzione e gestione di CDU, queste esperienze sono state in gran parte finanziate mediante fondi pubblici. Tuttavia, nonostante la grande attenzione riservata a questo tipo di interventi, molte di queste esperienze si sono concluse dopo la fase di sperimentazione o con l'esaurimento dei contributi pubblici (Marciani M., 2014). Diverse le esperienze di questo tipo avviate in Italia, come ad esempio "Cityporto" a Padova, "Ecocity" a Parma, "Veloce" a Vicenza e il "Progetto Ecoporto" a Ferrara.

Sebbene le esperienze delle CDU non abbiano avuto grande successo, l'esigenza da parte degli operatori della logistica urbana di consolidare i carichi non è venuta meno. In particolare gli operatori



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

sembrano essere maggiormente interessati ad un consolidamento dei loro carichi autonomo e autorganizzato (Marciani M., 2014), in contrasto quindi con la logica dei CDU che invece costringe gli operatori a cooperare con i propri competitor, in un monopolio del servizio di distribuzione urbana che riduce la loro capacità di arrivare direttamente al cliente finale.

In questa direzione gli operatori hanno elaborato diverse soluzioni più o meno innovative. Le soluzioni più comuni attuate da tutti i principali player della logistica urbana hanno riguardato l'allestimento di propri centri di consolidamento a ridosso della città. Tuttavia, soprattutto per agevolare le consegne di ultimo miglio con cargo bike e/o veicoli elettrici caratterizzati da autonomie e percorrenze ridotte, si sono affermate soluzioni finalizzate a spostare gli hub logistici il più possibile all'interno della città. Dove possibile, quindi, sono state istituite delle aree che fungono da piattaforma di transito (transit point) o da "spazi logistici di prossimità" (nearby delivery area) in cui le bici o i veicoli ecologici che effettuano le consegne di ultimo miglio possono autonomamente rifornirsi nel corso della giornata. Altri operatori hanno ideato dei sistemi più innovativi dal punto di vista tecnologico ed organizzativo, ideando delle vere e proprie "filiali mobili" in grado di essere spostate nel cuore delle aree urbane per rifornire direttamente le attività logistiche di ultimo miglio. È il caso ad esempio del Mobile Depot di TNT, un rimorchio di camion opportunamente rielaborato che, una volta parcheggiato in un'area urbana centrale, è in grado di trasformarsi in una vera e propria centrale operativa dotata di reception, uffici, magazzino e servizi per gli operatori. Da qui vengono rifornite le singole cargo bike che effettuano le consegne all'interno della città evitando in questo modo i viaggi dei mezzi tradizionali per rifornirli.

Il consolidamento delle merci, oltre che di strutture fisiche, necessita anche di piattaforme informatiche in grado di mettere in relazione in modo continuo e smart tutti i soggetti della logistica urbana: chi gestisce le infrastrutture viarie e logistiche, chi trasporta la merce, chi la carica/scarica e chi la controlla. Obiettivo di queste piattaforme informatiche pertanto deve essere favorire lo scambio di informazioni e dati fra operatori della logistica finalizzata ad una loro maggiore integrazione, alla facilitazione della programmazione e dell'incontro della domanda e dell'offerta, all'offerta di informazioni sui tempi di trasporto, sulle previsioni di arrivo e sulle situazioni anomale di traffico in modo da consentire migliori decisioni nella pianificazione ed esecuzione dei viaggi. Diverse esperienze a livello italiano sono state lanciate per favorire la nascita di queste piattaforme, la più rilevante delle quali è stata la Piattaforma Logistica Nazionale (Uirnet) gestita attualmente dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Questa piattaforma si configura come un sistema telematico unico per la gestione dell'intera rete logistica nazionale. Le sue funzioni e i suoi servizi sono attualmente in via di perfezionamento e una volta ultimate consentiranno agli operatori logistici di recepire e gestire con maggiore facilità le informazioni necessarie per ottimizzare le loro attività.

Un altro rilevante problema organizzativo che riduce la capacità degli operatori logistici di gestire in maniera efficiente i propri piani di consegna all'interno delle aree urbane, è legato al tema del mancato recapito delle merci dovuto prevalentemente all'assenza del destinatario nel momento della consegna. Al fine di superare questo importante ostacolo, che per l'operatore rappresenta un extra-coste e che per la collettività vuol dire veicoli commerciali che devono effettuare più chilometri, gli operatori logistici hanno fatto ricorso a diverse soluzioni. Tutte queste soluzioni seguono la stessa logica: definire dei punti di ritiro della merce all'interno delle aree urbane in cui i destinatari finali possano prelevarle autonomamente. Questo permette agli operatori di lasciare in giacenza le merci non consegnate in determinati punti senza dover effettuare nuovi passaggi per consegnare la merce. Esistono numerose soluzioni innovative adottate dagli operatori per veicolare tali servizi. I servizi tecnologicamente più semplici prevedono ad esempio di individuare alcune attività



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

commerciali di quartiere (tipicamente bar, edicole, ecc.) come luogo di consegna delle merci dove poi il cliente finale può passare per il ritiro.

Maggiore successo, soprattutto nel nord Europa ed in Germania, hanno avuto le cosiddette pack station. Queste sono delle “cabine” automatizzate per la raccolta e la distribuzione self-service delle spedizioni di merci di piccole/medie dimensioni attive 24 ore su 24, 7 giorni su 7, 365 giorni l'anno. Le pack station sono solitamente localizzate in aree urbane ad alta frequentazione come ad esempio stazioni della metropolitana, centri commerciali, ecc. e consentono al destinatario finale di ritirare il proprio pacco non al proprio domicilio ma nella pack station più vicina, mediante un codice d'accesso riservato e personale a cui corrisponde una cassetta all'interno della pack station. Il destinatario finale potrà quindi ritirare in tutta tranquillità il proprio pacco senza gravare sull'operatore logistico, che in questo modo con una sola consegna avrà evaso al proprio compito. Oltre alla ricezione dei pacchi, le pack station possono funzionare anche per l'invio della merce. Numerosi i vantaggi garantiti dalle pack station: riduzione dei costi unitari operativi, possibilità di concentrare le consegne in pochi punti piuttosto che polverizzare le consegne finali, estensione dei servizi e maggiore flessibilità senza extra costi per i destinatari finali (BESTUFS, 2007).

Si tratta di soluzioni ormai ampiamente diffuse in numerose città europee. DHL ad esempio è stato uno dei primi operatori a livello globale a lanciare questa soluzione. In diverse città tedesche ha avviato già dal 2001 una capillare rete di pack station con centinaia di stazioni di consegna e prelievo automatizzate. Queste iniziative sono state avviate con la partecipazione delle autorità locali che, riconoscendo i positivi effetti ambientali, hanno concesso il permesso di localizzare su suolo pubblico le infrastrutture. Anche in Italia i principali operatori logistici hanno avviato esperienze di questo tipo con esiti non ancora ben documentati. DHL ad esempio, ha avviato un accordo in esclusiva con il Comune di Milano per la collocazione sperimentale di alcune pack station in città, mentre sulla stessa linea TNT ha avviato a scala nazionale il progetto Bentobox.

In Germania nel 2015 è stata avviata una sperimentazione riguardante la consegna dei pacchi direttamente nel bagagliaio delle automobili. Tale soluzione al momento è stata testata solo a livello sperimentale da Amazon a Monaco, ma le basi per una sua futura diffusione sembrano buone. Il test, ancora in corso, coinvolge la casa automobilistica Audi e il corriere espresso DHL e garantisce ai possessori di una “connected car” del brand tedesco la possibilità di ricevere i pacchi spediti da Amazon direttamente nel baule della propria autovettura. Il sistema prevede che al momento dell'acquisto l'utente possa scegliere dove ricevere la merce acquistata e se avrà abbinato agli indirizzi di consegna anche la propria Audi potrà selezionare questa opzione. Una volta effettuato l'acquisto, Amazon genera una chiave elettronica di accesso univoca al bagagliaio che viene girata al corriere DHL, il quale individua il veicolo e apre il portellone del baule del destinatario per depositare la merce utilizzando la chiave elaborata da Amazon.

Un'altra importante innovazione nell'ambito della logistica urbana sostenibile è legata all'affermarsi di nuovi modelli di uso condiviso dei veicoli legati alla cosiddetta Sharing Economy. Sebbene il modello della Sharing Economy abbia avuto maggiore successo e diffusione nell'ambito della mobilità privata delle persone (si pensi ad esempio al grande successo di piattaforme come Blablacar o alle esperienze di car e bike sharing avviate in numerose città), tale modello è stato utilizzato anche nel settore della logistica delle merci, sia di lunga percorrenza che di ultimo miglio. Tale innovazione, nota con il nome di Van Sharing, prevede la condivisione dello spazio di un furgone o di un altro veicolo commerciale per effettuare la consegna di merci. Il meccanismo di funzionamento di queste piattaforme prevede che si inserisca l'indirizzo del mittente e del destinatario della merce e in automatico la piattaforma individui se è disponibile un veicolo con spazio libero che effettua un



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

viaggio su quello stesso percorso nelle date richieste. Trovato un trasportatore disponibile, sarà possibile affidare a questo la propria consegna e corrispondere la tariffa prevista.

In Italia esistono già esperienze di questo tipo, sia promosse dal settore pubblico che da privati che hanno deciso di lanciare proprie piattaforme di van sharing. Per quanto riguarda le iniziative del settore pubblico ad esempio, è interessante il progetto pilota di van sharing di Roma. Qui l'Agenzia per la Mobilità di Roma ha messo a disposizione in via sperimentale una piazzola con un veicolo elettrico in condivisione per la consegna di merci all'interno della Ztl del Centro. La postazione offre un'alternativa a tutti coloro che devono trasportare e consegnare merci all'interno del perimetro della ZTL centrale. Proprio per incentivare gli operatori all'utilizzo condiviso di questo mezzo, sono state previste tariffe particolarmente vantaggiose. RIF? Altre iniziative simili sono state avviate in altre città italiane.

Da parte dei privati ci sono diverse piattaforme dedicate al van sharing. Una delle più note è la start up Macingo, che si definisce come la Uber del trasporto merci. Macingo è un sito web dinamico e intelligente che facilita l'incontro tra domanda e offerta di trasporto merci grazie all'utilizzo di un algoritmo di ottimizzazione del carico. È stato pensato soprattutto per le PMI ma sta prendendo sempre più piede anche a livello di singoli utilizzatori.

Il trasporto delle merci svolge un ruolo essenziale nell'economia e nel determinare la qualità della vita delle aree urbane. Tuttavia questo non avviene a costo zero, in quanto queste attività generano a livello urbano rilevanti impatti negativi in termini di aumento della congestione, dell'inquinamento, dell'incidentalità e del rumore. Infatti, sebbene la logistica rappresenti una quota relativamente ridotta del traffico urbano, essa ha un ruolo di primo piano nella generazione degli impatti negativi legati al trasporto, essendo responsabile in media di quasi un quarto di tutte le esternalità negative prodotte dal settore trasporti nelle aree urbane europee.

A livello urbano, questo elevato impatto del settore in termini ambientali e sociali è dovuto ad una molteplicità di cause, legate tanto agli operatori della logistica urbana che ai soggetti che esprimono la domanda di servizi logistici, alle politiche pubbliche messe (o non messe) in pratica e alla conformazione stessa delle città. Tutte queste inefficienze, sommandosi, portano ad esempio a veicoli merci costretti a frequenti fermate e ripartenze, a consegne non a pieno carico pur di rispettare i rigidi vincoli contrattuali dei tempi di consegna. A questo si somma un'elevata complessità gestionale del settore logistico e innovazioni tecnologiche e organizzative necessarie che richiedono però di tempo e di sostegno per essere pienamente attuate e messe in esercizio.

Le sfide per rendere la logistica urbana più sostenibile sono al centro delle agende politiche e dei piani di investimento per rendere le città più Smart. L'adozione di misure innovative dovrà necessariamente passare dal duplice e coordinato sforzo degli operatori logistici e delle amministrazioni pubbliche. Gli operatori logistici in particolar modo sono chiamati ad innovare i loro modelli di business, adottando ad esempio nuovi mezzi ecologici, ricorrendo maggiormente alle tecnologie informatiche per ottimizzare i loro piani di consegna e cooperando maggiormente tra loro nella definizione di modelli di consegna più sostenibili. Tuttavia lo sforzo più grande per la promozione di una logistica urbana sostenibile è richiesto al settore pubblico. Come evidenziato dalla Commissione Europea infatti "la maggior parte degli enti locali aventi competenze sulle aree urbane non ha sviluppato una politica coerente in materia di trasporto merci" e anche dove lo ha fatto ha seguito propri bisogni specifici, senza un coordinamento centrale, portando a livello regionale e nazionale ad una iper-frammentazione del contesto regolatorio che ha complicato e rallentato ogni innovazione e cambiamento.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Per quanto riguarda l'Italia, molto rimane da fare nel rendere più efficiente e sostenibile la logistica urbana. In particolar modo le amministrazioni pubbliche locali, attraverso i numerosi strumenti di policy a loro disposizione sono chiamate ad intervenire prioritariamente nella promozione di politiche e misure in grado di favorire l'incremento dei fattori di carico dei singoli mezzi, ridurre il numero di viaggi a vuoto compiuti, ridurre/gestire i tempi di sosta dei veicoli commerciali nei punti di carico e scarico e ridurre il numero di consegne singole a singoli clienti. Spetta alle pubbliche amministrazioni nazionali e locali creare un quadro normativo dove le soluzioni più innovative e sostenibili ideate dagli operatori logistici possano crescere e rafforzarsi.

Accanto all'approccio di regolare e tariffare l'accesso alle aree più centrali delle città per le merci, nelle strategie di riorganizzazione della logistica cittadina stanno emergendo anche modelli premiali, dove invece che punire un comportamento ritenuto negativo, vengono premiati comportamenti virtuosi. Tale modello si è tradotto in due declinazioni diverse: il sistema dei crediti di mobilità e i programmi premianti. Il primo, pur garantendo equità e flessibilità, ha trovato alcuni ostacoli dovuti alle complesse regole che ne governano l'applicazione. Inoltre pur costituendo un sistema incentivante, contiene comunque alcuni aspetti tipici dei meccanismi penalizzanti, assegnando un ammontare di crediti destinato ad esaurirsi in mancanza di comportamenti virtuosi. Con l'introduzione dei sistemi premianti si passa quindi a programmi di accumulo di punti o premi ottenuti a fronte di comportamenti virtuosi. Le principali esperienze riguardano l'applicazione al caso della mobilità delle persone, con programmi caratterizzati da aspetti di gaming e competizioni, che possono incentivare la partecipazione dell'utente finale.

Bisogna però tener in considerazione che nel caso della logistica, a differenza della mobilità individuale, non si tratta solamente di cambiamenti di costume trasportistico, ma di un insieme di adozione di nuovi modelli di distribuzione, di un equilibrio tra economicità ed efficacia industriali e di un consenso sulle misure da adottare.

Ciò sottintende la considerazione dei diversi attori che animano la logistica urbana, ricercando la soddisfazione di esigenze diverse. Tutti gli attori, Trasportatori, Pubblica Amministrazione, Gestore delle infrastrutture, mittente e destinatari, devono essere quindi disposti a cambiare e a collaborare per creare un sistema che sia più sostenibile senza però andare a oscurare tutti gli interessi commerciali. A tal proposito il modello URBeLOG presenta caratteristiche che possono supportare una rete multiattoriale nell'attuare uno schema di premialità:

- una piattaforma tecnologica dedicata che garantisce la trasparenza dei dati e che offre funzioni di ottimizzazione della logistica.
- L'accreditamento alla piattaforma dei diversi possibili attori della logistica in una logica multiattoriale di scambio reciproco di premialità.

E' da sottolineare, infine, che nella sperimentazione dei sistemi premianti per la logistica di ultimo miglio risulta di fondamentale importanza approfondire gli specifici aspetti di policy, di disponibilità di premi e di appetibilità degli stessi.

