

LA MOBILITÀ NELLE AREE METROPOLITANE

ANTONIO CATALDO, PAOLA VILLANI

INTRODUZIONE

La città, che storicamente ha assunto la funzione di catalizzatore delle attività umane, ha parallelamente costituito una cassa di risonanza per le problematiche che hanno accompagnato le attività stesse, determinando nel corso dei secoli differenti criticità che il progresso e lo sviluppo scientifico hanno, con alterne fortune, tentato di risolvere. Il tema della mobilità è una di quelle criticità che non ha ancora trovato soluzioni adeguate e la sempre crescente domanda di spostamento ostacola di fatto i benefici effetti determinati sia dai miglioramenti tecnologici che hanno interessato i mezzi di trasporto sia dalle politiche ambientali recentemente messe in atto.

Per cercare di individuare le cause delle molteplici esternalità¹ generate dallo stretto rapporto che si instaura tra domanda ed offerta di mobilità, tessuto urbano e popolazione, si è avviata una ricerca che rappresenta un primo tentativo atto a determinare il peso che, nelle aree metropolitane oggetto di studio, la mobilità esercita.

Scopo dell'indagine è quindi valutare quali siano le modalità, le quantità e le esigenze di spostamento per i cittadini e per le attività produttive e commerciali al fine di mettere in evidenza quali siano le maggiori criticità ed eventualmente proporre, anche attraverso il confronto con le esperienze internazionali e con le buone pratiche indirizzi e politiche per garantire la fruizione di tutte le risorse territoriali contribuendo al migliore sfruttamento delle risorse tempo e denaro da parte dei singoli utenti.

Questo significa assicurare o aumentare la qualità della vita come le esperienze europee ci aiutano a definire, qualità che è tanto più elevata quanto più è marcato il carattere di sostenibilità delle azioni e delle politiche trasportistiche di un ambito territoriale complesso come quello metropolitano.

METODOLOGIA

Per semplificare il processo di comunicazione e allo stesso tempo per disporre di indicazioni sintetiche si è fatto ricorso ad indicatori che permettono una rappresentazione della realtà e dei problemi indagati in modo da conservare il contenuto informativo dell'analisi sistemica, secondo lo schema di identificazione e valutazione delle cause prima-

¹ Le esternalità riconosciute e validate dalla comunità scientifica internazionale attraverso studi e modelli di valutazione quali-quantitativa sono: inquinamento atmosferico; l'emissione dei gas ad effetto serra; il rumore; la congestione; gli incidenti. Questa lista non è esaustiva: oltre a quelle citate, ve ne sono altre per le quali la quantificazione monetaria risulta essere più difficoltosa. Si possono citare: danni agli edifici e alla salute causati dalle vibrazioni dei mezzi di trasporto; l'inquinamento dei suoli, delle acque superficiali e delle acque di falda per dilavamento del manto stradale; l'effetto separazione, ovvero l'indebolimento o l'impedimento delle relazioni sociali determinati dal traffico; l'ostacolo alla mobilità ciclo-pedonale; la diminuzione del valore e della fruibilità dello spazio/suolo urbano a causa delle infrastrutture di mobilità e di sosta (un problema sociale particolarmente sentito in Italia a causa dell'elevatissimo rapporto autovetture per abitante e della particolare struttura compatta dei contesti urbani); gli aumentati fattori di rischio per l'insorgenza di malattie cardio-circolatorie, diabete, ipertensione e obesità unitamente a possibili effetti negativi anche dal punto di vista psicofisico determinati dall'eccessivo ricorso all'automobile.

rie, della pressione, dello stato, degli impatti e della risposta a seguito dell'attuazione di appositi interventi².

La scelta del set di indicatori non è univoca, e la molteplicità delle opzioni evidenzia il rischio della scarsa rappresentatività del set utilizzato, rischio evidente nel caso in esame perché non interessa un tematismo a sé stante, ma è correlato al concetto di qualità ambientale che a sua volta si esplica e si illustra con una grande varietà di parametri, strettamente correlati a tutti i principali problemi che caratterizzano le aree urbane densamente popolate: gestione dei rifiuti, qualità dell'aria indoor e outdoor, presenza di campi elettromagnetici, aree verdi, acqua ed energia, rumore.

Il set, costruito in seguito alle precedenti considerazioni, comprende alcuni indicatori che superano in parte quelli comunemente utilizzati per la descrizione del sistema trasporti e mobilità poiché si ritiene che la contestualizzazione territoriale, sociale ed economica delle principali aree metropolitane non possa essere trascurata nella fase di analisi del problema: così, unitamente agli indicatori di tipo quantitativo sono stati valutati quelli demografici ed economici che determinano la reale accessibilità dei luoghi di residenza, produzione e svago cercando, per quanto possibile di associare indicatori di fruibilità delle diverse opzioni, in termini di costi dei servizi erogati, a quelli riferibili alla presenza di reali alternative all'uso del mezzo privato e quindi alle politiche messe in atto dalle amministrazioni locali.

Per la valutazione della qualità ambientale percepita dalla popolazione che insiste su un'area metropolitana, è stato escluso il ricorso ad indici onnicomprensivi, nel tentativo di identificare sia i fattori che determinano la qualità dei servizi di mobilità erogati sia il rapporto tra l'offerta di infrastrutture³ di trasporto e la domanda di mobilità espressa.

L'elaborazione dello schema metodologico descritto ha portato ad evidenziare i seguenti indicatori⁴ per l'analisi della mobilità nelle aree metropolitane:

Indicatori demografici e socio-economici⁵: con particolare riferimento agli indicatori utilizzati dalle Camere di Commercio nei Rapporti annuali sull'economia provinciale, tendenze demografiche e localizzazione delle attività nelle aree oggetto di studio, dispersione insediativa delle attività commerciali e dei servizi.

Indicatori di stato: concernenti il parco veicolare e la sua composizione, il rapporto popolazione/autoveicoli, e l'incidentalità nelle aree urbane⁶;

Indicatori di domanda: caratterizzanti i transiti sulla rete autostradale in prossimità delle aree urbane, il pendolarismo, l'utilizzo dei sistemi di trasporto pubblico e la tendenza alla diversione modale e all'utilizzo di modalità di spostamento alternative,

² Gli indicatori sono desunti dal modello **DPSIR** che risponde alla nozione di causalità: le attività umane (**D**riving forces) esercitano alcune pressioni (**P**ressure) sull'ambiente e modificano la qualità delle risorse naturali (**S**tate). Gli impatti (**I**mpact) del settore "mobilità" attualmente riconosciuti sono quelli prettamente ambientali ed economici mentre sembrano assumere peso minore quelli legati alla qualità della vita dei singoli individui. Le risposte sono demandate agli Enti Locali e al sostegno del Governo Centrale: le aree metropolitane, non ancora dotate di poteri legislativi e quindi, assimilate nel presente rapporto ai comuni capoluogo, hanno adottato specifiche politiche ambientali, economiche e settoriali. Le politiche sinora adottate (**R**esponses) hanno individuato soluzioni per minimizzare gli impatti per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico e la vivibilità delle aree urbane centrali.

³ Per le infrastrutture di trasporto sono state considerate: le strade, le infrastrutture per la sosta, il trasporto pubblico, la circolazione ciclo-pedonale.

⁴ Nel presente rapporto, per esigenze di sintesi, sono commentati e riportati solo alcuni tra i molteplici indicatori osservati.

⁵ Ogni considerazione legata ai flussi di mobilità non può prescindere dall'osservazione del tessuto economico che caratterizza le singole aree metropolitane.

⁶ Relativamente al contesto territoriale sono stati discretizzati i dati in quattro differenti ambiti: Comune capoluogo, Centri abitati della Provincia, Comuni dell'hinterland e Provincia.

Indicatori di offerta: che, facendo ricorso anche ai dati forniti dalle principali aziende di trasporto e dalle Amministrazioni comunali, esprimano in termini di disponibilità, infrastrutture e servizi per il trasporto privato, il trasporto collettivo, i sistemi innovativi, le infrastrutture per la mobilità alternativa ed i provvedimenti di restrizione della mobilità, con un approfondimento riguardante la valutazione dei costi dei servizi di mobilità erogati;

Indicatori di risposta: riguardanti l'adozione da parte degli Enti Locali di misure a favore della mobilità o l'introduzione di politiche per la mobilità sostenibile;

Raccordo con indicatori internazionali: per la comparazione dei servizi di mobilità in alcune grandi città nel mondo.

La strutturazione di tutti gli indicatori di seguito trattati è stata ipotizzata sulla base di tre differenti chiavi di lettura, riportando i singoli valori riferibili alla "città metropolitana" in relazione:

- al territorio della provincia a cui appartiene la città centrale, con il rischio però di perdere quella omogeneità e continuità territoriale che dovrebbe essere una delle caratteristiche dell'area metropolitana;
- all'area provinciale senza considerare il peso del comune capoluogo (valori di seguito riferibili quindi all'hinterland) per evidenziare la pressione che l'area esercita sul polo attrattore costituito dalla città;
- al territorio proprio di ogni comune capoluogo.

Anche se la normativa sulle aree metropolitane individua nella contiguità territoriale un elemento imprescindibile il ricorso a questa chiave di lettura è stato necessario dalla mancanza di definizioni più precise, ad eccezione delle aree metropolitane di Firenze e Bologna, per il ventaglio di città scelte che comprendono anche Torino, Milano, Genova, Roma, Napoli e Palermo, realtà caratterizzate da un polo di attrazione forte nelle quali i problemi connessi alla mobilità delle persone condizionano fortemente i tempi di vita. A seguito dell'analisi sistematica condotta per mezzo degli indicatori, trovano spazio alcune considerazioni conclusive che sono volte a comparare in estrema sintesi le politiche adottate a favore della mobilità sostenibile nelle differenti aree metropolitane osservate: a completamento del quadro generale sono state predisposte **alcune schede sintetiche** riguardanti:

- i dati relativi al parco veicolare, suddiviso per tipologia, carburante e fattore emissivo, in relazione alle autovetture, ai motocicli, ai veicoli commerciali immatricolati nel capoluogo e nell'area metropolitana propriamente detta;
- l'incidentalità;
- i principali dati numerici riferiti al sistema di Trasporto Pubblico;
- i dati riferibili ai sistemi di mobilità alternativa (piste ciclo-pedonali, aree pedonalizzate, ZTL, sistemi innovativi di mobilità e ad altri servizi di mobilità erogati);
- i dati per la comparazione di alcuni servizi di mobilità offerti in ambito internazionale.

Indicatori demografici e socio-economici

Come precedentemente descritto, per tutte le aree metropolitane sono stati osservati gli indicatori propri del comune capoluogo e quelli riferibili ai soli comuni che costituiscono l'area metropolitana propriamente definita e siti quindi nei rispettivi hinterland. Non potendo disporre dei dati ISTAT sul pendolarismo⁷ al 2001 è stata effettuata una discretizzazione del fenomeno mobilità a partire dalle dinamiche demografiche registrate negli ultimi dieci anni: si rileva un costante aumento della dispersione insediativa probabilmente determinata dai costi sempre più elevati che le abitazioni nelle aree centra-

⁷ Il ritardo nella distribuzione dei dati di pendolarismo non consente purtroppo di calcolare l'autocontenimento, ovvero quell'indicatore atto a valutare le dinamiche di mobilità sul territorio e definito e dato dalla seguente formula: $((\text{popolazione attiva} - \text{uscite}) * 100) / \text{popolazione attiva}$.

li comportano: l'analisi dei dati permette di evidenziare come, nel generale decremento della popolazione registrato in Italia nel decennio intercorso tra i due ultimi censimenti, la variazione percentuale di popolazione che ha abbandonato la residenza nel comune capoluogo sia molto più elevata della contrazione demografica registrata nella provincia corrispondente.

Analizzando la tavola relativa agli incrementi demografici registrati nel periodo 1991-2001 si evidenzia come, per tutte le principali aree urbane, questi siano tutti riferibili ai comuni di prima e seconda cintura metropolitana: si osserva come crescite superiori ai dieci punti percentuali abbiano interessato molti comuni dell'area settentrionale centro-padana, delle Province di Bologna, Firenze, Roma e Palermo e in alcuni casi sono influenti ai fini della domanda di mobilità.

La dispersione insediativa che caratterizza le principali aree metropolitane in Italia si configura come un'urbanizzazione diffusa, legata solo a livello amministrativo al centro comunale poiché spesso le nuove urbanizzazioni risultano connesse alle principali strade di adduzione alle radiali storiche che collegano il comune capoluogo alle altre province.

Il decentramento residenziale costituisce uno dei problemi più rilevanti per la mobilità sia per l'impossibilità di erogare un servizio di trasporto pubblico di qualità nel territorio diffuso sia per gli elevati costi ambientali che la localizzazione decentrata (delle residenze e dei plessi terziario-commerciali) comporta; inoltre le nuove urbanizzazioni sono sovente costituite da plessi residenziali privi di particolari qualità spaziali o identità funzionali, esito di un complesso di fattori che rinviano alle contraddizioni ed agli squilibri che hanno contrassegnato la crescita e la trasformazione delle città e del territorio.

L'orientamento sempre più marcato all'utilizzo del mezzo privato per realizzare le esigenze di spostamento della popolazione è un denominatore comune a tutto il territorio italiano e questa tendenza viene amplificata nei centri urbani, da sempre centri di attrazione e concentrazione delle attività umane, in cui si assiste contemporaneamente ad un lieve calo della popolazione residente del nucleo della città, a favore delle periferie e degli insediamenti suburbani, percepiti e valutati più consoni al raggiungimento degli standard qualitativi di vita.

La densità di uso del suolo per il comparto produttivo e terziario e la densità abitativa sono state congiuntamente utilizzate per valutare la pressione demografica (in termini quindi di popolazione temporalmente presente e popolazione residente): si evidenzia come sussistano rilevanti differenze tra le aree metropolitane poiché la mobilità risente fortemente delle variabili socio-economiche che caratterizzano il territorio: valutare la pressione demografica che insiste sulle aree metropolitane includendo gli addetti, rappresenta comunque una sottostima del fenomeno mobilità poiché gli spostamenti sistematici casa-lavoro rappresentano poco più del 50% delle motivazioni di chi effettua uno spostamento. Anche nell'ipotesi che, per una consistente percentuale di lavoratori, il comune di residenza degli addetti coincida con il luogo nel quale essi svolgono la propria occupazione, l'analisi dei risultati evidenzia valori estremamente elevati per Napoli, Milano, Torino, Palermo, Firenze.

Ma il processo di decentramento non è relativo alla sola funzione residenziale ma coinvolge i plessi terziari-commerciali con particolare riferimento alle grandi superfici di vendita o alle strutture per il tempo libero, strutture che generano flussi veicolari che hanno origine anche a molti chilometri di distanza. Risulta impossibile pianificare adeguati servizi di collegamento pubblico per questa molteplicità di funzioni disperse sul territorio, strutture spesso ai margini delle aree urbane (e quindi site anche in altre province) ma con bacini ampissimi e che mutano costantemente in relazione alle dimensioni e all'offerta dei servizi presenti: relativamente a queste strutture sono stati valutati i dati riferiti alle singole aree urbane mentre per quanto riguarda i valori relativi all'offerta di parcheggio e ai visitatori annui stimati dalle stesse società saranno effettuati in seguito ulteriori approfondimenti.

La localizzazione nel contesto italiano di queste “strutture della grande distribuzione commerciale e del divertimento” non è priva di pesanti ricadute sul contesto ambientale e socio-economico: non contribuisce a realizzare una rete organizzata di centralità nel contesto extraurbano, depauperando i centri storici in prossimità e penalizza fortemente il piccolo commercio, generando al contempo gravi inefficienze sulla rete stradale poiché le localizzazioni coincidono sovente con punti nevralgici della rete autostradale o primaria. Riferendosi ai soli plessi commerciali si può affermare che sembra valere la regola (non scritta): “Più grande è il parcheggio maggiore è la resa del centro commerciale”, criterio applicato dal settore Grande Distribuzione sia in ambito urbano che extraurbano. Pare quindi che il pedone possa essere un cattivo cliente considerando come sia difficile raggiungere le grandi superfici di vendita per quella quota parte di consumatori che non possiedono o non vogliono usare l'auto e che, a causa della nascita di un centro commerciale, si trovano, in un breve arco di tempo, a non poter più usufruire dei negozi di vicinato senza peraltro poter raggiungere i nuovi punti vendita. Da una ricerca⁸ recentemente commissionata dalla Regione Lombardia è stato evidenziato come su un campione⁹ di 59 strutture commerciali di rilevante dimensione in Lombardia, 20 siano risultate essere totalmente prive di collegamenti di trasporto pubblico, 5 abbiano un collegamento con fermate molto distanti mentre per le restanti, nonostante sia assicurato un collegamento “fruibile”, la rete ciclo-pedonale non garantisce adeguati standard di sicurezza.

Indicatori di stato

Parco autoveature

I parchi veicolari delle città oggetto di studio sono stati elaborati a partire dai dati forniti dall'ACI per l'anno di riferimento 2002. È opportuno evidenziare come tra il cosiddetto circolante teorico (ovvero iscritto al PRA) e quello reale ci possano essere delle distorsioni temporali dovute al momento dell'effettiva cessazione della circolazione e dalla presenza di veicoli iscritti ad altri Registri, quali quello del Ministero della Difesa, del Ministero degli Esteri e della Croce Rossa Internazionale, oltre ai veicoli stranieri stabilmente circolanti, tra cui quelli di San Marino e dello Stato della Città del Vaticano. In ogni caso il numero dei veicoli circolanti non è tale da modificare in maniera sensibile le caratteristiche del parco nel suo complesso.

La classificazione COPERT III delle autoveature

In conformità a quanto previsto dal programma di stima delle emissioni inquinanti **COPERT III**¹⁰, il parco è stato suddiviso per categorie che ricalcano sostanzialmente i periodi di conformità obbligatoria alle Direttive promulgate dall'Unione Europea, Direttive che hanno via via ridotto i limiti massimi delle emissioni allo scarico in fase di omologazione. Non necessitando di una disaggregazione molto spinta dei dati, sia per snellire le strutture di calcolo che per effettiva omogeneità delle caratteristiche emissive dei veicoli, sono state individuate quattro categorie, che vengono di seguito riportate con indicazione delle relative Direttive Europee che hanno introdotto i nuovi standard:

⁸ Ricerca denominata “Comunicazione, integrazione tariffaria e modale nel trasporto pubblico locale lombardo”, 2004, finanziata dalla Regione Lombardia e realizzata da Assoutenti, CittadinanzaAttiva, Lega Consumatori e Casa del Consumatore.

⁹ Il campione rappresenta il 27% del totale delle grandi strutture di vendita lombarde superiori ai 1.500 m²

¹⁰ C. Kouridis, L. Ntziachristos and Z. Samaras, **CO**mputer **P**rogramme to calculate **E**mission from **R**oad **T**ransport, EEA 2000

- veicoli Convenzionali (pre-ECE, ECE 15/00, ECE 15/01, ECE 15/02, ECE 15/03 ECE 15/04);
- veicoli EURO I (91/441/EEC);
- veicoli EURO II (94/12/EEC);
- veicoli EURO III (98/69/EEC).

Anche in questo caso, l'introduzione di una data a partire dalla quale entra in vigore un nuovo standard emissivo non coincide con l'immediata introduzione nel mercato degli autoveicoli con il nuovo standard emissivo e ciò fa sì che i valori assoluti determinati rappresentino spesso delle distorsioni minime.

L'autoritratto ACI 2002 restituisce la disaggregazione dei veicoli per alimentazione e standard emissivo solo a livello provinciale mentre, a livello comunale, è riportato il solo totale delle autovetture. È stato quindi disaggregato il dato provinciale per cercare di ottenere valori riferibili ai singoli comuni capoluogo.

Parco ciclomotori e motocicli

Per la definizione del circolante a due o tre ruote le cose sono risultate essere più complicate, in quanto l'autoritratto ACI prende in considerazione solo i motocicli, registrati ed immatricolati attraverso il PRA, mentre per i ciclomotori non è prevista l'immatricolazione ma la circolazione previo rilascio ad personam da parte delle sedi provinciali della Motorizzazione Civile di un contrassegno di circolazione che può essere indifferentemente utilizzato su più veicoli. È stata quindi elaborata una metodologia per:

- stimare il parco provinciale dei ciclomotori che, in ambito urbano costituisce una quota parte assolutamente non trascurabile del totale dei veicoli circolanti;
- ripartire i ciclomotori nelle classi, analoghe dei motocicli, basate sullo standard emissivo (convenzionale e Step I – 97/24/EEC);
- definire la quota parte dei ciclomotori circolanti nella sola area comunale;
- disaggregare per standard emissivo l'intero parco a partire dalla conoscenza delle aliquote di ripartizione del dato provinciale.

I criteri utilizzati sono stati i seguenti:

- in primo luogo si è provveduto a fornire una stima approssimativa del parco circolante, esaminando i contrassegni rilasciati dalle Motorizzazioni provinciali e pubblicati a cura dell'ANCMA, sommando in due categorie i contrassegni rilasciati per ciascuna provincia, facendo numericamente contribuire alla classe dei ciclomotori convenzionali tutti i contrassegni rilasciati tra il 1993 e il 1998 incluso, e alla classe dello standard emissivo Step I, i contrassegni rilasciati tra il 1999 ed il 2002 incluso;
- la stima del parco dei ciclomotori provinciale è stata quindi messa a confronto con il parco provinciale dei motocicli, ed è stato supposto che a livello comunale la proporzione tra i due fosse la stessa: ciò ha permesso di ricavare un dato comunale prima indisponibile per i ciclomotori;
- infine si è provveduto a ridistribuire le aliquote, per ogni tipologia di veicolo ricavata per il dato provinciale, al dato comunale.

Il metodo, quantunque laborioso, ha dato risultati in linea con le ipotesi inizialmente avanzate: si era infatti supposto che la proporzione tra ciclomotori e motocicli potesse essere quella 2:1 e che le percentuali rispetto al totale del parco circolante fossero contenute in una forbice stretta di valori.

Parco veicoli commerciali¹¹

Per quanto riguarda il trasporto merci su gomma, occorre fare una precisazione: non è del tutto corretto valutare tale modalità di trasporto considerando i soli aspetti nega-

¹¹ Paragrafo a cura di Fabio Romeo (APAT)

tivi sopportati dalla collettività (oltre all'incidentalità, anche il rumore, la congestione e l'inquinamento) poiché non si tiene conto degli effetti economici connessi alla maggiore flessibilità offerta dal trasporto stradale, alla sostanziale indifferenza localizzativa e all'ampliamento dei bacini occupazionali.

Si deve inoltre considerare come, nel corso dell'ultimo decennio:

- la dispersione sul territorio degli insediamenti residenziali e produttivi, abbia favorito il fenomeno del pendolarismo, dovuto a motivi di studio o di lavoro, sebbene gli spostamenti sistematici osservati rispetto alla totalità delle motivazioni risultino essere percentualmente minori rispetto al decennio precedente ma risultino aumentati gli spostamenti erratici, prodotti dall'esigenza di soddisfare bisogni di carattere sociale e culturale anche legati all'uso del tempo libero (turismo, sport, ecc.).
- le trasformazioni della domanda di trasporto di merci (globalizzazione dei mercati, integrazione economica europea, ampliamento dei contatti tra realtà produttive distanti ma collegate costantemente tra loro grazie alle tecnologie di comunicazione, adozione di tecniche just in time per l'approvvigionamento) abbiano contribuito all'aumento dei veicoli commerciali.

Il costante aggravarsi dei fenomeni di congestione veicolare determina significative ricadute economico-ambientali, poiché

- penalizza maggiormente il settore dell'autotrasporto che condivide le infrastrutture stradali con milioni di autovetture,
- incide sui costi complessivi del trasporto merci, e quindi sulle aziende, a causa dei ritardi accumulati negli spostamenti, ritardi che si ripercuotono inevitabilmente sul ciclo produzione - distribuzione,
- comporta un peggioramento della risorsa "aria" poiché taluni inquinanti sono emessi in quantità superiore alle basse velocità.

Analogamente a quello passeggeri, il trasporto su strada è la modalità di trasporto più utilizzata per le merci.

Coerentemente con quanto riportato nella classificazione delle autovetture, il parco è stato suddiviso per categorie¹² che ricalcano sostanzialmente i periodi di conformità obbligatoria alle Direttive promulgate dall'Unione Europea. L'analisi è stata specificatamente condotta sui veicoli commerciali leggeri con massa complessiva a pieno carico inferiore alle 3,5 tonnellate poiché questi rappresentano l'83,5% del totale veicoli circolanti nelle aree metropolitane osservate.

In Italia il parco circolante veicoli commerciali risulta costituito da circa 3 milioni e 950 mila unità (Annuario Statistico ACI 2003).

Il grande problema relativo al trasporto merci nelle aree urbane è quello della vetustà

¹² Al fine di fornire un quadro completo sulla normativa Europea in termini di omologazione di veicoli commerciali, si riportano anche le direttive specifiche rivolte ai veicoli commerciali pesanti.

Veicoli commerciali leggeri:

- veicoli Convenzionali;
- veicoli EURO I (93/59/EEC);
- veicoli EURO II (96/69/EC);
- veicoli EURO III (98/69/EC).

Veicoli commerciali pesanti:

- veicoli Convenzionali
- veicoli EURO I ed EURO II (91/542/EEC);
- veicoli EURO III, EURO IV ed EURO V (99/96/EC);

Anche in questo caso, l'introduzione di una data a partire dalla quale entra in vigore un nuovo standard emissivo non coincide con l'immediata introduzione nel mercato degli autoveicoli con il nuovo standard emissivo e ciò fa sì che i valori assoluti determinati rappresentino spesso delle distorsioni minime.

del parco veicoli commerciali: circa il 45% dei veicoli commerciali superano i dieci anni di età, valore percentuale che non trova riscontro in nessun altro Paese. L'analisi effettuata permette di evidenziare come nelle aree metropolitane osservate la maggior parte dei veicoli commerciali leggeri siano veicoli omologati pre-Euro, veicoli pertanto estremamente inquinanti soprattutto in riferimento alle emissioni di polveri sottili (PM₁₀).

È opportuno sottolineare come nell'attuale situazione di difficoltà economica, che induce gli operatori a limitare gli investimenti, solo l'adozione di strumenti economici (incentivi diretti o indiretti ecc.) a favore degli acquisti potrebbe incoraggiare, in proiezione futura, uno sviluppo reale del mercato.

Parallelamente al fine di razionalizzare al massimo il sistema diffusivo delle merci dovrebbero essere attivate nelle principali aree metropolitane sperimentazioni nel settore della city logistic al fine di adottare soluzioni atte a contrarre le percorrenze complessive, istituire transit point (la merce viene scaricata, consolidata e distribuita) o altre tipologie di piattaforme logistiche per aumentare i coefficienti di carico e razionalizzare i percorsi per la consegna merci, utilizzando veicoli a basso impatto ambientale.

Rapporto popolazione / autovetture e popolazione / veicoli privati

Per determinare la pressione che la mobilità privata esercita sull'ambiente sono stati analizzati altri indicatori classici: il rapporto tra la popolazione e le autovetture immatricolate e quello tra popolazione e veicoli per il trasporto passeggeri (auto + moto). I dati sono stati analizzati sulla base dell'usuale suddivisione tra comune capoluogo, comuni posti nella cintura periferica e dato provinciale aggregato. Si evidenzia il forte incremento registrato nell'ultimo decennio dal parco autovetture (+20%) a fronte di una popolazione mantenutasi pressoché stabile.

I valori evidenziano inoltre come solo in pochi casi (Bologna e Milano) alla contrazione della popolazione residente nel comune di riferimento sia corrisposta un'equivalente contrazione dei veicoli circolanti: per i dati provinciali si deve però rammentare che per Firenze e Milano parte dei residenti e del corrispondente parco veicolare siano confluiti nelle statistiche della rispettive province di Prato e Lodi costituite nel 1997. Le altre città mostrano una tendenza di segno opposto, con punte anche molto elevate e che, nelle antitetiche variazioni di popolazione e parco veicolare, permettono all'Italia di collocarsi al secondo posto nelle statistiche europee tra i paesi con il maggior numero di autovetture per abitante ed al primo posto in un confronto internazionale tra le città. Sono stati calcolati altri due indicatori, strettamente connessi al tema mobilità: il rapporto popolazione/autovetture e quello popolazione/veicoli per il trasporto passeggeri (auto + moto). I risultati hanno permesso di evidenziare come:

- le città capoluogo che registrano il maggior numero di autovetture in rapporto agli abitanti insediati, risultano essere quelle di Roma (1,31), Torino (1,47) e Milano (1,58), mentre all'ultimo posto si trovano le città di Genova e Firenze. Osservando i valori registrati nelle sole aree periferiche, in quella che potrebbe essere definita l'area metropolitana più estesa, il quadro muta sostanzialmente: le aree nelle quali il rapporto è particolarmente basso, proprio ad indicare un numero rilevante di autovetture rispetto alla popolazione insediata, risultano essere quelle di Firenze e Bologna (1,59 valore in linea con quelli, già bassi registrati nelle maggiori città italiane). Proprio l'area esterna a Firenze, raggiunge un valore estremamente basso - 1,26 - ancora minore di quello registrato nei comuni capoluogo precedentemente citati;
- l'indicatore che associa veicoli per il trasporto passeggeri (auto + moto) in rapporto alla popolazione evidenzia sicuramente una certa disponibilità economica dall'altro, per la città di Roma 0,96 indice di elevata disponibilità per un gran numero di residenti nella capitale di più mezzi motorizzati (auto e moto, utilizzati alternativamente). Il rapporto inoltre è stato calcolato su tutta la popolazione residente ma sarebbe molto

interessante verificare gli stessi dati su un campione ristretto di popolazione più direttamente coinvolto nella guida di veicoli (in linea generale quindi la popolazione tra i 14 e gli 80 anni). Inoltre se si valuta la disponibilità di auto + moto complessiva, la popolazione residente nelle grandi città fa registrare valori molto bassi (e quindi notevole disponibilità di automezzi): a Bologna il rapporto è 1,09, subito seguita da Firenze, Napoli e Milano, che registra lo stesso valore dell'area metropolitana bolognese (1,19); senza voler entrare nel merito delle soluzioni adottate dalle singole città sul tema della sosta, considerando che si potrebbe ritenere più credibile, disporre di box auto (e moto) nei pressi delle abitazioni site nell'area metropolitana (spesso abitazioni monofamiliari), i valori registrati segnalano invece come la disponibilità di più mezzi motorizzati, disponibilità che chiaramente si accompagna a quella forse economica (poiché raddoppiano anche tutte le spese connesse all'assicurazione del veicolo, alle imposte locali, al mantenimento dello stesso), sia facilmente individuata nell'area urbana densa e quindi nei comuni capoluogo, considerazione questa che riporta al tema precedentemente accennato relativo all'espulsione residenziale delle fasce sociali a minor reddito.

