

Rocco Papa Gennaro Angiello Gerardo Carpentieri

Il Governo del Sistema Integrato Città-Trasporti-Energia



TeMAlab Dicea UniNa

Federico II Open Access University Press





Università degli Studi di Napoli Federico II
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Smart City, Urban Planning for a Sustainable Future
City and Sustainable Mobility

3

Il Governo del Sistema Integrato Città-Trasporti-Energia

Monografia scientifica

Rocco Papa Gennaro Angiello Gerardo Carpentieri

Federico II Open Access University Press



Il Governo del Sistema Integrato Città-Trasporti-Energia / Rocco Papa, Gennaro Angiello, Gerardo Carpentieri - Napoli: FedOAPress. 2017. - (Smart City, Urban Planning for a Sustainable Future. City and Sustainable Mobility; 3).

Accesso alla versione elettronica:
<http://www.fedoabooks.unina.it>

ISBN: 978-88-6887-013-3
DOI: 10.6093/978-88-6887-013-3

Editor

Rocco Papa, University of Naples Federico II, Italy

Editorial Advisory Board

Mir Ali, University of Illinois, USA - Luca Bertolini, Universiteit van Amsterdam, Paesi Bassi - Luuk Boelens, Ghent University, Belgium - Dino Borri, Politecnico di Bari, Italia - Enrique Calderon, Universidad Politécnica de Madrid, Spagna - Roberto Camagni, Politecnico di Milano, Italia - Derrick De Kerckhove, University of Toronto, Canada - Mark Deakin, Edinburgh Napier University, Scotland - Aharon Kellerman, University of Haifa, Israel - Nicos Komninos, Aristotle University of Thessaloniki, Grecia - David Matthew Levinson, University of Minnesota, USA - Paolo Malanima, Magna Græcia University of Catanzaro, Italy - Agostino Nuzzolo, Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Italia - Rocco Papa, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia - Serge Salat, Urban Morphology and Complex Systems Institute, France - Mattheos Santamouris, National Kapodistrian University of Athens, Greece - Ali Soltani, Shiraz University, Iran

All the books of this series undergo rigorous double-blind review process

© 2017 FedOAPress - Federico II Open Access University Press
Università degli Studi di Napoli Federico II
Centro di Ateneo per le Biblioteche "Roberto Pettorino"
Piazza Bellini 59-60 - 80138 Napoli, Italy
<http://www.fedoapress.unina.it>

Published in Italy
Gli E-Book di FedOAPress sono pubblicati con licenza
Creative Commons Attribution 4.0 International

Copertina e progetto grafico: TeMALAB
Foto di copertina: Amsterdam Urban Center – Planimetria interattiva

1. Sistema Urbano, Consumi Energetici e Mobilità Sostenibile

2. Città e Consumi Energetici: variabili, tecniche e modelli

- 2.1 Mobilità urbana e risparmio energetico
- 2.2 Le variabili interpretative
- 2.3 I modelli di riferimento
- 2.4 I fattori significativi
- 2.5 Insediamenti urbani e risparmio energetico
- 2.6 I modelli di stima
- 2.7 I modelli interpretativi
- 2.8 Città, Trasporti e Energia

Riferimenti bibliografici

3. Città e Consumi Energetici: gli spazi e le attività urbane

- 3.1 I dati e le variabili interpretative
- 3.2 L'organizzazione e l'elaborazione dei risultati
- 3.3 La rappresentazione in ambiente GIS
- 3.4 Un'applicazione al territorio comunale di Napoli
- 3.5 I consumi energetici nel territorio comunale di Napoli
- 3.6 Validazione e analisi dei risultati
- 3.7 Conclusioni e sviluppi futuri

Riferimenti bibliografici

4. Strumenti, Azioni e Best Practices per la riduzione dei consumi energetici nella mobilità urbana sostenibile

- 4.1 Strumenti di governo della mobilità alla scala urbana
- 4.2 Azioni per la riduzione dei consumi energetici verso la smart mobility
- 4.3 Best practices

Riferimenti bibliografici e Sitografia

CAPITOLO 1

SISTEMA URBANO, CONSUMI ENERGETICI E MOBILITÀ SOSTENIBILE

Le teorie sulla nascita e lo sviluppo della città moderna sembrano concordare, senza eccezioni, su un punto: la città è il luogo di massima concentrazione dello scambio.