Per quanto riguarda il caso specifico del pilota milanese di Corso Buenos Aires è infine opportuno centrare l'attenzione sull'importante ruolo dei commercianti come promotori nell'utilizzo da parte dei trasportatori dei sistemi innovativi messi a disposizione da URBeLOG. D'altro canto è fondamentale approfondire le possibili strategie di marketing associate ad una campagna di miglioramento del sistema delle consegne, alla quale può essere affiancato un programma premiante rivolto alla mobilità dei clienti, con eventi e campagne che possano amplificare i risultati di un sistema di premialità della mobilità sostenibile.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

14 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

AMAT (2005), Rapporto sulla Mobilità Urbana 2003-2006

Amici della Terra (2005), I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia, Quinto Rapporto

American Journal of Medicine (2015), The health and economic burden of air pollution, Elsevier

Beria P., Grimaldi R., Ponti M. (2012), Comparison of social and perceived marginal costs of road transport in Italy, Economics and Policy of Energy and Environment, Special Issue "Transport Economics and the environment", 2/2012

BESTUFS (2007), BESTUFS. Good practiceguide on urban freight. BESTUF consortium

CE Delft (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1

Ce Delft, Infrac, Fraunhofer ISI (2011), External Costs of Transport in Europe. Update study for 2008

Centro Studi Confetra (1999), La fattura Italia dei servizi logistici e del trasporto merci, Quaderno N. 2 – Aprile 2008

Centro Studi Confetra (2008), La fattura Italia dei servizi logistici e del trasporto merci, Quaderno N. 2 – Aprile 2008

Commissione Europea (1992), V Programma d'Azione dell'UE "Per uno sviluppo durevole e sostenibile"

Commissione Europa, Direzione Generale Trasporti (1998), Cost 231. Urban goods transport, Office for official publication of the European Communities, Bruxelles

Commissione Europea (2001), Libro Bianco. La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte

Commissione Europea (2008), Rendere i trasporti più ecologici, Comunicazione della commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio, SEC (2008) 2206

Commissione Europea (2011), Libro Bianco dei Trasporti. Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti. Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile, COM (2011) 144 definitivo

Commissione Europea (2011), 5th Edition of the Consumer Conditions Scoreboard

Commissione Europea (2012), An inventory of measures for internalizing external costs in transport, Final Report

Comune di Milano, Politecnico di Milano (2001), Indagine sul traffico merci nell'area milanese, Comune di Milano, Milano

Comune di Siena, Siena Parcheggi (1999), Linee progettuali per il Servizio di Logistica Urbana della città di Siena, Comune di Siena, Siena

Croci E., Grasso D. (2014), Il mercato del trasporto urbano delle merci, in Marcianni M., a cura di (2014), Nuovi modelli di governance. Dalla distribuzione urbana alla Smart Logistics, Giordano Editore



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Croci E., Grasso D. (2014), Politiche e misure per la razionalizzazione dei flussi logistici urbani. Le misure di tipo economico, in Marciani M., a cura di (2014), Nuovi modelli di governance. Dalla distribuzione urbana alla Smart Logistics, Giordano Editore Danielis R., Rotaris R., (2001), La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti, Università di Trieste e ISTIEE

Danielis R. (2001), La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti, Università di Trieste e ISTIEE

Erasmus School of Economics (2008), Sustainability of Urban Freight Transport Retail Distribution and Local Regulations in Cities, Erasmus Research Institute of Management (ERIM)

Franchini M., Mannucci P.M, Harari S., Pontoni S., Croci E. (2015), The Health and Economic Burden of Air Pollution, The American Journal of Medicine.

Fraunhofer Institut (2010), iTREN-2030. Integrated transport and energy baseline until 2030

Gallo M. (2007), I costi esterni della mobilità: tipologie e metodi di stima, in Trimestrale del laboratorio Territorio Mobilità Ambiente, Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio Università degli Studi di Napoli Federico II

Institute for Transport Economics at the University of Cologne (2008), External costs in the transport sector. A critical review of the EC internalization policy. Study for the European Automobile Manufacturers Association.

JRC (2008), Review of the measurement of external costs of transportation in theory and practice. Maritime transport Report 1, JRC

Maggi E. (2001), La logistica merci urbana: criticità e proposte di soluzione, in Atti della XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali (AISre) Scienze Regionali e strategie per la città e il territorio, Venezia

Maggi E., (2004), La regolazione della mobilità delle merci per uno sviluppo urbano sostenibile, Politecnico di Milano, dipartimento di Architettura e Pianificazione

Marciani M., a cura di (2014), Nuovi modelli di governance. Dalla distribuzione urbana alla Smart Logistics, Giordano Editore

McKinnon A., Sharon C., Browne M., Whiteing A., (2010), Logistica verde. Migliorare la sostenibilità ambientale della logistica, Tecniche Nuove

MDS Transmodal, DG MOVE European Commission (2012): Study on Urban Freight Transport. Final Report

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Consulta generale per l'autotrasporto e la logistica (2010), Piano Nazionale della Logistica 2011-2020

OECD, ECMT (2001), Transport and local distribution. Impacts of Information and Communication Technology on Urban Logistics System, OECD/ECTM Joint Seminar, Paris

OECD (2002), Urban freight transport, intermediate report of the working group

Razzaque, M. A. and C. C. Sheng (1998), Outsourcing of logistics functions: a literature survey. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 28 (2), 89-107

RICARDO-AEA, DG Move (2014), Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report, European Commission, DG Transport

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Ricci A., Friedrich R (1999), Calculating transport environmental costs: final report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging, European Commission, Bruxelles

Salzano E. (2007), Fondamenti di Urbanistica. La Storia e la norma, Laterza

Uic (2012), Greening transport. Reduce external costs. Executive Summary, CER

World Health Organization (2014), Burden of disease from the joint effects of Household and Ambient Air Pollution for 2012

Willumsen, Ortuzar, 2011. *Modelling Transport*. Wiley.

Cascetta, E., 2009. *Transportation Systems Analysis: Models and Applications*. 2nd edition, Springer.

Gallo, M., 2002. *Tecnica ed economia dei trasporti*.

Bulciolu, M., 2010. *Emissioni inquinanti da traffico veicolare: metodologia CORINAIR e programma COPERT4*.

Cantarella, G., De Luca, S., 2003. *Introduzione all'analisi dei sistemi di trasporto*.

REDAS Italia, 2008. *Indagine su spostamenti provinciali in Emilia Romagna*.

CAIRE Urbanistica, 2005. *Costruzione di un modello di simulazione del traffico veicolare*.

Di Gangi, M., 2009. *Pianificazione dei trasporti*.

Gelmini, P., 2010. *Prontuario dell'ingegnere HOEPLI*.

Horowitz, H. L., 1982. *Air quality analysis for urban transportation planning*, MIT press, Cambridge Massachusetts.

Nuzzolo et al., 1993. *Simulazione dell'inquinamento da traffico nelle aree urbane*.

INRETS, TRRL, TÜV Rheinland, 1992. *An Intelligent Traffic System for Vulnerable Road Users*.

Joumard et al., 1992. *Model of exhaust and noise emission and fuel consumption of traffic in urban areas*, DRIVE Project, manual n°11, INRETS, France.

Bullin, G., (texas state department of highways and public transportation), 1990. *User's guide to TEXIN2/MOBILE4 model, research report 283.2*.

Deardoff, J. W., 1972. *Parameterization of the Planetary Boundary layer for Use in General Circulation Models* [Mon. Wea. Rev., 100, 93–106].

Elisabetta, A., & Sozzi, R., 2009. *Sistemi di analisi e previsione della qualità dell'aria con la modellistica*.

APAT, 2003. *La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria*.

ANPA, 2000. *I modelli nella valutazione della qualità dell'aria*.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

AAVV, 2008. *Overview of existing integrated (off-line and on-line) mesoscale meteorological and chemical transport modeling systems in Europe.*

Baklanov, A., et al., 2007. *Integrated systems for forecasting urban meteorology, air pollution and population exposure. Atmos. Chem. Phys., 7, 855–874.*

Denby, B., et al., 2008. *Guidance on the use of models for the European air quality directive, ETC/ACC report.*

Finardi, S., et al., 2008. *A Deterministic Air Quality Forecasting System For Torino Urban Area, Italy. Env. Modelling and Software, 23, 344-355.*

Silibello, C., et al., 2008. *Future emission scenario analysis over rome urban area using coupled traffic assignment and chemical transport models.*

AMAT (2005), Rapporto sulla Mobilità Urbana 2003-2006

Amici della Terra (2005), I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia, Quinto Rapporto

American Journal of Medicine (2015), The health and economic burden of air pollution, Elsevier

Beria P., Grimaldi R., Ponti M. (2012), Comparison of social and perceived marginal costs of road transport in Italy, Economics and Policy of Energy and Environment, Special Issue "Transport Economics and the environment", 2/2012

BESTUFS (2007), BESTUFS. Good practiceguide on urban freight. BESTUF consortium

CE Delft (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1

Ce Delft, Infras, Fraunhofer ISI (2011), External Costs of Transport in Europe. Update study for 2008

Centro Studi Confetra (1999), La fattura Italia dei servizi logistici e del trasporto merci, Quaderno N. 2 – Aprile 2008

Centro Studi Confetra (2008), La fattura Italia dei servizi logistici e del trasporto merci, Quaderno N. 2 – Aprile 2008

Commissione Europea (1992), V Programma d'Azione dell'UE "Per uno sviluppo durevole e sostenibile"

Commissione Europa, Direzione Generale Trasporti (1998), Cost 231. Urban goods transport, Office for official publication of the European Communities, Bruxelles

Commissione Europea (2001), Libro Bianco. La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte

Commissione Europea (2008), Rendere i trasporti più ecologici, Comunicazione della commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio, SEC (2008) 2206

Commissione Europea (2011), Libro Bianco dei Trasporti. Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti. Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile, COM (2011) 144 definitivo

Commissione Europea (2011), 5th Edition of the Consumer Conditions Scoreboard

Commissione Europea (2012), An inventory of measures for internalizing external costs in transport, Final Report



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Comune di Milano, Politecnico di Milano (2001), Indagine sul traffico merci nell'area milanese, Comune di Milano, Milano

Comune di Siena, Siena Parcheggi (1999), Linee progettuali per il Servizio di Logistica Urbana della città di Siena, Comune di Siena, Siena

Croci E., Grasso D. (2014), Il mercato del trasporto urbano delle merci, in Marciani M., a cura di (2014), Nuovi modelli di governance. Dalla distribuzione urbana alla Smart Logistics, Giordano Editore

Croci E., Grasso D. (2014), Politiche e misure per la razionalizzazione dei flussi logistici urbani. Le misure di tipo economico, in Marciani M., a cura di (2014), Nuovi modelli di governance. Dalla distribuzione urbana alla Smart Logistics, Giordano Editore Danielis R, Rotaris R., (2001), La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti, Università di Trieste e ISTIEE

Danielis R. (2001), La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti, Università di Trieste e ISTIEE

Erasmus School of Economics (2008), Sustainability of Urban Freight Transport Retail Distribution and Local Regulations in Cities, Erasmus Research Institute of Management (ERIM)

Franchini M., Mannucci P.M, Harari S., Pontoni S., Croci E. (2015), The Health and Economic Burden of Air Pollution, The American Journal of Medicine.

Fraunhofer Institut (2010), iTREN-2030. Integrated transport and energy baseline until 2030

Gallo M. (2007), I costi esterni della mobilità: tipologie e metodi di stima, in Trimestrale del laboratorio Territorio Mobilità Ambiente, Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio Università degli Studi di Napoli Federico II

Institute for Transport Economics at the University of Cologne (2008), External costs in the transport sector. A critical review of the EC internalization policy. Study for the European Automobile Manufacturers Association.

JRC (2008), Review of the measurement of external costs of transportation in theory and practice. Maritime transport Report 1, JRC

Maggi E. (2001), La logistica merci urbana: criticità e proposte di soluzione, in Atti della XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali (AISre) Scienze Regionali e strategie per la città e il territorio, Venezia

Maggi E., (2004), La regolazione della mobilità delle merci per uno sviluppo urbano sostenibile, Politecnico di Milano, dipartimento di Architettura e Pianificazione

Marciani M., a cura di (2014), Nuovi modelli di governance. Dalla distribuzione urbana alla Smart Logistics, Giordano Editore

McKinnon A., Sharon C., Browne M., Whiteing A., (2010), Logistica verde. Migliorare la sostenibilità ambientale della logistica, Tecniche Nuove

MDS Transmodal, DG MOVE European Commission (2012): Study on Urban Freight Transport. Final Report

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Consulta generale per l'autotrasporto e la logistica (2010), Piano Nazionale della Logistica 2011-2020



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

OECD, ECMT (2001), Transport and local distribution. Impacts of Information and Communication Technology on Urban Logistics System, OECD/ECTM Joint Seminar, Paris

OECD (2002), Urban freight transport, intermediate report of the working group

Razzaque, M. A. and C. C. Sheng (1998), Outsourcing of logistics functions: a literature survey. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 28 (2), 89-107

RICARDO-AEA, DG Move (2014), Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report, European Commission, DG Transport

Ricci A., Friedrich R (1999), Calculating transport environmental costs: final report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging, European Commission, Bruxelles

Salzano E. (2007), Fondamenti di Urbanistica. La Storia e la norma, Laterza

Uic (2012), Greening transport. Reduce external costs. Executive Summary, CER

World Health Organization (2014), Burden of disease from the joint effects of Household and Ambient Air Pollution for 2012

<http://www.costiesterni.it/metv1.html>

http://www.externe.info/externe_d7/?q=node/57

<http://www.urbelog.it/urbelog/>

Accenture, Fondazione Italiana. 2005. Presentazione: Vivere le città - Dalle restrizioni all'organizzazione della mobilità. 2005.

Allen, J., Thorne, G. e Browne, M (Università del Westminister). 2007. *Bestufs: buone pratiche di trasporto merci in ambito urbano.* 2007.

Anten, N., Van Amstel, W.P. e Verkweij, K. 2014. Lean and green: creating a network community for sustainable logistics. 2014.

Bliemer, C.J. Michiel e Van Amelsfort, H. Dirk. 2010. Rewarding instead of charging road users: a model case study investigating effects on traffic conditions. 2010.

Dallari, Fabrizio. 2011. Attori, nodi e flussi nella regione logistica milanese - Presentazione. 2011.

Dasburg e Schoemaker. 2006. BESTFUS II - Best Urban Freight Solutions II, D5.2 I. 2006.

Della Site P., Filippi F., Nuzzolo A. 2013 "Linee guida dei piani di logistica urbana sostenibile" Maggioli Editore

Dobes, L. 1998. Tradable Permits in Transport.

Donovan, S. 2010. Winning the Battle with Congestion - The benefits of accurate pricing (p.15). 2010.

Donovan, Stuart. 2010. Introducing Spitsmijden-Experiments with peak avoidance incentives in Netherlands. 2010.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Dziekan, Katrin, Liguori, Giuseppe e Ramazzotti, Dora. 2011. MobiMart—a pilot test on sustainable mobility credit system in Bologna - Presentazione. 2011.

Fermi e Pastori. 2011. Results of DEMOCRITOS project - The case study of Genova. 2011.

Freight Leaders Council Quaderni (2012) Quaderno 22 Accessibilità, distribuzione urbana e mercato della logistica Roma - Sintesi.

Kahneman, D. Tvesky, A. 1979. Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47: 263-292.

Maggi E.; 2007; “La logistica urbana delle merci – Aspetti economici e normativi”; polipress

McKinnon (a cura di) et al. (2010) Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics

Nuzzolo, A., Crisalli, U. e Comi, A. 2010. Modelli di previsione della domanda merci in area urbana. 2010.

Parry, I. W. H. e Bento, A. 2001. Revenue Recycling and the Welfare Effects of Road Pricing. Scandinavian. *Scandinavian Journal of Economics*. Blackwell Publishers Ltd, 2001, 103(4).

Piano Urbano Mobilità Sostenibile Milano. **Comune di Milano - AMAT. 2015**

Ramazzotti, Dora, Liguori, Giuseppe e Dziekan, Katrin. 2012. Civitas MIMOSA project. Mobility credit system in Bologna. 2012.

Regione Lombardia 2013 “Linee guida regionali ai Comuni per la regolamentazione delle attività di trasporto merci in area urbana”

Schuitema, G., Steg, L. e Vlek, C. 2003. Pricing policy: effective and acceptable for changes in car usage?.,. 2003.

Vickrey, W.S. 1969. Congestion theory and transport investment. *American Economic Review*. 1969, Vol. 59 (251-261).



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

<http://www.costiesterni.it/metv1.html>

http://www.esterne.info/esterne_d7/?q=node/57

<http://www.urbelog.it/urbelog/>

<http://lat.eng.auth.gr/copert/files/techoi.pdf>

http://www.aci.it/sezione_istituzionale/studi-e-ricerche.html

www.sviluppoeconomico.gov.it/pdf_upload/energia

www.infrastrutturetrasporti.it

www.unione petrolifera.it

www.confetra.it

www.isfort.it/sito/statistiche/audimob.html

<http://www.eurometeo.com/italian/city>

www.cost728.org

www.atmos-chem-phys.net/7/855/2007/

<http://emisias.com/copert>



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

15 ACRONIMI/DEFINIZIONI

DSS	Decision Support System
KPI	Key Performance Indicator
GIS	Geographic Information System
VRP	Vehicle Routing Problem
UTS	Unified Tabu Search
API	Application Programming Interface
nVEq	Numero di Veicoli Equivalenti
nC/h	Numero di consegne per ora
CO2Sav	Riduzione di CO2

16 ALLEGATI

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

16.1 Allegato 1. Costi esterni totali dei trasporti nel 2008 in EU-27 suddivisi per categoria di costo e modalità di trasporto (congestione esclusa)

La figura 17 contiene i dati europei relativi ai costi totali esterni generati dai trasporti in Europa utilizzati all'interno del presente rapporto.