Incidenti stradali nelle aree urbane

La richiesta di sicurezza è strettamente connessa all'esigenza di mobilità: nell'obiettivo di ridurre del 50 per cento entro il 2010 il numero di morti e di feriti causati da incidenti stradali molti comuni hanno saputo attuare specifiche misure per ridurre il drammatico fenomeno dell'incidentalità stradale. Risulta estremamente importante disporre di informazioni attendibili che permettano di monitorare l'effettivo livello della sicurezza stradale poiché i costi degli incidenti stradali sono elevatissimi.

Nel presente capitolo si è cercato di restituire il trend degli incidenti registrati nelle principali aree urbane nel periodo 2000-2003.

Nel 2001 nei 15 Paesi dell'Unione europea si sono verificati 1.292.199 incidenti stradali che hanno provocato il decesso di 39.978 persone. In Italia nello stesso anno gli incidenti stradali sono stati 237.812 (anno 2002) e i morti (nello stesso anno) 6.736. In Italia si registrano 12 morti per incidente stradale all'anno ogni 100.000 abitanti (21 in Portogallo, 10 in Grecia, 16 in Lussemburgo, 15 in Belgio, 14 in Francia e in Spagna). Il numero degli incidenti e dei feriti in Italia negli ultimi anni, anche se con qualche oscillazione, tende purtroppo ad aumentare. Nel periodo 2000-2002, infatti, il numero di incidenti è aumentato del 28% per cento e quello dei feriti del 25% per cento, anche a seguito dell'incremento del numero di veicoli circolanti (compresi i ciclomotori).

Qualche dato sulle città:

- nel 2002 sulle strade urbane si sono verificati 175.000 incidenti pari al 73,6 % del totale, di cui oltre 75.000 nelle sole principali 23 città italiane che registrano più di 150.000 abitanti;
- questi incidenti in area urbana hanno causato 236.342 feriti pari al 69,9 % sul totale;
- il numero dei morti sulle strade urbane risulta pari al 43,1 % (2.901 in valore assoluto);
- in alcune realtà urbane (Roma ad esempio) oltre il 50% del totale decessi a seguito incidente stradale è relativo ai pedoni;

Si evidenzia inoltre come

- nelle otto principali città italiane risiede il solo 14% della popolazione italiana (dato anno 2002), ma i decessi per incidente stradale rappresentino ben il 25,44% del totale decessi imputabili ad incidenti stradali che ISTAT e ACI registrano nelle maggiori città italiane ed il numero di pedoni deceduti in seguito ad investimento sia pari al 23,2% del totale pedoni deceduti in tutta Italia;
- gli incidenti registrati nell'hinterland (comuni esterni al comune capoluogo), siano stati correlati alternativamente al parco veicolare, alla popolazione insediata e alla

superficie e i dati evidenzino sempre valori inferiori a quelli registrati nelle aree urbane centrali¹³;

- valutando l'indicatore utilizzato in ambito internazionale per determinare il tasso di incidentalità (in termini di Numero annuo di morti per incidente stradale per 1.000.000 abitanti) si evidenzia come i valori riferiti alle città di Roma e Bologna siano drammaticamente più vicini a quelli delle città statunitensi e mediamente in linea con quelli delle altre capitali europee (interessate però indubbiamente da flussi di mobilità assai maggiori rispetto a quelli che gravitano sulle città osservate);
- osservando l'andamento del fenomeno negli ultimi anni, si rileva come il numero degli incidenti e dei feriti, anche se con qualche oscillazione, tenda ad aumentare. L'alto numero di morti per incidenti stradali è certamente correlabile alle pressioni che si registrano negli ambienti urbani a maggiore densità: non solo la densità di uso del suolo, ma la densità dei veicoli presenti unitamente alla presenza di numerosi fattori che inducono i conducenti ad una minore attenzione. Analizzando i dati relativi alle aree urbane oggetto di studio si può evidenziare come a fronte di un positivo decremento degli incidenti e dei feriti registrati tra il 2002 e il 2001 (con valori compresi tra il - 4 e il - 6%), siano aumentati i decessi e siano aumentati i decessi relativi ai pedoni investiti: se da un lato i pedoni complessivamente investiti sono stati percentualmente inferiori a quelli dell'anno precedente (confronto tra il 2002 e il 2001) ma in termini assoluti sempre un numero eccessivamente elevato (6.478), i decessi tra i pedoni sono elevatissimi (muore il 4,6% del totale pedoni coinvolti in incidenti stradali nell'anno precedente e + 124% rispetto¹⁴ all'anno 2000);
- l'indice di mortalità, calcolato come $Morti/incidenti \cdot 100$, pari a 2,8 decessi per 100 incidenti come dato nazionale, dato che include quindi tutti i sinistri sulla rete stradale e autostradale in Italia. L'indice di mortalità riferito alle città osservate è naturalmente inferiore al dato di riferimento generale (ma resta comunque assai elevato) e pari a 1,8 per Palermo, 1,6 per Roma e 1,5 per Napoli: la minore gravità degli incidenti registrati sulle strade urbane è forse correlabile alla velocità più contenuta, conseguenza anche della congestione e del traffico elevato dei centri metropolitani, che, di fatto, creano le condizioni per limitare gli incidenti più pericolosi. Si deve osservare a questo proposito come recenti studi sulla fluidificazione del traffico a Londra (a seguito del provvedimento di road pricing¹⁵ denominato "congestion charge") non abbiano evidenziato un immediato decremento dei decessi tra i pedoni investiti, correlabili con le maggiori velocità dei veicoli. (1.646 nel 2002).

¹³ A titolo di esempio: gli incidenti mortali nei comuni della Provincia di Milano evidenziano un tasso di incidentalità inferiore a quello del capoluogo poiché il dato deve essere correlato alla popolazione insediata e all'estensione complessiva delle strade: Milano città 73 morti all'anno - dato 2002), contro i 113 i morti (sempre nel 2002) registrati nella Provincia di Milano.

¹⁴ Per quanto riguarda i decessi si deve evidenziare come, a partire dal 1° gennaio 1999, l'ISTAT abbia esteso da sette a trenta giorni il periodo di tempo necessario alla contabilizzazione del numero dei decessi degli incidenti stradali. L'aggiornamento sulla situazione sanitaria del ferito rappresenta una fase molto impegnativa per le autorità pubbliche che debbono stabilire un contatto con le istituzioni sanitarie (pubbliche o private) per essere informate sulle condizioni del ferito, del suo eventuale trasferimento a diversa struttura e dell'eventuale decesso. Se questa comunicazione non avviene si genera una sottostima dei decessi. Questa è la ragione principale per la quale il numero dei morti rilevati nelle statistiche ACI - ISTAT risulta generalmente minore di quello prodotto dalle statistiche sulle cause di morte. Nel 2000, ultimo anno per il quale sono disponibili i dati sanitari definitivi, questa divergenza è pari al 10,6 per cento (sul totale decessi per incidente stradale).

¹⁵ La Congestion Charge è stata introdotta a febbraio 2003, si fa quindi riferimento ai decessi registrati tra pedoni e ciclisti nel secondo semestre del 2003.

Per il contesto nazionale, nelle aree urbane oggetto di studio l'indice di mortalità è assai elevato nelle città di Palermo, Napoli, Roma, mentre le politiche adottate in altre aree urbane hanno decisamente ridotto il numero di decessi ogni 100 incidenti e i valori registrati a Firenze, Genova e Milano confermano il positivo trend intrapreso.

Nelle sole otto aree urbane osservate gli incidenti nel 2002 sono stati 59.305 con 78.788 feriti e 663 morti (indice di mortalità pari a 1,17).

Naturalmente il peso percentuale degli stessi è relativo a molteplici fattori e tra questi si possono evidenziare il parco veicolare, gli spostamenti complessivi, la densità d'uso del territorio urbanizzato. In un raffronto atto ad evidenziare le principali variabili che si suppone possano incidere sull'incidentalità stradale sono stati correlati i dati riferiti agli incidenti, in termini di incidenti totali, feriti, morti e la popolazione insediata nelle singole aree urbane osservate e il parco circolante privato (autovetture e motocicli) immatricolato nelle città oggetto di studio. Se la correlazione presenta valori troppo distanti gli incidenti possono essere imputabili ad altri fattori, quali ad esempio, numerosi veicoli che interessano le strade urbane ma non sono immatricolati nella stessa città (flussi veicolari in ingresso nel centro urbano): è il caso delle città di Milano, Firenze e Genova che registrano numerosi incidenti (ed altrettanti feriti) non rapportabili percentualmente alla popolazione insediata o al parco veicolare.

Osservando invece i soli decessi si deve evidenziare come il numero di morti nella città di Roma (e in misura minore nella città di Bologna) non sia assolutamente correlabile né alla popolazione insediata né al parco veicolare (autovetture + motocicli) immatricolato.

Dalle analisi condotte è possibile evidenziare come in alcune aree urbane siano state attuate politiche volte alla sicurezza stradale ma i risultati in termini di costi umani e sociali segnalano come occorra ancora un maggior impegno. In particolare i pedoni risultano essere sempre più coinvolti negli incidenti stradali e le soluzioni per le politiche di protezione degli utenti deboli della strada non sono state sufficienti a contrarre i decessi: tra il 2000 e il 2002 i pedoni deceduti sono più che raddoppiati. Con riferimento al dato nazionale emerge come il rischio di infortunio causato da investimento stradale sia particolarmente alto per la popolazione anziana; infatti, la fascia di età compresa tra 70 e 74 anni presenta il valore massimo in termini assoluti di pedoni morti o feriti (135 deceduti e 1.362 feriti).

Indicatori di domanda di mobilità

Gli spostamenti pendolari

A seguito dell'analisi dei primi dati resi disponibili da ISTAT (aprile 2004) si osserva come il numero di persone che quotidianamente effettuano uno spostamento di tipo pendolare (movimenti dichiarati nel Censimento 2001) per motivi di studio o di lavoro sono 26.800.000 pari al 46,8% della popolazione. Tra questi:

- oltre 15.000.000 ricorrono all'autoveicolo (conducenti e passeggeri, circa 12.000.000 i soli conducenti);
- circa 4.500.000 utilizzano per gli spostamenti sistematici i mezzi di trasporto pubblico (treno, tram, metropolitane, autobus);
- circa 4.500.000 dichiarano di recarsi a piedi sul luogo di studio o di lavoro;
- oltre 1.200.000 utilizzano quotidianamente motoveicoli, ciclomotori o scooter;
- 800.000 circa effettuano lo spostamento in bicicletta.

In estrema sintesi risulta quindi come il 37,5% degli studenti e il 71,10% dei lavoratori ricorrano all'autoveicolo, il 3,8% e il 5,1% (rispettivamente studenti e lavoratori) utilizzino il motoveicolo e siano il 30,1% e l'8,7% quanti ricorrono al servizio di trasporto pubblico.

I ciclisti paiono essere in netto aumento rispetto alle percentuali registrate nel precedente censimento e rappresentano il 2,5 degli studenti e il 3,2 dei lavoratori.

Il dato riferito all'intero contesto nazionale evidenzia come il 25,9% degli studenti e l'11,4% dei lavoratori effettuino lo spostamento sistematico a piedi.

Il traffico sulla rete autostradale in prossimità delle aree urbane

L'analisi dei dati riferiti ai veicoli in transito¹⁶ sul sistema autostradale evidenzia incrementi sia relativamente al numero di veicoli complessivamente transitati (+3,4%) sia per quanto riguarda le percorrenze (rispettivamente +2,7% per i veicoli leggeri e +3,1% per i veicoli pesanti)¹⁷. La quota di traffico ascrivibile ai veicoli pesanti nelle aree oggetto di studio è sempre superiore al 20%, raggiungendo il 30% solo sulla Bologna-Firenze.

La variabilità dei flussi è molto accentuata, non solo tra le autostrade ma anche al loro interno, in rapporto alla tipologia di aree servite ed, in parte, all'estensione ed al ruolo svolto dalle infrastrutture. In generale, i livelli di traffico raggiungono i valori massimi in prossimità delle aree metropolitane e dei nodi di scambio con le principali autostrade e diminuiscono gradualmente allontanandosi dai poli di attrazione. Sull'Autostrada del Sole (A1) l'intensità dei flussi presenta continue oscillazioni, con volumi maggiori in corrispondenza delle 5 grandi aree metropolitane servite, per la forte presenza della mobilità a breve-medio raggio da esse generata.

Le tratte autostradali che presentano punti caratterizzati da volumi molto elevati (tratti nei quali si superano gli 80.000 veicoli/giorno) erano 15 nel 1998 e sono quasi raddoppiati (27) nel 2003 e sono quasi tutti relativi alle aree metropolitane di Milano, Bologna, Firenze, Roma, Napoli.

A livello di singoli tratti elementari, si conferma come nel 2003 lo sviluppo della mobilità più contenuto sia stato proprio nei contesti urbani caratterizzati da densità di traffico molto elevate o da condizioni di deflusso più difficili, quali le aree metropolitane di Milano, lungo la A4, Modena e Bologna, sulla A1 e la A14, Firenze sulla A11, Napoli sulla A16 e Genova. Una crescita significativa è stata registrata sulla Roma-Civitavecchia, +5,2%.

L'analisi delle origini/destinazioni autostradali più frequenti evidenzia la stabilità negli anni degli itinerari più trafficati, riconfermando la prevalenza degli spostamenti a breve raggio (percorrenza media pari a 76,5 km per i veicoli leggeri e 100 km per i veicoli pesanti)¹⁸ ed il ruolo predominante di attrazione/generazione del traffico esercitato dalle grandi aree urbane.

Sulla rete principale, le prime 40 Origini/Destinazioni bidirezionali interessano prevalentemente scambi interni alle aree metropolitane per il traffico leggero, o collegamenti tra i principali poli industriali per il traffico pesante. Su questi itinerari si concentra, rispettivamente, il 20% dei transiti leggeri ed il 15,5% dei pesanti di tutta la rete prin-

¹⁶ Dati Autostrade per l'Italia Spa, anno 2003.

¹⁷ I veicoli pesanti sono gli autoveicoli a due assi con altezza da terra, in corrispondenza dell'asse anteriore, superiore a 1,30 m e tutti gli autoveicoli a tre assi. I veicoli leggeri sono i motocicli e gli autoveicoli a due assi con altezza da terra, in corrispondenza dell'asse anteriore, inferiore a 1,30 m.

¹⁸ Il dato di sintesi rispecchia una distribuzione dei viaggi molto concentrata sulle brevi distanze: sulla rete principale, quasi il 60% degli spostamenti leggeri ed il 48% di quelli pesanti avvengono su tragitti inferiori ai 50 km; tra le due componenti, oltre un terzo e poco più di un quarto dei viaggi non superano i 25 km. All'interno della categoria pesante le percorrenze variano moltissimo in funzione della capacità di carico dei mezzi: i percorsi fino a 25 km sono effettuati da veicoli a due assi (69,5%), mentre l'opposto avviene per le lunghissime percorrenze (oltre 500 km), coperte essenzialmente dalla "classe 5" (veicoli a 5 o più assi, 54,3%) ed in misura molto minore, ma comunque significativa, dagli automezzi a due assi (30,7%).

cipale. La percorrenza media relativa alle prime 40 Origini/Destinazioni è pari a circa 30 km per i leggeri ed a meno di 50 km per i pesanti (la media di rete è di 76 km e 100 km per le due componenti).

Al primo posto, per quanto riguarda i transiti dei veicoli leggeri si evidenziano i flussi aventi per origine -destinazione Firenze Ovest-Prato Est (10 km), con quasi 21.800 veicoli al giorno, e per i veicoli pesanti la Milano Est-Agrate, con 3.250 transiti al giorno. Ai veicoli pesanti è da attribuire, nel 2001 e nel 2002, il 34,5% dell'introito¹⁹ da pedaggio riscosso dalle società concessionarie della rete autostradale: nel 2001 l'introito da pedaggio per i soli mezzi pesanti è stato di circa 1.404,80 milioni di euro e nel 2002 tale importo è aumentato (1.489,70 milioni di euro). Si stima²⁰ come

- ogni giorno transitino sulla rete autostradale circa 9,07 milioni di veicoli commerciali (ed oltre 29 milioni di veicoli leggeri).
- ogni anno siano trasportate circa 160,03 miliardi di t*km²¹ per il solo traffico interno merci mentre quelle complessive siano pari a 192,67 milioni. Nel 2001, il 44,97% del traffico interno, ovvero 1,124 miliardi tonnellate, è stato movimentato su tratte brevi (fino a 50 km) e così ripartito: il 61,39% in conto proprio e il 38,61% in conto terzi. Circa l'85% della merce movimentata in conto proprio percorre al massimo 100 km, mentre per il conto terzi tale percentuale è del 46% circa²². Per il trasporto oltre i 500 km, il conto terzi movimentata circa il 95% delle tonnellate complessivamente trasportate; tali traffici rappresentano, in termini di tonnellate-chilometro, circa il 33% del totale traffico in conto terzi.

Indicatori di offerta di mobilità

La dotazione infrastrutturale nelle aree urbane

Ciò che purtroppo non è destinato a variare significativamente è la risorsa costituita dal territorio, la rete stradale (che può essere modificata solo in tempi molto lunghi) e le aree destinate alla sosta. Si evidenzia in particolare come nonostante il generale progresso compiuto dalle aziende di trasporto pubblico locale per la fornitura di un miglior servizio, non risulti facile introdurre modificazioni alla propensione all'utilizzo del veicolo privato per la realizzazione della quasi totalità degli spostamenti personali.

Questo quadro generale suggerisce le necessità di valutare con grande attenzione la situazione della mobilità privata nelle otto aree metropolitane oggetto di studio nelle quali:

- risiede il 34% della popolazione complessiva (il 13,5% nei soli capoluoghi);
- lavora il 31% degli addetti totali (di cui il 58% nei capoluoghi);
- si concentra circa il 30% dei veicoli immatricolati in Italia.

Nella ricerca sono stati analizzati indicatori per una prima valutazione relativa alle principali infrastrutture per la mobilità privata, ai sistemi di mobilità collettiva e ai sistemi di mobilità alternativa.

La mobilità privata nelle aree urbane: i punti di distribuzione dei nuovi carburanti a basso impatto

Gli indicatori elaborati per valutare l'offerta di infrastrutture per il rifornimento carburanti nelle aree metropolitane sono i seguenti:

¹⁹ Introiti con esclusione di quelli derivanti dai trafori alpini.

²⁰ Conto Nazionale Trasporti 2002, Tab. V.2.2.

²¹ Conto Nazionale Trasporti 2002, Tab. V.2.5. Nel 2002 i veicoli con portata utile non inferiore a 3,5 ton. ed immatricolati in Italia, hanno trasportato 1.254.398.876 tonnellate di merci, il 39% in conto proprio e il 61% in conto terzi (CNT 2002 Tab.V.4.1).

²² Conto Nazionale Trasporti 2002, Tabelle. IV.7 A, IV.8 A).

- punti vendita carburanti alternativi esistenti ogni mille autovetture immatricolate,
- punti vendita carburanti alternativi totali ogni mille autovetture a metano circolanti,
- percentuale autovetture a metano sul parco autovetture circolante,
- densità dei punti di distribuzione metano sul territorio delle otto città (ed hinterland) analizzate.

L'analisi dei dati inerenti all'utilizzo del metano per autotrazione nelle principali città italiane mostra, ad eccezione di un unico caso, una situazione pressoché identica, senza grosse distinzioni di carattere geografico. Sono stati correlati i dati relativi alla composizione del parco autovetture a livello provinciale a quelli relativi alla rete di distribuzione²³: si evidenzia la buona performance di Bologna che da sola presenta un numero di veicoli superiore alla somma di tutte le altre 7 città prese in esame. I 22.284 veicoli ibridi circolanti nel capoluogo emiliano costituiscono infatti il 4% del totale delle autovetture circolanti, a fronte dell'esiguo valor medio riferibile a tutte le altre città (0,28%). La maggior copertura territoriale dei punti vendita del metano per auto rilevabile a Bologna non pare essere l'unico fattore trainante nella composizione del parco circolante, poiché in altri casi la sola presenza di un certo numero di punti vendita non è stata sufficiente a garantire percentuali comparabili. Le possibili ragioni di questa situazione sono presumibilmente correlabili all'azione di comunicazione attivata dalle Amministrazioni per promuovere l'acquisto di mezzi a basso impatto: effettuando un raffronto con gli indicatori per la Provincia di Milano, il cui territorio ha un'estensione pari alla metà di quello di Bologna, si evidenzia:

- una densità di punti di distribuzione comparabile (numero punti vendita / kmq);
- un valore pari a 1/5 rispetto alla disponibilità di punti vendita per autovettura circolante nell'area emiliana,
- un numero di veicoli circolanti che a Milano rappresenta solo 1/8 di quelli presenti nell'area di Bologna.

La copertura territoriale attuata (e in corso di attuazione) non è però sufficiente, da sola, ad innescare quel processo di spostamento della domanda verso l'acquisto di veicoli a basso impatto: sola la Pubblica Amministrazione può incentivare gli automobilisti, attraverso il ricorso a meccanismi di command and control, per l'acquisto e l'utilizzo di veicoli ibridi; non si deve infatti tralasciare il ruolo di traino che solo gli Enti Locali possono giocare per innescare il cambiamento, che si basa, oltre che sull'effettiva localizzazione di adeguati punti di distribuzione sul territorio, anche sulla comunicazione attuata presso i cittadini affinché siano correttamente segnalati i benefici che l'utilizzo di veicoli ibridi possono apportare: massimo risparmio economico, relativa facilità di approvvigionamento, netto contributo al miglioramento della qualità dell'aria.

Per quanto riguarda i punti di distribuzione del Gas Propano Liquido (GPL) si evidenzia come i 2.114 punti di distribuzione presenti in ambito nazionale²⁴ possano far sperare in un maggior ricorso all'utilizzo di questo carburante

Per quanto riguarda i punti di distribuzione di altri carburanti a basso impatto (biodiesel²⁵, bio-etanolo, emulsioni di gasolio, ecc.) si deve evidenziare come la rete di distri-

²³ Fonte: Federmetano, 2004.

²⁴ Dato 2003, fonte: Assogasliquidi.

²⁵ L'art. 43 della finanziaria 2005 individua un programma per l'utilizzo del biodiesel, puro o miscelato con oli minerali della durata di sei anni, a decorrere dal 1 luglio 2004 fino al 30 giugno 2010, esentandolo dall'accisa nei limiti di un contingente annuo di 300.000 tonnellate. Si deve evidenziare come solo le miscele gasolio-biodiesel con contenuto in biodiesel in misura inferiore o uguale al 5%, possano essere avviate al consumo sia presso utenti extra-rete sia in rete, mentre le miscele con contenuto in biodiesel pari al 25%, possano essere avviate al consumo solo presso utenti extra-rete. Questa norma limita di fatto la possibilità di utilizzare, nel territorio italiano bio-

buzione sia sostanzialmente inesistente e la normativa europea recepita sia fortemente vincolante circa l'introduzione di questi carburanti alternativi.

In Europa i consumi nel settore trasporti sono in continua crescita e tutte le politiche per contenere i consumi di petrolio devono essere perseguite, nell'attesa che la percentuale di veicoli che utilizzano carburanti alternativi (metano, GPL, biodiesel) salga dall'attuale 4,58 % (valore registrato nel 2002 per il solo parco autovetture diversamente alimentate in Italia) a valori maggiormente significativi.

La mobilità privata nelle aree urbane: altre misure innovative

Sono state valutate le misure innovative introdotte per quanto riguarda la centralizzazione semaforica e la predisposizione di piani semaforici basati sull'analisi dei flussi di traffico, la presenza di centri per il controllo del traffico urbano e la presenza di sistemi automatici per l'indirizzamento dei flussi veicolari in presenza di incidenti o code.

In molte aree metropolitane sono stati implementati sistemi innovativi ma non in tutte le realtà osservate i sistemi di comunicazione all'utenza paiono efficienti: spesso i pannelli a messaggio variabile indicano la presenza di code ma non suggeriscono itinerari alternativi.

Nella quasi totalità dei casi analizzati, il personale addetto alla gestione dei flussi di traffico, la Polizia Locale e i conducenti dei servizi di trasporto pubblico (bus, tram, filobus e taxi) non comunicano attraverso un unico sistema di controllo in grado di gestire l'emergenza attuando azioni di compensazione sul sistema della mobilità e i cittadini risultano pesantemente penalizzati.

La mobilità privata nelle aree urbane: le infrastrutture per la sosta

La recente introduzione della sosta a pagamento rientra tra le strategie di mobilità urbana adottate per limitare la sosta prolungata nel tentativo di spostare la domanda di mobilità sistematica (spostamenti casa-lavoro) verso l'utilizzo dei mezzi pubblici: lo strumento è sempre più diffuso in tutte le aree urbane ed i posti auto soggetti a tariffa sono in aumento, talvolta però senza una grossa efficacia a livello di positive ricadute ambientali ma di indubbia utilità per il finanziamento delle singole Amministrazioni Comunali.

Gli indicatori elaborati per valutare le politiche sulla sosta sono i seguenti:

- dotazione e trend (2001, 2002) dei posti auto a pagamento: nell'aumento generalizzato che ha interessato tutte le aree metropolitane gli incrementi percentuali relativi più contenuti si registrano, come è naturale attendersi, in quelle realtà urbane che hanno adottato politiche di tariffazione diffusa prima rispetto ad altre città (è il caso di Napoli e Bologna) mentre solo negli ultimi due anni altre aree metropolitane hanno attuato o hanno in corso di attuazione provvedimenti per la graduale estensione delle aree destinate alla sosta a pagamento;
- posti auto a pagamento in rapporto alle autovetture immatricolate: il minor numero di stalli a pagamento in rapporto a cento autovetture immatricolate si registra a Genova (1,23) sino a giungere a valori mediamente più consistenti come nel caso di Bologna (12,8);
- le tariffe orarie applicate (in termini di tariffa massima oraria) oscillano, in tutte le città considerate, tra 1 e 2 Euro;
- gli introiti derivanti dalle politiche di tariffazione della sosta: rappresentano un'im-

diesel, per autotrazione puro (90% olio di colza, 10% alcol) senza che questo sia gravato da accisa (Commissione Europea - P.N.501PC0813). Se si considera inoltre come il consumo annuo di gasolio per autotrazione in Italia - dato 2003 - superi i 22 Milioni di tonnellate la percentuale di biodiesel sgravata dalla accise risulta essere pari al solo 0,15%.

portante voce delle Entrate Extratributarie per gli Enti Locali. I valori oscillano tra gli 80 centesimi di Euro/anno per abitante a Napoli, ad un massimo di 19,08 Euro/anno per abitante) per Bologna, a fronte di un valore medio di 10,19;

- gli introiti percepiti in relazione alle sanzioni applicate in base al Codice della Strada: con riferimento all'anno 2002, le voci relative ad infrazioni connesse al tema della sosta rappresentano l'80%: l'importo espresso in Euro/(abitante per anno) oscilla tra i 21 Euro di Genova e i 72 Euro di Roma. Le sanzioni nelle grandi metropoli del Nord Italia garantiscono introiti pari a 42 Euro, valore di poco superiore al valor medio che si attesta intorno ai 38 Euro;
- gli introiti annui per ogni singolo posto auto: l'analisi degli introiti per singolo posto auto evidenzia una forbice più grande tra le città prese in esame, con un massimo di 948 Euro per ogni posto auto soggetto a tariffa a Milano, ad un minimo di 33 per Napoli, laddove il valore medio è 338. L'analisi degli ultimi quattro indicatori descritti permette di avanzare alcune ipotesi relative al fatto che in determinate città i posti auto a sosta tariffata siano inutilizzati, i cittadini omettano il pagamento della sosta oppure vi siano errate denunce degli introiti annui percepiti (ridotta esposizione delle Entrate Extratributarie percepite su questa voce);
- la tariffazione dei parcheggi per i residenti²⁶: è stata introdotta, tra le otto città osservate, nella sola città di Torino (200 Euro/anno), ed è infatti gratuita²⁷ nelle altre;
- la presenza di sistemi remoti per la prenotazione del posto auto: questi sistemi sono stati introdotti dalle Amministrazioni Comunali delle sole città di Torino e Genova: nelle altre città esistono servizi analoghi gestiti però da privati;
- Numero posti auto presso i parcheggi di interscambio ogni 1.000 addetti nel comune capoluogo: Questo indicatore è molto diffuso in letteratura, utilizzato anche in ambito internazionale e correlabile alla percentuale di spostamenti casa-lavoro con i veicoli privati. Solitamente è tanto più elevato quanto maggiore risulta essere l'offerta di trasporto pubblico nell'area centrale (si vedano i dati riferiti a questo indicatore nel paragrafo Confronti internazionali) segno di una tendenza comune in campo europeo ad incentivare l'ingresso in città con i mezzi pubblici. I dati evidenziano valori che oscillano tra i 10 posti auto a pagamento per addetto a Firenze²⁸ ai 40 di Bologna²⁹. Non si evidenzia per nessuna area metropolitana, ad esclusione della Provincia di Napoli, quella visione integrata dei sistemi di trasporto pubblico (ferrovie, metropolitane, linee automobilistiche seppur affidate a differenti gestori) che dovrebbe caratterizzare l'offerta di trasporto nelle aree più densamente urbanizzate.