Le attività, infatti, si insediano all'interno degli agglomerati urbani e metropolitani per minimizzare le risorse necessarie a soddisfare le crescenti necessità di relazione e di scambio con le altre attività localizzate sul territorio. Negli ultimi anni la concentrazione e la specializzazione di queste attività hanno comportato un aumento straordinario, per intensità e qualità, delle necessità di scambio, con la ovvia conseguenza di avviare alla congestione la maggior parte delle aree metropolitane con prevedibili conseguenze sulla sostenibilità delle aree urbane e sulla qualità della vita dei suoi abitanti. Paradossalmente il tumultuoso sviluppo delle nuove tecnologie di comunicazione piuttosto che porre un freno ai fenomeni in atto ha costituito un potente fattore di amplificazione della domanda, smentendo con palese evidenza le previsioni di alcuni saccenti ricercatori che prevedevano una diminuzione della domanda di spostamento per effetto delle opportunità messe a disposizione dalle nuove tecnologie.

Come spesso avviene nello sviluppo dei sistemi complessi, e la città è certamente tra questi, le ragioni che ne hanno favorito la costituzione sono le stesse che, in assenza di fenomeni di autoregolazione, ne comportano il degrado e successivamente la crisi. Peraltro l'evoluzione, nei secoli, della città da "sistema complicato" a "sistema complesso" comporta un affinamento dei meccanismi interni di autoconservazione che inibiscono i fenomeni di collasso istantaneo, palesemente visibili e quindi immediatamente percepibili. I meccanismi di autorganizzazione dei sistemi urbani complessi, attraverso processi di compensazione-riduzione delle esternalità negative, danno luogo ad un lento ma continuo incremento del degrado.

Questa situazione, giorno dopo giorno, si consolida e comporta, nel tempo, una involuzione dei comportamenti dei singoli e della collettività, definibile come "assuefazione" al degrado. Il collasso di un sistema "non complesso" come, ad esempio, la struttura portante di un edificio si manifesta con estrema evidenza ed in tempi rapidissimi, e pertanto viene temuta ed evitata con cura, laddove la crisi di un sistema complesso come la città le cui implicazioni sono lente ma di gran lunga più disastrose, viene scarsamente percepita e soprattutto sottovalutata.

La comunità scientifica internazionale, da tempo consapevole della estrema gravità della "crisi da congestione" che caratterizza le grandi città e le città metropolitane in particolare, è sempre più impegnata nel mettere a punto metodologie, modelli e tecniche che possano invertire le tendenze in atto, soprattutto per gli aspetti relativi alla sostenibilità ambientale. Nella comunità scientifica che ha affrontato negli ultimi anni queste tematiche si sono susseguiti tre diversi modi di affrontare i problemi della congestione urbana e metropolitana: tre orientamenti che hanno dato luogo a tre diverse fasi nell'intervento sul territorio. Nella prima fase, con un approccio di tipo meccanicistico, si è pensato di dare soluzione al problema agendo esclusivamente sull'offerta di trasporto, adeguando capacità e tracciato delle reti, nonché dimensionamento e localizzazione dei nodi alla crescente e spontanea domanda di spostamento. Questa "acritica" accettazione della domanda ha avuto come conseguenza non solo un (involontario?) incremento della domanda, ma ha provocato, altresì, il consolidamento della distribuzione e della intensità delle attività urbane secondo i modelli insediativi esistenti.

In altre parole, con la convinzione che il territorio fosse una risorsa inesauribile, si è aumentata l'offerta di trasporto -superstrade, strade a scorrimento veloce, autostrade urbane, reti metropolitane- creando così le premesse per un incontrollato ampliamento delle relazioni tra le attività urbane che, ovviamente, si sono distribuite sul territorio in ragione della riduzione dei costi di spostamento e di migliori opportunità di scambio, sia in termini fisici che economici.

Le ragioni del fallimento di tale impostazione sono essenzialmente riconducibili ai seguenti fattori:

- la crescita esponenziale dei costi per la realizzazione di infrastrutture per il trasporto;
- l'affermarsi di una cultura del recupero e del riuso ottimale dell'esistente inteso come razionalizzazione ed ottimizzazione delle risorse disponibili;
- la crescente presa di coscienza, a tutti i livelli, dei problemi di salvaguardia ambientale come premessa per il perseguimento di uno sviluppo urbano sostenibile;
- l'errata previsione, per difetto, degli sviluppi della domanda di spostamento, dovuta probabilmente ad una sottovalutazione della domanda "latente", che non si esprimeva a causa delle condizioni di congestione in cui, già allora, versava il sistema della mobilità;

- domanda latente che quando il sistema di trasporto, a seguito dell'incremento di attrezzature e servizi, ha offerto migliori condizioni d'uso del sistema, si è manifestata in tutto il suo potenziale, rendendo così già vani gli interventi appena realizzati.