Cost category	Total costs per cost category								
	Road					Rail		Aviation	Waterborne (freight)
	Passenger cars	Buses & coaches	Motorcycles & mopeds	LDV	HDV	Passenger transport	Freight transport	Passenger transport (cont.)	Inland waterways
	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a	Mio €/a
Accidents	157,105	6,839	22,584	18,677	19,604	238	71	223	0
Air pollution	26,636	3,347	1,696	5,933	12,995	1,092	483	426	782
Climate change high scen.	84,135	5,060	1,597	14,787	18,845	630	413	22,166	516
Climate change low scen.	14,407	866	273	2,532	3,227	108	71	3,796	88
Noise	8,201	865	2,076	2,094	3,537	477	476	457	0
Up- & downstream Proc. high scen.	27,679	1,568	523	4,765	5,802	3,354	1,947	3,356	194
Up- & downstream Proc. low scen.	16,621	855	325	2,777	3,270	1,633	1,078	1,849	113
Nature & landscape	3,008	149	75	284	1,293	75	21	296	64
Biodiversity losses	1,152	212	20	208	893	1	1	40	69
Soil & water pollution	1,582	485	40	601	1,629	220	164	0	0
Urban effects	4,814	232	116	1,035	965	229	59	0	0
Total (high scenario)	314,310	18,757	28,727	48,384	65,564	6,318	3,636	26,964	1,625
Road congestion (delay costs): min.	161,331	7,729	3,841	27,633	42,660	:	:	:	:
Road congestion (delay costs): max.	98,416	4,836	2,439	13,827	26,695	:	:	:	:

Figura 28 Costi esterni totali dei trasporti nel 2008 per EU-27 per categoria di costo e modalità di trasporto (congestione esclusa). Fonte: CE Delft, 2011

16.2 Allegato 2. Costi esterni medi dei trasporti nel 2008 in EU-27 suddivisi per categoria di costo e modalità di trasporto (congestione esclusa)

La figura 18 contiene i dati europei relativi ai costi medi esterni generati dai trasporti in Europa utilizzati all'interno del presente rapporto.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Cost Category	Average costs per cost category												
	Passenger transport							Freight transport					
	Road				Rail	Aviation	Total	Road			Rail	Waterborne	Total
	Passenger cars	Buses & coaches	Motorcycles & mopeds	Total road passenger transport	Passenger transport	Passenger transport (cont.)		LDV	HDV	Total road freight transport	Freight transport	Freight transport	
€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 pkm ³ a)	€/ (1,000 tkm ³ a)	€/ (1,000 tkm ³ a)	€/ (1,000 tkm ³ a)	€/ (1,000 tkm ³ a)	€/ (1,000 tkm ³ a)	€/ (1,000 tkm ³ a)
Accidents	32.3	12.3	156.6	33.6	0.6	0.5	29.0	56.2	10.2	17.0	0.2	0.0	13.4
Air pollution	5.5	6.0	11.8	5.7	2.6	0.9	5.2	17.9	6.7	8.4	1.1	5.4	7.1
Climate change high scenario	17.3	9.1	11.1	16.3	1.5	46.9	17.6	44.5	9.8	14.9	0.9	3.6	12.1
Climate change low scenario	3.0	1.6	1.9	2.8	0.3	8.0	3.0	7.6	1.7	2.6	0.2	0.6	2.1
Noise	1.7	1.6	14.4	2.0	1.2	1.0	1.9	6.3	1.8	2.5	1.0	0.0	2.1
Up- and downstream high scenario	5.7	2.8	3.6	5.4	8.1	7.1	5.7	14.3	3.0	4.7	4.2	1.3	4.4
Up- and downstream low scenario	3.4	1.5	2.3	3.2	3.9	3.9	3.3	8.4	1.7	2.7	2.4	0.8	2.5
Nature & landscape	0.6	0.3	0.5	0.6	0.2	0.6	0.6	0.9	0.7	0.7	0.0	0.4	0.6
Biodiversity losses	0.2	0.4	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	0.6	0.5	0.5	0.0	0.5	0.4
Soil & water pollution	0.3	0.9	0.3	0.4	0.5	0.0	0.4	1.8	0.8	1.0	0.4	0.0	0.8
Urban effects	1.0	0.4	0.8	0.9	0.6	0.0	0.8	3.1	0.5	0.9	0.1	0.0	0.7
Total (high scenario)	64.7	33.8	199.2	65.1	15.3	57.1	61.3	145.6	34.0	50.5	7.9	11.2	41.7
Total (low scenario)	48.1	24.9	188.7	49.4	9.8	15.0	44.3	102.8	24.6	36.1	5.3	7.7	29.7

Figura 29. Costi esterni medi dei trasporti nel 2008 in EU-27 per categoria di costo e modalità di trasporto (congestione esclusa). Fonte: CE Delft, 2011

16.3 Allegato 3. Costi esterni marginali dei trasporti nel 2008 in EU-27 suddivisi per categoria di costo e modalità di trasporto (congestione esclusa)

La figura 19 contiene i dati europei relativi ai costi marginali esterni generati dai trasporti in Europa utilizzati all'interno del presente rapporto.

Mode	Metropolitan	Other urban	Non-urban	Non-urban motorways
Car	87	79	44	30
Motorcycles/mopeds	271	254	106	40
Buses & coaches	44	40	24	18
LDV	297	247	111	81
HDV	71	67	29	20
Rail passenger	19	15	12	
Rail freight			6	
Aviation passenger			56	
Inland waterways (freight)			10	

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Figura 30 Costi esterni medi dei trasporti nel 2008 in EU-27 per categoria di costo e modalità di trasporto (congestione esclusa) in €/1000t/anno. Fonte: CE Delft, 2011

16.4 Allegato 4. Costo esterno totale e medio dei fenomeni di congestione legati ai trasporti nel 2008 in EU-27 suddivisi per categoria di costo e modalità di trasporto

La figura 20 contiene i dati europei relativi ai costi esterni totali e medi della congestione generati dai trasporti in Europa utilizzati all'interno del presente rapporto.

Transport	Transport mode	Total costs		Average per vkm			
		(Mio. €/year)		€/1,000 vkm		€/1,000 pkm or tkm	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
<i>Delay costs</i>	Total	243,194	146,214	68.23	41.02		
Passenger	Pass. cars	161,331	98,416	57.98	35.37	33.21	20.26
	Bus/coach	7,729	4,836	145.91	91.29	13.92	8.71
	Motorcycles	3,841	2,439	29.30	18.61	26.63	16.92
	Pass. total	172,901	105,691	58.29	35.63	31.11	19.02
Freight	LDV	27,633	13,827	66.55	33.30	83.18	41.62
	HDV	42,660	26,695	233.46	146.09	22.15	13.86
	Freight Total	70,293	40,522	117.55	67.77	31.13	17.95
<i>Deadweight Loss</i>	Total	39,212	23,606	11.00	6.62		
Passenger	Pass. cars	26,015	15,891	9.35	5.71	5.35	3.27
	Bus/coach	1,247	781	23.53	14.74	2.24	1.41
	Motorcycles	620	394	4.73	3.01	4.30	2.73
	Pass. total	27,881	17,066	9.40	5.75	5.02	3.07
Freight	LDV	4,450	2,229	10.72	5.37	13.40	6.71
	HDV	6,880	4,311	37.65	23.59	3.57	2.24
	Freight Total	11,331	6,540	18.95	10.94	5.02	2.90

Figura 31. Costo esterno totale e medio dei fenomeni di congestione legati ai trasporti nel 2008 in EU-27 suddivisi per categoria di costo e modalità di trasporto. Fonte: CE Delft, 2011

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

16.5 Allegato 5 . Costi esterni totali imputabili ai trasporti passeggeri e merci in Italia nel 2003 in milioni di Euro

Nella figura 21 i dati italiani più aggiornati relativi ai costi totali esterni generati dai trasporti in Italia nel 2003 utilizzati all'interno del presente rapporto.

	Gas serra	Inquinamento atmosferico	Rumore	Incidenti	Congestione	TOTALE	(%)
STRADA	2.408	7.277	5.224	3.941	19.435	38.285	94,4
Trasporto passeggeri	1.606	4.329	2.599	3.599	13.087	25.220	62,2
Uso privato	1.536	3.997	2.414	3.563	12.679	24.189	59,6
Autovetture	1.451	3.323	1.547	2.546	12.679	21.546	53,1
Motocicli	48	179	516	551	-	1.295	3,2
Ciclomotori	37	495	350	466	-	1.348	3,3
Uso collettivo - Bus e pullman	70	331	185	36	408	1.031	2,5
Trasporto merci	801	2.949	2.625	341	6.348	13.065	32,2
Veicoli leggeri	280	948	1.108	40	2.647	5.023	12,4
Veicoli pesanti	521	2.000	1.517	301	3.701	8.042	19,8
ROTAIA	58	123	235	35	97	547	1,3
Trasporto passeggeri	40	94	140	31	97	402	1,0
Trasporto merci	18	29	95	3	-	145	0,4
AEREO	609	581	440	29	74	1.734	4,3
Trasporto passeggeri	567	540	408	29	74	1.620	4,0
Trasporto merci	42	40	32	-	-	114	0,3
TOTALE GENERALE	3.075	7.981	5.899	4.005	19.606	40.566	100,0

Fonte: elaborazione Amici della Terra (2005)

Figura 32. Costi esterni totali imputabili ai trasporti passeggeri e merci in Italia nel 2003 in milioni di Euro. Fonte: Amici della Terra 2005

16.6 Allegato 6. Costi esterni marginali imputabili ai trasporti passeggeri e merci in Italia nel 2003 in cent di euro/tkm/anno

Nella figura 22 i dati italiani più aggiornati relativi ai costi totali esterni generati dai trasporti in Italia nel 2003 utilizzati all'interno del presente rapporto.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

	Gas serra	Inquinamento atmosferico	Rumore	Incidenti	Congestione	Totale
STRADA						
Trasporto passeggeri	0,20	0,53	0,32	0,44	1,59	3,07
Uso privato	0,22	0,56	0,34	0,50	1,78	3,40
Autovetture	0,22	0,50	0,23	0,39	1,92	3,26
Motocicli	0,16	0,59	1,71	1,82	-	4,28
Ciclomotori	0,18	2,42	1,71	2,28	-	6,58
Uso collettivo - Bus e pullman	0,06	0,30	0,17	0,03	0,37	0,93
Trasporto merci	0,32	1,18	1,05	0,14	2,55	5,25
Veicoli leggeri	1,40	4,74	5,54	0,20	13,24	25,12
Veicoli pesanti	0,23	0,87	0,66	0,13	1,62	3,51
ROTAIA						
Trasporto passeggeri	0,07	0,17	0,28	0,06	0,17	0,72
Trasporto merci	0,07	0,12	0,40	0,01	-	0,62
AEREO						
Trasporto passeggeri	0,73	0,70	0,53	0,04	0,10	2,10
Trasporto merci	2,78	2,66	2,12	-	-	7,56

Fonte: elaborazione Amici della Terra (2005)

Figura 33. Costi esterni marginali imputabili ai trasporti passeggeri e merci in Italia nel 2003 in cent di euro/pkm-tkm. Fonte: Amici della Terra 2005

16.7 Allegato 7. I Modelli simulativi del traffico e delle emissioni

I modelli di simulazione del traffico (e degli effetti ad esso connessi) rivestono oggi un ruolo centrale nella pianificazione della mobilità e rappresentano un elemento fondamentale nell'indirizzo delle scelte logistiche ed insediative.

Le moderne applicazioni modellistiche consentono non solo la previsione di schemi di circolazione, ma anche l'adozione di indicatori prestazionali¹³⁰ relativi agli stessi. Questo permette di confrontare i livelli di servizio che le infrastrutture viabilistiche assicurano in diversi scenari, conseguenti a differenti scelte logistiche.

In un ottica di sostenibilità, risulta evidente che un confronto fatto solo in termini puramente trasportistici non sarebbe adeguato per supportare una determinata scelta logistica. Da qui l'implementazione di modelli integrati "traffico-ambiente-territorio" capaci al contempo di misurare gli

¹³⁰ Tali indicatori possono, date le potenzialità di calcolo ormai raggiunte dai sistemi informatici, far riferimento anche ai singoli elementi della rete viaria (prestazione localizzata).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

effetti sia in termini di mobilità (tempo, distanza, costo di trasporto), che in termini ambientali ed urbanistici (risparmio energetico, riduzione dell'inquinamento, miglioramento della qualità urbana, ecc).

Seppur estremamente complessi, gli studi di mobilità applicati ad un qualsiasi sistema di trasporto (esistente o da progettare), seguono tutti uno schema logico ben definito che può essere rappresentato come in Figura 1 e sintetizzato nelle seguenti fasi:

- Creazione di un *database* delle reti infrastrutturali e di trasporto attraverso la raccolta e la sistematizzazione di banche dati esistenti;
- Scelta appropriata di modelli di simulazione (generazione e attrazione degli spostamenti, assegnazione dinamica alle reti, ecc.);
- Calibrazione dei modelli di simulazione;
- Scelta degli scenari progettuali su cui applicare i modelli previsionali;
- Simulazione degli effetti logistico-ambientali, anche considerando differenti misure di policy;
- Valutazione delle scelte logistiche, tramite opportuni indicatori.

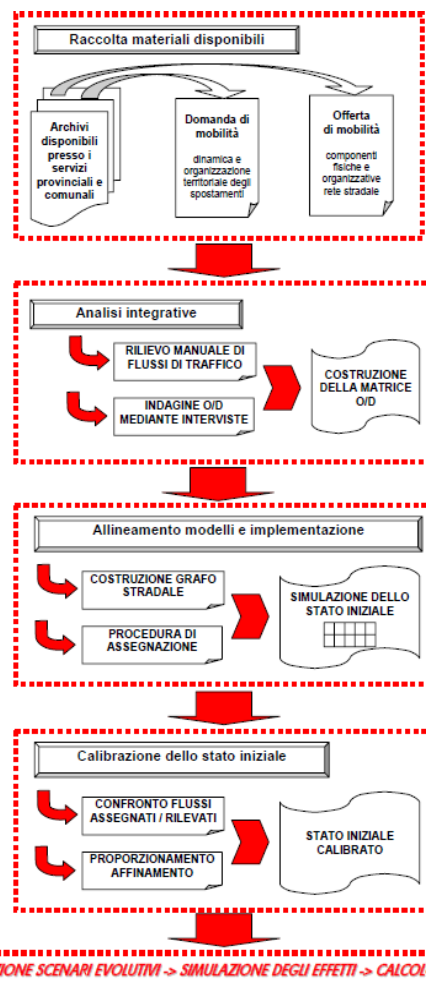


Figura 34 – Schema logico di un generico studio di mobilità

(fonte: CAIRE urbanistica).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

16.7.1 I modelli di traffico

La modellizzazione del traffico può essere definita come quell'attività che, partendo dalla determinazione di alcuni elementi di base che compongono il *sistema di trasporto*¹³¹ (e che ne influenzano la flessibilità d'uso e la potenzialità), consente il calcolo dei flussi di traffico su queste componenti.

Quest'attività è una prassi consolidata nell'ingegneria dei sistemi di trasporto e può ritenersi articolata nei seguenti passaggi metodologici¹³²:

6. Individuazione dell'*area di studio*;
7. Suddivisione in zone di quest'area (*zonizzazione*);
8. Definizione del *modello di offerta* del sistema di trasporto;
9. Stima (tramite indagini o modelli) della *domanda di trasporto* (matrici O/D);
10. Simulazione dell'*interazione domanda/offerta* (calcolo dei flussi di traffico sulle diverse componenti del sistema).

16.7.2 La delimitazione dell'area di studio

La prima fase di un sistema di modellizzazione del traffico è la delimitazione dell'*area di studio* intesa come l'area geografica all'interno della quale si trova il sistema di trasporto e nella quale si ritiene si esauriscano la maggior parte degli effetti degli interventi previsti.

Il confine dell'area di studio (Figura 2) è detto *cordone*; tutto ciò che si trova al di fuori del cordone è inteso come *ambiente esterno*, del quale interessano solo le interconnessioni con l'area d'interesse; tali interconnessioni sono rappresentate con dei nodi (*centroidi esterni*) posti in corrispondenza dei punti in cui il cordone "taglia" le infrastrutture di trasporto per l'ingresso e l'uscita dall'area.

¹³¹ Un sistema di trasporto è definito come l'insieme delle componenti e delle loro reciproche interazioni che determinano la domanda di mobilità di persone e cose fra punti diversi del territorio e l'offerta di servizi di trasporto per il soddisfacimento di tale domanda (fonte: Willumsen, L. G., Ortuzar, J. d. D., 2011. *Modelling Transport*. Wiley).