Le infrastrutture per il trasporto pubblico

Per la valutazione dell'offerta di trasporto pubblico³⁰ la scelta del set di indicatori è ricaduta sui seguenti:

²⁶ (Tariffa residenti riferita alla sola prima auto).

²⁷ Uno studio di Aipark, 2003 evidenzia come su un campione di 54 città italiane siano 30 quelle che hanno introdotto tariffe anche per i residenti.

²⁸ Per Firenze i valori esigui evidenziano uno degli aspetti principali della diversione modale: non si possono catturare quote maggiori di utenza senza un'adeguata politica per il potenziamento dei luoghi di interscambio.

²⁹ Per Genova si evidenziano soli 3 posti auto ogni 1.000 addetti ma il dato estremamente basso è dovuto alla mancata contabilizzazione da parte del gestore di trasporto pubblico dei posti auto presenti nei parcheggi di interscambio ubicati nei pressi delle stazioni ferroviarie della Provincia.

³⁰ La domanda non risulta invece essere espressa dai passeggeri complessivamente trasportati poiché questo indicatore rappresenta la sola quota di utenza *catturata* e non quella che teoricamente potrebbe avvalersi del servizio offerto grazie a modificazioni di orari, tracciati, corrispondenze, interscambi ecc.

- chilometri di servizio offerto in rapporto alla pressione demografica (espresso in $\text{Vetture}^{\text{km offerte}}/(\text{abitanti} + \text{addetti})$) sia in termini di residenti più addetti sia in termini di soli residenti. L'analisi effettuata includendo abitanti e addetti agevola la comparazione dei risultati e sostanzialmente restituisce un valore calibrato sull'offerta che i gestori di trasporto pubblico erogano, offerta che chiaramente risulta tarata sull'utenza potenzialmente attratta. I dati evidenziano il servizio di trasporto pubblico offerto, complessivamente buono per Milano, Torino e Roma;
- rapporto tra estensione delle linee di trasporto pubblico e la superficie interessata dal servizio altresì definito indice di copertura del servizio ed espresso in km^2 : nell'analisi effettuata è stato calcolato l'indice di copertura del servizio su ferro (linee metropolitane, tram, ferrovie, analogo all'indicatore elaborato per il Conto Nazionale Trasporti 2002 e denominato "Densità delle ferrovie") e per altre tipologie riferibili al servizio su gomma: autobus, filobus³¹. (km di linee ferroviarie per 100 km^2 e km di linee su gomma per 100 km^2 : l'indice di copertura del servizio su ferro risulta essere estremamente buono per Milano ($238 \text{ km}/\text{km}^2$), Torino (182), mediamente buono per Napoli (83) mentre per le altre città osservate i valori oscillano tra i $63,5 \text{ km}/\text{km}^2$ di Firenze e i 27 di Roma;
- domanda di trasporto pubblico intercettata espressa in termini di (passeggeri trasportati)/(abitanti + addetti): l'analisi evidenzia buone performance per il servizio di trasporto pubblico di Roma, seguito (con distacco) da tutte le altre città;
- densità del servizio di trasporto pubblico erogato: questo indicatore, utilizzato successivamente anche per i confronti in ambito internazionale, è stato oggetto di ulteriore analisi: si è infatti evidenziato come la densità del servizio di trasporto pubblico offerto sia positivamente correlabile³² alla densità di popolazione ($\text{abitanti}/\text{km}^2$). Per quanto riguarda la densità d'offerta del trasporto pubblico ($\text{Milioni_posti}^{\text{km_anno}}/\text{km}^2$) i dati evidenziano come la copertura per le città di Milano (39,2), Napoli e Firenze sia complessivamente piuttosto elevata con valori pari al triplo o al doppio di quelli che si registrano per le città di Bologna, Palermo e Genova;
- la velocità commerciale dei mezzi di trasporto pubblico di superficie: questo indicatore evidenzia il livello di congestione veicolare ed è strettamente correlato all'estensione delle corsie preferenziali per i mezzi pubblici. L'analisi dei dati evidenzia un'elevata velocità dei mezzi di trasporto pubblico nella città di Torino ($18,2 \text{ km}/\text{h}$), velocità particolarmente elevata se si considera come questo valore sia conseguito dai "soli mezzi di superficie"; segue la città di Roma ($15,8 \text{ km}/\text{h}$), e chiude Palermo con $12 \text{ km}/\text{h}$;
- l'anzianità del parco veicoli: l'età media del solo parco su gomma è pari a 8,4 anni ed oscilla tra i 16 anni a Torino e i 6 anni di Napoli e Palermo;
- la riconversione della flotta di trasporto pubblico con mezzi a basso impatto: la rappresentatività di questo indicatore non si limita alla valutazione del parco ma ha anche un legame molto stretto con le ricadute ambientali in quanto nelle aree urbane, in un territorio quindi relativamente limitato e spesso caratterizzato da scarsa ventilazione, si concentrano forti flussi di traffico e rilevanti livelli di inquinamento atmosferico di cui il trasporto pubblico è corresponsabile. La scelta di trasformare gradualmente il parco veicoli sostituendo i "vecchi autobus" con mezzi Euro 4, elettrici, ibridi o a metano è segno di grande attenzione per l'ambiente urbano e la tutela della

³¹ Sarebbe interessante in una successiva fase della ricerca elaborare la densità dei servizi di trasporto pubblico in sede riservata sul totale linee offerte disaggregando il dato per tipologia ma attualmente molti (tram e filobus) risultano essere servizi in sede promiscua oppure erogati in corsie solo "nominalmente preferenziali" ma di fatto non controllate (senza alcuna sanzione per chi le occupa abusivamente per il solo transito o la sosta).

³² Fattore di correlazione 0,99 e $T_{\text{stud}} 0,006$.

salute pubblica. Tra le città che per prime hanno optato per l'introduzione dei veicoli a metano³³ e che presentano il parco veicoli a metano numericamente più consistente si trovano Firenze (80 mezzi) e Palermo (60).

In estrema sintesi si può affermare come la scelta che induce più del 70% dei lavoratori pendolari³⁴ all'utilizzo del mezzo privato sia sostanzialmente riconducibile all'inadeguatezza del sistema di trasporto pubblico; i fattori sono molteplici ma spesso non esattamente osservati: si citano la non sistematicità degli spostamenti, la scarsa comunicazione relativa al servizio effettivamente offerto, lo scarso comfort, il basso livello di sicurezza (furti, incontri sgradevoli), il costo troppo elevato, e soprattutto la scarsa frequenza, punto fondamentale poiché il fattore tempo è, per la maggioranza delle persone più importante del fattore costo³⁵: la percezione del tempo di viaggio effettivo (vera o presunta, in quanto l'utente tende a non valutare come tempo di viaggio quello speso per la ricerca di un posto auto e percepisce in maniera errata l'automobile come mezzo "rapido" soprattutto negli spostamenti verso il centro cittadino) è spesso elevato e l'utente opta per il mezzo di trasporto privato.

L'interscambio con i mezzi di trasporto di superficie è poco praticato a causa delle basse velocità di esercizio e il problema della congestione non sembra risolvibile mediante l'attuazione di norme tese ad una eccessiva limitazione dell'utilizzo del mezzo di trasporto privato.

Infatti le restrizioni eccessive all'uso dell'autoveicolo, in presenza di un sistema di trasporto pubblico di non adeguata capacità, inducono aggravii sul costo generalizzato di alcuni spostamenti, distorsioni sul livello di distribuzione della domanda di trasporto unitamente a differenti strutturazioni d'uso del suolo e delle attività economiche, generando costi che possono superare i benefici conseguiti attraverso gli interventi di potenziamento del trasporto pubblico. Questo fenomeno di retroazione rappresenta il principale elemento di autoregolazione del sistema: limita la domanda, ne determina la distribuzione nell'arco della giornata, condiziona la scelta della destinazione e della modalità, determina il carico relativo dei diversi elementi del sistema e, nel lungo periodo, influenza lo sviluppo economico e insediativo delle diverse zone della città e dell'area metropolitana.

Le infrastrutture per la ciclo-pedonalità

Sono stati evidenziati alcuni indicatori che possono restituire il quadro delle azioni messe in atto dalle singole Amministrazioni al fine di incentivare la mobilità ciclo-pedonale: Per quanto riguarda la ciclabilità gli indicatori considerati sono:

(a) estensione e densità delle Zone a Traffico Limitato (con possibilità di transito in bicicletta³⁶) e Zone con massima velocità consentita pari a 30 km/h, Zone30. La densi-

³³ Fonte: Federmetano, Dati riferiti all'anno 2002.

³⁴ Percentuale fornita dall'aggregazione di conducenti più passeggeri trasportati.

³⁵ In Isfort, 2004 si segnala come "Tra i raggruppamenti di motivazioni (l'intervistato ne poteva indicare due), le ragioni riconducibili all'accessibilità/comodità nel loro complesso raccolgono il maggior numero di indicazioni (66,5% nel totale), staccando piuttosto nettamente le motivazioni legate al fattore "tempo" (37,1%)": si deve non osservare come l'accessibilità di un luogo (tra le possibili risposte incluse in questa macro-categoria: "Dovrei camminare troppo per raggiungere la fermata", "Nessun mezzo per raggiungere la fermata", "Dovrei prendere più di un mezzo", "Non coincidono gli orari dei mezzi pubblici con quelli dei miei spostamenti", "lo scambio non è agevole (tempi di attesa lunghi/troppa strada da percorrere)" venga necessariamente associata alla presenza/assenza di collegamento diretto e quindi anche in questa definizione il fattore tempo risulti di fatto essere incluso.

³⁶ Risultano quindi escluse alcune aree ZTL identificate ai soli fini del transito mezzi pubblici o come limitazione urbana a talune categorie di veicoli merci.

tà è stata valutata in m² ZTL per 100 km² di superficie comunale complessiva. I valori più bassi sono quelli di Milano e Palermo, le città con Zone a Traffico Limitato più estese risultano essere quelle di Roma, Firenze, Bologna e Napoli;

- (b) densità delle Aree Pedonali (mq aree pedonali per 100 abitanti) e (mq aree pedonali per 100 km²) e livello di raggiungimento del target ottimale (1m²/abitante);
- (c) estensione e densità delle piste ciclabili (km² piste ciclabili per 100 km²);
- (d) facilitazioni adottate per la circolazione delle biciclette, quali: possibilità per le biciclette di transitare nei «controviai» con limite di velocità imposto a tutti gli autoveicoli (e pari a 30 km/h), lo sviluppo dell'integrazione tra bici e trasporti pubblici, la possibilità di percorrere in bicicletta con doppio senso di marcia - strade adibite a senso unico veicolare; marciapiedi lungo i quali sia consentito³⁷, in modo separato o promiscuo con i pedoni, il transito delle biciclette; transito nei parchi e nei giardini pubblici consentito ed agevolato dalla scelta del manto di copertura dei vialetti interni; transito consentito per le biciclette nelle corsie preferenziali per i mezzi pubblici di larghezza superiore a 4 m.; possibilità di trasporto delle biciclette sui mezzi pubblici, la qualità e la tipologia del manto stradale: la valutazione complessiva effettuata sui parametri indicati segnala come in alcune città sia oggettivamente difficile spostarsi in bicicletta;
- (e) installazione di strutture pubbliche per il parcheggio delle biciclette (rastrelliere) e tipologia prevalente (coperte, con sistemi di sicurezza): la mancanza di informazioni puntuali ed omogenee per tutte le aree oggetto di studio non permette di stilare una corretta classifica ma nelle otto aree metropolitane si è ben lontani dalla tipologia di ricoveri per biciclette realizzati in Svizzera, Germania o Francia. In molte tra le città oggetto di studio inoltre gli archetti per lo stazionamento delle due ruote sono indifferentemente utilizzati per moto e cicli. Le coperture, laddove esistono, sono maltenute o rotte. Non esistono sistemi per il ricovero delle biciclette in totale sicurezza. Non risultano essere presenti sistemi per la ricarica di veicoli elettrici a due ruote.
- (f) la presenza di punti per il noleggio biciclette e di ciclo-officine sul territorio, ovvero quantificazione dei punti ove sia possibile far effettuare manutenzione della bicicletta;
- (g) le politiche adottate dalle Amministrazioni Comunali per il contenimento dei flussi veicolari in termini di:
 - limitazioni di traffico sulla base della tipologia del veicolo (età del veicolo, dimensioni: portata e lunghezza del veicolo commerciale) (Firenze, Bologna, Milano);
 - limitazioni sulla base dei differenti standard emissivi (Roma, Palermo)
 - limitazioni per non residenti (Milano);
 - riduzione dell'accessibilità veicolare per finestre temporali ed orarie (Bologna e Milano);
 - interventi di pedonalizzazione (Napoli, Genova, Palermo).

Per la pedonalità, oltre ad alcuni tra gli indicatori precedentemente citati (punti a, b, g), sono stati individuati in seguenti:

- quantificazione e valutazione degli interventi (o della manutenzione dei sistemi esistenti) per agevolare la pedonalità (sistemi ettometrici, ascensori per superare i dislivelli, passerelle pedonali e sottopassi, applicazione di interruttori per l'attraversamento pedonale negli attraversamenti semaforizzati, predisposizione di fasi semaforiche per agevolare i flussi pedonali), numerosità e localizzazione dei "sistemi di seduta" collocati lungo le strade e valutati in rapporto all'estensione complessiva delle strade comunali (escludendo quindi tutte le panchine presenti all'interno dei parchi

³⁷ In alcune città è consentito il transito delle biciclette lungo le corsie preferenziali degli autobus qualora queste siano di larghezza superiore ai quattro metri.

urbani): si tratta per lo più di indicatori quali-quantitativi e non ancora sufficientemente esplorati. Da una prima analisi si evidenzia come i flussi pedonali esistenti non siano tenuti in adeguata considerazione ad esclusione delle città a forte connotazione turistica.

- altri indicatori che incentivano / disincentivano la mobilità pedonale:
 - numero di giorni di superamento dei limiti per la qualità dell'aria; [si veda Di Carlo, Moricci e Mastrofrancesco, "L'inquinamento atmosferico nei principali agglomerati italiani"];
 - numero di incidenti a carico dei pedoni in rapporto sia al numero complessivo incidenti sia alla popolazione insediata; indicatore già trattato nel paragrafo relativo agli Incidenti;
 - presenza di un piano per la mobilità pedonale (o di un capitolo dedicato a questo specifico tema all'interno dei piani di traffico) sull'esempio di quelli redatti nelle principali città europee; nessuna tra le città osservate ha redatto un piano per la mobilità pedonale anche se il tema pedoni risulta diffusamente trattato in alcuni Piani Generali del Traffico Urbano (Roma, Firenze, Torino, Napoli, Genova);
 - numero di scippi o borseggi in rapporto al totale reati denunciati e numero di scippi o borseggi per 100.000 abitanti (valori provinciali): questi indicatori evidenziano il rischio potenzialmente connesso ad uno spostamento a piedi. L'analisi dei dati relativi al 2001 e 2002 ha evidenziato valori piuttosto elevati per le aree metropolitane di Bologna, Torino e Roma e una crescita di questa tipologia di reati nel periodo 2001-2002 nelle aree di Torino (+51%), Napoli (+16%) e Bologna (+12%).

Altre infrastrutture per la mobilità nelle aree urbane

Sono state considerate le misure adottate a supporto dei sistemi tradizionali:

- servizi di car sharing: solo alcune tra le città osservate hanno introdotto il servizio (Torino, Bologna, Milano, Genova) e in alcuni casi le agevolazioni previste per gli utenti includono, oltre alla sosta gratuita nei parcheggi a pagamento, l'accesso alle zone a traffico limitato (ZTL), lo sconto sull'acquisto degli abbonamenti per il trasporto pubblico e la possibilità di transitare nelle corsie preferenziali: in tal modo il car sharing viene correttamente equiparato ai veicoli per la mobilità collettiva (bus o taxi). I veicoli messi a disposizione degli utenti sono recenti, spesso ecologici, bi-power (ibridi a metano o elettrici), in ogni caso con emissioni inquinanti particolarmente contenute;
- punti di ricarica per i veicoli elettrici: sono rarissimi nelle città osservate sebbene siano stati finanziati dal Ministero dell'Ambiente. Risultano assenti anche nei parcheggi in corso di realizzazione in molte città: i posti auto (o una quota di quelli presenti o in progetto) non risultano essere dotati di prese per la ricarica elettrica;
- servizi a chiamata: sono stati efficacemente introdotti in alcune città ma spesso non sono sufficientemente pubblicizzati;

servizi per il trasporto merci in ambito urbano: l'offerta crescente di operatori del settore del trasporto professionale (conto terzi) ha in parte migliorato il sistema di trasporto merci in ambito urbano ma solo la città di Genova ha saputo introdurre, prima in Italia, un innovativo sistema per il servizio di distribuzione merci ai negozi del centro storico, iniziativa di successo recentemente adottata anche da altre città di media dimensione.

Confronti internazionali

È stato effettuato un raffronto tra le otto aree metropolitane e altre sette città nel mondo: Houston (TX, USA), Melbourne (Australia), Londra (UK), Parigi (FR), Monaco di Baviera (D) e Tokyo (Giappone).

Sebbene la popolazione insediata sia assolutamente più numerosa all'estero di quanto

non sia nelle aree metropolitane in ambito nazionale, il confronto è stato effettuato poiché ognuna delle sei città presenta una densità abitativa (abitante/km²) mediamente confrontabile con quella di almeno una delle otto città prese in esame. Ogni indicatore (i dati sono tutti riferiti al 2001) è stato quindi normalizzato pesandolo sulla popolazione.

Gli indicatori osservati sono i seguenti:

- **numero annuo di morti per incidente stradale per 1.000.000 abitanti:** l'analisi evidenzia un elevato numero di decessi per incidenti stradali per Roma (142), Houston (130), Bologna (105). La città di Londra risultava già nel 2001, prima dell'introduzione della Congestion Charge una città complessivamente piuttosto sicura (con un valore pari a 35) e comunque la più sicura tra le 14 città osservate;
- **numero autovetture per 1.000 abitanti:** la città con più autovetture per 1.000 abitanti risulta essere Roma (761); è seguita da Houston (695), e dalle altre città italiane che si attestano quasi tutte al di sopra delle 600 unità. Ultime, ma con merito, Londra (330) e Tokyo (305).
- **numero posti parcheggio per 1.000 addetti:** si tratta di un indicatore interessante ma che forse non permette di avanzare corrette interpretazioni poiché attualmente per l'Italia risultano quantificati i soli stalli a pagamento (e in area pubblica) mentre nel resto del mondo risultano conteggiati tutti gli stalli parcheggio (a prescindere dalla natura – pubblica o privata – del posto auto).
- **densità offerta del trasporto pubblico** (milioni di posti annui offerti*km/km²): questo indicatore spiega perfettamente il forte ricorso all'utilizzo del mezzo privato in Italia. La classifica ottenuta evidenzia come in tutte le città europee i posti*km offerti siano dieci volte superiori a quelli offerti in Italia. I valori oscillano tra i 5.100 di Londra, i 3.000 di Monaco o i 1.500 di Parigi e valori compresi tra i 100 e i 400 per le città italiane, con un relativo miglior servizio offerto nelle città di Milano, Torino, Napoli, Firenze.
- **densità servizi**, misurata come rapporto tra la densità d'offerta Trasporto pubblico (100.000 posti*km/km²) e la densità abitativa (abitanti/km²): questi due indicatori presentano dati fortemente correlati per le sole città all'estero³⁸, e sensibilmente meno per le aree metropolitane nel contesto nazionale³⁹: si evidenzia un'ottima densità di servizi per le città di Londra (0,86), Monaco (0,54), Tokyo (0,49)⁴⁰, Melbourne e Parigi (rispettivamente con 0,32 e 0,31). I valori per le città italiane osservate oscillano tutti tra 0,01 e 0,06.

Scenari a breve-medio termine⁴¹

Nella valutazione delle politiche ambientali introdotte nelle principali aree metropolitane è necessario, considerare il quadro di riferimento generale.

Negli ultimi anni, in seguito al recepimento delle Direttive Europee in materia di contenimento delle emissioni di inquinanti in atmosfera, lo Stato e le amministrazioni locali hanno adottato numerosi provvedimenti a favore della mobilità sostenibile, allo scopo di favorire l'utilizzo di modalità di trasporto a basso impatto ambientale. Tra i numerosi interventi cofinanziati dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio nel periodo 1999 - 2003, per promuovere interventi strutturali finalizzati alla riduzione permanente dell'impatto ambientale e dei consumi energetici derivanti dal traffico urbano, sono stati impegnati a favore della mobilità sostenibile circa 220 Milioni di Euro erogati a favore di Enti Locali e Regioni per interventi sulla mobilità, e in particolare relativi:

³⁸ Fattore di correlazione 0,99; $T_{\text{stud}} = 0,00034$.

³⁹ Fattore di correlazione 0,87; $T_{\text{stud}} = 0,00034$.

⁴⁰ Questo valore potrebbe in parte spiegare perché nella capitale del Giappone occorre persona addetto all'incarozzamento.

⁴¹ Paragrafo a cura di Riccardo Simone (APAT) e Paola Villani.

- alla promozione di carburanti a basso impatto ambientale attraverso la conversione a gas metano e GPL di auto alimentate a benzina (Iniziativa Carburanti a basso impatto ambientale ICBI 25 milioni di Euro);
- alla diffusione di ciclomotori a ridotti consumi e emissioni (Accordo ANCMA 25 milioni di Euro);
- alla diffusione di veicoli alimentati a metano e agli incentivi per lo sviluppo della rete di distribuzione (Accordo MATT-FIAT-Unione Petrolifera 15,5 milioni di Euro);
- al governo della domanda di mobilità (Mobility Management 15,5 milioni di Euro);
- alla diffusione di servizi di trasporto alternativi all'auto privata (Car-Sharing circa 9 milioni di Euro);
- a progetti di mobilità sostenibile nelle aree urbane quali servizi di taxi collettivo, sistemi telematici per la limitazione del traffico, acquisto di flotte di veicoli a basso impatto ambientale, attivazione di centraline di monitoraggio per la qualità dell'aria, creazione di strutture per il mobility management (Interventi Strutturali –Domeniche Ecologiche 2000, Programma Stralcio di Tutela Ambientale e Programmi Radicali per la Mobilità Sostenibile milioni 118 di Euro);
- a progetti per la riduzione dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane nella Regione Lombardia (Accordo di Programma con la Regione Lombardia).

Al fine di conseguire risultati efficaci l'erogazione di tali risorse deve essere supportata autonomamente dalle usuali politiche di mobilità con adeguati stanziamenti ordinari, nell'ambito di una attenta pianificazione territoriale. La necessità di un impiego consistente di risorse a favore della mobilità nelle aree urbane è stato anche il tema di un incontro, tenutosi il 3 marzo 2004, tra i rappresentanti dell'ANCI ed il Ministro dell'Ambiente, nel corso del quale i Sindaci dei comuni italiani hanno richiesto specifici interventi per garantire risorse adeguate e finalizzate a:

- Piani Urbani della Mobilità,
- rinnovo parco autobus,
- realizzazione di infrastrutture per il trasporto rapido di massa,
- realizzazione di parcheggi di interscambio,
- interventi per la mobilità ciclistica,
- applicazioni tecnologiche per il controllo delle violazioni della circolazione,
- applicazioni tecnologiche per la gestione e regolazione del traffico e della mobilità urbana,
- alla gestione della domanda di mobilità nelle aree metropolitane (passeggeri e merci),
- all'introduzione di carburanti alternativi e di veicoli a trazione elettrica (autobus e veicoli per trasporto merci) nei centri urbani ed in particolare nelle ZTL.

A titolo di esempio, l'attuazione degli interventi per il trasporto collettivo (per i PUM di Roma e Milano sono stati infatti previsti interventi che comportano un impiego di risorse pari rispettivamente a 6 e 9 Miliardi di Euro), richiede una specifica programmazione degli investimenti, che non possono certamente trovare intera copertura nell'ambito di provvedimenti straordinari.

Nell'immediato si tratta di incentivare forme di mobilità sostenibile (car pooling e car sharing), orientare la popolazione ad un maggior utilizzo dei servizi di trasporto pubblico esistenti, agevolare la diversione modale e la ciclo-pedonalità per gli spostamenti sulle medie distanze.

Alcuni fattori contribuiscono già attualmente ad incrementare gli spostamenti pedonali e quelli su due ruote:

- la crescente congestione veicolare che innalza i tempi di spostamento;
- la scarsa disponibilità di posti auto unitamente alla sempre più diffusa tassazione della sosta;
- l'adozione di provvedimenti restrittivi per la circolazione dei veicoli a causa del crescente inquinamento atmosferico e acustico indotto dal traffico veicolare;

- l'aumento del costo dei carburanti e il conseguente ricorso a modalità alternative (utilizzo sistemi di trasporto pubblico e car pooling) attuate anche includendo tratte a piedi. Per quanto riguarda la mobilità pedonale si evidenzia anche un crescente desiderio di riappropriarsi dello spazio urbano con sicure positive ricadute sui rapporti sociali e sulla qualità della vita.

Alcune città si sono recentemente dotate di linee guida o appositi piani per favorire la mobilità pedonale ma si tratta di interventi realizzati principalmente in contesti urbani a forte vocazione turistica: non si evidenziano ancora in Italia documenti di programma articolati e indirizzati sia a ridurre gli ostacoli che contrastano gli spostamenti a piedi sia atti a garantire una maggiore sicurezza.

Alcuni recenti provvedimenti relativi alla tariffazione degli accessi nell'ambito urbano centrale e altri legati alla diversione modale dovrebbero inoltre essere correttamente indirizzati: la riduzione dei livelli di congestione veicolare e il conseguente innalzamento delle velocità medie in ambito urbano possono (come già registrato a Londra a seguito dell'introduzione della tariffazione degli accessi) purtroppo essere causa di maggiori rischi per i pedoni. Come già evidenziato la velocità rappresenta un fattore di rischio per i pedoni e quindi ogni provvedimento atto ad aumentare la velocità dei veicoli in ambito urbano dovrebbe essere controbilanciato da appositi studi sui flussi pedonali che insistono sull'area interessata.