¹³² Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis: Models and Applications*. 2nd edition, Springer.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

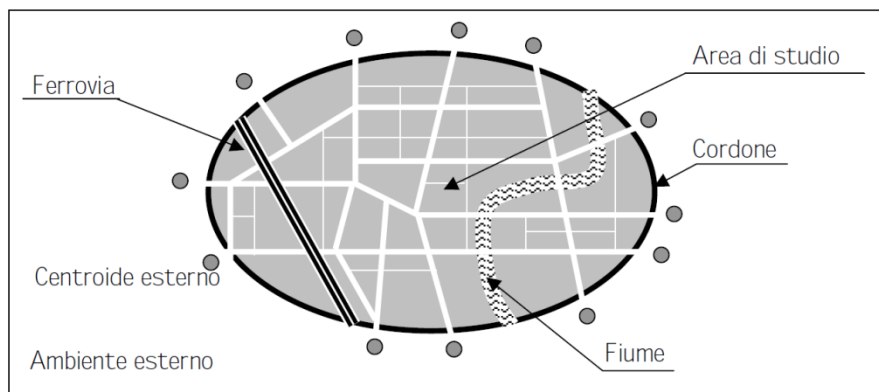


Figura 35 – Esempio di delimitazione dell'area di studio (fonte: M.Gallo – Tecnica ed economia dei trasporti).

Uno spostamento che interessa l'area di studio può avere, in generale, un qualunque punto di *origine* (O) ed un qualunque punto di *destinazione* (D). I possibili punti di origine e destinazione sono, pertanto, teoricamente, infiniti.

16.7.3 La zonizzazione

Per poter descrivere il fenomeno della mobilità è dunque necessario ricondurre ad un numero finito le origini e le destinazioni degli spostamenti, partizionando l'area di studio in zone di traffico (*zonizzazione*, v. Figura 3).

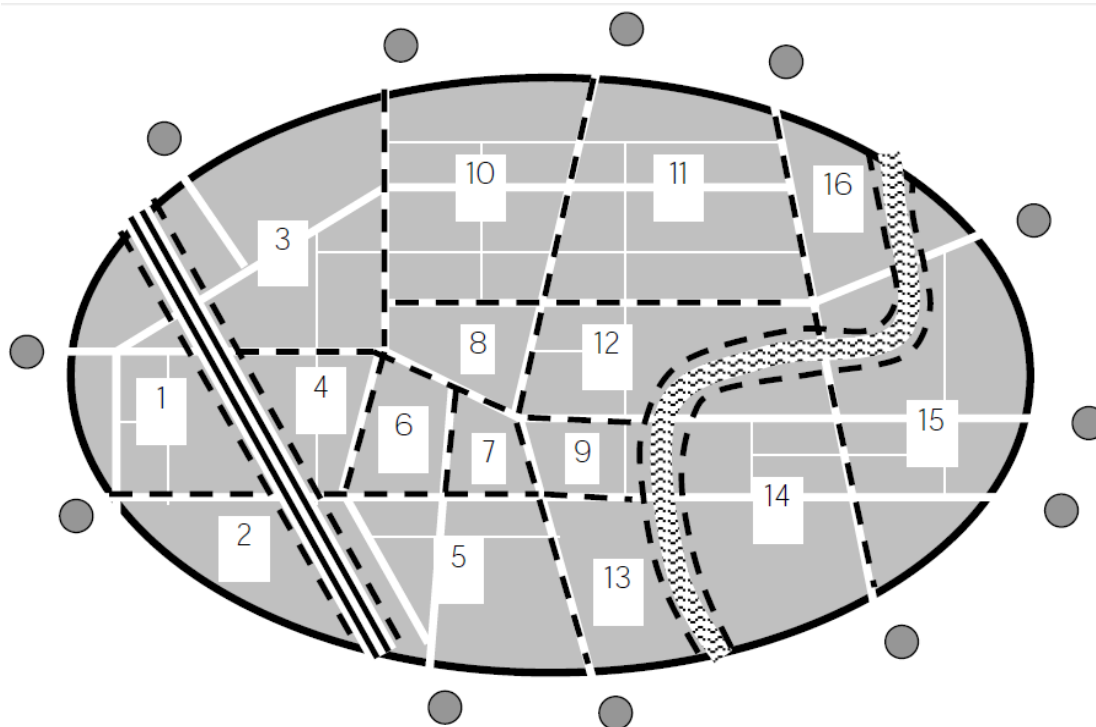


Figura 36 – Esempio di zonizzazione dell'area di studio (fonte: M.Gallo – Tecnica ed economia dei trasporti).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Ad ogni zona deve essere poi associato un punto (detto *nodo centroide*), disposto baricentricamente rispetto alla localizzazione delle residenze e delle attività della zona, in cui si ipotizza siano concentrati tutti i punti di origine e di destinazione (Figura 4): in tal modo è possibile stimare il numero di spostamenti tra due diverse zone di traffico. Bisogna sottolineare che questa approssimazione è tanto migliore quanto maggiore è il numero delle zone.

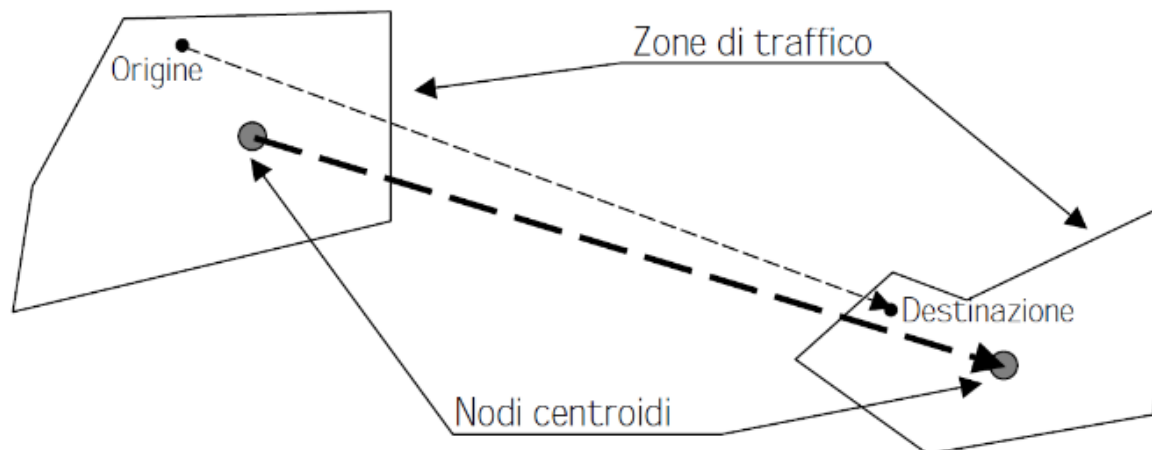


Figura 37 – Esempio di spostamento tra due nodi centroidi (fonte: M.Gallo – Tecnica ed economia dei trasporti).

16.7.4 La definizione dell'offerta di trasporto

La valutazione dell'offerta di trasporto parte da una schematica e parziale rappresentazione delle principali infrastrutture e dei servizi di trasporto rilevanti per lo studio della mobilità (assi stradali, ferroviari, stazioni, ecc.) selezionati in funzione dagli scopi dell'analisi. L'insieme di questi elementi è anche detto "rete di base" o schema di base (Figura 5).

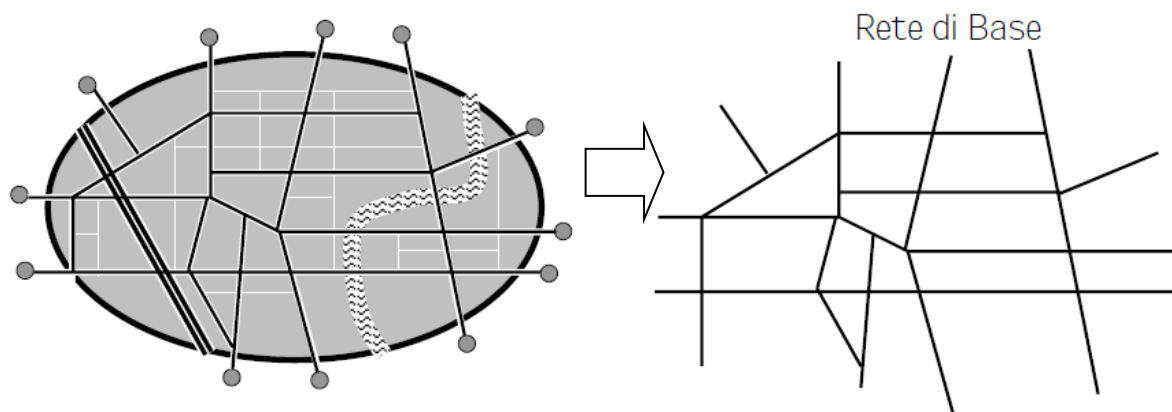


Figura 38 – Esempio di schematizzazione della rete di base (fonte: M.Gallo – Tecnica ed economia dei trasporti).

Estratta la rete di base si procede alla definizione dell'offerta attraverso opportuni modelli matematici che simulano gli aspetti rilevanti del sistema di trasporto.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

In generale, la maggior parte dei modelli di offerta di trasporto sono dei *grafi pesati*, ovvero schemi che consentono una rappresentazione sia topologica che funzionale dei sistemi di trasporto.

Il grafo schematizza la rete stradale attraverso una serie di archi (o link) e di nodi: gli archi rappresentano tratti stradali dalle caratteristiche omogenee e i nodi rappresentano gli incroci tra le varie strade e gli estremi di tratti omogenei di una stessa strada.

Nei grafi pesati, di fatto, ad ogni elemento (arco o nodo) è associata una caratteristica quantitativa, che può essere una costante (ad es. tempo di percorrenza su una tratta ferroviaria) o una funzione variabile (ad es. il costo di esercizio, il tempo di percorrenza su una rete stradale, ecc.).

Queste ultime sono strettamente dipendenti dal flusso che va ad interessare i diversi archi del grafo; pertanto, le prestazioni di una rete sono in generale variabili in funzione dell'entità della domanda.

16.7.5 La valutazione della domanda di mobilità

Fase successiva è la valutazione della domanda di mobilità (o domanda di trasporto), ossia del numero di utenti con determinate caratteristiche che "consuma" il servizio offerto da un sistema di trasporto (offerta) in un periodo di tempo prefissato¹³³ (misurato in *utenti/tempo*¹³⁴) e nell'area oggetto di studio.

La valutazione della domanda di mobilità risulta particolarmente complessa poiché implica la capacità di ricostruire l'intero quadro degli spostamenti che interessano il sistema di trasporto considerato con il massimo dettaglio possibile a partire da poche informazioni di input (matrici origine-destinazione delle persone e delle merci, caratteristiche socio-economiche delle varie zone, flussi rilevati sugli archi).

¹³³ Il periodo di riferimento è la finestra temporale necessaria per analizzare e simulare la domanda, e dipende dallo scopo dell'analisi. In particolare, l'utilizzo di un modello di traffico consente di effettuare proiezioni a diversi orizzonti temporali:

- Scenari di fatto*, che consistono nell'ottimizzazione dello stato di fatto mantenendo cioè le caratteristiche di rete esistenti sulle quali verranno adottati i miglioramenti possibili con il cambiamento di funzionalità di archi, nodi, ecc.;
- Scenari di breve periodo*, che consistono nell'introduzione di modificazioni anche significative di funzionalità di rete come ad es. l'assegnazione di tratte di rete a modalità di trasporto esclusive o quasi esclusive (si pensi a pedonalizzazioni o a corsie dedicate al trasporto pubblico);
- Scenari di medio periodo*, che consistono nella introduzione di nuove parti di rete (tronchi stradali, parcheggi, o altro);
- Scenari di medio-lungo periodo*, che riguardano interventi previsti da strumenti di pianificazione, quali ad esempio le scelte logistiche o nuove previsioni, di cui occorre stabilire la compatibilità con il sistema dei trasporti.

¹³⁴ Ovviamente, l'unità di misura utenti/tempo va specificata a seconda dei casi, ad esempio:

- Trasporto stradale individuale [veicoli/h];
- Trasporto ferroviario [passaggi/h];
- Trasporto stradale collettivo [passaggi/h].

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I principali strumenti che consentono la stima della domanda di mobilità, ossia del numero di spostamenti da un luogo di origine (O) ad uno di destinazione (D) che interessano l'area di studio nel periodo di riferimento, sono:

- *Indagini dirette;*
- *Modelli matematici.*

Le *indagini dirette* consistono nel rilevare le caratteristiche attuali della domanda di mobilità mediante conteggi di traffico (es. rilievo delle targhe) e/o interviste agli utenti del sistema di trasporto.

Le interviste devono essere realizzate su un campione superiore all'8-10% dei veicoli transitanti. Con tale tipo di indagine si possono derivare, oltre alle informazioni sull'O/D, anche informazioni sulla frequenza degli spostamenti, sulla motivazione del viaggio, sull'occupazione dei veicoli e sulla domanda potenziale di sosta (Figura 6).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

		CODIFICA
1	Numero dell'intervista	_ _ _ _
2	Nome intervistatore Codice _____	_ _ _ _
3	Data di rilevazione giorno _____ mese _____	_ _ _ _
4	Numero sezione di rilevamento _____	_ _ _ _
5	Ora dell'intervista ora _____ minuti _____	_ _ _ _
6	Tipo di veicolo [1] automobile [2] due ruote	_ _ _ _
7	N. di persone a bordo con più di 5 anni compreso il conducente	_ _ _ _
8	Può dirmi il Suo comune di residenza?	_ _ _ _
9	Può dirmi da dove sta venendo? <i>Se dall'interno del comune: strada _____</i> <i>Se dall'esterno del comune: comune _____</i>	_ _ _ _
10	Può dirmi il motivo per cui si trovava nel luogo da cui sta venendo? [01] Posto di lavoro fisso [06] Sport, tempo libero [02] Altro posto di lavoro [07] Accompagnare altre persone [03] Acquisti [08] Altro [04] Studio [09] Abitazione [05] Pratiche personali [10] Non risponde	_ _ _ _
11	Può dirmi dove si sta recando? <i>Se all'interno del comune: strada _____</i> <i>Se all'esterno del comune: comune _____</i>	_ _ _ _
12	Può dirmi per quale motivo dovrà essere nel luogo in cui si sta recando? [01] Posto di lavoro fisso [06] Sport, tempo libero [02] Altro posto di lavoro [07] Accompagnare altre persone [03] Acquisti [08] Altro [04] Studio [09] Abitazione [05] Pratiche personali [10] Non risponde	_ _ _ _

Figura 39 – Esempio di scheda per indagini su domanda di mobilità (fonte: Dip. ing. civile/ambientale - Università di Catania).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

L'indagine sulle targhe¹³⁵ consente di ricostruire parzialmente la struttura O/D del traffico ma non le altre caratteristiche; per contro l'impegno di personale è inferiore. Tale rilievo può essere reso obbligatorio, quando non si riscontrano le necessarie condizioni di sicurezza per fermare i veicoli.

I *modelli matematici*, invece, consentono la stima della domanda di mobilità attuale e futura in funzione di caratteristiche socio-economiche e territoriali dell'area di studio e del sistema di trasporto in essa operante. La calibrazione dei modelli matematici si basa, comunque, su risultati di apposite indagini sulla mobilità (es. conteggi dei flussi di traffico).

I dati così ottenuti vanno a popolare apposite matrici (*matrici Origine/Destinazione*) che sintetizzano gli spostamenti che, nel periodo di tempo considerato, interessano l'area di studio.

Si tratta di matrici quadrate (Figura 7), con un numero di righe e di colonne pari al numero di zone più il numero di centroidi esterni.

Matrice degli spostamenti provinciali - Giorno ferialo ordinario - Stagione INVERNALE 2008

Provincia di Destinazione \ Provincia di Origine	BOLOGNA	FERRARA	FORLI - CESENA	MODENA	PARMA	PIACENZA	RAVENNA	REGGIO NELL'EMILIA	RIMINI	Totale INTERNO	Totale ESTERNO	Totale COMPLESSIVO
BOLOGNA	18509	2452	2318	3548	1148	605	3354	1296	1003	34244	12075	46318
FERRARA	3612	1142	74	25	0	27	460	13	29	5380	2395	7775
FORLI - CESENA	3090	44	1547	42	23	39	543	37	1430	6795	1247	8042
MODENA	3722	29	72	3358	1258	201	61	1490	55	10255	2176	12431
PARMA	1281	47	27	982	4729	2049	29	896	11	10049	2779	12829
PIACENZA	492	8	12	174	1445	450	0	117	6	2714	4188	6902
RAVENNA	3349	349	752	32	89	13	3755	7	628	8984	710	9694
REGGIO NELL'EMILIA	1801	0	27	1002	1431	147	18	1773	37	6236	1452	7688
RIMINI	1259	61	1349	21	12	2	474	5	888	4071	1451	5522
Totale INTERNO	37114	4131	6179	9185	10144	3542	8712	5633	4087	88728	28473	117201
Totale ESTERNO	12075	2395	1247	2176	2779	4188	710	1452	1451	28473		28473
Totale COMPLESSIVO	49189	6526	7426	11360	12923	7731	9423	7085	5538	117201	28473	145674

Figura 40 – Esempio di matrice O/D (fonte: REDAS Italia – Indagine su spostamenti provinciali in Emilia Romagna 2008).