Considerazioni conclusive

Dal punto di vista dei possibili scenari sul tema trasporti nelle aree metropolitane si possono evidenziare le numerose potenzialità insite nei differenti contesti territoriali osservati e forse non ancora adeguatamente sfruttate:

- i centri storici potrebbero veramente essere punti di sicuro interesse per l'avvio di politiche di car sharing che individuino, nell'amministrazione collettiva delle risorse (in questo caso veicoli), un valore aggiunto da spendere anche come esempio di buona pratica in campo europeo. Un segnale di fiducia nei confronti delle aree urbane più densamente popolate, con positive ricadute per il rilancio del settore automobilistico in Italia, un segnale di crescita occupazionale ottenuto affidando alla collettività l'utilizzo condiviso di vetture a basso impatto, ciclomotori e biciclette, creando punti per la manutenzione dei veicoli tali da creare anche occupazione, radicando il senso di identità territoriale. Si fa riferimento alla possibilità di dotare gli abitanti di apposite smart card con le quali accedere ai veicoli adibiti al servizio car sharing, incentivando l'utilizzo dei veicoli in car sharing proprio a partire dalle situazioni di forti densità d'uso del suolo (Milano, Napoli);

Tra le molteplici azioni da attuare nel breve periodo si possono citare:

- la ristrutturazione dei servizi di trasporto pubblico su gomma con particolare riferimento al miglioramento delle condizioni di circolazione dei mezzi (corsie preferenziali, punti di interscambio);
- le potenzialità offerte dai rinnovati sistemi ferroviari;
- il potenziamento del sistema dei servizi di trasporto pubblico anche attraverso il ridisegno della rete e la collocazione di pensiline a tutte le fermate;
- la possibile istituzione di sistemi di trasporto collettivo a chiamata per consentire a quanti lavorano nei plessi terziari ubicati nel territorio provinciale di poter accedere alle fermate sulle reti di forza;
- l'istituzione⁴² di Uffici Progetto Tempi anche nelle aree metropolitane che ancora non risultano essere dotate di queste strutture al fine di incentivare la redazione di "piani tempi e orari" e "calendari eventi" di concerto con i comuni limitrofi nell'ottica di una

⁴² Legge n. 53/2000 Capo VII - Tempi delle città, G.U. in data 13 marzo 2000, n. 60.

più completa armonizzazione dei tempi di vita e di lavoro di quanti risiedono nell'intera area metropolitana;

- la rivalutazione della qualità dei luoghi di interscambio modale in termini di garanzia della sicurezza dei parcheggi;
- la predisposizione di convenzioni favorevoli all'utenza per l'utilizzo gratuito dei parcheggi più lontani rispetto all'area centrale;
- la totale unificazione tariffaria con particolare riguardo ai sistemi di tariffazione elettronica del viaggio;
- l'estensione territoriale delle fasce di tariffazione omogenea attualmente presenti in alcune aree metropolitane e l'integrazione tariffaria sul modello dell'Unico-Napoli;
- un'attenzione particolare per tutte le politiche di diversione modale poiché in grado di creare immediato valore aggiunto;
- la valorizzazione degli ambiti urbani, ponendo un deciso freno all'uso prettamente veicolare degli spazi pubblici nelle aree centrali;
- l'istituzione di corsie riservate⁴³ ai soli mezzi pubblici nelle aree più periferiche. Per poter soddisfare i livelli di mobilità richiesti infatti, il sistema del trasporto pubblico in un'area metropolitana deve darsi un'organizzazione funzionale e strutturale tale da acquisire tutta l'utenza "potenziale", cercando di collocarsi in una posizione di forte concorrenzialità e competitività nei confronti del trasporto individuale e privato;
- l'attuazione di interventi mirati, orientati sia al completamento della rete ferroviaria (treno e tram) sia all'utilizzo di sedimi storici che oggi costituiscono asset preziosissimi, da mantenere tali o eventualmente interrare, sull'esempio di Barcellona, Londra, Stoccarda, Napoli;
- la quantificazione economica dei costi della congestione, ancora non esattamente percepiti dalla maggioranza⁴⁴ della popolazione;
- il sostegno alle politiche di mobility management poiché in grado di apportare sicuri benefici economici al tessuto produttivo, terziario e terziario turistico coniugando le aspettative di miglior qualità della vita di quanti costretti ad estenuanti collegamenti di tipo pendolare;
- il sostegno economico per lo svecchiamento del parco veicoli commerciali poiché circa il 45% di essi supera i dieci anni di età, valore percentuale che non trova riscontro in nessun altro Paese e che dimostra quanto sia necessario procedere in questo senso sia per ridurre le emissioni inquinanti sia per contenere i consumi di carburante.

BIBLIOGRAFIA

ACI, Autoritratto 2000

ACI, Annuario Statistico, Roma, 2002

ACI, Annuario Statistico, Roma, 2003

ACI, End-of-life Vehicle, atti del Convegno: La rottamazione dei veicoli: nuove norme e vecchi problemi, Roma, novembre 2002

⁴³ Le corsie preferenziali potrebbero essere a finestra oraria e utilizzabili anche da altre categorie di utenti (car-pooling).

⁴⁴ Sebbene molte persone considerino i tempi di spostamento in automobile alla stessa stregua delle normali attività lavorative giova rammentare come tutto questo abbia un costo, sia di tipo sociale (maggior rischio di incidenti a causa della minor attenzione prestata alla fase di guida) sia, soprattutto, di stress personale che si accumula (si possono compiere operazioni in multitasking per alcuni istanti al giorno ma questo non può caratterizzare buona parte della giornata) con pesanti ricadute sul piano familiare, sociale e comportamentale.

ACI, Osservatorio della Conferenza sulla mobilità nei principali Comuni Italiani, Riva del Garda, 2001

ACI, Rapporto annuale, Roma 2002

AiPark, 2001, Prima indagine nazionale sosta e parcheggi

Ambientitalia, Ecosistema Urbano 2004

Amici della Terra (a cura di), gennaio 2003, Valutazione del vantaggio, in termini di minori costi ambientali e sociali, di un forte sviluppo del trasporto collettivo in ambito urbano, nell'ambito del Programma ENEA, Ministero dell'Ambiente

ANCMA - Milano, Contrassegni rilasciati tra il 1993 ed il 2003

Autostrade, Luglio 2003", Volume del traffico sui tratti elementari della rete. Anno 2002"

Autostrade, Aprile 2004, "Le percorrenze sulla rete Autostrade//per l'Italia",

Autostrade, Febbraio 2004, "Autostrade in Europa Dati aggiornati al 1/1/2003",

Autostrade, Dicembre 2003, "Dati caratteristici dei caselli,

Giuseppe Campilongo, 2004, Aree metropolitane, forme giuridiche, modalità di individuazione, ARPA Lombardia

Comune di Bologna, Piano Generale Traffico Urbano 2000

Comune di Bologna, Piano Strategico Strutturale Comunale, 2003

Comune di Firenze, Piano Generale Traffico Urbano 2000

Comune di Firenze, Piano Generale Traffico Urbano 2002

Comune di Milano, D.G. Ambiente e Mobilità, Raccolta dati statistici sull'ATM e sul trasporto pubblico a Milano fino al 2000, Novembre 2001

Comune di Roma, Piano Generale del Traffico Urbano di Roma, Dipartimento VII - Politiche della Mobilità, 1999

Determinazione Dirigenziale n. 642 del 31/12/2002 - riepilogo dei provvedimenti di limitazione, Comune di Roma

Deliberazione Giunta Comunale n. 790 del 18/12/2001 - divieto di circolazione all'interno dell'anello ferroviario, Comune di Roma

Determinazione dirigenziale n. 71 del 15/02/2002 - specifica sull'entrata in vigore del divieto, Comune di Roma

Determinazione dirigenziale n. 294 del 27/6/2002 - specifica per le auto storiche, Comune di Roma

Isfort- ASSTRA, aprile 2004, Indagine sui comportamenti e le aspettative di mobilità urbana in Italia, Roma

Istituto Guglielmo Tagliacarne, luglio 2004, Unioncamere, Atlante della competitività delle Province

Piano della mobilità del Tridente, Determinazione Dirigenziale n.408 del 6 marzo 2003, Comune di Roma

Kouridis C., et al., Computer Programme to calculate Emission from Road Transport, EEA, Copenhagen 2000

Ministero dei trasporti e della navigazione, Conto Nazionale Trasporti 2000, Roma

Ministero dei trasporti e delle infrastrutture, Conto Nazionale Trasporti 2002, Roma

Modifica della Deliberazione Giunta Comunale n. 790 del 18/12/2001 - autoveicoli esclusi dal provvedimento di divieto, Comune di Roma

Recupero Bruno G., Le aree metropolitane tra la L. 142/1990 e il D.Lgs. 267/2000, in Diritto & Diritti, 1.02.2001

Spampinato M., Villani P., Oltre l'emergenza. Politica ed Economia della mobilità a Milano, ISFORT, Roma, 2002

STA, Metodologia per la stima delle emissioni di traffico veicolare, Roma, 2001

UTP, 2003, Un biglietto per il futuro Tre fermate per la mobilità sostenibile

VTPI 2004, Energy Conservation and Emission Reduction Strategies, Victoria, Canada, 2004

La mobilità individuale a livello comunale

Popolazione 2001	Numero Autostrate per 1000 Abitanti	Numero Autostrade per 1000 Abitanti	Percorso Medio Annuo per Abitante (Km)	Numero Autostrade per 1000 Abitanti	Percorso Medio Annuo per Abitante (Km)	Numero Autostrade per 1000 Abitanti	Percorso Medio Annuo per Abitante (Km)	Numero Autostrade per 1000 Abitanti	Percorso Medio Annuo per Abitante (Km)	Numero Autostrade per 1000 Abitanti	Percorso Medio Annuo per Abitante (Km)	Ripartizione del parco veicoli a 2 ruote espresso in unità / 2002			
												Conversioni	Chilometri		
													Ripartizione del parco veicoli a 2 ruote espresso in unità / 2002		
													Ripartizione del parco veicoli a 2 ruote espresso in percentuale / 2002		
													Ripartizione del parco veicoli a 2 ruote espresso in percentuale / 2002		
Torino	465.261	60	67.00	11	22.5%	41	22.5%	41	22.5%	41	22.5%	41	50.23	119.665	166.126
Milano	1.256.211	62	62.15	21	26.1%	59	26.1%	59	26.1%	59	26.1%	59	212.671	218.118	229.241
Genova	616.107	58	64.50	14	24.3%	38	24.3%	38	24.3%	38	24.3%	38	156.158	127.276	166.596
Bologna	371.217	53	76.50	14	23.2%	31	23.2%	31	23.2%	31	23.2%	31	101.258	118.229	111.116
Firenze	356.118	59	61.70	16	27.2%	56	27.2%	56	27.2%	56	27.2%	56	186.291	198.137	205.218
Roma	2.594.184	70	61.70	27	27.2%	70	27.2%	70	27.2%	70	27.2%	70	269.776	317.927	362.679
Napoli	1.664.566	64	61.60	25	28.3%	46	28.3%	46	28.3%	46	28.3%	46	118.221	126.124	127.614
Palermo	656.752	60	51.60	11	18.1%	11	18.1%	11	18.1%	11	18.1%	11	78.712	91.221	92.619
													Ripartizione del parco autostrade		
													Ripartizione del parco autostrade		
													Ripartizione del parco autostrade		
													Ripartizione del parco autostrade		
Torino	129.117	116.108	141.753	166.207	186.207	248.701	248.701	248.701	248.701	248.701	248.701	248.701	30.160	34.611	49.781
Milano	296.191	151.586	262.276	176.129	176.129	209.641	209.641	209.641	209.641	209.641	209.641	209.641	212.671	218.118	229.241
Genova	59.452	62.85	97.676	41.225	41.225	46.672	46.672	46.672	46.672	46.672	46.672	46.672	156.158	127.276	166.596
Bologna	61.696	66.801	78.651	45.542	45.542	211.166	211.166	211.166	211.166	211.166	211.166	211.166	101.258	118.229	111.116
Firenze	54.167	66.317	76.628	42.528	42.528	187.167	187.167	187.167	187.167	187.167	187.167	187.167	101.258	118.229	111.116
Roma	765.117	103.103	376.564	166.592	166.592	1.521.649	1.521.649	1.521.649	1.521.649	1.521.649	1.521.649	1.521.649	269.776	317.927	362.679
Napoli	161.126	206.325	118.221	118.221	118.221	117.750	117.750	117.750	117.750	117.750	117.750	117.750	78.712	91.221	92.619
Palermo	129.561	61.206	56.566	42.976	42.976	127.659	127.659	127.659	127.659	127.659	127.659	127.659	78.712	91.221	92.619
													Ripartizione del parco autostrade		
													Ripartizione del parco autostrade		
													Ripartizione del parco autostrade		
													Ripartizione del parco autostrade		
Torino	11.6%	14.7%	11.2%	17.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	37.7%	27.3%	24.3%
Milano	16.2%	19.1%	12.2%	16.2%	17.4%	17.4%	17.4%	17.4%	17.4%	17.4%	17.4%	17.4%	70.2%	71.1%	65.1%
Genova	11.3%	26.7%	12.2%	13.6%	18.2%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	15.6%	12.7%	16.6%
Bologna	29.2%	26.7%	11.1%	14.1%	15.1%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	15.6%	12.7%	16.6%
Firenze	27.2%	19.6%	11.7%	28.7%	19.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	15.6%	12.7%	16.6%
Roma	16.1%	15.7%	29.7%	14.6%	18.1%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	70.2%	71.1%	65.1%
Napoli	29.6%	19.7%	14.7%	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%	15.6%	12.7%	16.6%
Palermo	29.6%	15.2%	29.1%	11.5%	14.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	18.6%	15.6%	12.7%	16.6%

La mobilità collettiva a livello comunale

	2002		2001		2002	
Se il rapporto tra il rapporto alla pressione demografica e espresso in abitanti/km ² (abitanti+addetti)	52,39	36,0	52,0	152,0	16,20	8,00
Indice di copertura delle richieste espresse in milioni di posti/km ² per anno (km ²)	67,20	39,2	291,8	291,8	14,50	9,22
Domanda di trasporto pubblico in milioni di persone (abitanti+addetti)	38,02	12,9	183,7	183,7	21,80	9,22
Indice di copertura delle richieste espresse in milioni di posti/km ² per anno (km ²)	31,82	13,7	182,8	182,8	14,80	11,20
Se il rapporto tra il rapporto alla pressione demografica e espresso in abitanti/km ² (abitanti+addetti)	35,29	22,4	n.d.	n.d.	15,00	8,75
Indice di copertura delle richieste espresse in milioni di posti/km ² per anno (km ²)	49,45	11,2	345,6	345,6	15,79	8,00
Domanda di trasporto pubblico in milioni di persone (abitanti+addetti)	27,15	30,4	207,4	207,4	12,40	6,00
Indice di copertura delle richieste espresse in milioni di posti/km ² per anno (km ²)	28,06	13,4	n.d.	n.d.	12,00	6,80

Altri indicatori di offerta di infrastrutture per la mobilità

	Salda a pagamento				Salda in pacchetti a incasso				Media Proforma					
	In sede d'aula		In tempo perso (altri mercati)		In tempo pieno (altri mercati)		In tempo pieno (aula)		Tassa affollamento per 100 studenti		Incremento personale agente per aula		Esecuzione di operazioni straordinarie	
	2024	2022	per 1000 studenti, 2024	per 1000 studenti, 2022	2024	2022	per 1000 studenti, 2024	per 1000 studenti, 2022	1566	2022	2023-2024	2023-2024	2022	2022
Lecce	45.242	42.122	13,2	41,1	766	5.128	122	4,7	11,2	11,62	5,7m	5,7m	24.242	24.242
Foggia	16.216	14.111	20,1	22,1	11.796	14.681	17,9	19,6	7,4	11,66	4.706	4.706	111.266	111.266
Canosa	2.917	3.173	45,3	17,1	428	628	1,6	2,1	2,3	28,13	-2,626	-2,626	121.668	121.668
Bisceglie	27.666	27.127	18,4	17,1	7.863	7.863	19,1	17,3	7,2	14,63	2,016	2,016	47.668	47.668
Frosinone	17.168	19.707	16,1	20,1	1.864	1.864	2,9	3,6	11,2	44,24	4,126	4,126	166.666	166.666
Ugento	47.116	54.666	31,2	28,1	11.524	12.969	12,1	4,7	3,8	14,63	21,626	21,626	147.666	147.666
Pugnochilicci	24.666	24.217	24,1	19,1	1.241	1.241	11,1	4,9	29,6	23,69	-11,766	-11,766	257.666	257.666
Polignano	1.646	24.666	19,1	45,1	2.161	2.161	11,1	3,1	2,3	2,3	-8,266	-8,266	17.668	17.668

	In sede d'aula				In tempo pieno (altri mercati)				Media Proforma					
	In sede d'aula		In tempo pieno (altri mercati)		Tassa affollamento per 100 studenti		Incremento personale agente per aula		Esecuzione di operazioni straordinarie					
	2024	2022	per 1000 studenti, 2024	per 1000 studenti, 2022	2024	2022	per 1000 studenti, 2024	per 1000 studenti, 2022	1566	2022	2023-2024	2023-2024	2022	2022
Lecce	17.111	22.221	15,66	14,6	266	641	6,63	11,67.507	11,67.507	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66
Foggia	55.415	42.111	17,2	19,1	1.546	1.546	6,63	11.666.666	11.666.666	11,66	11,66	11,66	11,66	11,66
Canosa	14,1	21,26	1,66	2,92	1,46	1,46	6,6	41,67,6	41,67,6	-	-	-	-	-
Bisceglie	16,79	29,27	1,66	1,66	1,26	2,24	2,24	11,61.617	11,61.617	11,66	11,66	11,66	11,66	11,66
Frosinone	15,42	11,26	1,11	4,61	1,52	1,61	1,61	17,16.792	17,16.792	4,2	24,66	24,66	64,66	64,66
Ugento	16,461	22,22	26,11	17,1	1,66	1,66	6,61	416.161	416.161	6,11	17,66	17,66	2711,66	2711,66
Pugnochilicci	15,36	15,61	4,61	11,6	1,66	2,24	2,24	11,12.126	11,12.126	-	-	-	-	-
Polignano	19,26	24,26	1,66	1,66	1,66	1,66	2,16	11,66.666	11,66.666	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66

IL MOBILITY MANAGEMENT

L. BERTUCCIO, E. CAFARELLI, F. PARMAGNANI

INTRODUZIONE

Le tecniche di Mobility Management iniziano ad affermarsi agli inizi degli anni '90 negli Stati Uniti e in alcuni Paesi europei, quali il Belgio, l'Inghilterra, l'Olanda e la Svizzera. Due progetti di ricerca finanziati dalla Comunità Europea, Momentum e Mosaic, hanno costituito la base teorica (ed un utile riferimento a casi concreti) sulla quale si sono sviluppate le esperienze più significative in ambito europeo. Esempi di partnership nell'area di Nottingham indicano un aumento del 9% nell'uso del trasporto collettivo e un alto livello di soddisfazione dell'utenza, ottenuto attraverso: promozione di biglietti stagionali, promozioni per spostamenti in ore o direzioni dove i servizi sono sotto capacità, sviluppo di informazione e comunicazione. Ricerche condotte in Austria dimostrano che circa il 21% di tutti gli spostamenti non sono realizzati con il trasporto pubblico a causa di informazioni mancanti o inadeguate. L'introduzione dell'abbonamento speciale per dipendenti nell'area di Zurigo in Svizzera, dove è anche applicata la comunità tariffaria, ha portato aumenti compresi tra il 4% e il 12% nell'uso del trasporto pubblico su aziende con un numero di dipendenti compreso tra 3.000 e 10.000. Sempre in Svizzera la promozione della bicicletta presso la Novartis di Basilea (12.400 dipendenti nel 1970, 17.000 nel 1997) ha portato da 500 a 4.630 il numero di pendolari ciclisti nello stesso periodo.

Nell'accezione comunemente affermata in ambito europeo, il mobility management è un approccio fondamentalmente orientato alla gestione della domanda di trasporto, che sviluppa e implementa strategie volte ad assicurare la mobilità delle persone e il trasporto delle merci in modo efficiente, con riguardo a scopi sociali, ambientali e di risparmio energetico. Ha, quindi, lo scopo di adeguare le procedure di individuazione delle misure e degli interventi programmati alle mutate esigenze di mobilità e di mercato, introducendo sistematicamente nel settore della mobilità, quali elementi di valenza strategica, le tecniche comunemente utilizzate per l'introduzione nel mercato di altri beni o servizi. Qualunque nuovo servizio di trasporto, tradizionale o alternativo, passa attraverso le fasi di segmentazione del mercato e individuazione dei differenti gruppi target, in funzione, non solo delle esigenze espresse, ma anche delle altre caratteristiche specifiche. Quindi, attraverso fasi di comunicazione, informazione e marketing, specificatamente concepite in relazione ai differenti gruppi target, promuove i servizi prevedendo, infine, adeguate attività di analisi per la valutazione dell'efficacia dei servizi proposti.

Il mobility management si basa principalmente su misure 'software-oriented': informazione, comunicazione, coordinamento e organizzazione, ad integrazione delle misure di regolazione, fiscali e/o infrastrutturali, che sono di tipo 'hardware-oriented'. Dalla terminologia usata si evince che i due approcci devono inevitabilmente coesistere ed integrarsi.

Esso si afferma in Italia a partire dal Decreto del Ministero dell'Ambiente del 27 marzo 1998 sulla "Mobilità sostenibile nelle aree urbane", che costituisce una delle prime iniziative intraprese dallo Stato italiano in ottemperanza all'impegno assunto in sede internazionale alla firma del protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici. Il Decreto, accanto all'obbligo di risanamento e tutela della qualità dell'aria e all'incentivo allo sviluppo dell'auto in multiproprietà (car sharing), del taxi collettivo e dei veicoli elettrici e a gas, introduce la figura del responsabile della mobilità aziendale (Mobility Manager), con l'obiettivo di coinvolgere anche le aziende ed i lavoratori, che giocano un ruolo importante nei fenomeni di congestione, nella progettazione e gestione delle soluzioni alternative.

Il decreto propone che tutte le aziende e gli enti pubblici con più di 300 dipendenti per unità locale e le imprese con complessivamente oltre 800 dipendenti, distribuiti su più sedi, debbano identificare un "mobility manager", che ottimizzi gli spostamenti sistematici dei dipendenti riducendo l'uso dell'auto privata, e adottino il "Piano degli Spostamenti Casa-Lavoro".

Lo stesso Decreto, per consentire l'applicazione della procedura descritta, propone l'istituzione presso l'Ufficio Tecnico del Traffico, o presso il servizio cui è stato affidato l'incarico di attuare il piano del traffico, di una struttura di supporto e coordinamento dei responsabili della mobilità aziendale, che mantenga i collegamenti con le strutture comunali e le aziende di trasporto. Tale struttura è coordinata da una figura definita Mobility Manager di Area, intendendo con "area" il territorio urbano o il bacino sovra-comunale se le relazioni di traffico tra un comune principale e i comuni contermini sono tali da necessitare di un coordinamento di area più ampia.

Partendo dagli spostamenti sistematici, più facili da governare, il Decreto spingeva, quindi, ad adottare lo schema tipico del mobility management per dare maggiore centralità alle politiche di governo della domanda.

Con un ulteriore Decreto in materia, datato 20 dicembre 2000, il Ministero dell'Ambiente ha incentivato l'implementazione del mobility management attraverso il finanziamento a Comuni e/o forme associative di Comuni, non solo di interventi relativi agli spostamenti casa-lavoro di singole unità produttive, ma anche di "piani per la gestione della domanda di mobilità riferiti ad aree industriali, artigianali, commerciali, di servizi, poli scolastici e sanitari o aree che ospitano, in modo temporaneo o permanente, manifestazioni ad alta affluenza di pubblico". Nel contempo ha esteso l'applicazione del mobility management a tutti i Comuni italiani, senza limitarsi a quelli a rischio atmosferico come nel primo Decreto.

Strumenti quali Accordi di Programma del Ministero dell'Ambiente con ENEA e Federtrasporti hanno avviato, a partire dal 1998, il confronto tecnico sul tema e i progetti di formazione e di intervento che rientrano fra le attività previste dalla European Platform on Mobility Management, approvata dal Consiglio dei Ministri dei Trasporti e dell'Ambiente, e finanziate della Commissione Europea.

1 IL MODELLO CONDIVISO DALLE CITTÀ ITALIANE

1.1 La struttura delle reti

Le strutture a rete facilitano lo scambio delle informazioni a differenti livelli; ciò per consentire la diffusione delle tecniche adottate in vari contesti e delle esperienze di maggior successo. Lo schema delle reti oggi condiviso in Italia, rappresentato in Figura 1, all'avvio è stato promosso e sostenuto da ENEA e dal Ministero dell'Ambiente. Negli ultimi anni, invece, il ruolo di riferimento nazionale è stato assunto in collaborazione da due Associazioni: Euromobility e Associazione delle Città Italiane per la Mobilità Sostenibile e i Trasporti.

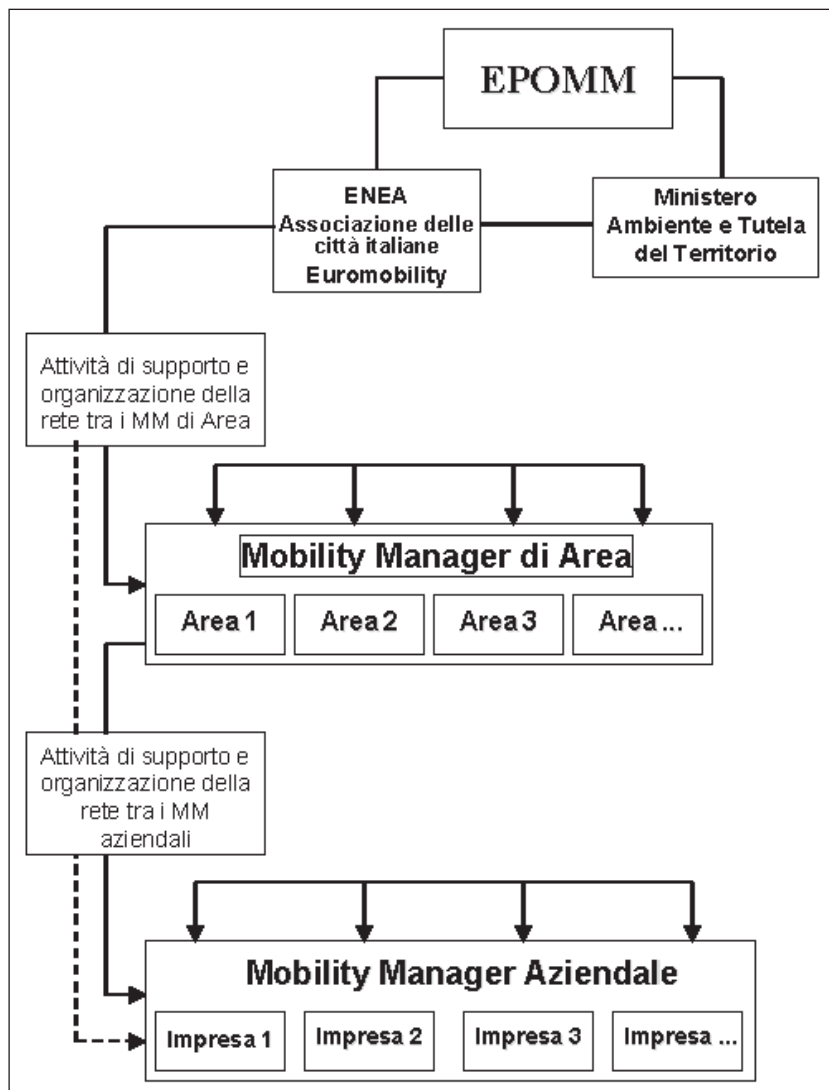


Figura 1 - Struttura delle reti

Dalla figura si evince che ogni Mobility Manager di Area coordina le attività delle imprese e degli enti sul proprio territorio, mentre la rete dei Mobility Manager di Area fa capo al coordinamento nazionale. Il principale momento nazionale di confronto della rete dei mobility manager coincide con la conferenza nazionale¹.

La rete nazionale dei mobility manager fa a sua volta parte di una rete europea (EPOMM, European Platform On Mobility Management) finanziata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

¹ La conferenza è giunta alla quarta edizione ospitata nel 2004 dalla Città di Parma. Le prime tre edizioni sono state ospitate dalle città di Parma, Milano e Genova.

1.2 La struttura del Piano di Spostamento

In Italia le aziende e le città hanno adottato lo schema mutuato dai citati progetti europei Momentum e Mosaic, e introdotto in Italia dall'ENEA nel 1999. Secondo tale schema il Piano degli Spostamenti Casa-Lavoro, Figura 2, è organizzato e suddiviso in cinque fondamentali fasi operative:

- Fase informativa e di analisi: vengono raccolte le informazioni necessarie per inquadrare le esigenze di spostamento, lo scenario attuale di offerta di trasporto, nonché le risorse disponibili per le attività del Mobility Manager Aziendale. Comprende l'analisi del contesto interno (servizi di trasporto collettivo aziendale dedicato al persona-

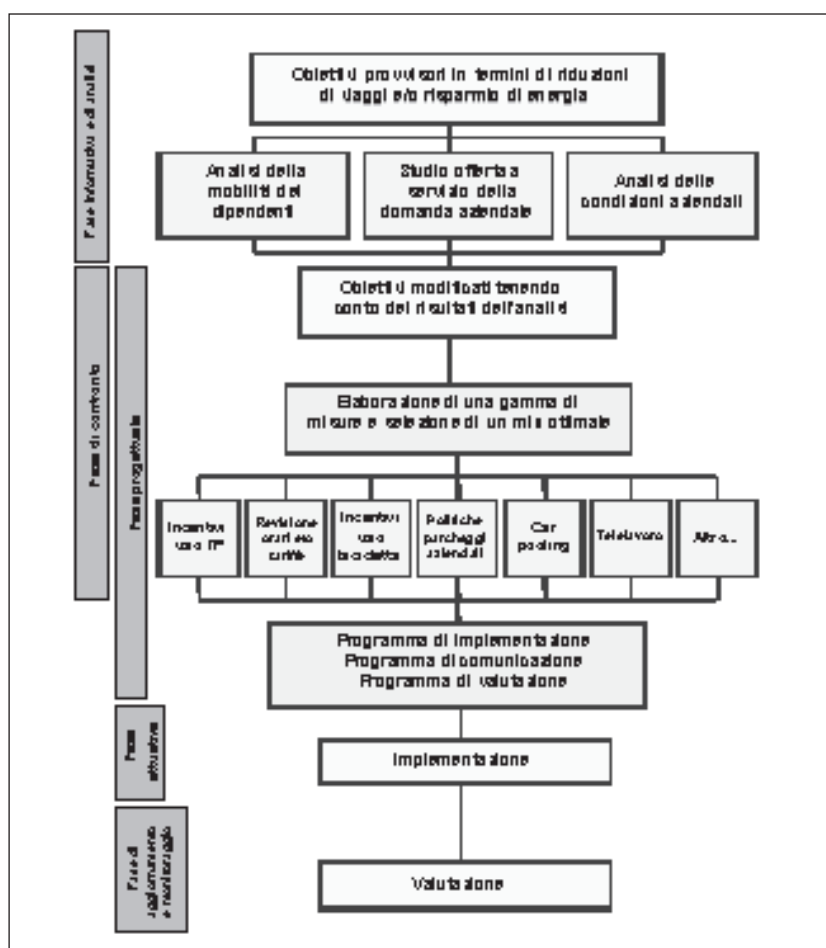


Figura 2 - Struttura del Piano di Spostamento Casa-Lavoro

le, aree di parcheggio aziendali, flotta di automezzi per gli spostamenti di lavoro, piano di emergenza per il rientro garantito, numero e tipologia dei dipendenti, orario di lavoro, strumenti di comunicazione disponibili, analisi spaziale, temporale, modale e motivazionale della domanda di trasporto) e l'analisi del contesto esterno (reti infrastrutturali e sistemi di offerta disponibili nelle fasce orarie di interesse).