Il generico elemento D_{od} della matrice rappresenta il numero di spostamenti (flusso) che hanno origine nella zona O e destinazione nella zona D, lette rispettivamente nella riga e nella colonna relative alla cella considerata.

I risultati (Figura 8) possono essere anche rappresentati graficamente fornendo un quadro di facile lettura dei carichi sulla rete stradale.

¹³⁵ Rilievo delle targhe dei veicoli transitanti sulle strade d'ingresso e d'uscita dell'area di studio.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

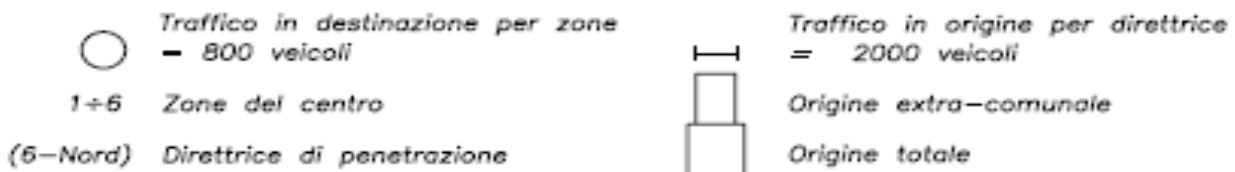
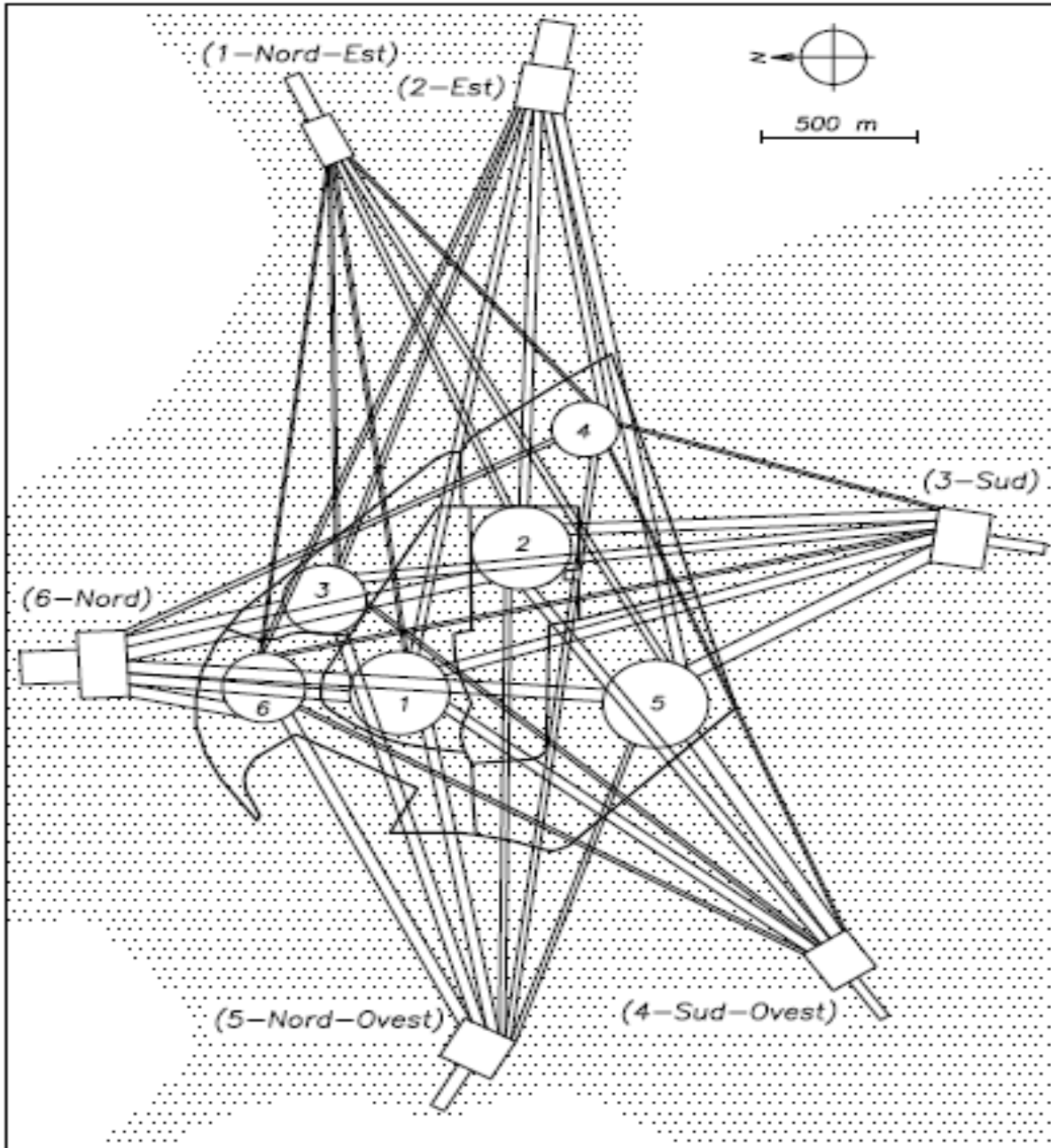


Figura 41 – Es. Flussi di traffico rilevati tra le fasce orarie 7:00-11:30 e 16:00-19:00 a Novara (fonte: Prontuario dell'ingegnere HOEPLI - Pietro Gelmini).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

16.7.6 La simulazione dell'interazione domanda/offerta

Note le caratteristiche della domanda (matrici O/D) e dell'offerta di trasporto (grafo), l'ultima fase necessaria all'implementazione di un modello di traffico è la previsione dei flussi che interesseranno la rete di trasporto nei diversi scenari di traffico ipotizzati.

Questa fase consiste nella modellizzazione dei meccanismi di incontro tra domanda e offerta (Figura a fianco) e rappresenta la fase metodologicamente più articolata dell'intero studio. Essa infatti richiede l'inclusione nel sistema di adeguati modelli matematici in grado di rappresentare il comportamento di massa¹³⁶ degli utenti rispetto sia alla scelta modale, sia all'itinerario degli spostamenti.



Ad oggi esiste una grande varietà di modelli adatti a questo scopo, ma quelli più utilizzati per semplicità ed affidabilità sono senza dubbio quelli di assegnazione (Figura 9), anche detti modelli di interazione.

L'assegnazione della domanda ad una rete di trasporto consiste nel prevedere i flussi di utenti e le prestazioni per ciascun elemento del sistema offerta (nodi ed archi), come risultato dei flussi di domanda Origine/Destinazione, dei comportamenti di scelta del percorso e delle reciproche interazioni fra domanda ed offerta.

Utilizzando i modelli di assegnazione, infatti, si è in grado di valutare gli effetti, in termini di variazione dei flussi sulle singole tratte stradali e in termini di variazione dei tempi di percorrenza per i diversi scenari, derivanti dalla realizzazione di nuovi assi viari e dalla attuazione di nuovi schemi di circolazione.

Con tale procedura si possono valutare e confrontare, inoltre, ipotesi alternative di intervento al fine di individuare lo schema ottimale.

¹³⁶ Il comportamento dell'utente non può essere parametrizzato in modo certo poiché coinvolge fenomeni dipendenti da variabili di natura strettamente probabilistica.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

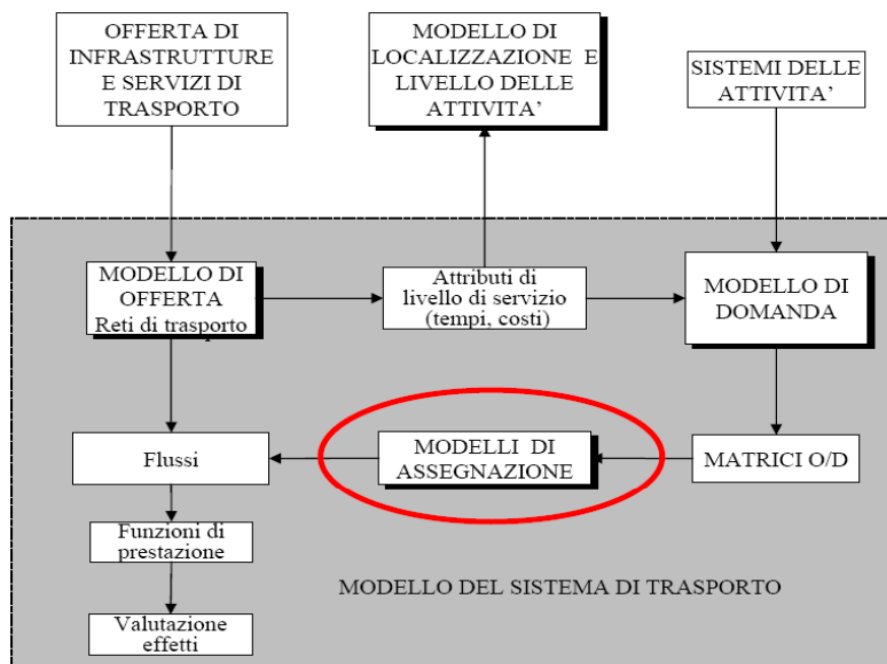
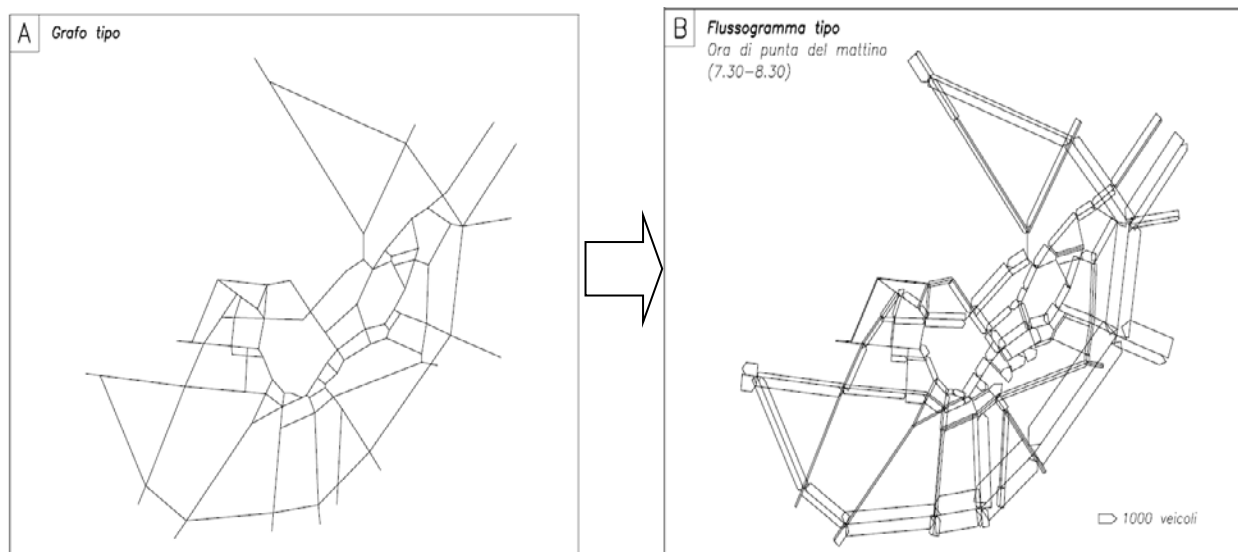


Figura 42 – Diagramma di flusso di un modello di trasporto (fonte: Dip. ing. civile/ambientale - Università di Catania).

Questi modelli sono, inoltre, in grado di definire il percorso minimo¹³⁷ di collegamento tra due punti qualsiasi della rete stradale considerata, schematizzata mediante un grafo, in funzione delle caratteristiche strutturali della rete stessa e dei flussi di traffico su di essa assegnati (*flussogramma*, v. Figura 10).



¹³⁷ Il percorso minimo può essere definito in relazione ai tempi di percorrenza, alle distanze, ai costi o a una qualsiasi combinazione di tali fattori. Si possono definire così, per le connessioni tra le diverse zone, il percorso, il tempo, la distanza e le relative variazioni ottenibili con l'applicazione di determinati schemi di intervento.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Figura 43 – Passaggio da grafo e flussogramma tipo (fonte: Prontuario dell'ingegnere HOEPLI - Pietro Gelmini).

Assegnati i flussi a ciascun elemento della rete, non resta altro che calibrare il modello attraverso gli elementi (flussi, tempi e prestazioni) già noti dell'assetto attuale del sistema di trasporti e che in parte già costituiscono dati di ingresso del modello stesso.

16.7.7 Alcuni esempi di modelli di traffico

I modelli di traffico ad oggi disponibili possono essere classificati, in base all'approccio simulativo adottato, in due principali categorie:

- *modelli microscopici*;
- *modelli macroscopici*.

Nei primi l'analisi è focalizzata su ogni singolo elemento che partecipa all'intero fenomeno; mentre, nei modelli macroscopici l'analisi riguarda il comportamento d'insieme di questi elementi.

I modelli di simulazione del traffico basati sull'approccio *microscopico* permettono di determinare la posizione, la velocità e l'accelerazione dei singoli veicoli o di un gruppo di essi. La simulazione di tali sistemi viene fatta considerando il comportamento che ogni singolo veicolo ha in relazione ai veicoli con i quali condivide il tratto stradale. Più precisamente, per ogni veicolo la posizione a tempo $t+\Delta t$ è funzione delle sollecitazioni al tempo t . Tali sollecitazioni vengono rappresentate attraverso elementi modellistici, chiamati *car following*¹³⁸ e *lane change*¹³⁹.

I *modelli macroscopici* si sono sviluppati seguendo un'analogia con le leggi della fluidodinamica: l'intero sistema viene descritto considerando file di veicoli come flussi di un fluido incompressibile. Ciò implica la necessità di definire adeguate variabili di sistema che esprimano il comportamento mediamente tenuto dai veicoli.

Nella Tabella seguente sono sintetizzati i principali vantaggi e svantaggi delle due tipologie modellistiche appena descritte, unitamente alle differenti possibilità di utilizzo.

Tabella 9 – Principali vantaggi, svantaggi ed utilizzi dei modelli micro e macroscopici di traffico (fonte: elaborazione IEFÉ).

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi	Utilizzi
Microscopici	Alta precisione dell'analisi e solide basi modellistiche. Elevata capacità rappresentativa di situazioni architettoniche complesse.	Necessità di una grande mole di dati. Oggettiva difficoltà di rappresentazione delle	Reti stradali con numero di veicoli ristretto: traffico urbano, singole intersezioni stradali (per le quali la

¹³⁸ Nel *car following* si ipotizza che ogni veicolo mantiene una distanza di sicurezza dal veicolo che sta davanti; questa distanza è funzione della velocità relativa fra i due veicoli (norma del codice stradale e del buon senso).

¹³⁹ Nel *lane change*, invece, i veicoli possono decidere, se sono rallentati dal veicolo che li precede, di operare un cambio di corsia; tale scelta è effettuata tenendo in considerazione le condizioni dell'intorno dell'elemento e in funzione dell'ipotizzata propensione al rischio dell'automobilista.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

		caratteristiche psico-attitudinali degli autisti.	componente personale degli automobilisti è meglio individuabile).
Macroscopici	Capacità di modellare sistemi molto vasti (sia per lunghezza della strada, sia per numero di veicoli in gioco). Bontà dei risultati se ben tarati i parametri e maneggevolezza dei risultati dal punto di vista informatico.	Difficoltà di settaggio dei parametri fisici e di simulazione legata alla necessità di dati di input difficilmente reperibili. Difficoltà nel fare previsioni future relativamente alle variabili di ingresso.	Reti stradali con elevato numero di veicoli transitanti: traffico extra-urbano (principalmente autostradale).

16.7.8 I modelli di emissione degli inquinanti

Note le caratteristiche topologiche e geometriche del sistema di trasporto e le interazioni O/D (flussi), si procede alla descrizione analitica del processo di emissione di sostanze inquinanti da parte dei veicoli. Questa fase prevede l'applicazione di modelli di emissione che consistono nella formulazione matematica delle relazioni esistenti tra le emissioni inquinanti dei veicoli e le variabili da cui tali emissioni sono influenzate¹⁴⁰.

Più precisamente la quantificazione analitica delle sostanze inquinanti emesse da parte dei veicoli con motore a combustione interna è fondata sull'individuazione delle variabili indipendenti che influenzano il fenomeno. La scelta di questi parametri rappresenta il momento più delicato del processo perché strettamente connessa alle oggettive difficoltà di analisi dei processi chimico-fisici che governano la produzione degli inquinanti. Tuttavia, la letteratura in materia consiglia di assumere come variabili indipendenti dei modelli alcuni parametri relativi alle caratteristiche e alle condizioni di funzionamento dei veicoli nel loro complesso¹⁴¹. Questi parametri, influenzati a loro volta dalle condizioni dell'ambiente esterno, possono essere classificati nei seguenti gruppi (Figura 11):

- Caratteristiche costruttive del veicolo* distinte in caratteristiche generali (peso a vuoto, efficienza aerodinamica, ecc.) e caratteristiche dell'apparato di propulsione (tipo di motore, tipo di combustibile, dispositivi di controllo delle emissioni, cilindrata, potenza, ecc.);
- Stato della meccanica del veicolo* (stato di usura, stato di manutenzione, condizioni di regolazione, ecc.);
- Condizioni operative del veicolo* legate alla dinamica del motore (velocità di rotazione del motore, entità del carico ad esso fornito) e allo stato termodinamico del fluido evolvente all'interno del cilindro (caratteristiche della combustione).

¹⁴⁰ Horowitz H. L. (1982), *Air quality analysis for urban transportation planning*, MIT press, Cambridge Massachusetts.

¹⁴¹ Nuzzolo et al. (1993), *Simulazione dell'inquinamento da traffico nelle aree urbane*.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

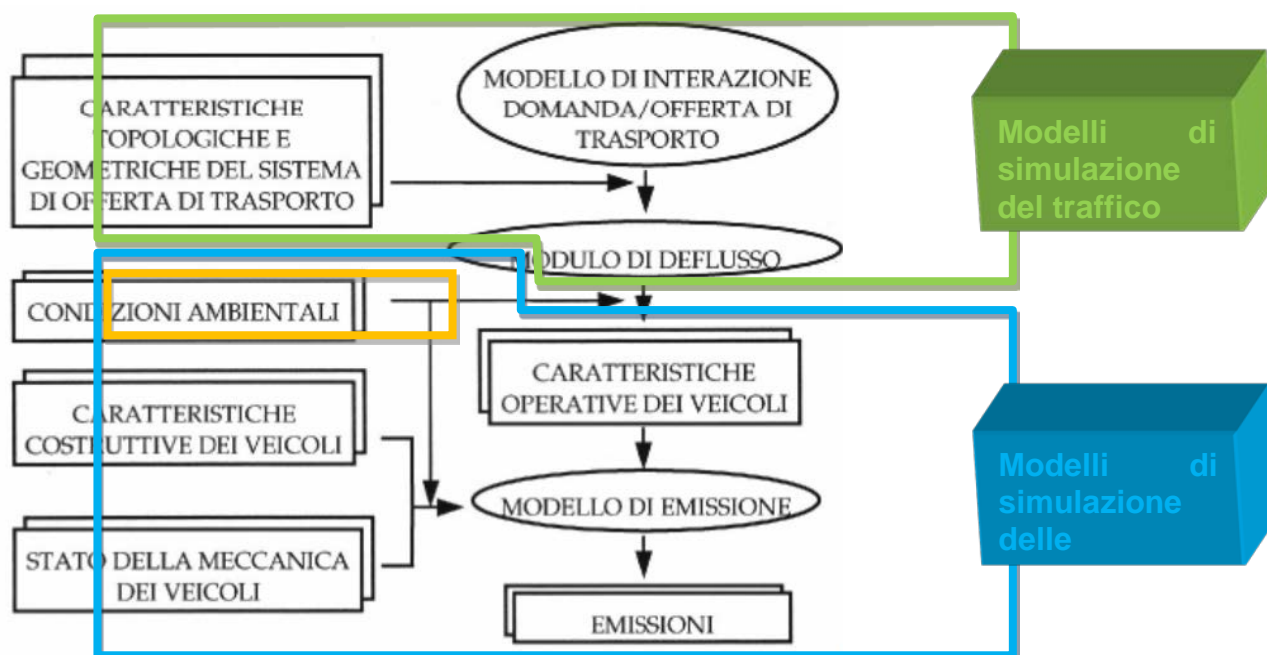


Figura 44 – Diagramma di flusso stima delle emissioni veicolari (fonte: Emissioni inquinanti da traffico veicolare M. Bolciolu).

La figura precedente mostra la stretta correlazione esistente tra i modelli emissivi e i moduli di calcolo dei flussi sulla geometria del sistema viario (modelli di traffico). In sostanza, parte dei dati di input dei modelli emissivi è rappresentata dal flusso di veicoli nell'unità di spazio percorso o nell'unità di tempo (output dei modelli di traffico) ai quali i modelli emissivi associano le quantità totali di inquinante prodotte, denominate rispettivamente fattore lineare di emissione e fattore temporale di emissione.

I modelli di calcolo delle emissioni veicolari ad oggi disponibili possono essere distinti in due macro categorie relative alla tipologia di simulazione da cui sono caratterizzati:

- I *modelli dinamici*;
- I *modelli statici*.

I primi seguono un approccio di tipo dinamico, volto cioè all'individuazione delle caratteristiche istantanee del fenomeno. Questi modelli, infatti, consentono il calcolo delle emissioni istantanee di una determinata sostanza inquinante sulla base dell'andamento, in funzione del tempo, delle variabili indipendenti scelte¹⁴². I modelli costruiti secondo questo approccio permettono di descrivere il fenomeno nel dettaglio, ma necessitano di una quantità notevole di informazioni sul comportamento istantaneo delle variabili esplicative, essi trovano quindi campi ottimali di applicazione nella simulazione di configurazioni di complessità limitata.

¹⁴² Data la complessità che consegue dall'influenza contemporanea delle numerose variabili indipendenti presenti, è sempre necessario individuare quelle di cui è necessario tenere conto in maniera esplicita nei modelli (ad es. la temperatura dell'aria esterna che influenza la temperatura dei gas contenuti nel motore e la pendenza longitudinale dell'arco stradale che influenza la dinamica di funzionamento del motore).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I *modelli statici*, invece, sono caratterizzati da un approccio di simulazione (statico appunto) che permette il calcolo solo dei valori medi delle emissioni nell'intervallo temporale al quale si riferisce l'analisi, in funzione dei valori medi assunti dalle variabili indipendenti nell'intervallo stesso; sono quindi adatti al calcolo delle emissioni in condizioni stazionarie di funzionamento di tutto il sistema di trasporto.

La stragrande maggioranza dei modelli ad oggi disponibili si compone di due componenti emissive (Figura 12): le emissioni di base calcolate in condizioni di regime stazionario del funzionamento del motore, alle quali si aggiungono le aliquote relative ai transitori termici del motore (es. partenza, emissioni a freddo, ecc.).

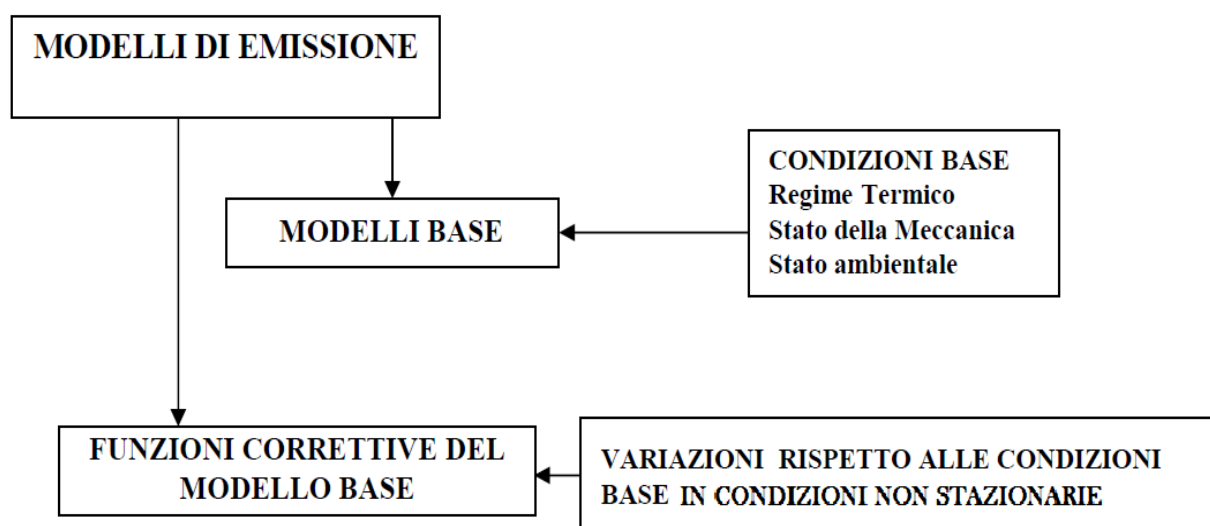


Figura 45 – Diagramma di flusso delle componenti base e correttive dei modelli di emissione (fonte: elaborazione IEFE).

Nei sotto-paragrafi seguenti si propone un breve *excursus* sui principali modelli di emissione (dinamici e statici) che, oltre ad avere avuto un ruolo storico, hanno fornito le basi per l'implementazione dei numerosi modelli che oggi vengono comunemente usati.

16.7.8.1 Alcuni esempi di modelli emissivi dinamici

Il modello Automobile Exhaust Emission Modal Analysis Model (EPA)

Questo modello è stato messo a punto dall'*EPA (Environmental Protection Agency, USA)* sulla base di dati reali di emissione rilevati su 1020 veicoli leggeri appartenenti agli anni di produzione che vanno dal 1957 al 1971. Partendo da questo *database* sono stati calcolati i coefficienti relativi a tre specie di inquinanti: monossido di carbonio, idrocarburi e ossidi di azoto.

Per ognuno dei veicoli leggeri, l'analisi è stata condotta in riferimento a una sequenza di 37 diversi modi cinematici, denominata *Surveillance Driving Sequenze (SDS)*, ricavando un set di coefficienti specifici per 11 diverse categorie di veicoli distinte in funzione dell'anno di produzione.

Ad oggi, i coefficienti di questo modello vengono periodicamente aggiornati sia per includere sia gli *standards* più recenti, che gli effetti legati all'invecchiamento dei veicoli. Va, tuttavia, precisato che questo modello tiene conto solo delle emissioni in fase di regime stazionario ma non di quelle

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

connesse ai transitori, pertanto è caratterizzato da un'accuratezza, compresa tra il 90 ed il 55%, piuttosto scarsa.

Il modello MODEM

Il modello di emissione *MODEM*, sviluppato nell'ambito del progetto *DRIVE*¹⁴³ da tre enti di ricerca europei¹⁴⁴ è stato implementato sulla base di dati sperimentali acquisiti per mezzo di prove di laboratorio su un campione di veicoli rappresentativi del parco circolante nei vari paesi della Comunità Europea. Allo scopo di evidenziare l'influenza delle caratteristiche costruttive dei veicoli sulle emissioni, essi sono stati classificati in diversi gruppi per ognuno dei quali è stato sviluppato un modello di emissione separato¹⁴⁵.

La classificazione ha tenuto conto di diverse variabili: il tipo di propulsione (diesel o benzina), i vincoli dettati dalle normative in vigore nell'anno di produzione, il tipo di dispositivo di controllo delle emissioni usato, le caratteristiche di massa, la cilindrata e la potenza. Tali variabili sono poi state raggruppate in due soli parametri: il tipo di veicolo e la cilindrata. In tal modo sono stati individuati 12 gruppi di veicoli ai quali sono state associate altrettante matrici di emissione per ognuno degli inquinanti considerati.

Il modello CALINE4

Il modello *CALINE4*, sviluppato dal *California Department of Transportation (USA)*, consente la determinazione dei fattori di emissione temporali del monossido di carbonio associati a diversi modi cinematici di un generico ciclo di guida. Il modello è costituito fondamentalmente da un algoritmo capace di convertire i fattori di emissione medi in fattori di emissione temporali relativi ai singoli modi di guida.

L'insieme di dati su cui è stata effettuata la calibrazione del modello consiste nei risultati di due diversi studi sperimentali, condotti su veicoli rappresentativi del parco veicolare californiano, prodotti negli USA negli anni 1975 e 1976. Questo modello contiene anche apposite procedure per la valutazione delle emissioni aggiuntive dovute alla pendenza del tratto stradale e al transitorio termico del motore.

16.7.8.2 Alcuni esempi di modelli emissivi statici

Il modello MOBILE

¹⁴³ *An Intelligent Traffic System for Vulnerable Road Users, 1992.*

¹⁴⁴ L'*INRETS (Institut National Recherche sur les Transports e leur Sécurité, Francia)*, il *TRRL (Transport and road Research Laboratory, Gran Bretagna)* ed il *TüV Rheinland (institut für Umweltschutz und Energietechnik, Germania)*.

¹⁴⁵ *Joumard et al. (1992), model of exhaust and noise emission and fuel consumption of traffic in urban areas, DRIVE Project, manual n°11, INRETS, France.*



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il *MOBILE* è un modello di simulazione statico sviluppato negli USA nel 1975¹⁴⁶. Esso si basa su esperienze riguardanti il parco veicolare statunitense ed attualmente viene aggiornato periodicamente sulla base dell'evoluzione della composizione del parco veicolare negli anni.

Le emissioni di base sono specificate in funzione della velocità media del moto dei veicoli con espressioni diverse a seconda delle categorie veicolari individuate. Queste ultime sono sei: autovetture, veicoli commerciali leggeri con peso inferiore a 6000 lb¹⁴⁷, veicoli commerciali leggeri con peso totale compreso tra 6000 e 8500 lb, veicoli pesanti a benzina, veicoli pesanti a gasolio, motocicli.

Le emissioni medie di base sono poi corrette da coefficienti che tengono conto dell'anno di fabbricazione, il peso trasportato, la temperatura ambiente, la temperatura di funzionamento del motore, ecc. Per ogni flusso di traffico specificato vengono infine calcolate le funzioni di emissione medie composite (fattore di emissione composito), pesate non solo in funzione del parco veicolare ma anche dei flussi di traffico (*veicoli - Km percorsi*).

Il modello *FREQ*

Il modello *FREQ* rappresenta un adattamento del modello *MOBILE* alle condizioni del parco veicolare circolante in California, tradizionalmente diverse da quelle del resto degli USA a causa del sistema normativo indipendente di cui questo stato si avvale. Sviluppato in collaborazione dallo *University of California Institute of Transportation Studies (CALTRANS)* e dallo *State of California Air Resource Board*, il modello *FREQ* consiste sostanzialmente in una serie di matrici di coefficienti atti a sostituire quelli presenti nel modello *MOBILE*.

Gli sviluppi più recenti del modello hanno incluso un aggiornamento dei coefficienti all'anno 1990 e la definizione di un fattore di crescita della domanda che permette di analizzare la sensibilità del modello alle variazioni della domanda in ingresso.

Il modello *COPERT*

Tra i modelli statici ad oggi più utilizzati in Europa vi è sicuramente il modello *COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic)*. La metodologia *COPERT* è stata introdotta dall'*EEA (European Environment Agency)* per la redazione dei rapporti sullo stato dell'ambiente e dai *National Reference Center* per la realizzazione degli inventari nazionali delle emissioni, nell'ambito del progetto *CORINAIR (COOrdination INformation AIR)*. Tale metodologia si basa sull'*emission factor approach*, secondo il quale le emissioni di un dato inquinante sono il prodotto delle singole attività che generano emissioni e dei rispettivi *emission factors*¹⁴⁸, secondo la seguente formula base:

$$\frac{t \text{ inquinante emesso}}{\text{anno}} = n \text{ veicoli} * \frac{\text{km percorsi}}{\text{anno}} * \text{fattore emissivo} \left(\text{in } \frac{\text{g}}{\text{km}} \text{ a veicolo} \right) * \frac{1}{1.000.000}$$

I fattori di emissione dei principali inquinanti relativi al traffico stradale sono calcolati sulla base delle seguenti variabili:

¹⁴⁶ Bullin G. (1990), *user's guide to TEXIN2/MOBILE4 model, research report 283.2, Texas state department of highways and public transportation.*

¹⁴⁷ La libbra (*lb*) britannica (detta anche libbra internazionale) equivale a 453,59237 grammi.

¹⁴⁸ Un fattore di emissione dà una rappresentazione quantitativa delle caratteristiche emissive di un dato inquinante, in un certo anno per una data sorgente.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- *Tipologia di veicolo* (tipo di carburante, anno di produzione, cilindrata per veicoli leggeri o motocicli e peso per veicoli di trasporto merci) considerata suddividendo il parco veicolare in 38 gruppi appartenenti a 10 categorie (Figura 13);
- *Velocità media*;
- *Lunghezza del tratto percorso*;
- Presenza o meno del ciclo di *preriscaldamento*¹⁴⁹;
- *Tipo di strada percorsa* (urbana, extraurbana, autostrada);
- *Temperatura ambiente*.