- Fase progettuale: definizione delle misure possibili rientranti in tre principali tipi di strategie (persuasione, concessione e restrizione) riferite ai differenti sistemi di

offerta. Il confronto con tutti i soggetti coinvolti nella ricerca del consenso e della partecipazione porta alla definizione delle misure per i diversi sistemi di offerta: trasporto pubblico (migliore definizione degli orari e delle frequenze delle corse; informazione chiara ai dipendenti; riduzione della lunghezza dei percorsi pedonali mediante l'avvicinamento delle fermate e l'eventuale modifica dei percorsi delle linee, incentivi economici quali il contributo alle spese di viaggio dei dipendenti attraverso il rimborso totale o parziale del biglietto o dell'abbonamento), trasporto aziendale (introduzione di servizi integrativi aziendali riservati ai dipendenti, anche a carattere interaziendale); car pooling (approccio "spontaneo" che può essere incentivato attraverso una centrale operativa che gestisca la banca dati e organizzi gli equipaggi o con la dotazione di aree di parcheggio riservate all'interno dell'azienda); bicicletta (miglioramento delle dotazione e dei servizi, come ricoveri dedicati e sicuri per le biciclette, spogliatoi, docce o incentivi economici); interventi interni all'azienda (rimodulazione dell'orario di lavoro, telelavoro); disincentivazione dell'uso dell'automobile (riduzione dei posti di sosta, tariffazione della sosta all'interno dell'azienda).

- Fase di confronto: il Mobility Manager Aziendale filtra le istanze del personale e le porta a confronto prima con i vertici aziendali e poi con il Mobility Manager di Area. Il confronto favorisce una maggiore efficacia nella valutazione delle singole proposte aziendali consentendo una migliore aggregazione delle diverse istanze avanzate dalle aziende.
- Fase attuativa: è la fase di implementazione vera e propria delle misure, alle quali viene associata una valutazione dell'efficacia attraverso l'uso di appositi indicatori, a partire dai quali è poi possibile calcolare per le singole modalità di trasporto il consumo energetico, l'efficienza energetica (come MJ/pass*km), il contributo emissivo.
- Fase di aggiornamento e di monitoraggio: in prima approssimazione il monitoraggio del Piano è effettuato con cadenza annuale in coincidenza con l'aggiornamento del Piano stesso. La verifica consiste nel confrontare tra "il prima" e "il dopo" gli indicatori di efficacia.

2 LE MISURE ADOTTATE E I RISULTATI OTTENUTI

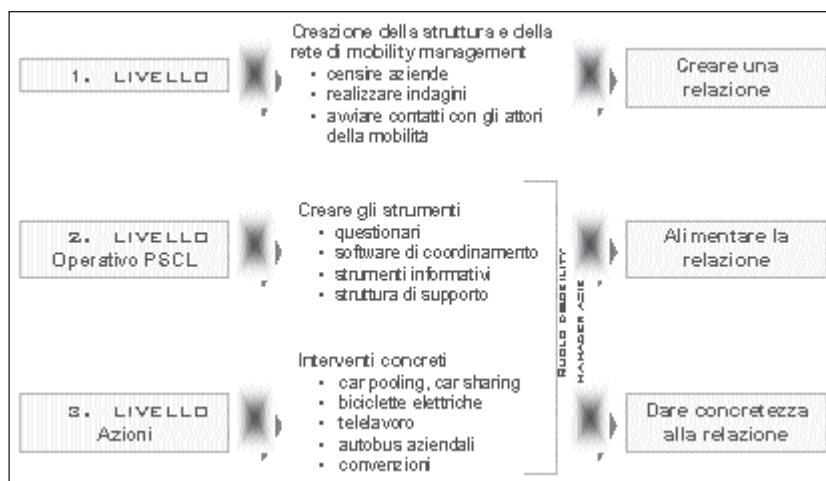
2.1 I Mobility Manager di Area

Nello schema introdotto in Italia l'interlocutore di riferimento del Mobility Manager Aziendale è il Mobility Manager di Area. Questi raccoglie le esigenze dei singoli mobility manager ed elabora le strategie orientate alla gestione della mobilità casa-lavoro nel suo complesso: introduce, quindi, il mobility management, sviluppa lo schema generale, promuove le misure implementate ed utilizza schemi di coinvolgimento e partecipazione dei cittadini, dei lavoratori e dei datori di lavoro utili ad individuare e gestire le opzioni alternative. In definitiva il Mobility Manager di Area ha un'importante funzione di coordinamento, e funge da intermediario tra tutte le differenti parti coinvolte. Anziché proporre il potenziamento dell'offerta, che normalmente richiede investimenti notevoli e tempi di realizzazione lunghi, il Mobility Manager di Area si concentra sullo studio dei comportamenti degli utenti e sulla domanda di trasporto a livello aggregato, in modo da individuare e dimensionare le possibili azioni applicabili in ciascuna impresa, migliorando la mobilità dei lavoratori stessi.

- Il Mobility Manager d'Area, pertanto, promuove il mobility management per ridurre l'uso delle auto private, aumentare l'uso del trasporto collettivo e dei "modi sostenibili", ridurre i livelli d'inquinamento, introdurre servizi innovativi per la mobilità, individuare nuove nicchie di mercato per esercenti pubblici e privati, conferire maggiore centralità alle politiche di governo della domanda di mobilità. Il suo principale obietti-

vo è creare le condizioni quadro affinché si riduca la propensione all'uso dell'automobile.

L'attività dei Mobility Manager di Area ha, fino a oggi, seguito tre fasi di sviluppo:



Il Mobility Manager di area inizia ad essere una figura propria dell'organico nelle amministrazioni locali. Con differenti modalità organizzative, oggi 48 Amministrazioni hanno provveduto ad introdurre tale figura e a creare strutture dedicate al mobility management (vedi **Tabella 1**).

Tabella 1: Mobility Manager d'Area

	Area	Prov.
1	Comune di Asti	AT
2	Comune di Bologna	BO
3	Comune di Bolzano	BZ
4	Comune di Brescia	BS
5	Comune di Cagliari	CA
6	Comune di Chieti	CH
7	Comune di Cremona	CR
8	Comune di Cuneo	CN
9	Comune di Cusano Milanino (MI nord)	MI
10	Comune di Ferrara	FE
11	Comune di Firenze	FI
12	Comune di Foggia	FG
13	Comune di Genova	GE
14	Comune di Grosseto	GR
15	Comune di Grugliasco	TO
16	Comune di Imola	BO
17	Comune di Livorno	LI
18	Comune di Mantova	MN
19	Comune di Messina	ME
20	Comune di Milano	M
21	Comune di Modena	MO
22	Comune di Monza	MI

segue

23	Comune di Napoli	NA
24	Comune di Padova	PD
25	Comune di Palermo	PA
26	Comune di Parma	PR
27	Comune di Pesaro	PS
28	Comune di Pisa	PI
29	Comune di Pistoia	PT
30	Comune di Prato	PO
31	Comune di Reggio Calabria	RC
32	Comune di Reggio Emilia	RE
33	Comune di Roma	RM
34	Comune di Salerno	SA
35	Comune di San Donato Milanese	MI
36	Comune di Siracusa	SR
37	Comune di Taranto	TA
38	Comune di Torino	TO
39	Comune di Trento	TN
40	Comune di Trieste	TS
41	Comune di Udine	UD
42	Comune di Vercelli	VC
43	Comune di Verona	VR
44	Comune di Vimercate	MI
45	Provincia di Milano	M
46	Provincia di Rimini	RN
47	Provincia di Venezia	VE
48	Piana Fiorentina	FI

Non in tutte le aree individuate, tuttavia, tale figura è stata nominata ufficialmente; in alcuni casi (in tabella evidenziati in colore) è stato semplicemente indicato un referente. Modalità emergente è quella di una visione sovracomunale della struttura del Mobility Management d'Area, quali l'istituzione di uffici provinciali avviati a seguito della delega dei comuni appartenenti al territorio provinciale: è il caso delle Province di Milano, Rimini e Venezia.

Modalità del tutto particolare di organizzazione dell'area è quella osservabile nella zona del territorio di Milano, che ha visto l'introduzione di un Mobility Manager d'Area provinciale che svolge la funzione di referente per altri Mobility Manager d'Area che operano a livello comunale.

Come si può osservare dalla **Tabella 2**, nelle 8 città metropolitane la figura del Mobility Manager d'Area è stata introdotta per la maggior parte dei casi a ridosso del primo Decreto Ministeriale. Tuttavia significativo è anche il numero delle aree che hanno istituito l'ufficio tra il 2001 e il 2003, tra cui è identificabile la stessa città di Napoli.

Tabella 2: Mobility Manager d'Area delle città metropolitane

Area	Anno di nomina
Comune di Bologna	2000
Comune di Firenze	1999
Comune di Genova	1999
Comune di Milano	N.D.*
Comune di Napoli	2003
Comune di Palermo	2000
Comune di Roma	1999
Comune di Torino	1999
Provincia di Milano	1998

* Dato non disponibile

L'attività svolta dai Mobility Manager d'Area delle 8 città metropolitane ha prodotto la predisposizione e l'attuazione di diversi piani di spostamento, orientati a differenti fasce di utenza: Piani Spostamento Casa-Lavoro (PSCL), Piani Spostamento Casa-Scuola (PSCS) e piani spostamento per aree di particolare attrazione (fieristiche, ospedaliere o commerciali).

2.2 I Mobility Manager Aziendali

Il Mobility Manager Aziendale è il responsabile, per ogni polo di attrazione, della redazione ed attuazione del Piano degli Spostamenti. Tale piano è un documento direttivo che include servizi e attività di Mobility Management, nonché la loro implementazione. Esso è lo strumento di base a livello aziendale avente l'obiettivo di ridurre la dipendenza dall'auto privata, ma può anche essere concepito come un piano per un determinato quartiere o per un certo gruppo target dell'intera città, oppure per una zona industriale o commerciale.

Compito del Mobility Manager Aziendale è quello di evidenziare il bilancio positivo tra le risorse impegnate per l'adozione delle misure previste dal Piano degli Spostamenti ed i benefici conseguibili a tutti i livelli: singolo dipendente, azienda, e collettività.

I vantaggi per gli utenti:

- Minori costi del trasporto;
- Riduzione dei tempi di spostamento;
- Possibilità di premi economici;
- Riduzione del rischio di incidenti;
- Maggiore regolarità nei tempi di spostamento;
- Minore stress psicofisico da traffico;
- Aumento delle facilitazioni e dei servizi per coloro che già utilizzano modi alternativi;
- Socializzazione.

Evidenziare i vantaggi per l'azienda, è importante in prima istanza per sollecitare i vertici aziendali affinché condividano gli obiettivi e sostengano finanziariamente la realizzazione delle proposte del Mobility Manager Aziendale.

I vantaggi per l'azienda:

- Una migliore accessibilità all'azienda rappresenta un valore aggiunto;
- Riduzione dei costi e dei problemi legati ai servizi di parcheggio;
- Migliori rapporti con gli abitanti dell'area circostante l'azienda (più posti per la sosta e minor inquinamento acustico);
- Riduzione dei costi per i rimborsi accordati sui trasporti;
- Riduzione dello stress per i dipendenti e conseguente aumento della produttività;
- Riduzione dei costi dei trasporti organizzati o pagati dall'azienda;
- Conferimento di un'immagine aziendale aperta ai problemi dell'ambiente;
- Promozione di una filosofia aziendale basata sulla cooperazione.

I vantaggi per la collettività:

- Riduzione dell'inquinamento atmosferico;
- Benefici in termini di sicurezza;
- Riduzione della congestione stradale;
- Riduzione dei tempi di trasporto;

Attualmente sul territorio italiano sono stati individuati complessivamente 602 Mobility Manager Aziendali; anche in questo caso è stato possibile notare un incremento nel corso degli anni. A tale proposito è utile citare il dato dell'incremento di nomine all'interno delle aziende sul territorio nazionale, tra il 2003 e il 2004, del 9,2%.

Nelle 8 città metropolitane è osservabile l'alta percentuale di nomine ottenute, rispetto alle aziende individuate nel loro territorio aventi i requisiti stabiliti dal Decreto Ministeriale per effettuare la nomina del responsabile aziendale della mobilità.

Tabella 3: Mobility Manager d'Azienda

Comune	Nominati	Individuati
Bologna	34	42
Bolzano	21	Nd*
Brescia	13	Nd*
Cusano Milanino	1	Nd*
Cuneo	1	Nd*
Ferrara	2	2
Firenze	27	50
Foggia	6	10
Genova	24	33
Grugliasco	3	2
Imola	2	Nd*
Livorno	3	Nd*
Mantova	14	Nd*
Milano	55	450
Modena	9	14
Monza	4	7
Napoli	3	Nd*
Padova	11	30
Palermo	24	55
Parma	33	33
Pisa	6	Nd*
Reggio Emilia	9	10
Roma	155	180
San Donato Milanese	11	12
Senigallia	1	Nd*
Siracusa	1	Nd*
Torino	41	70
Vercelli	1	4
Verona	15	34
Provincia		
Rimini	2	Nd*
Venezia	32	51
Milano	43	168
	608	1257

* Dato Non Disponibile

Sul fronte delle imprese private, i mobility manager a oggi nominati, fanno per lo più parte dell'organico aziendale già esistente. Segnale che nella realtà sono state individuate persone adatte al ruolo richiesto perché a conoscenza delle specificità aziendali o perché con esperienze in settori vicini alla mobilità (ad es. l'area logistica). Il mobility management aziendale oggi è un'attività part-time, i neo-nominati hanno altre mansioni da svolgere e dedicano solo una parte del loro tempo al Piano Spostamenti Casa-Lavoro. In molti casi hanno partecipato a corsi di formazione con l'obiettivo di acquisire le conoscenze e gli strumenti base. Talvolta ci si avvale di strutture consulenziali che possono fornire assistenza e formazione per rendere poi autonomo un responsabile interno.

2.3 Piani Spostamento Casa-Lavoro

Il Piano è, quindi, lo strumento di sviluppo, implementazione e controllo di un insieme ottimale di misure utili per la razionalizzazione degli spostamenti casa-lavoro del personale dipendente, che include servizi e attività di mobility management.

Perché possa avere successo un Piano degli Spostamenti Casa-Lavoro richiede sforzi di coordinamento e consultazione con tutti i soggetti coinvolti (imprenditori, dipendenti, aziende di trasporto, autorità locali, sindacati, cittadini) così che le misure adottate abbiano il più ampio consenso possibile.

Le misure adottate nei piani spostamento hanno come obiettivo quello di facilitare gli spostamenti dei dipendenti promuovendo il TPL, attraverso l'agevolazione tariffaria e la creazione di percorsi ad hoc per le esigenze delle diverse aziende coinvolte, lo sviluppo della mobilità ciclabile, incentivando l'utilizzo di tale mezzo sia attraverso benefit per l'acquisto del mezzo e dell'attrezzatura sia per la messa in sicurezza dei percorsi. Infine la promozione del car pooling, offrendo sia agevolazioni di sosta per gli equipaggi sia con appositi strumenti per la formazione degli stessi.

La promozione del TPL è la misura che ad oggi ha ricevuto la maggiore attenzione e impiego da parte dei mobility manager; infatti essa può essere implementata anche con semplici azioni quali la distribuzione di materiale informativo sull'offerta interessante l'azienda o la creazione di benefit di cui possono usufruire i dipendenti. Nel Piano Spostamento predisposto dall'azienda IKEA di Sesto Fiorentino sono stati predisposti, oltre l'adeguamento dell'offerta di trasporto pubblico alle esigenze di accessibilità dell'azienda attraverso un'azione di avvicinamento delle fermate, una serie di incentivi per i dipendenti e gli stessi utenti del negozio IKEA; in modo particolare la restituzione ai dipendenti, in parte o per intero, del costo del biglietto del trasporto pubblico o dell'abbonamento (per esempio nel pagamento dei salari, o come parte del salario); il rimborso del biglietto del TPL per i clienti che effettueranno acquisti, la vendita dei biglietti del TPL all'interno dell'azienda.

Altra modalità che nel corso degli anni ha registrato un sempre maggiore impiego è il car-pooling. La condivisione dell'automobile da parte di più utenti per compiere il medesimo tragitto per raggiungere la sede di lavoro è stato introdotto con diverse modalità sia offrendo agli equipaggi agevolazione per la sosta dei veicoli impiegati (creando delle zone di sosta gratuite e riservate), sia fornendo ai dipendenti degli strumenti di facile impiego e consultazione per la creazione degli equipaggi. L'IBM Italia ha messo a disposizione dei suoi dipendenti "Autostop!" un motore di ricerca sulla rete intranet dell'azienda per coloro che vogliono usufruire del car-pooling, che permette di individuare facilmente i compagni di viaggio.

Altra misura a cui il mobility management può fare ricorso è il telelavoro, tale misura è stata introdotta con successo presso l'Istituto Nazionale per la Ricerca sul Cancro di Genova (IST). Il Progetto finanziato dal Ministero dell'Ambiente "Il modo migliore per andare la lavoro", in collaborazione con il Comune di Genova, ha coinvolto il personale dell'Istituto con diverse mansioni e qualifiche (circa 50 dipendenti formati in due serie di corsi di formazione di cui la seconda finanziata dal Fondo Sociale Europeo) e ha richiesto l'attivazione di postazioni di accesso remoto per i telelavoratori in modo da consentire loro di utilizzare le risorse internet. La sperimentazione di tale alternativa ha permesso di osservare un risparmio di tempo e di costi di trasporto, una migliore gestione familiare per i dipendenti partecipanti e lo sviluppo dell'autonomia operativa del singolo telelavoratore.

2.4 Piani Spostamento per poli diffusi

Rientrano in tale categoria gli uffici del Mobility Manager d'Area per zone industriali e/o artigianali, di particolare rilievo.

Alcuni uffici di area delle 8 città metropolitane hanno sviluppato dei piani per poli di particolare attrazione, come ospedali, centri commerciali e fieristici.

Esempi rientranti in tale tipologia sono:

La Piana Fiorentina, comprendente i comuni di Campi Bisenzio, di Sesto Fiorentino e di

Calenzano, il cui obiettivo principale è la realizzazione di interventi di mobility management per l'area industriale/artigianale e commerciale della Piana Fiorentina e per le scuole dell'intero territorio dei tre Comuni, al fine di ottimizzare l'attuale servizio di trasporto collettivo ed espandere servizi di trasporto innovativi.

L'area di Prato che ha istituito la figura del Mobility Manager d'Area industriale per sviluppare interventi sulla mobilità dei dipendenti in una zona caratterizzata da imprese private non aventi i requisiti, indicati dal Decreto Ministeriale, per nominare il Mobility Manager Aziendale, avendo meno di 300 dipendenti.

2.5 Piani Spostamento Casa-Scuola

Per quanto riguarda i Piani Spostamento Casa-Scuola si è potuto riscontrare che misure alternative eco-compatibili rivolte agli studenti sono state introdotte non predisponendo dei veri e propri Piani Spostamento, ma promuovendo azioni di educazione ambientale e sicurezza stradale, che nel motivare e sensibilizzare i ragazzi verso le tematiche ambientali, stimolassero la riflessione sulla mobilità sostenibile. Tali progetti pertanto hanno coinvolto ampi gruppi di ragazzi, spesso appartenenti a diversi istituti; esempi sono le iniziative di "bus a piedi", la creazione di percorsi sicuri, il car-pooling per bambini, etc.

Inoltre molte sono le iniziative avviate dall'università, promuovendo sia agevolazioni tariffarie per il trasporto pubblico, sia navette di raccordo con punti di scambio o tra le varie sedi universitarie.

Esempio in tal senso può essere il servizio introdotto dall'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" che a seguito di un'apposita convenzione con l'Azienda Trambus del Comune di Roma, ha attivato il progetto "Minerva si muove", il primo servizio di trasporto rivolto esclusivamente agli studenti e al personale dipendente dell'Ateneo. L'iniziativa ha la finalità di migliorare la mobilità della popolazione dell'Ateneo nonché di contribuire alla riduzione del tasso di inquinamento ambientale con l'introduzione di un servizio di navette distinto in tre percorsi.

Tabella 4: I Piani Spostamento delle Città Metropolitane

Area	PSCL	PS per poli diffusi	PSCS
Comune di Bologna	Sono stati approvati complessivamente 13 PSCL	E' stato predisposto un piano non finanziato con risorse pubbliche	E' stato predisposto un piano finanziato con risorse statali
Comune di Firenze	Sono stati predisposti e successivamente attuati 8 PSCL tutti finanziati con risorse statali		E' stato predisposto e attuato un piano finanziato con risorse statali
Comune di Genova	Sono stati predisposti e successivamente attuati 6 PSCL tutti finanziati con risorse statali		
Comune di Milano	Sono stati predisposti 23 PSCL, di cui ne sono stati attuati 10 finanziati con risorse statali	Sono stati predisposti 2 Piani Spostamento per poli diffusi	
Comune di Napoli	E' stato predisposto un PSCL		
Comune di Palermo	E' stato predisposto un PSCL		
Comune di Roma	Sono stati predisposti 7 piani, di cui ne sono stati attuati 5.	Sono stati predisposti 3 piani.	
Comune di Torino	Sono stati predisposti 10 PSCL di cui 2 finanziati con risorse statali	Sono stati predisposti 3 Piani non finanziati con risorse pubbliche	Sono stati predisposti 5 piani finanziati con risorse statali
Provincia di Milano	Sono stati predisposti 4 PSCL, di cui ne sono stati attuati 3 finanziati con fondi comunali e statali		

3 L'IMPORTANZA DELLA COMUNICAZIONE

Poiché le scelte relative al soddisfacimento dei bisogni di mobilità comprendono sempre componenti soggettive e hanno un forte legame con il concetto di stile di vita, il mobility management mira a modificare i comportamenti e i valori, proponendo uno stile di vita positivo. La cooperazione, in particolare, è un elemento cruciale: creare alleanze tra differenti partner (autorità locali/regionali, aziende di trasporto, imprenditori, gruppi di interesse, etc.) è il presupposto per un mobility management di successo.

La comunicazione, oltre che utile a produrre l'auspicata inversione di tendenza nell'atteggiamento culturale diffuso che fa preferire l'automobile alle altre modalità di trasporto, è da intendersi come uno strumento di valenza strategica per la ricerca della partecipazione e del consenso. Le varie fasi del Piano è bene che siano sempre fiancheggiate da vere e proprie "azioni di supporto", da intendere come campagne di marketing e comunicazione orientate alla vendita del "prodotto" mobilità sostenibile.

L'esperienza sinora maturata in Italia evidenzia che il mobility manager può prevedere di fare uso dei più disparati strumenti di comunicazione interna, sia in fase preliminare, sia nelle successive fasi di implementazione delle misure. Tali attività rientrano nella logica di sensibilizzazione dei dipendenti e di ricerca del consenso collettivo da parte del personale. Tra i possibili strumenti di comunicazione utilizzati si segnalano:

Strumenti di comunicazione "freddi"

Tali strumenti sono tipicamente informativi e hanno l'obiettivo di divulgare messaggi:

- affissioni di volantini informativi in punti strategici
- invio ad personam
- messaggi di posta elettronica ai dipendenti
- rete informatica (pagine web)
- info-point
- riviste aziendali e newsletter

Strumenti di comunicazione "caldi"

Tali strumenti prevedono la relazione personale con i destinatari e hanno l'obiettivo di coinvolgere e generare consenso, permettendo il confronto immediato tra le parti. Alcuni esempi di questi strumenti sono:

- comunicazioni assembleari
- focus group su temi specifici
- interviste individuali
- network di supporto interno
- family day

Le Amministrazioni comunali, tendono sempre più ad includere nei propri siti web sezioni dedicate o a predisporre portali tematici sul mobility management in cui, anche se non sono state attuate concrete attività, viene presentata la figura del mobility manager e i progetti realizzati o previsti.

Navigando su internet è possibile trovare diverse aziende che, avendo predisposto Piani di Spostamento, hanno utilizzato questo strumento quale vetrina attraverso cui renderli noti agli utenti e ai cittadini. In particolare le città metropolitane si sono dotate di una sezione dedicata per fornire alle Aziende ed Enti del territorio informazioni sui temi della mobilità sostenibile e uno strumento di relazione diretta con i Mobility Manager di Azienda sul territorio. Attraverso le diverse sezioni è possibile acquisire le conoscenze per redigere il Piano Spostamenti Casa-Lavoro, per effettuare le indagini di mobilità interne all'impresa e conoscere le fonti di finanziamento disponibili. Tra gli strumenti di comunicazione di tipo freddo è molto utilizzata anche la newsletter che viene distribui-



Figura 3: Home page del sito internet dell'ufficio d'area del Mobility Manager del Comune di Palermo



Figura 4: News letter dell'ufficio d'area del Mobility Manager della Provincia di Milano

ta all'interno delle aziende, pubbliche e private, che sono coinvolte nella ricerca di soluzioni di mobilità alternativa.

4 VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DELLE MISURE DI MOBILITY MANAGEMENT

Le principali esperienze aziendali non hanno ancora effettuato l'ultima fase di monitoraggio degli interventi e in tali condizioni non è semplice fare un bilancio tra i costi e i benefici ottenibili dagli interventi di mobility management.

Tuttavia, si riportano di seguito due esempi per i quali è possibile effettuare una prima stima, entrambi orientati al trasporto collettivo: il primo caso è relativo ad interventi a favore del trasporto pubblico locale, il secondo è relativo all'introduzione di servizio di navetta aziendale.

- Provincia di Bologna:

A distanza di un anno dalla redazione del primo Piano degli Spostamenti Casa-Lavoro la

Provincia di Bologna ha svolto un'indagine sugli spostamenti dei propri dipendenti (sede di Bologna), che ha messo in luce una tendenza all'incremento dell'utilizzo dei mezzi pubblici con un aumento del 5,6% e un rispettivo abbandono dell'auto privata pari al 4,9%. La tendenza evidenziata viene confermata dalle risposte di coloro che hanno dichiarato di avere cambiato mezzo di trasporto rispetto all'anno precedente, 114 sul totale dei 741 rispondenti, incrociate con il dato relativo al mezzo utilizzato per recarsi al lavoro (vedi figura 5). Di questi ben il 41,2% ha optato per la scelta dell'autobus, quasi il 15% si è spostata verso l'intermodalità treno+autobus e l'11,4% ha scelto l'uso congiunto automobile+autobus. Tutto questo grazie alle nuove agevolazioni tariffarie concordate con l'azienda di trasporto pubblico locale.

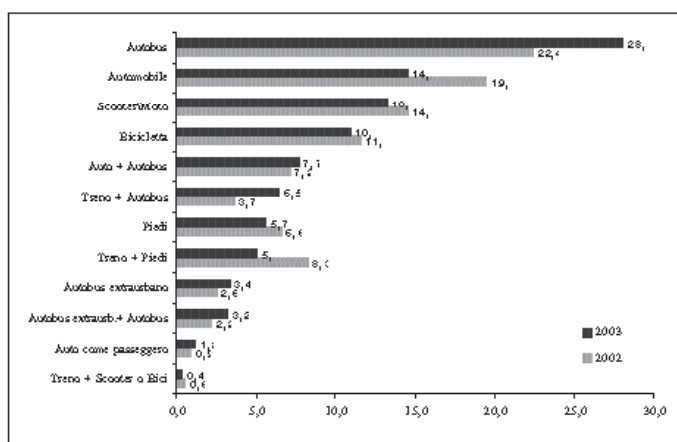


Figura 5 - Split modale dei dipendenti della Provincia di Bologna tra l'anno 2002 e 2003

L'esempio della Provincia di Bologna (1.000 dipendenti) mostra che, in termini percentuali, nel solo primo anno un intervento di sostegno economico per l'uso del TPL può produrre una riduzione di circa il 5% nell'uso dell'auto privata e un contestuale aumento di oltre il 5% nell'uso del trasporto pubblico. I costi del Piano possono essere distinti in costi di progettazione (le risorse utilizzate sono tutte interne) pari a circa 50.000 €, e quelli di gestione rappresentati dal sostegno economico (contributo all'acquisto di circa 950 abbonamenti a prezzo agevolato per i dipendenti) pari a 143.000 €.