Categoria	Gruppo	Propulsione/ uso	Omologazione	Cilindrata o peso
Benzina < 1.4 l	1.1	Benzina	PRE ECE	< 1.4 l
	1.2	Benzina	ECE 15-00-01	< 1.4 l
	1.3	Benzina	ECE 15-02	< 1.4 l
	1.4	Benzina	ECE 15-03	< 1.4 l
	1.5	Benzina	ECE 15-04	< 1.4 l
	1.6	Benzina	Convenzionali migliorati	< 1.4 l
	1.7	Benzina	Catalizzati (ciclo aperto)	< 1.4 l
	1.8	Benzina	Catalizzati (ciclo chiuso)	< 1.4 l
Benzina 1.4+2.0 l	2.1	Benzina	PRE ECE	1.4+2.0 l
	2.2	Benzina	ECE 15-00-01	1.4+2.0 l
	2.3	Benzina	ECE 15-02	1.4+2.0 l
	2.4	Benzina	ECE 15-03	1.4+2.0 l
	2.5	Benzina	ECE 15-04	1.4+2.0 l
	2.6	Benzina	Convenzionali migliorati	1.4+2.0 l
	2.7	Benzina	Catalizzati (ciclo aperto)	1.4+2.0 l
	2.8	Benzina	Catalizzati (ciclo chiuso)	1.4+2.0 l
Benzina > 2.0 l	3.1	Benzina	PRE ECE	> 2.0 l
	3.2	Benzina	ECE 15-00-01	> 2.0 l
	3.3	Benzina	ECE 15-02	> 2.0 l
	3.4	Benzina	ECE 15-03	> 2.0 l
	3.5	Benzina	ECE 15-04	> 2.0 l
	3.6	Benzina	Catalizzati (ciclo chiuso)	> 2.0 l
Diesel	4.1	Diesel	-	< 2.0 l
	4.2	Diesel	-	> 2.0 l
LPG	5	Gas	-	-
Benzina a due tempi	6	Benzina 2 tempi	-	-
Commerciali leggeri	7.1	Benzina	-	-
	7.2	Diesel	-	-
	8.1	Benzina	-	> 3.5 t
Commerciali pesanti	8.2	Diesel	-	3.5+16 t
	8.3	Diesel	-	> 16 t
Motocicli	9.1	-	-	< 50 cc
	9.2	2 tempi	-	> 50 cc
	9.3	4 tempi	-	> 50 cc
Fuori strada	10.1	Uso agricolo	-	-
	10.2	Uso forestale	-	-
	10.3	Uso indu- striale	-	-
	10.4	Uso militare	-	-

Figura 46 – Variabili del modello COPERT - metodologia CORINAIR (fonte: Emissioni inquinanti da traffico veicolare M. Bolciolu).

¹⁴⁹ Il modello COPERT lavora su tre contributi emissivi: a freddo (o in transitorio termico), a caldo (o a regime termico) ed evaporativo.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Le sostanze inquinanti calcolate da questo modello sono 10: gli ossidi di azoto (NO_x), l'ossido di biossido di azoto (N₂O), gli ossidi di zolfo (SO_x), il metano (CH₄), gli idrocarburi volatili non metallici, il monossido di carbonio (CO), l'anidride carbonica (CO₂), l'ammoniaca (NH₃), il particolato e i composti del piombo.

3.3 Focus: il programma COPERT 4

In questa sezione di approfondimento si ritiene opportuna una breve descrizione del programma *COPERT4*. Questa scelta è legata all'ampio successo che la metodologia *COPERT* ha avuto negli ultimi decenni e alla semplicità d'uso del *software COPERT4*, tra l'altro disponibile gratuitamente *on-line*¹⁵⁰ nella sua versione semplificata 11.2.

Il *COPERT4* è un'applicazione software, sviluppata in ambiente *Windows* da un gruppo di lavoro internazionale per la compilazione di inventari nazionali annuali; ma la sua semplicità d'uso ha fatto sì che negli ultimi anni venisse utilizzato anche a risoluzioni spaziali e temporali più alte (scala comunale) per la compilazione di inventari urbani.

Si tratta di un modello disaggregato, in quanto consente di ottenere i valori delle emissioni per ogni categoria veicolare. Nel dettaglio, si applica ad autovetture passeggeri (PCs), veicoli commerciali leggeri (LDVs), veicoli commerciali pesanti (HDVs), bus (Buses), motocicli e ciclomotori (Motorcycles e Mopeds).

Il programma permette la stima di tutti gli inquinanti regolamentati dalla normativa europea (CO, NO_x, VOC, NMVOC¹⁵¹, PM e CO₂) e di alcuni inquinanti non regolamentati come CH₄, N₂O, NH₃, SO₂, metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), inquinanti organici persistenti (POP).

Le emissioni da veicoli su strada sono espresse come la somma di tre tipologie di contributi:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

dove:

- E_{hot} sono le emissioni a caldo (*hot emission*), ovvero le emissioni dai veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura di esercizio;
- E_{cold} (*cold over-emission*) è il termine che tiene conto dell'effetto delle emissioni a freddo, ovvero delle emissioni durante il riscaldamento del veicolo (convenzionalmente, sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell'acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C);
- E_{evap} sono le emissioni evaporative costituite dai soli COVNM (Composti Organici Volatili Non Metanici).

¹⁵⁰ <http://emisias.com/copert>.

¹⁵¹ Il software distingue gli idrocarburi non-metanici (NMVOC) nelle singole specie.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Le emissioni a caldo sono stimate per tutte le tipologie di veicoli, le emissioni a freddo per i veicoli leggeri, quelle evaporative sono rilevanti per i soli veicoli a benzina¹⁵².

Le quantità complessive di sostanze emesse in atmosfera dai mezzi di trasporto su strada dipendono sia dalle emissioni specifiche dei singoli veicoli (fattori di emissione), che dalla numerosità delle diverse flotte (veicoli a benzina, diesel, GPL, veicoli catalizzati e non, ecc.) e dalle relative percorrenze.

Il modello *COPERT*, infatti, considera le informazioni relative al parco circolante suddiviso in 63 diverse categorie per tipologia di veicolo (numero di PCs, LDVs, HDVs, ecc), tipo di combustibile utilizzato (benzina, gasolio, GPL, ecc.), classe di anzianità in relazione alle norme europee di riduzione delle emissioni (Euro I, II, ecc.), classe di cilindrata (per le autovetture) o classe di peso (per i veicoli commerciali).

A ciascuna classe dei veicoli così ripartite sono associate altre informazioni relative alle condizioni di guida quali le percorrenze medie annue e le velocità medie (distinte in base al ciclo di guida ovvero alla tipologia di percorso effettuato: urbano, extraurbano, autostradale), i consumi medi, le caratteristiche dei combustibili, il carico trasportato (nel caso dei veicoli commerciali).

Queste informazioni sono poi integrate da altre che costituiscono delle vere e proprie "condizioni al contorno" come la pendenza dell'arco stradale percorso e le condizioni climatiche esterne (temperatura minima e massima).

Tali parametri, sebbene numerosi, sono facilmente reperibili poiché collegati a fonti disponibili e consultabili anche on-line¹⁵³.

A ciascuna classe veicolare e per ogni inquinante il modello *COPERT* associa delle funzioni di stima delle emissioni e dei consumi dipendenti dalla velocità. Tali funzioni rappresentano delle curve "speed-dependent" ricavate da prove effettuate in numerosi Paesi Europei su una varietà di cicli di guida urbani ed extraurbani.

¹⁵² *COPERT user manual (2008)*, <http://lat.eng.auth.gr/copert/files/techoi.pdf>.

¹⁵³ Di solito, per ricavare i dati relativi al parco circolante, si ricorre all'ACI che esegue una distinzione dei veicoli in categorie di cilindrata/peso e data di immatricolazione (Automobile Club Italia, studi ricerche e statistiche: http://www.aci.it/sezione_istituzionale/studi-e-ricerche.html).

I valori dei consumi annui di benzina, diesel e GPL possono essere attinti dal Bilancio Energetico Nazionale, redatto dal Ministero dell'Industria (www.sviluppoeconomico.gov.it/pdf_upload/energia).

Le percorrenze medie annue considerate dal modello *COPERT* e distinte per ciascuna tipologia di veicoli rappresentano, di solito, il risultato di un'analisi incrociata sviluppata in base a diverse fonti. Il riferimento principale è il Conto Nazionale dei Trasporti (Ministero dei Trasporti: www.infrastrutturetrasporti.it), altre informazioni provengono dall'ACI, dall'Unione Petrolifera (www.unione petrolifera.it) e dalla CONFETRA (Confederazione generale italiana del Traffico e dei Trasporti: www.confetra.it).

Per le distanze medie di spostamento e i tempi medi di spostamento si può fare riferimento ai dati dell'AUDIMOB (osservatorio sui comportamenti di mobilità degli italiani: www.isfort.it/sito/statistiche/audimob.html).

Anche i dati meteo possono essere ricavati da diverse banche dati disponibili in rete come ad es. EUROMETEO (<http://www.eurometeo.com/italian/city>).

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Il programma stima le emissioni di una data categoria veicolare attribuendo un valore di velocità media (considerato rappresentativo dello specifico ciclo di guida) e leggendo il relativo fattore emissivo sulla curva di emissione della tipologia di veicolo considerata.

Le emissioni totali, vengono infine calcolate come il prodotto di questo fattore emissivo (stimato con il COPERT ed espresso in tonnellate/anno) per il numero di veicoli appartenenti a quella categoria e per le relative percorrenze medie annue (esprese in km/anno).

16.7.8.3 I modelli di dispersione degli inquinanti

Una sostanza (inquinante o meno), una volta immessa nell'atmosfera, per effetto di numerosi fenomeni (quali ad es. il trasporto dovuto all'azione del vento, la dispersione generata dai moti turbolenti dei bassi strati dell'atmosfera, la deposizione, ecc.) si distribuisce nell'ambiente circostante, diluendosi in un volume d'aria di dimensioni più o meno grandi in funzione delle condizioni atmosferiche presenti.

In particolare, ciò che influenza in larga parte il fenomeno diffusivo sono le forti variazioni della velocità orizzontale e il riscaldamento della superficie che danno origine a movimenti turbolenti capaci di modificare i moti all'interno di uno strato d'aria chiamato strato limite planetario o *planetary boundary layer*¹⁵⁴ (Figura 14).

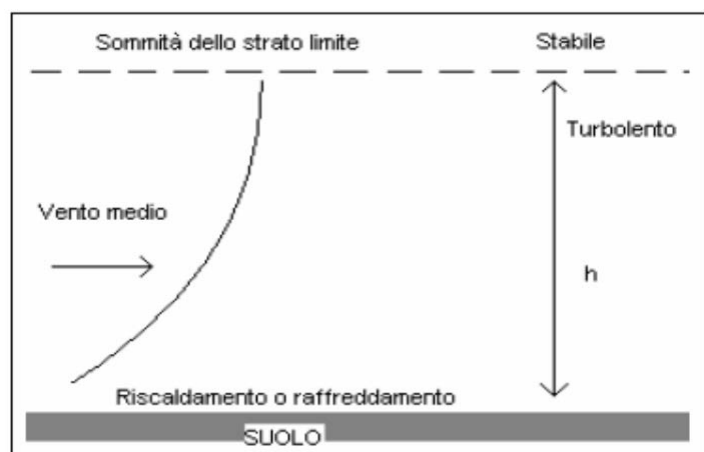


Figura 47 – Planetary boundary layer (fonte: la micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria, APAT).

In altri termini, l'insieme dei fenomeni appena descritti fanno sì che, se una sostanza viene immessa nell'atmosfera in un determinato punto del territorio (sorgente) ad un dato istante e con determinate modalità di emissione, è possibile ritrovarla in altri punti del territorio dopo un tempo più o meno

¹⁵⁴ Questo strato si estende ad una quota compresa tra circa 30m e 3 Km a seconda dello stato di stabilità dell'aria e può essere diviso idealmente in due sottostrati: lo stato superficiale e lo strato di *Eckman*. Il primo è caratterizzato dal fatto che in esso lo stress dovuto all'attrito è indipendente dalla quota; nel secondo, invece, si suppone che esista un equilibrio tra le forze di pressione, l'accelerazione di *Coriolis* e gli stress turbolenti. Per approfondimenti consultare: JAMES W. DEARDORFF, 1972 - *Parameterization of the Planetary Boundary layer for Use in General Circulation Models* [Mon. Wea. Rev., 100, 93–106].

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

lungo, con un diverso valore di concentrazione in funzione della diluizione che ha subito lungo il suo tragitto.

La valutazione dei valori assunti dalla concentrazione in tutti i punti dello spazio ed in ogni istante o , meglio, la previsione dell'evoluzione nel tempo del campo di concentrazione $C(x,y,z; t)$ di una determinata sostanza costituisce l'obiettivo dei modelli di simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Per valutare con un adeguato grado di approssimazione tale campo di concentrazione, è necessario prendere in considerazione e schematizzare un considerevole numero di fenomeni specifici che hanno luogo durante il trasporto della sostanza in atmosfera. Detti fenomeni specifici, che si prestano ad essere modellizzati con maggiore o minore grado di difficoltà, sono di diversa natura:

- Fisici (trasporto, diffusione, innalzamento del pennacchio, ecc.);
- Chimico-atomici (reazioni chimiche di trasformazione, decadimento radioattivo, ecc.);
- Fisico-chimici (deposizione, ecc.).

Con queste premesse è facile intuire che, data la complessità dei fenomeni diffusivi, altrettanto articolati e consistenti sono i dati di input di cui necessita la modellistica di diffusione per poter fornire un'accurata ricostruzione spazio-temporale della distribuzione delle sostanze inquinanti (Figura 15).

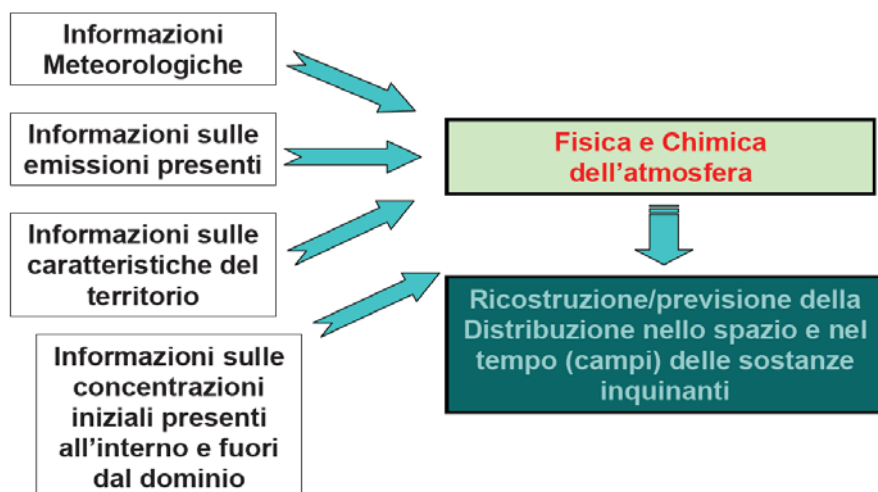


Figura 48 – Architettura di principio dei modelli di dispersione degli inquinanti in Aria (fonte: Sistemi di analisi e previsione della qualità dell'aria con la modellistica - A. Elisabetta & R. Sozzi).

Tra questi dati di input, particolare importanza rivestono quelli meteorologici perché i fattori meteo risultano i fattori che principalmente influenzano i meccanismi di dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

Più precisamente i fattori meteorologici rilevanti¹⁵⁵ sono il vento, il fenomeno dell'inversione termica e la temperatura:

¹⁵⁵ AAVV, 2008. *Overview of existing integrated (off-line and on-line) mesoscale meteorological and chemical transport modeling systems in Europe.*

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

- Incrementi della velocità del vento producono una riduzione di concentrazione in quando riducono il tempo di permanenza di un dato volume di inquinante in una data posizione;
- Il fenomeno dell'*inversione termica* consiste nella presenza di strati di aria più calda che invertono la naturale tendenza della temperatura a ridursi con il crescere della quota. Normalmente, infatti, nella troposfera¹⁵⁶ la temperatura dell'aria decresce con l'altezza di circa 7°C per Km e si innesca un processo di rimescolamento degli strati inferiori per la tendenza delle masse d'aria più calde (meno dense) a salire verso l'alto. In alcuni casi, però si possono verificare condizioni per cui si creano degli strati nei quali la temperatura dell'aria cresce con l'altitudine, per poi cominciare a decrescere di nuovo. Questi strati (di inversione termica) rappresentano una barriera per le correnti fredde (più dense), riducendo l'altezza di mescolamento ovvero il volume di atmosfera nel quale si disperdono le sostanze inquinanti e aumentandone quindi la concentrazione;
- La *temperatura* influenza il tasso di emissione della maggior parte degli inquinanti tendendo a ridurlo quando la temperatura sale (e viceversa).

16.7.8.4

16.7.8.5 Classificazione dei modelli di dispersione degli inquinanti

Come già ampiamente chiarito nel paragrafo precedente, i fenomeni specifici che intervengono nella diffusione dei contaminanti sono numerosi e possono essere modellizzati con differenti gradi di accuratezza¹⁵⁷.

Di seguito viene fornito un quadro dei principali criteri di classificazione dei modelli diffusivi.

Un primo elemento di distinzione è legato all'approccio analitico di base impiegato, mediante il quale è possibile distinguere:

- *Modelli deterministici*;
- *Modelli probabilistici (o stocastici)*.