• ENEA – Centro Ricerca Casaccia

Il Centro Ricerca Casaccia dell'Enea, situato a nord-ovest del Comune di Roma, al momento della predisposizione del PSCL contava 1575 dipendenti e presentava un profilo di accessibilità tipicamente suburbano, un'elevata capacità di sosta e un servizio di trasporto aziendale caratterizzato da 22 linee con orario rigido.

Il piano ha previsto l'introduzione di una navetta aziendale per la stazione ferroviaria posta a 6 km dal Centro, il cui servizio copre l'intero arco della giornata in modo da dare diretta risposta all'esigenza di flessibilità oraria di cui godono i dipendenti. La realizzazione del servizio ha necessitato un investimento annuale di circa 58.800 €.

A 6 mesi dall'introduzione del servizio (gennaio 2000) è stato valutato che 35 erano gli utenti che ne usufruivano nella sola fascia oraria del mattino, di questi il 37% precedentemente utilizzava abitualmente l'automobile per raggiungere la sede lavorativa.

Il monitoraggio realizzato ad ottobre 2001 ha permesso di evidenziare che, dopo il primo anno di esercizio, il numero di utenti, che nella fascia oraria del mattino utilizzavano il servizio, era salito a 55; mentre nella fascia serale mediamente il numero di dipendenti che lo utilizzava era 67, con punte massime di 73 utenti.

Tutto ciò permette di valutare che nel solo primo anno di esercizio la navetta ha ridotto di circa il 5% l'utilizzo dell'automobile.

CONCLUSIONI

A poco più di sei anni dal Decreto sulla Mobilità Sostenibile è possibile trarre alcune interessanti considerazioni:

- la disciplina del mobility management si è sviluppata in Italia grazie alla volontà del Ministero dell'Ambiente che l'ha introdotta e sostenuta anche economicamente; infatti i Piani Spostamento, ad oggi predisposti, sono stati prevalentemente finanziati con contributi statali, anche se non sono rari i casi di piani finanziati con le risorse private dell'azienda.
- dove la struttura di Mobility Management di Area è ben organizzata e si mostra "a servizio delle imprese" si riscontrano i risultati più significativi;
- gli aspetti professionali rappresentano una delle principali ragioni del difficile decollo presso organismi privati.

All'interno degli Enti locali il Mobility Manager di Area inizia ad essere una figura propria dell'organico. Con differenti modalità organizzative, oggi, circa 48 Amministrazioni hanno provveduto a nomine formali e alla creazione di strutture dedicate al mobility management

A livello aziendale, il processo di diffusione del mobility management, può trovare sostegno solo se la domanda viene opportunamente stimolata attraverso agevolazioni di vario genere (economico e organizzativo). In questo senso, esperienze come il Bonus della mobilità sperimentato a Roma e le convenzioni stipulate dalla Provincia di Milano per i propri dipendenti, dimostrano come il tema sia particolarmente sentito. Premessa questa che permette di essere fiduciosi sul successo del mobility management nei prossimi anni.

Uno degli ostacoli da superare per incentivare le aziende riguarda gli sviluppi professionali. Quale motivazione personale ha il mobility manager? Che prospettive di carriera? Quali incentivi? Domande la cui risposta non è, oggi, definita e l'attuale confusione rimanda il coinvolgimento dell'azienda alla volontà del management aziendale. Laddove i vertici credono nell'efficacia di una politica di mobilità aziendale, anche il mobility manager assume un ruolo concreto, riconosciuto dai colleghi, con deleghe precise e un budget dedicato. Dove questo non avviene, il responsabile della mobilità non ricopre alcun ruolo definito all'interno dell'organigramma aziendale.

STRUMENTI TECNOLOGICI PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DA AUTOVEICOLI

C. BURATTI, E. MORETTI

ABSTRACT

A partire dal 1 gennaio 1993, con l'applicazione della Direttiva dell'Unione Europea 91/411/CEE, si è reso obbligatorio l'impianto di dispositivi per la riduzione delle emissioni inquinanti su tutti gli autoveicoli immatricolati alimentati a benzina. L'impiego di tali dispositivi presenta tuttavia diversi problemi, alcuni dei quali poco conosciuti.

Il lavoro presenta i risultati di un'indagine bibliografica inerente le soluzioni tecnologiche più avanzate per la riduzione delle emissioni inquinanti da autoveicoli, adottate al fine di rispettare limiti sempre più severi imposti dalla normativa vigente. Obiettivo dello studio è quindi un'analisi delle differenti tipologie di dispositivi catalitici, del relativo meccanismo di funzionamento e dei campi di applicazione; è previsto inoltre un attento esame delle problematiche connesse con l'impiego di tali dispositivi in ambito urbano: per particolari regimi di guida, alcuni caratteristici del ciclo urbano, con rapide accelerazioni e decelerazioni, il rapporto aria/combustibile si allontana dal valore ottimale, causando una perdita di efficacia del dispositivo e un conseguente aumento delle emissioni inquinanti scaricate nell'atmosfera.

Nel tempo, inoltre, si verificano diversi processi che inducono una perdita di efficienza nei convertitori catalitici, quali la degradazione termica e meccanica: una conoscenza approfondita dei processi di invecchiamento del dispositivo può consentire una stima della tempistica degli interventi di manutenzione e/o sostituzione, in condizioni standard di guida.

Il catalizzatore favorisce inoltre alcune reazioni indesiderate e quindi la formazione di sostanze dannose per l'ambiente e per l'uomo, quali acido solfidrico (a causa dello zolfo presente nella benzina), ammoniaca e protossido di azoto (N_2O); esiste anche la possibilità di rilascio nell'ambiente di metalli nobili, che costituiscono l'anima del catalizzatore stesso. La valutazione qualitativa e quantitativa della perdita di efficienza dei sistemi di abbattimento degli inquinanti e l'analisi della formazione di possibili inquinanti non tradizionali dallo scarico dei veicoli risulta quindi di fondamentale importanza, al fine di comprendere la bontà di impiego di tali dispositivi, soprattutto in ambito urbano.

1. INTRODUZIONE

Il traffico stradale costituisce il principale fattore di pressione sull'ambiente atmosferico nelle nostre aree urbane e metropolitane: oltre il 90% del monossido di carbonio e oltre il 60% delle emissioni di ossidi di azoto e di composti organici volatili sono dovute, nei centri con popolazione superiore a 50.000 abitanti, ai trasporti su strada; il traffico nelle città è anche la principale fonte di pressione per quanto concerne le emissioni di particolato, in particolare quello di dimensioni inferiori a 10 micrometri (PM_{10}). Per far fronte a tale fenomeno, è stata emanata a livello europeo una normativa sempre più restrittiva, che ha spinto l'industria motoristica e automobilistica ad un'intensa attività di ricerca, volta allo studio di tecnologie innovative per il controllo delle emissioni. A partire dalla Direttiva dell'Unione Europea 91/411/CEE (Euro I), si è infatti reso obbligatorio, dal 1 gennaio 1993, su tutti gli autoveicoli immatricolati alimentati a benzina, l'impiego di dispositivi per la riduzione delle emissioni inquinanti: questi dispositivi sono

i convertitori catalitici che, applicati allo scarico delle autovetture alimentate a benzina, hanno lo scopo di abbattere le emissioni di monossido di carbonio (CO), composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto (NO_x), favorendo la reazione di ossidazione di CO e COV e la riduzione degli NO_x .

L'impiego di tali dispositivi comporta alcuni problemi, quali la progressiva perdita di funzionalità del convertitore e un'efficienza ridotta in condizioni di guida severa, come quelle in ambiente urbano, caratterizzate da frequenti cicli di accelerazioni e decelerazioni. Il presente lavoro illustra i principali strumenti tecnologici adottati per la riduzione delle emissioni inquinanti dalle autovetture a benzina e diesel, quali le differenti tipologie di convertitori catalitici ed i filtri per il particolato, focalizzando l'attenzione sulle criticità connesse con l'impiego di tali dispositivi nelle condizioni reali di impiego, come, ad esempio, nelle aree metropolitane; infatti, per particolari regimi di guida tipici dei percorsi urbani, con rapide accelerazioni e decelerazioni, e nelle partenze a freddo, si assiste ad una perdita di efficacia del dispositivo ad un conseguente aumento delle emissioni inquinanti scaricate nell'atmosfera. L'impiego di suddetti dispositivi, inoltre, può dar luogo alla formazione di inquinanti non tradizionali, quali acido solfidrico, ammoniaca, protossido di azoto e metalli nobili, che possono essere rilasciati in atmosfera. Sono infine illustrati gli effetti di programmi di ispezione e manutenzione, finalizzati al controllo delle prestazioni dei sistemi di abbattimento degli inquinanti al passare del tempo.

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La più importante delle direttive in materia di emissioni dei veicoli dotati di motori a combustione interna è la direttiva 70/220/CEE, poiché stabilisce per la prima volta, nei paesi della Comunità Europea, i limiti alle emissioni e, inoltre, tutte le direttive successive sono state emanate come emendamenti ad essa.

Da quella data ad oggi le numerose direttive emanate hanno avuto notevolissime conseguenze sia sul livello delle emissioni dai veicoli motorizzati, sia sullo sviluppo tecnologico dei motori stessi che, proprio in virtù di limiti sempre più stringenti, sono stati riprogettati tenendo in considerazione non solo le prestazioni motoristiche, ma anche l'impatto ambientale.

Le normative suddette prevedono, ai fini dell'omologazione del veicolo, limitazioni ai quantitativi in massa di quattro inquinanti principali: monossido di Carbonio (CO), idrocarburi incombusti (HC), ossidi di azoto (NO_x) e particolato solido (PM); le concentrazioni di tali inquinanti sono misurate durante cicli di prova codificati, eseguiti secondo opportune modalità.

Nella tabella 1 sono riportati, a titolo di esempio, i limiti relativi agli inquinanti regolamentati dalle più recenti normative per i veicoli leggeri; quella attualmente in vigore è la 98/69 fase III (EURO III), i cui limiti emissivi saranno ulteriormente ridotti con l'entrata in vigore, nel 2006, della fase IV (EURO IV), che prevede un dimezzamento di essi rispetto alla fase precedente.

	Tipologia	Prodotto	CO (g/km)	CO + HC (g/km)	NOx (g/km)	PM10 (g/km)	PM2.5 (g/km)
Benzina (L)	Benzina (L)	EURO 1	230	100	-	-	-
		EURO 2	230	100	140	-	-
		EURO 3	230	100	140	-	-
Benzina (L)	Benzina (L)	EURO 4	100	100	100	0,1	-
		EURO 5	100	100	100	0,1	-
		EURO 6	100	100	100	0,1	-
		EURO 6b	100	100	100	0,1	-
Benzina (L)	Benzina (L)	EURO 6c	100	100	100	0,1	-
		EURO 6d	100	100	100	0,1	-

Tabella 1: Limiti delle emissioni allo scarico per l'omologazione degli autoveicoli (Brescianini e alt., 2001)

Molta attenzione inoltre è rivolta ad un inquinante non contemplato in precedenza, l'anidride carbonica (CO₂), responsabile del cosiddetto effetto serra; lo scopo è ridurre le emissioni medie di CO₂ del parco circolante europeo da un valore di circa 180 g/Km nella situazione attuale fino a 140 g/km entro il 2008. Questo comporta la ricerca di motori caratterizzati da basso consumo specifico di combustibile.

Al fine di rispettare le restrizioni imposte dalle normative antinquinamento, è possibile attuare differenti interventi riguardanti prevalentemente:

- la qualità dei combustibili;
- le caratteristiche dell'alimentazione: la composizione della miscela aria-combustibile può essere ottimizzata per ottenere gas di scarico meno inquinanti;
- il processo di combustione, che può diventare più completo ed efficiente;
- la ricerca di soluzioni innovative inerenti il sistema di propulsione (motori elettrici, motori ibridi, celle a combustibile);
- sistemi di depurazione dei gas di scarico a valle del motore.

Nel seguito sono descritte le soluzioni tecnologiche più recenti riguardanti l'ultimo intervento citato: dispositivi catalitici e filtri per il particolato.

3. I CONVERTITORI CATALITICI

I dispositivi catalitici, sfruttando il principio della catalisi chimica, permettono di ossidare CO ed HC a temperature relativamente basse (attorno ai 300 °C), ottenibili anche con miscele povere ed ai carichi parziali, e di ridurre gli ossidi di azoto (NO_x) non eliminabili per via termica; i prodotti di queste reazioni sono vapor d'acqua, anidride carbonica e azoto, non nocivi per la salute.

L'introduzione dei dispositivi suddetti, resa obbligatoria per i veicoli a benzina dal 1 gennaio 1993 (Direttiva dell'Unione Europea 91/411/CEE, Euro I), ha fatto sì che, a parità di energia consumata, le emissioni inquinanti dei veicoli catalizzati rispetto ai veicoli a benzina convenzionali (pre-Euro I) siano notevolmente ridotte (COPERT II, 1997; ANPA, 2000; De Lauretis e alt., 2003). A titolo di esempio, con riferimento al percorso urbano e ad un'au-

tovetture di cilindrata inferiore a 1400 cc¹, passando da un veicolo non catalizzato ad uno immatricolato dopo il 1997, con omologazione EURO II (direttiva 94/12/ECC), l'emissione di monossido di carbonio scende da 32.33 a 14.82 g/km, gli ossidi di azoto da 1.64 a 0.55 g/km ed i composti organici non volatili da 6.54 a 2.37 g/km.

Un convertitore catalitico è costituito da un involucro metallico che guida i gas combusti attraverso un letto di catalisi, dove vengono a contatto con sostanze capaci di accelerare notevolmente alcune reazioni chimiche, senza prendervi parte. Per avere una buona efficienza di conversione, occorre che il materiale attivo sia distribuito su una vasta area, in modo da favorire l'adsorbimento dei reagenti gassosi. In genere si usa un supporto ceramico, sulla cui superficie è depositato uno strato refrattario ad elevata porosità, a sua volta impregnato di materiale catalizzante. Il supporto può presentarsi in due forme tipiche: una struttura monolitica, a forma di nido d'ape, oggi preferita per la minore resistenza fluidodinamica, la maggiore efficacia e la facilità di installazione; un letto di sferette o cilindretti attraversato dal flusso dei gas.

Esistono diverse tipologie di convertitori catalitici, adatti a tipologie differenti di motori a combustione interna; si riporta nel seguito una loro breve descrizione (Ferrari, 2001; Heywood, 1998; Ferrari, Onorati, 2002; Ferrari, Onorati, 2001).

3.1 Convertitori trivalenti

Per abbattere l'inquinamento prodotto dai motori a benzina si è affermato l'uso di convertitori trivalenti, detti brevemente TWC (Three Way Catalyst). Essi svolgono una triplice azione sui gas di scarico derivanti da un'alimentazione prossima a quella stechiometrica, essendo capaci di ridurre contemporaneamente gli NO_x ad N₂ e di ossidare HC e CO a CO₂ ed H₂O. I catalizzatori trivalenti hanno una struttura monolitica, a forma di nido d'ape, come illustrato in figura 1. Il supporto monolitico può essere di materiale ceramico (cordierite) o metallico (acciaio inossidabile). Il monolita contiene dei piccoli canali, ognuno di circa 1 mm di diametro (300 – 600 canali per pollice quadrato) offrendo, così, una superficie adatta all'interazione dei gas di scarico con i metalli attivi. Questo è possibile grazie ad un rivestimento dei canali, detto washcoat che, rendendoli ruvidi, ne può aumentare la superficie effettiva fino a 7000 volte. Dopo il trattamento di washcoat, la superficie viene impregnata con i metalli preziosi per ottenere l'attività catalitica necessaria (fig. 2).

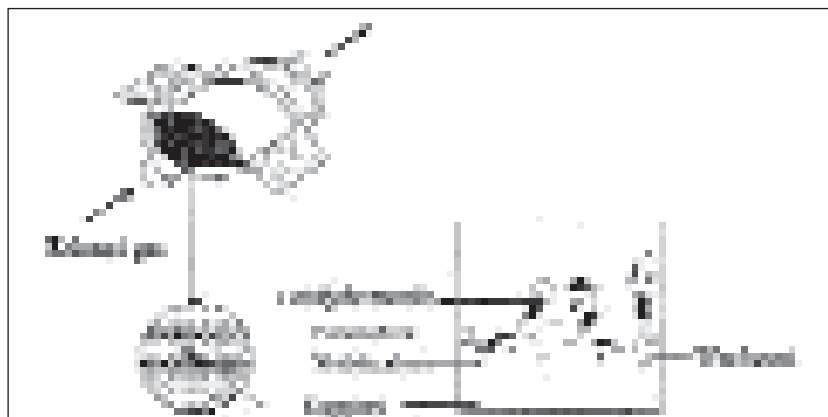


Figura 1: Struttura di un catalizzatore monolitico (Ferrari, Onorati, 2002).

¹ I valori dei fattori di emissione, calcolati impiegando il modello COPERT, sono relativi al parco circolante italiano nel 1997 e al ciclo di guida urbano, caratterizzato da una velocità media di 25 Km/h; le emissioni si riferiscono al percorso totale, comprensivo anche di quello a freddo.



Figura 2: Particolare della sezione del canale di un tipico convertitore catalitico (Ferrari, Onorati, 2001).

I metalli preziosi correntemente impiegati nei convertitori trivalenti sono il platino (Pt), il palladio (Pd) ed il rodio (Rh). La quantità di metalli attivi presente nel catalizzatore è circa l' 1-2% in peso rispetto al washcoat. Questi metalli nobili sono usati per ridurre le emissioni dei gas inquinanti, come gli idrocarburi, il CO e l' NO_x . Il rodio è stato dimostrato essere un efficiente catalizzatore per la riduzione dell' NO_x , mentre il palladio ed il platino sono usati per realizzare le reazioni di ossidazione del CO e degli idrocarburi, particolarmente durante le partenze a freddo. Perciò i catalizzatori trivalenti presenti sul mercato sono spesso una combinazione di due metalli preziosi, come Pt-Rh o Pd-Rh.

3.2 Convertitori de NO_x

L'uso dei convertitori trivalenti permette il rispetto dei limiti delle emissioni previsti dalle norme limitatamente ai motori che impiegano una miscela prossima al suo valore stechiometrico. Poiché attualmente, per abbattere i consumi, si tende verso un'alimentazione fortemente magra (ossia una miscela aria-combustibile caratterizzata da un contenuto di combustibile inferiore a quello stechiometrico), si sta mettendo a punto una nuova generazione di convertitori catalitici, denominati sinteticamente Convertitori de NO_x . Essi si basano in genere su due differenti approcci:

1. l'uso di catalizzatori di avanzate proprietà strutturali, in grado di creare un microclima locale, che permetta agli HC presenti nei gas di scarico di ridurre per catalisi gli NO_x ad N_2 , anche con un eccesso di O_2 ;
2. l'uso di convertitori ad accumulo e riduzione, capaci di fissare gli NO_x , durante le condizioni di funzionamento magro del motore, e di rilasciarli periodicamente e ridurli quando esso è portato a marciare ricco per brevi intervalli di tempo.

Per quanto riguarda l'uso dei catalizzatori del primo tipo, le tecnologie oggi studiate sono le seguenti:

- a) catalisi passiva, attraverso un semplice flusso dei gas combusti su di un letto impregnato di opportuni catalizzatori; si impiegano come elementi riducenti solo gli HC presenti nel gas di scarico;
- b) catalisi attiva, che prevede l'uso di catalizzatori con l'aggiunta di piccole quantità di riducenti (HC incombusti, CO, H_2 , ecc.).

I catalizzatori attivi presentano un'efficienza di conversione decisamente superiore (circa doppia) di quella dei passivi, ma nonostante i continui progressi, entrambi questi tipi di convertitori non sono ancora del tutto pronti per un impiego di tipo industriale. Per quanto riguarda il secondo approccio, la tecnologia dei convertitori ad accumulo e riduzione degli NO_x rappresenta un'evoluzione dei catalizzatori trivalenti classici, mediante l'introduzione di opportune sostanze in grado di fissare gli NO_x , tuttavia con una scarsa capacità di azione sull' O_2 . La funzione di queste sostanze si esplica attraverso due fasi principali:

- accumulo degli NO_x presenti nei gas di scarico nel convertitore, durante il funzionamento del motore con miscela magra, ad opera di agenti fissanti costituiti principalmente da ossidi di metalli alcalini (spesso ossidi di bario). L' NO presente viene prima ossidato ad NO_2 dall'azione catalitica del platino e poi accumulato come nitrato di metalli alcalini;
- rilascio e riduzione degli NO_x durante il funzionamento del motore con miscela ricca. Nei gas di scarico, in condizioni di miscela ricca, si hanno momentaneamente prodotti di parziale ossidazione come CO , HC ed H_2 . Questi composti (e principalmente il CO) esercitano un triplice effetto: fissano l' O_2 eventualmente penetrato negli elementi di accumulo, producono il rilascio degli NO_x (trasformando i nitrati di metalli alcalini in carbonati) e, sfruttando l'azione catalitica del rodio, contribuiscono a ridurre gli NO_x rilasciati ad N_2 .

Questi convertitori presentano problemi di durata alle alte temperature: al di sopra dei 750°C , il bario interagisce con il materiale di supporto, causando la riduzione della sua capacità di assorbimento. Inoltre, lo zolfo presente nel combustibile può avvelenare gli elementi assorbenti, poiché la SO_2 interagisce con essi in modo analogo all' NO_2 . Una volta formati, i solfati sono termodinamicamente più stabili dei nitrati, per cui l'avvelenamento da zolfo è difficile da eliminare. Questi convertitori presentano attualmente la più alta efficienza di conversione e quindi hanno maggiori possibilità di realizzazione su scala industriale; certamente lo sviluppo di questi sistemi e la loro applicazione sullo scarico degli avanzati motori ad iniezione diretta di benzina a carica stratificata potrebbe essere facilitata da una riduzione del contenuto di zolfo nelle benzine (attualmente piuttosto alto, se confrontato con quello delle benzine giapponesi).

3.3 Catalizzatori solo ossidanti

Le marmitte catalitiche ossidanti (DOC, Diesel Oxidation Catalysts) sono impiegate per la riduzione delle emissioni dei motori Diesel; a seconda del tipo di motore, esse ossidano dal 30 all'80% delle emissioni gassose di HC e dal 40 al 90% delle emissioni di CO , lasciando invece inalterate le emissioni degli NO_x . La conversione degli NO_x può avvenire soltanto in ambiente riducente, certamente diverso dal gas di scarico del Diesel, ricco di O_2 .

I DOC sono simili ai convertitori catalitici adottati nei motori a benzina (fig. 3). La marmitta è costituita da un monolita ceramico su cui è depositato il catalizzatore. Elementi catalizzanti sono generalmente platino, palladio o entrambi, dispersi su un'ampia superficie, in modo da massimizzare il contatto con le emissioni liquide e gassose.

Il substrato può essere metallico o ceramico: l'uso del metallo come substrato permette di avere pareti più sottili, e quindi un maggior numero di celle per unità di superficie, minore contropressione e maggiore resistenza; d'altro canto il substrato ceramico presenta una maggiore adesione del catalizzatore, minore sensibilità alla corrosione e minori costi.

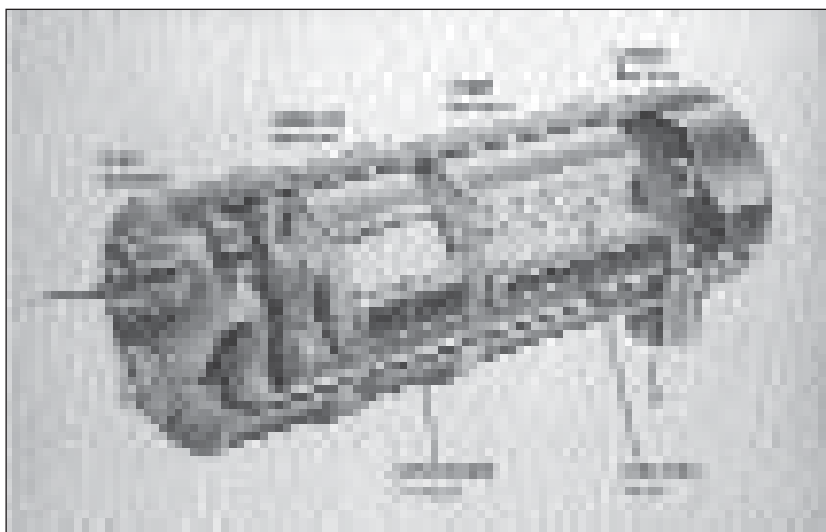


Figura 3: Esempio di un sistema di abbattimento dotato di catalizzatore ossidante e filtro di particolato (Continuously regeneration trap®, Johnson Matthey).

4. CONTROLLO DELLE EMISSIONI NEI MOTORI DIESEL: I FILTRI PER IL PARTICOLATO

Per quanto riguarda i motori diesel gli HC, pur non essendo presenti in concentrazioni elevate, devono essere controllati, perché contengono alte concentrazioni di aldeidi e prodotti di parziale ossidazione, molto reattivi nella produzione di smog fotochimico e caratterizzati dal tipico odore percepito con fastidio allo scarico del Diesel. Gli NO_x devono essere tenuti sotto controllo, perché sono generalmente consistenti in quanto favoriti dalla disuniforme distribuzione del combustibile nella carica, che rende disponibile ossigeno in zone dove la temperatura è più alta. Il CO invece non costituisce un problema per il Diesel, dal momento che si ha sempre una buona disponibilità di ossigeno, anche in condizioni di pieno carico. Il particolato risulta quindi l'inquinante che richiede maggiore attenzione.

Quando le azioni di abbattimento delle sostanze inquinanti a monte del motore non sono sufficienti per rispettare i limiti sempre più stringenti richiesti dalle normative (EURO IV, nel prossimo 01.01.2006) oppure causano un aumento del consumo specifico di combustibile, si deve ricorrere ad interventi di post-trattamento sui gas scaricati. È quello che in genere si fa in primo luogo per abbattere il particolato ed anche per ridurre gli ossidi di azoto.

L'azione più a lungo sperimentata per depurare i gas combusti dal particolato è costituita dal loro filtraggio.

Un filtro (o trappola) per il particolato (fig. 4) è essenzialmente un componente che costringe i gas combusti a passare attraverso una barriera porosa: le particelle di dimensioni superiori a quelle dei pori sono trattenute, mentre i composti gassosi attraversano la parete filtrante. Gli agglomerati carboniosi si accumulano così sulla superficie filtrante, che deve essere periodicamente o con continuità pulita, ossidando i depositi ammassati. Poiché questi filtri devono essere in grado di sopportare elevate temperature, sono generalmente realizzati in materiale ceramico, con una struttura monolitica a celle (o a nido d'ape) o metallica. I più diffusi sono quelli ceramici, ottenuti per estrusione di materiale ceramico poroso (conderite), in modo da ricavare elementi cilindrici monolitici con canali disposti assialmente e chiusi alternativamente alle estremità, per costringere i gas ad attraversare le pareti porose dei canali, per raggiungere i condotti adiacenti lasciando indietro le particelle trasportate in sospensione.



Figura 4: Esempio di filtro per il particolato con schiuma metallica (Ferrari, Onorati, 2002).

Per loro natura gli elementi filtranti tendono in breve tempo ad intasarsi, causando un aumento della contropressione allo scarico, che compromette il funzionamento del motore e penalizza i consumi. Risulta quindi indispensabile l'introduzione di un dispositivo capace di rigenerare in maniera automatica il filtro, eliminando il particolato accumulato.

La rigenerazione può attuarsi innescando la combustione del particolato all'interno della trappola (rigenerazione termica e/o catalitica) oppure, con nuove metodologie attualmente in fase di sviluppo, mediante la loro asportazione fisica, che deve essere ovviamente automatica (rigenerazione meccanica).

5. SISTEMI DI DIAGNOSI DI BORDO (EOBD)

Al fine di garantire che i veicoli possano conservare nel tempo la loro capacità di soddisfare le norme antinquinamento, i legislatori hanno imposto verifiche sulla qualità dei gas scaricati dal motore; esse vanno eseguite ogni due anni (direttiva 92/55) per le vetture conformi alle normative EURO I ed EURO II, con una tolleranza pari allo 0.5% dei limiti fissati. Inoltre, il sistema di abbattimento delle emissioni deve garantire un corretto funzionamento per almeno 80.000 km (EURO III) o 100.000 km (EURO IV), cioè durante la vita media dell'autovettura. Il sistema di controllo delle emissioni può perdere col tempo la capacità di contenerle entro i limiti di legge. Le norme (direttiva 98/69) prescrivono pertanto la presenza sulle autovetture di un sistema automatico di diagnosi di bordo (EOBD = European On Board Diagnostic), in grado di segnalare l'eventuale malfunzionamento di qualche componente grazie all'accensione di una spia luminosa. In tal caso il proprietario ha l'obbligo di far riparare rapidamente il guasto, poiché il computer di bordo memorizza la distanza percorsa dal momento della sua segnalazione.

I componenti da tenere sotto controllo sono i seguenti:

- il sensore di ossigeno che, rilevando le rapide variazioni di ricchezza dell'alimentazione del motore, emette segnali di tensione continuamente variabili nel tempo alla centralina elettronica, che regola di conseguenza la durata di apertura degli iniettori. Con il suo invecchiamento, la risposta ai cambiamenti di ricchezza diventa sempre più lenta, con ovvie conseguenze sulla prontezza di intervento nelle correzioni del rapporto di miscela aria- combustibile. Con l'aggiunta di un secondo sensore a valle del convertitore catalitico è possibile effettuare un confronto tra i segnali di uscita dei due sensori ed individuare eventuali malfunzionamenti;
- il convertitore catalitico, la cui efficienza non deve diminuire (per invecchiamento, avvelenamento dei siti attivi, sinterizzazione dei metalli nobili per effetto termico, ecc.) fino al punto di compromettere la qualità dei gas scaricati. Il deterioramento dell'efficienza di conversione può essere evidenziato per mezzo dell'analisi del segnale proveniente dal sensore di O_2 posto a valle del convertitore catalitico. Al diminuire dell'efficienza del catalizzatore esso passa da un andamento poco variabile nel tempo ad oscillazioni sempre più simili a quelle del sensore a monte. Infatti, se la conversione degli inquinanti avviene correttamente nel sistema, l' O_2 libero nei gas combusti viene completamente consumato nelle reazioni di ossidazione di CO ed HC, tanto che il segnale del sensore di ossigeno a valle è basso e abbastanza costante. Se l'efficienza di conversione si riduce, la quantità di O_2 nei gas combusti a valle della marmitta catalitica cresce di conseguenza, comportando un segnale del sensore di ossigeno a valle più intenso e variabile;
- le candele di accensione che, per usura o difetti ai collegamenti elettrici, possono causare mancate accensioni, con conseguente presenza marcata di CO ed HC nei gas di scarico;
- l'impianto antievaporativo che, per invecchiamento, può perdere la sua capacità di trattenere i vapori di benzina provenienti dal serbatoio, lasciandoli disperdere nell'atmosfera.

Le norme prescrivono che le verifiche sull'efficacia dei sistemi EOBD vengano eseguite insieme ai test sulla qualità dei gas combusti, simulando il malfunzionamento dei vari componenti e verificando la corretta segnalazione dell'insufficienza all'utente.

6. PROBLEMATICHE CONNESSE CON L'IMPIEGO DI CONVERTITORI CATALITICI IN AMBITO URBANO

La cinetica chimica delle reazioni di ossidoriduzione realizzate ad opera dei metalli catalizzatori nei convertitori catalitici impone un set di condizioni necessarie al funzionamento ottimale del dispositivo, che perde rapidamente efficacia se si opera al di fuori dell'intervallo di temperature $300^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ e di un campo molto ristretto del rapporto aria/combustibile. Perché il convertitore catalitico possa svolgere la sua funzione trivalente con un'elevata efficienza, è necessario che il motore sia alimentato con un rapporto di miscela molto vicino allo stechiometrico: infatti un eccesso di O_2 libero nel gas combusto rende difficile la riduzione degli NO_x , mentre un suo difetto fa diminuire la probabilità di ossidazione di CO ed HC. Più precisamente, l'efficienza di conversione di tutti e tre gli inquinanti nel convertitore catalitico si mantiene superiore all'80% solo se il motore viene alimentato con un rapporto aria/combustibile attorno al valore stechiometrico, pari a 14,6.

Nonostante i tempi di risposta dei sistemi di iniezione diretta si siano cospicuamente ridotti, per particolari regimi di guida, alcuni caratteristici del ciclo urbano, con rapide accelerazioni e decelerazioni, il rapporto aria/combustibile si allontana dal valore ottimale, causando un aumento delle emissioni inquinanti.

Nel tempo, inoltre, diversi fattori provocano una progressiva perdita di funzionalità del con-

vertitore catalitico, tra cui la sinterizzazione termica e l'avvelenamento dei siti catalitici sono i principali: la sinterizzazione altro non è che un processo di ricristallizzazione dei metalli nobili, causato dalle elevate temperature che il convertitore raggiunge in condizioni di carico elevato; l'avvelenamento è dovuto all'inevitabile presenza, nei gas che attraversano il convertitore, di sostanze che reagiscono con la sua parte attiva o che semplicemente si depositano lentamente su di essa; tali sostanze sono contenute ad esempio nell'olio lubrificante (fosforo e zinco), nella benzina o nella stessa aria prelevata dall'ambiente esterno. In definitiva, l'efficienza è massima solo quando la marmitta catalitica è nuova e in condizioni di guida stazionarie, tipicamente su percorsi autostradali.

I punti deboli della marmitta catalitica evidenziati possono essere così riassunti:

- essa è efficace solo a caldo; in un'auto utilizzata giornalmente per numerosi brevi tragitti intervallati da soste (spostamenti urbani), non raggiunge mai la temperatura di lavoro e quindi l'efficacia diminuisce sensibilmente; anche a caldo, l'efficacia si riduce in presenza di frequenti accelerazioni e decelerazioni. Nei primi minuti, le cosiddette partenze a freddo, la temperatura del convertitore catalitico è bassa ed esso non è ancora attivo, quindi gli idrocarburi e il CO non sono ossidati dal dispositivo; questi inquinanti sono, infatti, quelli che contribuiscono in maggior parte alle emissioni totali durante i primi minuti di funzionamento del motore. Viceversa, a pieno carico, con temperature superiori a 800-1000°C, avviene la sinterizzazione termica, che provoca una ricristallizzazione del catalizzatore e la distruzione dei metalli catalizzatori (Lassi, 2003);
- oltre alle reazioni desiderate (ossidazione di CO e COV e riduzione degli NO_x), la marmitta catalitica favorisce alcune reazioni indesiderate, che portano alla formazione di acido solfidrico (a causa dello zolfo presente nella benzina), di ammoniaca e di protossido di azoto (N₂O);
- nonostante le quantità di platino, palladio e rodio impiegate in una marmitta catalitica siano minime (3 o 4 grammi in tutto) e nonostante questi metalli non siano virtualmente consumati durante il funzionamento, studi europei hanno dimostrato che una minima parte di essi viene rilasciata nell'ambiente in seguito a processi di degradazione sia termica che meccanica (Barbante, 2002). Recentemente è stata verificata la dispersione di piccole tracce di questi elementi anche a grande distanza dalle fonti di emissione (CNR, Istituto di ricerca sulle acque). Il fenomeno rappresenta, quindi, un problema ambientale di scala globale e non deve essere trascurato, data l'estrema tossicità di questi metalli. Essi possono andare dispersi in modo improprio nell'ambiente, anche in caso di rottamazione abusiva dell'autovettura o di incidente;
- l'abbattimento teorico dei gas tossici per un dispositivo perfettamente funzionante su ciclo extraurbano è al 90% sul CO e all'80% sugli NO_x, ma la completa ossidoriduzione delle specie inquinanti non impedisce la loro degradazione e ricombinazione chimica. L'aggiunta, nella benzina cosiddetta verde, di metilterbutiletere (MTBE) ed etiliterbutiletere (ETBE) determina inoltre la liberazione di formaldeide ed acetaldeide, in conseguenza della quale aumenta anche il protossido d'azoto, uno dei principali gas serra;
- la perdita di efficacia per invecchiamento della marmitta catalitica può essere rilevata e quantificata con precisione solo effettuando l'analisi dei gas di scarico; a tal fine devono essere opportunamente pianificati i controlli periodici dei dispositivi catalitici.

7. L'IMPORTANZA DEI PROGRAMMI DI ISPEZIONE E MANUTENZIONE

Sebbene la durata dei dispositivi di abbattimento delle emissioni allo scarico debba essere pari almeno ad 80.000 Km (normativa EURO III), permane il rischio che in alcuni casi specifici, per eventi casuali o traumatici, tali dispositivi possano perdere la loro originaria capacità di depurazione dei gas di scarico. Risultano quindi fondamentali i pro-

grammi di manutenzione e ispezione, al fine di garantire il corretto funzionamento di tali sistemi nel tempo.

A tale proposito l'iniziativa Bollino Blu si pone come obiettivo il controllo dei gas di scarico degli autoveicoli, mediante la periodica manutenzione dei dispositivi di alimentazione e di combustione. Il Bollino blu è un contrassegno autoadesivo, valido su tutto il territorio nazionale (rilasciato dalle autofficine che hanno aderito alla campagna sottoscrivendo apposito disciplinare) da applicare sul parabrezza del veicolo. La validità, secondo quanto disposto dalla Direttiva Ministeriale, è di non più di 12 mesi dalla data del rilascio per i veicoli immatricolati dopo il 1° gennaio 1988 e non più di 6 mesi per i veicoli immatricolati prima del 1° gennaio 1988. I singoli comuni possono decidere l'applicazione del Bollino Blu e scegliere le modalità delle limitazioni nel proprio territorio.

Si ritiene utile riportare, a titolo di esempio, gli effetti dell'applicazione della campagna di ispezione Bollino Blu in alcune aree metropolitane italiane.

I risultati della campagna per il periodo 1999/2000 nel comune di Firenze (Comune di Firenze- ARPAT, 2000) offrono una panoramica dello stato delle emissioni autoveicolari sulle varie categorie controllate: per i veicoli a benzina i dati mostrano l'efficacia dell'intervento di manutenzione dei veicoli e la loro messa a punto nel mantenere le emissioni medie di CO stabilmente sotto il limite di riferimento normativo; infatti, per il parco veicolare controllato, grazie agli interventi di messa a punto del veicolo effettuati a seguito del controllo, si è ottenuta una riduzione media del CO pari al 53% per i veicoli non catalizzati ed al 21% per quelli catalizzati. Relativamente agli altri inquinanti studiati (HC e NO_x) risulta prematuro fornire un'indicazione sui valori medi tipici, essendo i dati disponibili numericamente scarsi, a causa dell'inadeguata adesione delle autofficine alle nuove modalità di controllo prescritte dall'Amministrazione Comunale. Relativamente alle vetture diesel controllate, i dati confermano l'efficacia del provvedimento nella riduzione dei valori medi di particolato e nell'ulteriore riduzione delle percentuali di veicoli con emissioni superiori ai limiti normativi al momento del controllo.

Altre interessanti considerazioni emergono da una ricerca effettuata nel 1999 nell'area lombarda (Chiesa e alt., 2000): in tale ambito sono stati raccolti dati su oltre 700 ispezioni Bollino Blu e sono state provate su banco a rulli due auto in diversi stati di manutenzione. I controlli sul campione esaminato, costituito da 746 veicoli, 410 a benzina non catalizzati, 311 a benzina catalizzati e 25 vetture a gasolio, mostrano che oltre il 20% delle vetture non catalizzate e circa il 7% delle vetture catalizzate risultano non conformi ai limiti previsti per la certificazione (tab. 2); inoltre, le vetture non in regola sono state sottoposte ad una seconda prova, a seguito degli interventi di messa a punto, al fine di evidenziare le riduzioni delle emissioni ottenute.

Contaminante	Limite (g/kWh)	Valore medio (g/kWh)	Percentuale di veicoli in regola (%)
CO	160	76	100
CO ₂	1600	1400	100
HC	1,0	0,8	100
NO _x	0,15	0,12	100

Fonte: Chiesa e alt., 2000

Tabella 2: Risultati delle ispezioni Bollino Blu effettuati nel 1999 presso 27 officine Lombarde (Chiesa e alt., 2000).

Le emissioni di CO, HC ed NO_x delle auto non catalizzate risultano anche 100 volte superiori a quelle delle auto catalizzate e sono strutturali, cioè dipendono dalla natura del propulsore. Di conseguenza, interventi di manutenzione anche spinti possono produrre miglioramenti degni di nota, ma comunque ben lontani da quelli ottenibili con tecnologie specifiche per la riduzione delle emissioni, quali i sistemi catalitici installati sulle auto più recenti. Per le vetture non catalizzate, la messa a punto necessaria per rispettare i limiti Bollino Blu comporta riduzioni molto sostanziali (mediamente, 68% circa) delle emissioni di CO al minimo, con riduzioni meno marcate, ma comunque significative, delle emissioni di HC. La manutenzione spinta di questi veicoli (sostituzione filtri e candele, cambio olio, regolazione anticipo di accensione, etc.) può comportare riduzioni delle emissioni di CO, sui tipici cicli di guida urbani, che possono essere stimate pari al 10 - 20%.

Le prove eseguite sul banco a rulli hanno evidenziato che le emissioni delle vetture catalizzate risentono inevitabilmente dello stato di manutenzione del sistema catalitico. Ad esempio, la sola sostituzione del catalizzatore (quand'esso si trovi in condizioni di degrado spinto) può comportare riduzioni delle emissioni, sugli stessi cicli di guida, dell'80% per il CO e del 70% per gli HC. Di qui la grande importanza di ispezioni periodiche quale strumento per garantire che le emissioni dei veicoli siano effettivamente conformi alle potenzialità della tecnologia. Va precisato comunque che gli interventi inerenti i componenti del sistema di controllo degli inquinanti (sostituzione della marmitta catalitica, sostituzione della sonda lambda, revisione degli iniettori) sono impegnativi e costosi: da 100 ÷ 150 fino a oltre 500 (il costo di una marmitta catalitica).

8. CONCLUSIONI

L'evidente contributo delle emissioni da trasporto stradale all'inquinamento atmosferico, soprattutto nel contesto urbano, ha spinto i legislatori verso l'emanazione di numerose direttive che prescrivono limiti emissivi sempre più restrittivi; l'industria automobilistica ha quindi introdotto nuove tecnologie e sta ricercando soluzioni innovative per il controllo delle emissioni allo scarico, al fine di rispettare limiti in continua evoluzione. Il presente lavoro fornisce una panoramica generale dei principali strumenti tecnologici impiegati per ridurre l'impatto sull'ambiente dei veicoli a benzina e diesel. L'introduzione dei convertitori catalitici ed il costante miglioramento dei materiali e delle tecnologie costruttive dei sistemi catalitici hanno consentito una notevole riduzione degli inquinanti (CO, HC e NO_x) emessi dalle autovetture. Tuttavia occorre sottolineare le criticità connesse con l'impiego di tali dispositivi in ambito urbano: le brevi percorrenze e le partenze a freddo tipiche del ciclo urbano fanno sì che il dispositivo non funzioni nelle condizioni ottimali, causando un aumento delle emissioni rispetto alle condizioni per le quali è stato progettato. Il catalizzatore può inoltre favorire, tramite reazioni indesiderate, la formazione di sostanze dannose per l'ambiente e per l'uomo, quali acido solfidrico, ammoniaca e protossido di azoto (N₂O); esiste anche la possibilità di rilascio nell'ambiente dei metalli nobili, che costituiscono l'anima del catalizzatore stesso.

Un altro aspetto di fondamentale importanza è l'invecchiamento e la durata dei sistemi catalitici: eventi traumatici o l'usura del dispositivo possono provocare una considerevole perdita di efficienza, con un conseguente aumento degli inquinanti immessi in ambiente; occorre quindi predisporre e pianificare interventi di ispezione e manutenzione come strumento fondamentale di controllo dei sistemi di abbattimento. Programmi di ispezione come il Bollino Blu si sono infatti rivelati efficaci in alcuni contesti italiani, mostrando l'importanza di appropriati interventi di manutenzione ai fini della riduzione delle emissioni dai veicoli.

BIBLIOGRAFIA

- C. Brescianini, M. Capobianco, G. Zamboni, Analisi degli effetti di provvedimenti di limitazione del traffico veicolare sulla qualità dell'aria in un grande centro urbano, 56° Congresso nazionale ATI, Napoli, 2001, pp. 165-178.
- Modello COPERT II - Computer Programme for calculating Emissions from Road Traffic, European Environmental Agency, 1997.
- Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale, ANPA - serie Stato dell'Ambiente n. 12/2000, in www.sinanet.anpa.it/aree/atmosfera/emissioni/Transport/FINALE.pdf
- R. De Lauretis, R. Liburdi, P. Picini, S. Saija - APAT, Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000 Parte 1 - Le emissioni, in http://amb-emiss.anpa.it/EPTransport/Apat2003_part1.pdf.
- G. Ferrari, Motori a combustione interna, Edizioni Il Capitello, Torino, 2001.
- John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, Ed. McGrawHill, New York., 1988.
- G. Ferrari, A. Onorati, Evoluzione delle emissioni inquinanti nei sistemi di scarico dei motori a c.i., La termotecnica, giugno 2002, p. 88 - 93.
- G. Ferrari, A. Onorati, Convertitori catalitici per il controllo delle emissioni da motori, La termotecnica, settembre 2001, p. 86-91.
- Ulla Lassi, Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu - Finland, Deactivation Correlations of PD/RH three-way catalysts designed for Euro IV emission limits. Effect of ageing atmosphere, temperature and time, Febbraio 2003.
- Carlo Barbante, Anita Varga, Gabriele Capodoglio, Paolo Cescon, Platinum group elements determination in urban particulate matter by ICP-SFM, 3rd International Conference on High Resolution Sector Field ICPMS, Atlanta 2002.
- Centro di Studio sulla Chimica e le Tecnologie per l'Ambiente, CNR - Università di Venezia - Istituto di Ricerca Sulle Acque, CNR, Brugherio Indagine sulla presenza di sostanze inquinanti in deposizioni nevose nell'area del monte Everest.
- Comune di Firenze, ARPAT Risultati della campagna di controllo sulle emissioni autoveicolari relativi al periodo 1999/2000 "Bollino Blu", in www.comune.firenze.it/arpap/pri-mablu.htm
- P. Chiesa, M. Pienotti, S. Consonni, Efficacia dei programmi di ispezione "Bollino Blu" per il contenimento delle emissioni da autovetture, 55° Congresso nazionale ATI, Maratea, 2000.

LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE IN RELAZIONE ALLE SCELTE DI MOBILITÀ URBANA DEGLI ABITANTI

DANIELA CEREMIGNA, GABRIELE GIARDA, PAOLA VILLANI

APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici)
Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale
Servizio Inquinamento Atmosferico

1. Sommario

Nell'ambito delle attività che l'APAT svolge in materia di analisi e valutazione dell'inquinamento ambientale è stato realizzato un modello di prima valutazione (screening) denominato PARVEA (PARco veicolare e Variazione delle Emissioni Atmosferiche associate) per stimare la variazione delle emissioni in atmosfera al variare delle scelte di trasporto di passeggeri e merci in una data area. In questa nota si descriveranno il modello e le simulazioni compiute.

Tali simulazioni hanno interessato otto città italiane: Bologna, Firenze, Genova, Milano, Napoli, Roma, Torino e Palermo.

La costruzione dei vari scenari ha comportato un significativo impegno per il reperimento dei dati sulla mobilità urbana da usare come input. In particolare, per il trasporto privato si è fatto ricorso ad una elaborazione dei dati provinciali, aggiornati al 2002, disponibili presso le banche dati dell'ACI e dell'ANCMA (per i ciclomotori), mentre per il trasporto pubblico sono stati utilizzati i dati pubblicati in rete dalle società che erogano e gestiscono il Trasporto Pubblico Locale (in seguito TPL) nelle aree metropolitane oggetto di studio.

In seguito alla costruzione dei parchi veicolari si è proceduto alla valutazione delle variazioni di emissione con riferimento a tre scenari ipotetici: 1) rinnovo del parco veicolare del trasporto privato; 2) rinnovo del parco veicolare del trasporto pubblico su gomma; 3) incremento del numero medio di passeggeri per veicolo (fattore di occupazione) sia per il trasporto pubblico che per quello privato. I tre scenari forniscono una stima quantitativa dei margini massimi di riduzione delle emissioni che ciascuna delle misure considerate può offrire nelle tre realtà urbane. Gli inquinanti considerati nelle simulazioni sono NO_x , COVNM , CO , PM_{10}^1 , CO_2 , Benzene, SO_x , NH_3 .

Dai risultati delle simulazioni deriva che i margini di abbattimento si attestano per lo scenario 1), tra -7.65% e 61.08%; per lo scenario 2), tra 0% e 16.19%; per lo scenario 3), tra 13.44% e 29.51%.

2. Introduzione

Il VI Programma di Azione Ambientale della Comunità Europea² inserisce la Strategia sull'Ambiente Urbano tra i temi di miglioramento della qualità dell'ambiente nei territori comunitari. Fra le finalità della strategia vi sono l'indebolimento del legame tra crescita economica e domanda di trasporto passeggeri; la crescita dell'uso del trasporto pubblico

¹ Particelle di dimensione inferiore a 10 μm

² Si tratta della Decisione n. 1600/2002/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 Luglio 2002 che riporta il Programma "Environment 2010: Our Future, Our Choice".

e delle modalità specifiche a basso impatto ambientale (spostamenti a piedi, bicicletta, sistemi innovativi come “car sharing”, “car pooling” ed i sistemi di navigazione); infine, l’urgenza di promuovere l’uso di veicoli di trasporto collettivo progettati per contenere le emissioni nocive all’uomo e all’ambiente. Inoltre, il 74.4%³ dei cittadini europei vive attualmente in ambiente urbano ove sono particolarmente sentiti gli effetti negativi dell’insalubrità dell’aria e l’invasività del traffico veicolare. La recente Comunicazione della CE riguardante le strategie tematiche da adottare in ambiente urbano⁴, evidenzia come sia invocata dai cittadini europei una migliore qualità della vita soprattutto in termini di miglioramento dello stato dell’ambiente nelle città, della libertà di movimento e di fruizione, da parte di tutte le fasce della popolazione, residenti e non, delle opportunità di scambio sociale, economico, culturale peculiari dell’area urbana.

3. IL MODELLO PARVEA

Il modello PARVEA (PARco veicolare e Variazione delle Emissioni Atmosferiche associate) nella sua prima formulazione è stato sviluppato nell’ambito del progetto “Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane”, realizzato dall’APAT, come strumento di supporto al personale tecnico e non, nelle decisioni politiche per la riduzione dell’inquinamento atmosferico prodotto dal parco circolante privato e pubblico.

PARVEA offre la possibilità di valutare l’efficacia espressa in termini di differenza di emissioni prodotte, fra uno scenario attuale ed uno scenario futuro, con riferimento alle scelte di percorrenza dei passeggeri e delle merci.

In questa fase gli sforzi di elaborazione dei dati sono stati concentrati solo sul trasporto passeggeri anche se considerazioni analoghe in merito al principio di funzionamento di PARVEA valgono anche per il trasporto merci.

La struttura di PARVEA è composta da una serie di fogli di calcolo collegati tra loro. L’utente inserisce i dati nella Tabella INPUT, il collegamento con il database dei fattori di emissione fornisce il dato aggiuntivo richiesto nel calcolo delle emissioni, le Tabelle OUPUT riportano i risultati numerici delle elaborazioni, relativamente allo scenario attuale e a quello futuro.

Con i dati restituiti dalla simulazione dei diversi scenari futuri è poi possibile costruire tabelle e grafici di confronto.

3.1. Costruzione del database dei fattori di emissione

La valutazione delle emissioni in atmosfera si fonda sul concetto di fattore di emissione. Tale grandezza esprime i grammi di inquinante prodotto per chilometro percorso da ogni veicolo (g/veic·km). Il valore del fattore di emissione è legato alla tipologia di inquinante che si considera, alla classe del veicolo e al ciclo di guida di riferimento (urbano, extraurbano, autostradale). In merito a quest’ultimo punto occorre precisare che PARVEA, essendo stato concepito per l’analisi delle sole realtà urbane, impiega fattori di emissione relativi al solo ciclo di guida urbano.

Lo sviluppo del modello PARVEA è scaturito dalla necessità di fornire uno strumento di prima valutazione corretto ma anche molto semplificato. Per questo motivo, invece di condurre elaborazioni su parchi veicolari disaggregati secondo lo standard di COPERT III⁵, il modello

³ Vedi http://www.nationmaster.com/graph-T/peo_urb&int=-1&id=EUR

⁴ Si tratta della Comunicazione del 11 Febbraio 2004 “Towards a thematic strategy on the urban environment”, COM(2004) 60 final.

⁵ Ntziachristos L., Samaras Z., “COPERT III, Computer Programme to calculate emissions from road transport – Methodology and emission factors (Version 2.1)” – EEA, Technical Report n. 49, November 2000.

considera deliberatamente le sole categorie veicolari aggregate (ad esempio la categoria autovetture benzina convenzionali comprende tutte le autovetture benzina, di tutte le cilindrata, con rispondenza alla normativa precedente alla direttiva 91/441/CE, Euro I).

Si è reso dunque necessario realizzare un foglio di calcolo ulteriore, il database di PARVEA, il quale fornisce, per ogni inquinante e per ogni categoria veicolare aggregata, il relativo fattore di emissione medio aggregato. Gli inquinanti ivi considerati sono NO_x, COVNM, CO, PM₁₀, CO₂, Benzene, SO_x, NH₃.

Le categorie veicolari valutate trovano spazio nelle prime tre colonne (Fig. 1), in cui vengono differenziate per Tipo (autovetture, ciclomotori, bus, ecc.), Classe (basata sul tipo di alimentazione, sulla cilindrata, ecc.), Legislazione (rispondenza ai limiti di legge sulle emissioni allo scarico, funzione dell'anno di immatricolazione). Tale elenco risulta dall'aggregazione delle categorie definite in COPERT III, con l'aggiunta di voci quali: Auto elettrica, Motociclo elettrico, Bus Gas Naturale, Bus GECAM, Bus elettrico/filobus, Tram, Metropolitana, Treno urbano.

Come base di partenza sono stati impiegati i fattori di emissione medi riferiti alle classi veicolari COPERT III, calcolati da APAT⁶ a partire dai dati di parco veicolare nazionale per il 2000 (forniti da ACI). Il fattore di emissione aggregato è stato quindi ottenuto semplicemente applicando, per ogni inquinante, la seguente relazione:

$$FE_{\text{aggregato}} = \frac{\sum E_i}{\sum P_i}$$

dove:

- Σ E_i - somma delle emissioni di tutte le classi veicolari (COPERT III) comprese nella nuova categoria aggregata;
- Σ P_i - somma delle percorrenze medie annuali, a livello nazionale, di tutte le classi veicolari (COPERT III) comprese nella nuova categoria aggregata.

Emissioni aggregate PARVEA			CO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	NO ₂	SO ₂	SO _x	Benzene	NH ₃
Tipo	Classe	Legislazione	CO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	NO ₂	SO ₂	SO _x	Benzene	NH ₃
Autovetture	Benzena	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ciclomotori	50 cc	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	50 cc	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	50 cc	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Autobus	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Autotreno urbano	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Veicoli miscelati (gasolio + GPL o metano)	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Veicoli miscelati (gasolio + GPL o metano)	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Gasolio	Convenzionale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figura 1 – Database dei fattori di emissione medi per le categorie aggregate considerate in PARVEA

⁶ Per gli inquinanti considerati, ad eccezione del benzene, sono stati impiegati i F.E. pubblicati sul sito del CTN-ACE (Centro Tematico Nazionale – Atmosfera Clima Emissioni) www.inventaria.apat.it. Per il benzene sono stati utilizzati fattori di emissione, non ancora pubblicati, elaborati dallo stesso gruppo di lavoro del CTN-ACE.

Così, ad esempio, il fattore di emissione aggregato, per un dato inquinante, per la categoria veicolare Autovettura benzina Euro I – Euro II, verrà calcolato nel database PARVEA come rapporto fra la somma delle emissioni di quel tipo di inquinante di tutte le autovetture benzina, conformi alle direttive Euro I e II, e la somma delle loro percorrenze medie annuali, a livello nazionale.

Per la determinazione dei fattori di emissione relativi alle categorie considerate in PARVEA ma non presenti in COPERT III, si è fatto ricorso a dati provenienti da altre fonti, in particolare:

FE inquinanti PARVEA Bus Gas Naturale	Elaborati da dati C. R. FIAT, 2003 ⁷
FE inquinanti PARVEA Bus GECAM	Elaborati da dati GECAM, 2003 ⁸

Si vuole precisare che il modello, apportando semplici modifiche, può essere predisposto per considerare anche ulteriori tipi di veicoli come ad esempio quelli ad alimentazione ibrida.

3.2. Costruzione dello scenario attuale

L'interfaccia per l'inserimento dei dati di input e quindi la costruzione degli scenari (attuale e futuro) consiste in una tabella posta all'interno di un foglio di calcolo. Le celle modificabili dall'Utente sono evidenziate in colore giallo. Con riferimento alla Fig. 2, le prime tre colonne sono riservate alla descrizione delle categorie veicolari aggregate che vengono analizzate. A queste seguono le percorrenze attuali e percorrenze future, entrambe valutate in termini di milioni passeggeri-km (Mp-km) ed in percentuale. Altre due colonne sono dedicate al calcolo automatico della differenza di percorrenze tra scenario attuale e scenario futuro. Infine, vengono riportati i valori assegnati al fattore di occupazione, ad esprimere il grado di utilizzo del veicolo (passeggeri/veicolo), distinti per lo scenario attuale e quello futuro, di ogni categoria veicolare aggregata.

Per la definizione dello scenario attuale, all'Utente è richiesto unicamente l'inserimento delle percorrenze attuali per le diverse tipologie di veicolo, espresse in milioni di passeggeri-chilometri (Mp-km). Le percentuali rispetto al totale vengono calcolate automaticamente.

I valori di emissione per ogni singolo inquinante considerato e per ogni categoria veicolare aggregata, sono riportati nella Tabella output emissioni attuali (Fig. 3).