I modelli *deterministici* descrivono quantitativamente i fenomeni che determinano l'evoluzione spazio-temporale della concentrazione degli inquinanti in atmosfera, affrontando il problema della dispersione con livelli di complessità differenti in funzione delle informazioni disponibili e delle finalità dello studio. In generale comunque si basano sulle relazioni di causa-effetto che esistono fra le emissioni e la meteorologia (cause) da un lato e le concentrazioni in aria (effetto) dall'altro per fornire i valori assunti dagli inquinanti nei diversi punti dell'area sulla quale sono applicati¹⁵⁸.

¹⁵⁶ La troposfera (dal greco *τροπος*: modo, mutazione, cambiamento) è la fascia sferoidale aeriforme dell'atmosfera che si trova a diretto contatto con la superficie terrestre, di spessore variabile a seconda della latitudine: ai poli è spessa circa 8 km mentre raggiunge i 20 km all'equatore.

¹⁵⁷ Denby, B., et al., 2008. *Guidance on the use of models for the European air quality directive*, ETC/ACC report.

¹⁵⁸ Finardi, S., et al., 2008. A Deterministic Air Quality Forecasting System For Torino Urban Area, Italy. *Env. Modelling and Software*, 23, 344-355.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

I modelli probabilistici (o stocastici), invece, prevedono le concentrazioni a partire non dalle relazioni di causa-effetto, ma analizzando, con tecniche statistiche di varia complessità, la struttura del processo spazio-temporale sottostante ai dati misurati in una rete di monitoraggio (di qualità dell'aria o meteorologica) nel passato. Questi modelli, sebbene forniscano in genere risultati migliori dei modelli deterministici, risultano inadeguati a studiare i fenomeni diffusivi in aree non coperte da reti di rilevamento.

Una secondo criterio di classificazione è la disponibilità di osservazioni sperimentali che divide i modelli in:

- Modelli di tipo deduttivo (o teorici);
- Modelli di tipo induttivo (o empirici).

I primi descrivono matematicamente i processi che avvengono nell'atmosfera attraverso la formalizzazione di relazioni di causa-effetto supposte vere a priori e sviluppate secondo procedimenti teorici.

I modelli *induttivi* sono invece sviluppati risalendo, a partire da osservazioni sperimentali, alle leggi generali del fenomeno attraverso procedimenti di estrapolazione. Poiché tali leggi sono basate esclusivamente sulle osservazioni effettuate, essi hanno in genere validità ristretta a situazioni non molto dissimili da quelle dalle quali essi sono stati indotti.

Sia i modelli teorici che quelli empirici possono avere natura deterministica o probabilistica a seconda del tipo di legame che si suppone esista fra le emissioni del contaminante indagato e la sua concentrazione in un determinato punto dell'atmosfera.

I modelli dispersivi possono essere classificati anche in base alla modalità di descrizione spaziale del fenomeno (Figura 16):

- Un primo approccio è quello denominato *euleriano* e consiste nel descrivere il comportamento di una determinata sostanza presente nell'atmosfera attraverso un sistema di assi coordinati fissi;
- Il secondo approccio, denominato *lagrangiano*, riferisce invece la descrizione del fenomeno a un sistema di riferimento mobile e solidale con la sostanza in moto.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

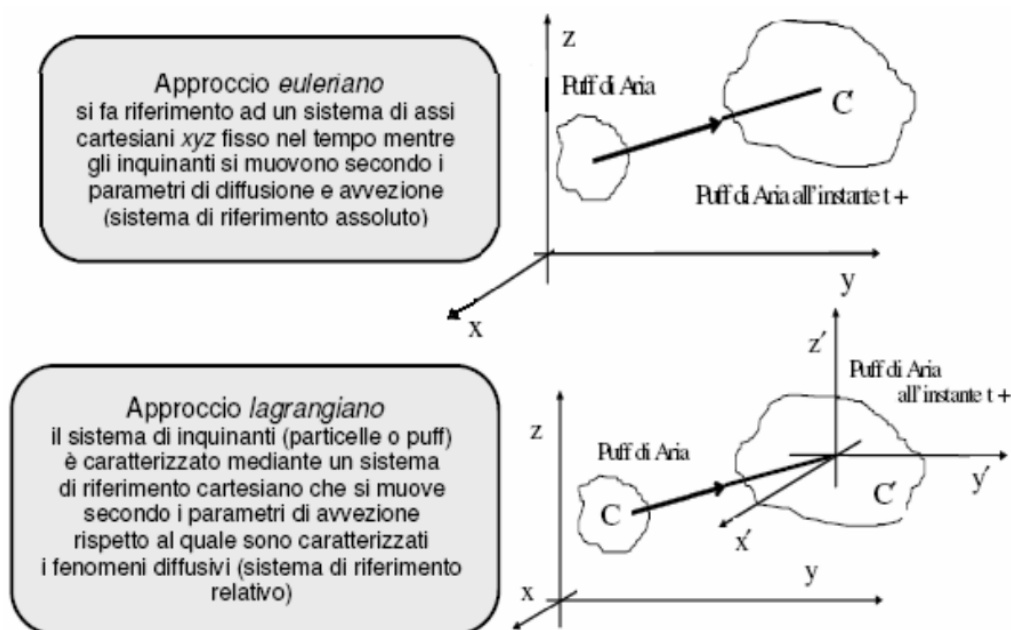


Figura 49 – Approccio euleriano e lagrangiano (fonte: La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria - APAT, RTI CTN_ ACE XX/2003).

I modelli *euleriani* sono tutti fondati su un'equazione di continuità della sostanza disperdente. Tale equazione può essere risolta solo ammettendo un certo numero di ipotesi semplificative. A seconda del tipo di ipotesi che porta alla chiusura dell'equazione si può pervenire a teorie estremamente semplificate (*modelli a box*), alle *teorie K* (chiusura di primo ordine) o a teorie più avanzate¹⁵⁹.

I modelli *lagrangiani*, invece, si basano sulla descrizione dei moti delle singole particelle attraverso una distribuzione di probabilità della loro posizione spazio-temporale. I diversi metodi di valutazione di questa distribuzione portano allo sviluppo di differenti tipologie modellistiche, dai modelli più semplici come quelli *a box lagrangiani* fino ai più complessi *modelli a particelle*³⁰.

Un quarto elemento che consente di classificare i vari modelli disponibili in letteratura è il metodo con cui si descrive l'evoluzione nel tempo del fenomeno dell'inquinamento. Da questo punto di vista si possono distinguere:

- *Modelli stazionari*;
- *Modelli dinamici*.

Nei primi, l'evoluzione temporale di un fenomeno di inquinamento è trattata come una sequenza di stati quasi-stazionari, cosa che semplifica notevolmente il modello, diminuendone però la generalità e l'applicabilità. Tali modelli sono spesso utilizzati per la loro semplicità e per l'economicità d'impiego ed in genere costituiscono un valido strumento per una prima analisi dei fenomeni diffusivi e per realtà non particolarmente complesse.

I *modelli dinamici* trattano, appunto, l'evoluzione del fenomeno in modo dinamico, pertanto necessitano di una grossa mole di dati di input e un maggiore tempo di elaborazione.

¹⁵⁹ Per ulteriori approfondimenti consultare: *la micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria* - APAT, RTI CTN_ ACE XX/2003.



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

Un altro importante elemento di distinzione dei modelli è costituito dalla scala spaziale, ovvero dalla distanza dalla sorgente (di emissione dell'inquinante) entro cui il modello è in grado di descrivere il fenomeno diffusivo.

In relazione a questo parametro si distinguono le seguenti classi di modelli¹⁶⁰:

- *Modelli a scala locale (short range)*, che descrivono la dispersione degli inquinanti fino a distanze dell'ordine della decina di chilometri;
- *Modelli a mesoscala*, che trattano domini spaziali dell'ordine dei cento chilometri;
- *Modelli a grande distanza o sinottici (long range)*, che descrivono fenomeni che possono interessare aree molto vaste fino a migliaia di chilometri dalla sorgente.

Infine, è possibile classificare i modelli anche in funzione della loro capacità di descrivere le reazioni che avvengono fra le diverse sostanze presenti in atmosfera. In questo caso si possono distinguere i *modelli fotochimici*, in grado di stimare le concentrazioni sia degli inquinanti primari sia di quelli secondari (quali ad es. ozono, biossido di azoto, frazione secondaria del particolato PM₁₀ e PM_{2.5}), dai *modelli non fotochimici* che considerano gli inquinanti come *inerti* (cioè non reattivi).

Il quadro appena fornito, sebbene corposo non completa l'elenco degli elementi di distinzione dei diversi modelli diffusivi che risulta ben più ampio¹⁶¹; si ritiene comunque che questi siano sufficienti a fornire un'idea della complessità della materia e che costituiscano i criteri più comunemente impiegati per enunciare le caratteristiche di ciascun modello.

16.7.8.6 I modelli di dispersione più usati

Nonostante il quadro modellistico (descritto nel paragrafo precedente) appaia particolarmente complesso ed articolato, da questo è possibile selezionare quattro categorie di modelli che più di tutte hanno trovato largo uso nel contesto europeo degli ultimi anni¹⁶², ovvero:

- *Modelli gaussiani a "pennacchio"*: si tratta di modelli che ricorrono ad ipotesi semplificative per la risoluzione dell'equazione che descrive il trasporto e la diffusione degli inquinanti in atmosfera; necessitano di un numero relativamente limitato di dati di ingresso e permettono di calcolare l'impatto di sorgenti di vario tipo in aree caratterizzate da una morfologia del terreno non particolarmente complessa, in condizioni meteorologiche lentamente variabili nello spazio e nel tempo, per inquinanti considerati come "non reattivi". Per la loro relativa semplicità di utilizzo e la necessità di limitate risorse di calcolo rappresentano un importante

¹⁶⁰ AAVV, 2008. Overview of existing integrated (off-line and on-line) mesoscale meteorological and chemical transport modeling systems in Europe.

¹⁶¹ Altri elementi impiegati a tal fine possono essere l'algoritmo matematico impiegato per valutare un determinato fenomeno (es. metodo delle differenze finite, metodo Montecarlo, metodo gaussiano, ecc.) oppure il grado di complessità del modello (es. semplice o complesso) in funzione del numero di aspetti trattati nella simulazione (es. orografia, chimica, fotochimica, ecc.)

¹⁶² *I modelli nella valutazione della qualità dell'aria* - ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente).



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

strumento di *screening* adatto alla valutazione delle concentrazioni in atmosfera sul lungo periodo (es. medie annuali);

- *Modelli gaussiani a "puff"*: si tratta di modelli tridimensionali con formulazione gaussiana per la dispersione, quindi del tutto simili a quelli a *"pennacchio"* ma che consentono la possibilità di variare la direzione di trasporto nello spazio e nel tempo;
- *Modelli lagrangiani a "particelle"*: sono modelli tridimensionali che necessitano di dati meteorologici di ingresso generati da pre-processor diagnostici o prognostici¹⁶³. Questi modelli sono in grado di riprodurre il trasporto, la dispersione, la deposizione secca ed umida e il decadimento radioattivo di sostanze chimicamente inerti rilasciate in condizioni meteorologicamente complesse (calme di vento, flussi su topografia complessa). In particolare, la dispersione dell'inquinante in atmosfera è simulata attraverso l'emissione di un certo numero di particelle virtuali, ognuna delle quali rappresenta una porzione di massa dell'inquinante: tali particelle seguono il moto turbolento delle particelle d'aria nelle quali sono immerse, in modo che la loro distribuzione spaziale ad un certo istante permetta la determinazione della concentrazione della specie emessa. Possono essere utilizzati nello studio dell'impatto di una o più sorgenti sia per lo studio di episodi di inquinamento (giorni, settimane) sia per valutazioni di lungo periodo (anno) ma richiedono significative risorse di calcolo;
- *Modelli euleriani a "griglia" (Chemical Transport Models)*: sono modelli tridimensionali che producono campi orari sia di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici sia di deposizione secca ed umida. Questi campi vengono stimati a partire dai valori di concentrazione iniziali e ai bordi dell'area di calcolo e dalle emissioni orarie introdotte nei punti griglia, cui vengono applicati meccanismi di trasporto, dispersione e deposizione derivati dalla meteorologia (realizzata con modelli diagnostici o prognostici, in condizioni orografiche anche complesse) e fenomeni di trasformazione determinati dal meccanismo chimico utilizzato e da un modulo per la trattazione del particolato atmosferico. Necessitano delle informazioni relative a tutte le sorgenti presenti nel dominio di calcolo, ottenibili dall'inventario delle emissioni e come i modelli a *"particelle"* trovano applicazione negli studi sia di breve che di lungo periodo e richiedono consistenti risorse di calcolo.

Da questa breve descrizione dei singoli modelli emergono alcune considerazioni utili per la scelta del modello in relazione alle specifiche esigenze d'analisi.

In primo luogo risulta chiaro che, a parte i modelli analitici a *"pennacchio"*, tutte le altre tipologie di modelli necessitano di campi di vento tridimensionali. In generale, la scelta tra modelli analitici e tridimensionali dipende dal livello di complessità dello scenario: in condizioni di terreno piatto e presenza di vento, può essere utilizzato un modello analitico a *"pennacchio"*, in caso di calma e presenza di orografia complessa è opportuno l'uso di modelli tridimensionali che tengono conto della variabilità spaziale dei parametri atmosferici.

I modelli "a puff" possono essere considerati una categoria intermedia tra i modelli analitici tradizionali e i modelli tridimensionali completi. Essi possono essere considerati validi finché una singola traiettoria rappresenta il trasporto degli inquinanti. In condizioni di forte disomogeneità (es.

¹⁶³ Generalmente tali dati devono essere forniti su base oraria e sono relativi alla velocità e direzione del vento, alla temperatura, all'umidità, alla pressione e alle variabili che descrivono la turbolenza atmosferica.

D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

forti variazioni di intensità e direzione del vento con la quota, situazioni di brezza, ecc.) questa approssimazione comporta una sensibile riduzione dell'accuratezza dei risultati finali.

I *modelli lagrangiani "a particelle"* e quelli *euleriani "a griglia"* sono sicuramente tra tutti gli strumenti più avanzati per la simulazione della dispersione in atmosfera. Essi possono tenere conto compiutamente di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali; i limiti sono principalmente connessi agli eccessivi tempi di calcolo (e relativi costi) che richiedono le simulazioni.

La scelta tra questi due modelli può esser fatta tenendo conto che mentre i *modelli "a particelle"* sono preferibili alla scala locale per il maggior dettaglio vicino alla sorgente. I modelli a *"griglia"*, infatti, distribuiscono le emissioni relative a ciascuna sorgente sul volume della cella che la contiene e che, per esigenze computazionali, non può avere dimensioni eccessivamente ridotte.

Inoltre, anche nel caso di più sorgenti (per le quali si renda necessario attribuire un "peso" che ciascuna di esse ha nella determinazione delle concentrazioni in aria) sono preferibili i *modelli a "particelle"*. I *modelli a griglia*, infatti, necessitano simulazioni reiterate per separare i contributi di ciascuna sorgente, mentre, con i *modelli a "particelle"* è possibile attribuire dei *layer* diversi alle singole particelle in funzione delle diverse sorgenti e dei diversi inquinanti e calcolare con una sola simulazione i diversi contributi.

In ultimo, mentre i *modelli a "griglia"* sono di tipo fotochimico e quindi risultano idonei per le simulazioni in cui vanno considerati anche gli inquinanti secondari, quelli tridimensionali (*lagrangiani o euleriani*) sono meglio indicati nel caso di simulazioni a scala più grande (*mesoscala*) in quanto tengono conto della circolazione atmosferica a scala sinottica e delle sue variazioni spaziali e temporali.

In estrema sintesi, si propone il seguente quadro riassuntivo (Tabella 2) che offre una lettura semplice ed immediata delle principali tipologie modellistiche classificate in funzione dei differenti campi di applicazione.

Tabella 10 – Principali modelli di diffusione degli inquinanti (fonte: elaborazione IEFE).

TIPOLOGIA MODELLO	TIPOLOGIA VALUTAZIONE	DOMINIO INDAGINE	DI
Modelli stazionari (gaussiani a "pennacchio" ed ibridi a "puff")	valutazioni semplificate	domini limitati	spaziali
Modelli lagrangiani (a "particelle")	ricostruzioni realistiche che non richiedono una trattazione della chimica dell'atmosfera anche in situazioni complesse	domini spaziali di grandi dimensioni	
Modelli euleriani fotochimici (a "griglia")	ricostruzioni realistiche (anche degli inquinanti secondari)	domini di calcolo di grandi dimensioni	



D12.2.1 - D12.3.1 Risultati della valutazione dei costi e benefici sociali ed ambientali connessi alle soluzioni di progetto e di policy locali

This paper can be downloaded at
www.iefe.unibocconi.it
The opinions expressed herein
do not necessarily reflect the position of IEFE-Bocconi.

IEFE
Centre for Research on Energy and Environmental Economics and Policy
via Röntgen 1
20136 Milano - Italia
Tel +39 02 5836.3820 Fax 02 +39 5836.3890

www.iefe.unibocconi.it

© Università Commerciale Luigi Bocconi – September 2017