Le emissioni vengono calcolate secondo la seguente formula:

$$E_{ij} = \frac{FE_{ij} \cdot P_j}{FO_j}$$

dove:

E_{ij} - emissione dell'inquinante atmosferico i , prodotta dalla categoria veicolare aggregata j (t/anno)

FE_{ij} - fattore di emissione riferito all'inquinante i , rappresentativo della categoria veicolare j (g/veic-km)

P_j - percorrenza media annuale della categoria veicolare aggregata j (Mp-km)

⁷ Pidello F., "Valutazione delle emissioni su strada di veicoli pesanti alimentati a metano" – Sviluppo tecnologie motori a gas – Centro Ricerche FIAT, in Giornata di studio: "Circolazione dei mezzi pesanti in area urbana: fattori di emissione, ipotesi di intervento e soluzioni", Bologna, 13 Novembre 2003. I fattori di emissione sono disponibili per i seguenti inquinanti: NO_x , NMCOV, CO e CO_2 .

⁸ Dati elaborati da informazioni reperibili nel sito www.gasoliobianco.it. I fattori di emissione sono disponibili per i seguenti inquinanti: NO_x , PM_{10} , CO_2 .

Intervenendo sui fattori di occupazione futuri è possibile simulare “interventi sulla domanda” (Zone a Traffico Limitato, parcheggi di scambio, generale miglioramento dell’efficienza del trasporto pubblico) che possono modificare anche sensibilmente le scelte di mobilità. In questi casi il valore del fattore di occupazione dovrà essere stimato con appositi modelli di traffico.

Occorre precisare che mentre per il trasporto privato una variazione del fattore di occupazione, a parità di percorrenza, corrisponde ad una variazione del numero di veicoli circolanti, per il trasporto pubblico, essendo questo un sistema rigido, organizzato su un numero di veicoli e corse poco variabile durante l’anno, la variazione del fattore di occupazione deve necessariamente essere accompagnata da una variazione proporzionale della quota parte di percorrenza totale assegnata ad esso.

TABELLA DI CONFRONTO			Emissioni (g/km)								
Situazione attuale (1990)			Situazione futura (2010)								
Modo	Scenario	Scenario	CO ₂	CO	NO _x	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	SO ₄	
Autoveicoli	Scenario A	Scenario A	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario B	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario C	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario D	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
Autoveicoli	Scenario E	Scenario E	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario F	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario G	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario H	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
Autoveicoli	Scenario I	Scenario I	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario J	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario K	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario L	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
Autoveicoli	Scenario M	Scenario M	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario N	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario O	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
		Scenario P	48.000,0	10.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0

Figura 4 – Tabella di confronto per il calcolo delle variazioni delle emissioni

4. LA SPERIMENTAZIONE

4.1. Premessa

Si sottolineano di seguito due limiti del modello PARVEA nella sua attuale formulazione:

1. le simulazioni qui presentate sono state fatte utilizzando i fattori di emissione medi nazionali disponibili dall’inventario delle emissioni APAT, e non tengono conto quindi di specificità locali; questo limite è in linea di principio superabile allorché si disponga di fattori di emissione ricavati con riferimento diretto alle realtà locali;
2. lo spostamento di quote di percorrenza da una modalità all’altra (es. da autovetture a metropolitana) e la variazione di percorrenze complessive tra situazione attuale e futura influenzano le condizioni di deflusso del traffico, ripercuotendosi sui regimi dei veicoli in circolazione e quindi sulle emissioni; di questo effetto non è possibile tenere conto in PARVEA e poiché questo influenza la variazione delle emissioni (non è cioè un errore sistematico che, se può influenzare anche sensibilmente i valori assoluti, viene attenuato allorché si valutano le variazioni), costituisce il limite del modello che ne fa uno strumento di screening.

Va detto che nelle simulazioni qui descritte l’inconveniente di cui al punto 2 non si presenta in quanto i margini di riduzione vengono stimati, come specificato meglio nel seguito, a parità di percorrenze totali e a parità di ripartizione modale della mobilità delle persone, quindi senza prevedere variazioni nel deflusso del traffico imputabili a questi provvedimenti.

4.2. Gli scenari ipotizzati

L'esercizio proposto in questa prima fase di sperimentazione prevede l'elaborazione di tre casi (ossia tre provvedimenti ipotetici) per ognuna delle città:

- 1) Scenario 1** - Rinnovo del parco veicolare del trasporto privato con spostamento della quota di percorrenza dei veicoli: i) da Autovetture benzina convenzionale ad Autovetture benzina Euro I – Euro II; ii) da Autovetture diesel convenzionale ad Autovetture diesel Euro I – Euro II; iii) da Autovetture GPL / Metano convenzionale ad Autovetture GPL / Metano Euro I – Euro II; iv) da Ciclomotori convenzionali a Ciclomotori Euro I – Fase I e II; v) da Motocicli convenzionali a Motocicli Euro I – Euro II. Le altre quote di percorrenza restano invariate.
- 2) Scenario 2** - Rinnovo del parco veicolare del trasporto pubblico su gomma con spostamento della quota di percorrenza dei autobus da Autobus convenzionali a Autobus Euro I – Euro II. Le altre quote di percorrenza restano invariate.
- 3) Scenario 3** - Allineamento del fattore di occupazione (FO) medio nazionale⁹ dei veicoli nelle aree metropolitane studiate.

Per il primo ed il secondo punto basta intervenire sui valori percentuali di percorrenza futura, ponendo a zero la percorrenza dei mezzi convenzionali e incrementando quella dei mezzi Euro I ed Euro II di una quantità pari alla percorrenza dei veicoli convenzionali nello scenario attuale.

Per il terzo punto, sono stati impiegati per il fattore di occupazione futuro i valori riportati in Tab. 1:

Tipo di veicolo	F.O. 2002	F.O. futuro
Autovetture	1.23	1.74
Motocicli	1.1	1.2
Ciclomotori	1.1	1.1
Autobus	15.5	18.0
Tram	15.5	18.0

Tabella 1 – Valori del fattore di occupazione per le diverse categorie veicolari

L'emissione attuale riferita all'anno 2002, per una data tipologia di inquinante e categoria veicolare, è data dal prodotto della percorrenza attuale ed il fattore di emissione aggregato; l'emissione futura riferita all'anno dei provvedimenti simulati, è il prodotto tra la percorrenza futura, il fattore di emissione e il rapporto tra i fattori di occupazione.

4.3. Costruzione della matrice degli input per le città in esame

La costruzione della matrice di input è l'operazione più laboriosa della sperimentazione poiché richiede che siano determinati il numero di veicoli circolanti nell'area metropolitana per ogni modalità di trasporto considerata e che sia calcolata la percorrenza media annua da associare ad ognuna di queste.

Per le autovetture e i motocicli la costruzione del parco veicolare si è basata sui dati pubblicati da ACI¹⁰. Va precisato che, in riferimento all'anno 2002, il dato disaggregato in funzione delle categorie COPERT è disponibile solo per le Province. Si è quindi reso necessario sviluppare alcuni fogli di calcolo per trasformare il dato a livello provinciale in quello a livello comunale. Per tale elaborazione si è fatto ricorso all'ipotesi che la

⁹ Ministero dei Trasporti e della Navigazione, Conto Nazionale Trasporti 2000, Roma

¹⁰ Dati elaborati da materiale reperibile nel sito www.aci.it (vedi Elenco fonti dati)

distribuzione, in termini percentuali, dei veicoli all'interno delle varie categorie (COPERT e successivamente quelle aggregate), non vari passando dal livello provinciale a quello comunale

Discorso a parte merita la quantificazione del parco veicolare dei ciclomotori. In questo caso si è fatto ricorso ai registri dei contrassegni per i ciclomotori, reperibili presso l'ANCMA; dato comunque disponibile solo a livello provinciale e per il quale si è reso necessario un'elaborazione simile a quella sopra descritta.

Un esempio del foglio di calcolo impiegato nella quantificazione dei parchi veicolari a livello comunale è riportato in fig. 5.

Figura 5 – Tabella per la conversione dei dati di parco veicolare da livello provinciale a livello comunale

Per la costruzione del parco veicolare dei mezzi pubblici si è fatto ricorso, per la maggior parte delle città, ai dati disponibili sui siti delle società che gestiscono il trasporto pubblico locale (TPL). In particolare sono state prese in considerazione le pagine web dedicate alla composizione della flotta e le Carte dei Servizi, pubblicate periodicamente.

Una volta quantificato e distribuito il parco veicolare nelle diverse categorie aggregate, si è proceduto alla valutazione delle percorrenze medie annue in termini di milioni di passeggeri·km (Mpass·km). La valutazione delle percorrenze medie giornaliere (km/giorno) per i veicoli privati si è basata su dati reperibili all'interno dei singoli Piani Generali Traffico Urbano o da altre indagini di mobilità (ad esempio ISFORT, Auditel mobilità 2002).

Per le percorrenze medie dei veicoli del trasporto pubblico si è fatto ricorso alle stesse fonti impiegate per la caratterizzazione del parco veicolare.

Lì dove il dato di percorrenza è risultato assente o comunque inutilizzabile, sono stati assunti valori di prima approssimazione.

	Bologna	Firenze	Genova	Milano	Napoli	Palermo	Roma	Torino
Autovetture	14.61	16.26	10	16.46	10	6.5	15.20	8.3
Motoveicoli	8	8	5	8	8	5	10	5
Autobus	100	100	107	100	81	118	135	160

Tabella 2 – Percorrenze medie giornaliere impiegate in PARVEA

Le percorrenze medie annue, in Mp-km, si ottengono semplicemente come prodotto della percorrenza media giornaliera per il numero di giorni di utilizzo del veicolo e per il fattore di occupazione attuale.

Il calcolo delle percorrenze medie annue, è stato strutturato in maniera da fornire un valore per ogni categoria veicolare considerata, indipendentemente dalle altre. In questo modo è stato possibile considerare diversi giorni di utilizzo, ad esempio, per i veicoli a due ruote, in funzione delle condizioni climatiche, oppure inserire un valore di percorrenza media giornaliera per gli autobus alimentati elettricamente differente da quella relativa agli autobus alimentati a gas naturale.

Si deve qui precisare come nel caso del trasporto pubblico, data la generale scarsità di dettaglio dei dati di percorrenza, sia stata impiegata direttamente la percorrenza totale annua dichiarata dai gestori, equamente suddivisa tra le varie categorie considerate, in funzione del numero di giorni di utilizzo. In questo modo è stato possibile, a ritroso, calcolare i valori di percorrenza media giornaliera, riportati in Tab. 2.

Con l'inserimento delle percorrenze, il set di dati di input di PARVEA risulta infine completato.

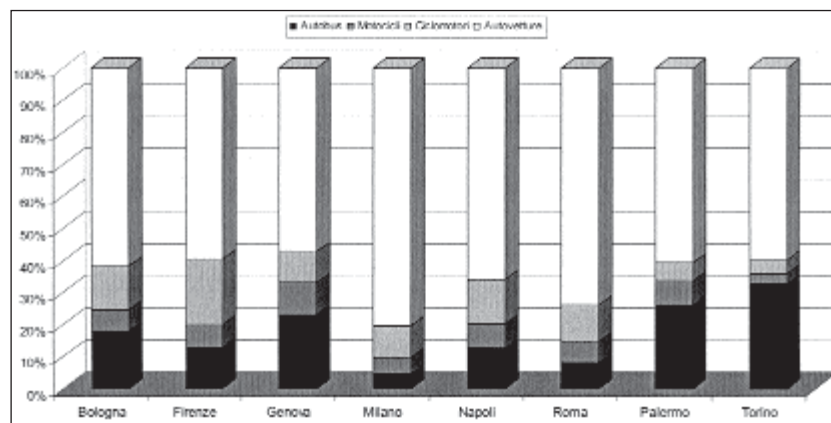


Figura 6 – Distribuzione percentuale, per classi veicolari, delle percorrenze per il trasporto passeggeri su gomma nelle otto città considerate¹¹

4.4. Risultati

Simultaneamente all'inserimento dei dati di input, PARVEA calcola, per ogni scenario, le emissioni relative allo stato attuale e quello futuro, le confronta, e riporta la riduzione in valori assoluti e percentuali. Sempre in automatico vengono aggiornati anche i grafici precedentemente predisposti in funzione degli scenari considerati.

La tabella che segue è stata costruita sulla base dei risultati delle elaborazioni condotte su tutte le città oggetto di questo studio e riporta l'intervallo di variazione delle emissioni, per ogni inquinante considerato, associato ad ognuno degli scenari simulati. In questo modo risulta possibile valutare rapidamente l'efficienza di ciascuno scenario.

¹¹ Elaborazione di dati a livello comunale

		NO_x	NMVO	CO	PM₁₀
Scenario 1	min	26.61%	51.56%	29.41%	31.58%
	Max	44.70%	61.08%	39.72%	54.38%
Scenario 2	min	0.09%	0.04%	0.02%	0.00%
	Max	16.19%	0.79%	1.94%	14.44%
Scenario 3	min	24.42%	13.77%	22.27%	13.44%
	Max	28.75%	23.90%	27.21%	21.53%
		CO₂	Benzene	SO_x	NH₃
Scenario 1	min	-7.65%	32.39%	0.00%	0.00%
	Max	-4.40%	43.04%	0.00%	0.00%
Scenario 2	min	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Max	0.00%	0.03%	0.00%	3.34%
Scenario 3	min	24.95%	21.42%	24.03%	29.18%
	Max	27.73%	27.52%	27.86%	29.51%

Tabella 3 – Valori minimi e massimi di riduzione delle emissioni per i tre scenari simulati

Si può notare come lo scenario 1 (rinnovo totale delle autovetture) sia quello che determina il maggior abbattimento delle emissioni di tutti gli inquinanti, ad eccezione della CO₂. Tale singolarità è dovuta all'incidenza delle percorrenze complessive di autovetture, ciclomotori e motocicli, sul totale del trasporto passeggeri su gomma, variabile tra il 74% e il 91%. Il valore positivo dell'emissione di biossido di carbonio è l'effetto combinato di due cause: la prima è da ricercare nel valore nel fattore di emissione aggregato della CO₂, maggiore nella categoria autovetture benzina Euro I – Euro II rispetto all'autovetture convenzionali; la seconda nell'incidenza percentuale delle percorrenze in autovetture rispetto al totale.

Lo scenario 2 (rinnovo del parco veicolare del trasporto pubblico su gomma) offre un lieve miglioramento in termini di abbattimento delle emissioni in special modo riguardo al particolato. Effetti più sensibili potrebbero essere ottenuti considerando, nello spostamento di percorrenze, anche gli autobus alimentati con combustibili alternativi come GPL e metano.

Infine, lo scenario 3 (incremento del fattore di occupazione) determina un miglioramento generalizzato su tutto il set di inquinanti studiati: l'incremento del fattore di occupazione, a parità di percorrenza in termini di Mp·km, simula l'incremento dell'efficienza nell'uso del mezzo di trasporto e quindi una riduzione del parco veicolare circolante.

Di seguito vengono riportati i risultati in forma grafica per tutte le città studiate e per ogni inquinante considerato.

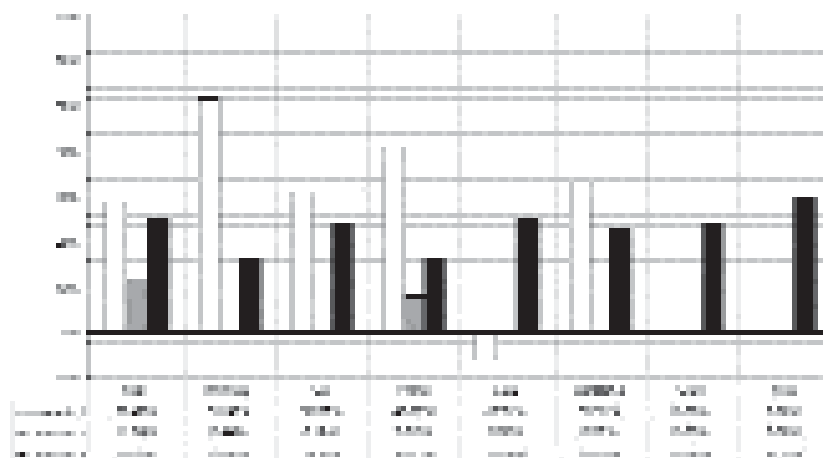


Figura 7 – BOLOGNA – Margini di riduzione massima delle emissioni

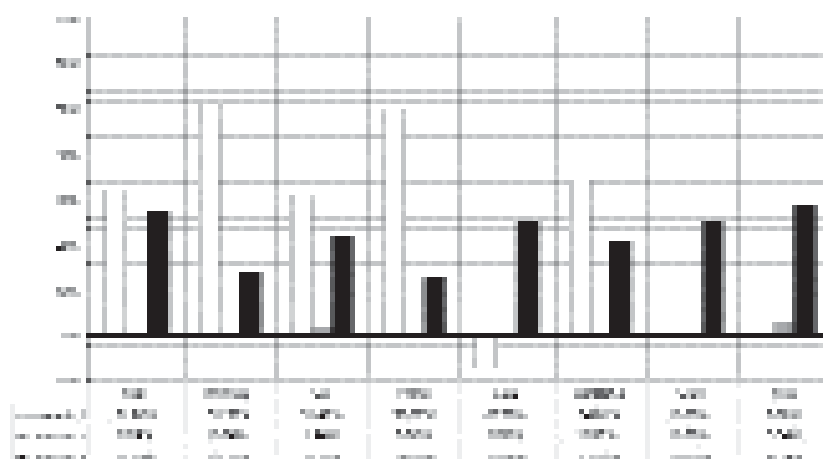


Figura 8 – FIRENZE – Margini di riduzione massima delle emissioni

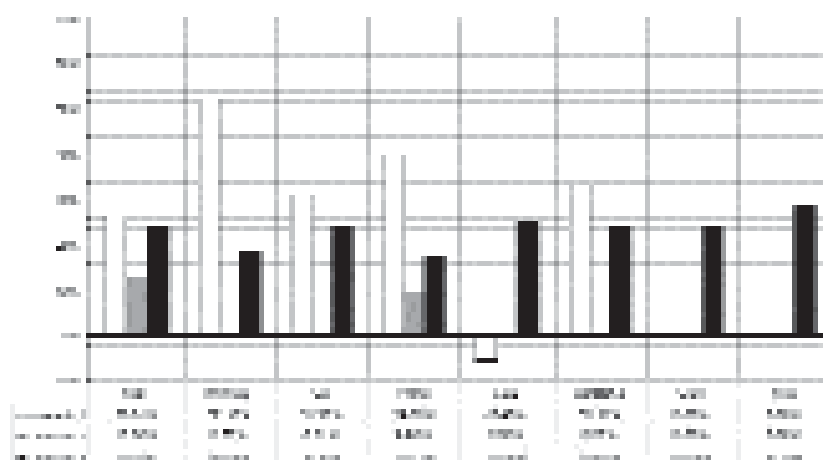


Figura 9 – GENOVA – Margini di riduzione massima delle emissioni

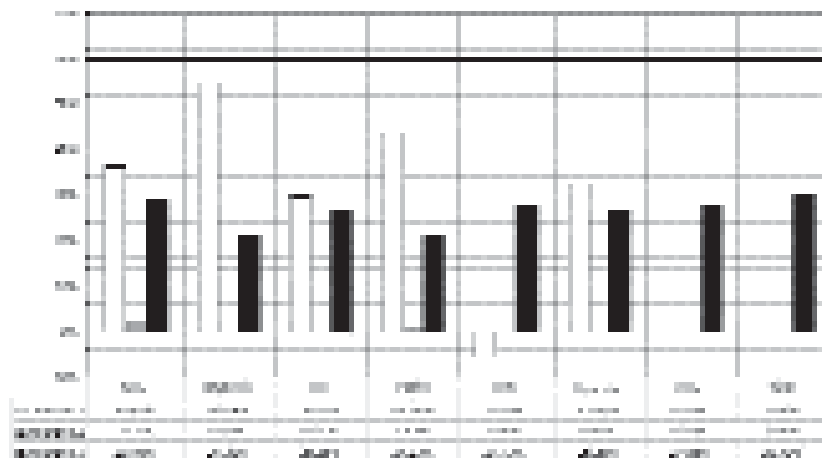


Figura 10 – MILANO – Margini di riduzione massima delle emissioni

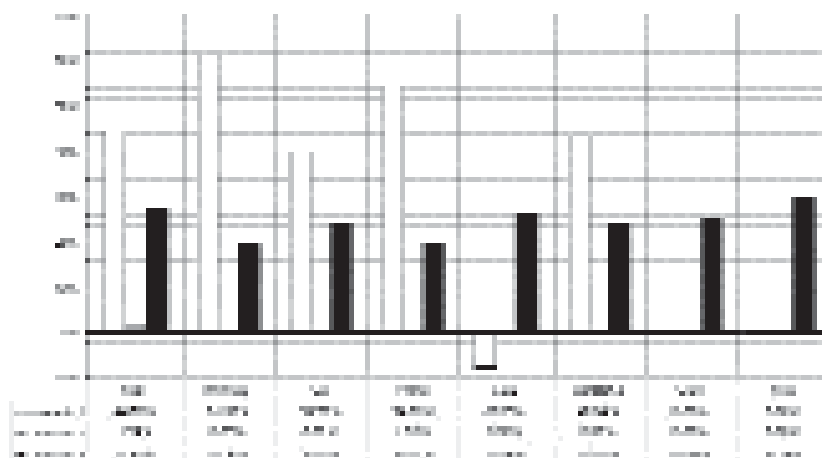


Figura 11 – NAPOLI – Margini di riduzione massima delle emissioni

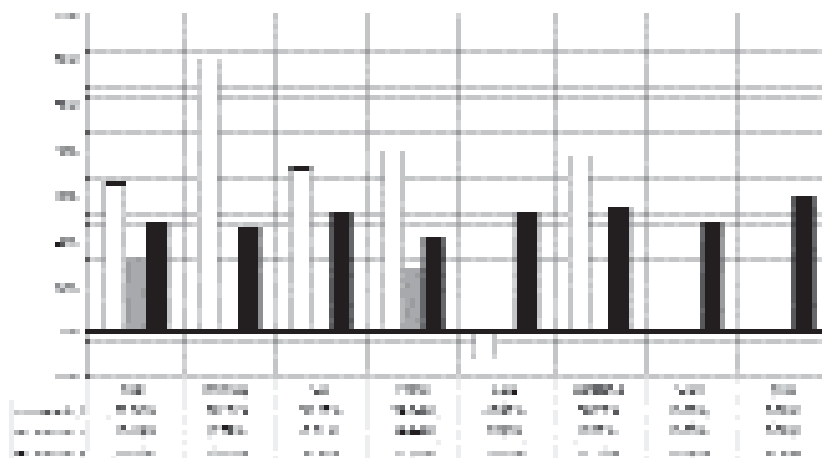


Figura 12 – PALERMO – Margini di riduzione massima delle emissioni

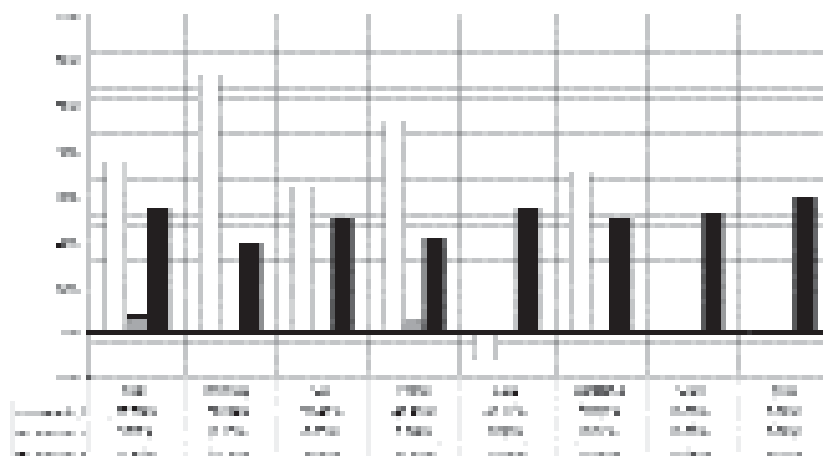


Figura 13 – ROMA – Margini di riduzione massima delle emissioni

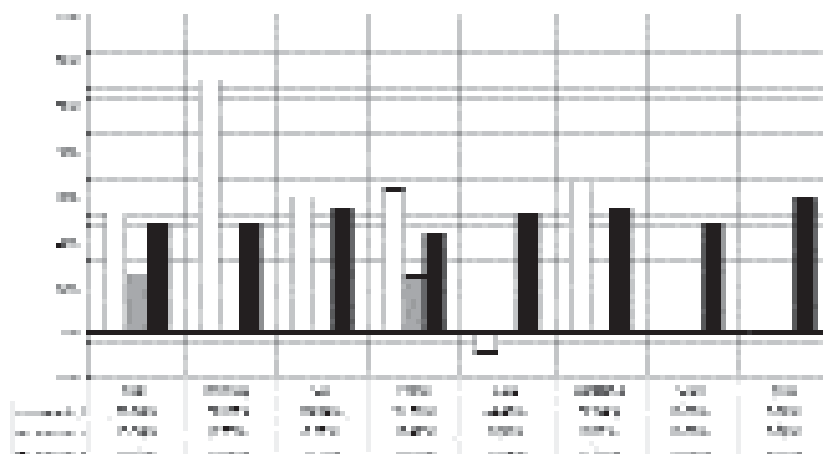


Figura 14 – TORINO – Margini di riduzione massima delle emissioni

BIBLIOGRAFIA

- ACI, "End of life Vehicle", atti del Convegno "La rottamazione dei veicoli: nuove norme e vecchi problemi", Roma, Novembre 2002
- ACI, Autoritratto 2000, online.aci.it/acinet/cd/datiestatistiche/Frame_Autoritratto.asp
- ACI, Autoritratto 2002, online.aci.it/acinet/cd/datiestatistiche/Frame_Autoritratto_02.asp
- ACI, "Osservatorio della Conferenza sulla mobilità nei principali Comuni Italiani", Riva del Garda, 2001
- ACI, "Rapporto annuale", Roma, 2002
- ANCMA, Contrassegni per ciclomotori rilasciati negli anni 1993-2003, pubblicazione reperibile presso www.ancma.it/common/file/articolo_200sezione_8.pdf
- Comune di Firenze, Piano Generale Traffico Urbano 2000
- Comune di Firenze, Piano Generale Traffico Urbano 2002
- Comune di Milano, D. G. Ambiente e Mobilità "Raccolta dati statistici sull'ATM e sul trasporto pubblico a Milano fino al 2000", Novembre 2001
- Comune di Milano, Piano Urbano della Mobilità 2001 – 2010, Aprile 2001
- Comune di Milano, Piano Generale Traffico Urbano 2003, Dicembre 2003

Comune di Roma, Determinazione Dirigenziale n. 642 del 31 Dicembre 2002 – riepilogo dei provvedimenti di limitazione
Comune di Roma, Modifica della Deliberazione Giunta Comunale n. 790 del 18 Dicembre 2001 – Autoveicoli esclusi dal provvedimento di divieto
Comune di Roma, Deliberazione Giunta Comunale n. 790 del 18 Dicembre 2001 – Divieto di circolazione all'interno dell'anello ferroviario
Comune di Roma, Determinazione Dirigenziale n. 71 del 15 Febbraio 2002 – Specifica sull'entrata in vigore del divieto
Comune di Roma, Determinazione Dirigenziale n. 294 del 27 Giugno 2002 – Specifica per le auto storiche
Comune di Roma, Piano della Mobilità del Tridente, Determinazione Dirigenziale n. 408 del 6 Marzo 2003
Comune di Roma, Piano Generale Traffico Urbano di Roma, Dipartimento VII – Politiche della Mobilità, 1999
CTN-ACE – Manuale dei Fattori di Emissione www.inventaria.sinanet.apat.it
Cam Tecnologie S.p.A. – sito ufficiale GECAM www.gasoliobianco.it
Ministero dei Trasporti e della Navigazione, Conto Nazionale Trasporti 2000, Roma
Pidello F., “Valutazione delle emissioni su strada di veicoli pesanti alimentati a metano” – Sviluppo tecnologie motori a gas – Centro Ricerche FIAT, in Giornata di studio: “Circolazione dei mezzi pesanti in area urbana: fattori di emissione, ipotesi di intervento e soluzioni”, Bologna, 13 Novembre 2003. I fattori di emissione sono disponibili per i seguenti inquinanti: NO_x, NMCOV, CO e CO₂.
Spampinato M., Villani P., “Oltre l'emergenza. Politica ed Economia della mobilità a Milano”, ISFORT, Roma, 2002
STA, “Metodologia per la stima delle emissioni di traffico veicolare”, Roma 2001

Dati TPL desunti dai seguenti siti internet

ATC S.p.A. - Azienda Trasporti Pubblici di Bologna - www.atc.bo.it
ATAF S.p.A. - Azienda del Trasporto Pubblico per l'area Fiorentina - www.ataf.net
AMT S.p.A. - Azienda Mobilità e Trasporti di Genova - www.amt.genova.it
ATM S.p.A. - Azienda Trasporti Milanesi - www.atm-mi.it
ANM S.p.A. – Azienda Napoletana Mobilità – www.anm.it
AMAT – Azienda Speciale del comune di Palermo – www.amat.pa.it
ATAC S.p.A. – Azienda Trasporti Autoferrotranviari del comune di Roma – www.atac.roma.it
Trambus S.p.A. - www.trambus.com
GTT S.p.A. – Gruppo Torinese Trasporti – www.comune.torino.it/gtt/