Nella seconda fase, con un approccio di tipo integrato tra domanda e offerta di trasporto, si sono formulate nuove soluzioni mettendo in relazione il tipo, la dimensione e le caratteristiche delle attività localizzate nello spazio, e quindi la loro prevedibile domanda di spostamento, con le reti di trasporto esistenti. Obiettivo dichiarato era razionalizzare, non più con interventi di tipo infrastrutturale ma attraverso l'uso ottimale delle infrastrutture esistenti, l'intero sistema di trasporto. Questa fase, caratterizzata da un consistente ed impegnativo approfondimento scientifico degli strumenti di conoscenza e di interpretazione dei fenomeni, pur consentendo la costruzione di uno specifico disciplinare di notevole valore scientifico, non ha prodotto soluzioni apprezzabili sul piano concreto. Quando infatti le soluzioni proposte hanno dato effetti positivi, questi si sono dimostrati di scarsa efficacia e soprattutto di breve durata. Alle speranze di incrementare l'efficienza del sistema senza ridurre la mobilità della popolazione esistente e soprattutto senza costruire nuove infrastrutture, ha fatto seguito un sostanziale fallimento delle azioni proposte, soprattutto nelle aree più congestionate e quindi più bisognose di soluzioni rapide ed affidabili.

Anche a seguito di questo fallimento, ha preso corpo la consapevolezza che i fenomeni relativi ai "sistemi ad elevato dinamismo e complessità" devono essere letti ed interpretati con un approccio olistico; approccio che privilegi la visione di insieme piuttosto che lo studio delle singole parti. Peraltro, nel campo operativo-sperimentale, si è consolidata la necessità di intervenire non più sulle conseguenze ma sulle cause dei fenomeni, preferibilmente con tecniche mutuata dalla cibernetica, come scienza orientata al governo dei sistemi complessi. Si creano così le premesse, scientifiche ma anche sperimentali, per lo sviluppo di una terza fase, tuttora in corso, in cui l'insieme dei fenomeni di interscambio tra le attività localizzate nello spazio vengono affrontati in modo unitario ed interdipendente. La terza fase, infatti, si distingue dalle precedenti in ragione di quattro specificità che, anche a seguito delle precedenti esperienze, ne costituiscono gli elementi di maggior interesse:

- una visione olistica di tutti i fenomeni insediativi, in particolar modo di quelli urbani, in cui il sistema della mobilità viene inteso come prodotto congiunto, integrato ed interagente, della distribuzione delle attività sul territorio e delle opportunità di spostamento che il sistema delle reti, fisiche ed immateriali, offre;
- la necessità di affrontare il problema della congestione urbana non solo in termini interpretativi, ma soprattutto in termini operativi, perseguendo praticabili soluzioni per invertire in modo irreversibile il caos urbano;
- l'attenzione ai problemi di salvaguardia e di tutela dell'habitat antropizzato nel più vasto scenario del miglioramento della qualità della vita;
- l'interesse per le trasformazioni indotte dall'innovazione tecnologica in molte attività a forte valenza urbana e il conseguente studio dei fenomeni di

complementarità e di sostituzione che le nuove tecnologie attivano e sviluppano, soprattutto nel campo della mobilità.

In altre parole si afferma, in questa terza fase, un nuovo approccio scientifico ai problemi di composizione della dicotomia domanda-offerta di trasporto: il governo della mobilità, inteso -in una visione unitaria e contestuale- come controllo della domanda di spostamento e razionalizzazione dell'offerta di trasporto orientate entrambe le azioni a perseguire stati di equilibrio dinamici, per zone e per intervalli temporali. All'interno di questo ampio e fruttuoso contesto di sperimentazione scientifica si segnalano alcune tesi di assoluta rilevanza. Questi temi, per il loro carattere di originalità, sembrano costituire le premesse per la costruzione di una nuova area interdisciplinare che, integrando la gestione del territorio e la gestione dei trasporti, definisca strumenti innovativi per il governo dei fenomeni di interrelazione tra la distribuzione delle attività sul territorio, la domanda di spostamento e l'offerta di trasporto.

I temi di maggior interesse sono essenzialmente riferibili a tre azioni di ricerca. La prima riguarda lo studio dei fenomeni di interrelazione e di integrazione tra innovazione tecnologica e territorio, con l'obiettivo di definire la permeabilità di un territorio all'innovazione e le possibili ricadute dei processi innovativi sul sistema della domanda e dell'offerta. La seconda, proponendo un approccio "urbanistico" allo studio della mobilità, dove individuare modelli, tecniche e procedure in grado di perseguire, all'interno delle zone più congestionate della città, un equilibrio dinamico tra i flussi attratti dalle attività insediate e i flussi "sostenibili" dalle infrastrutture di trasporto presenti nell'area. In altre parole è necessario mettere a punto un corpus disciplinare, di sicura affidabilità scientifica, in grado di perseguire, attraverso bilanciamenti dinamici tra la domanda e l'offerta, un equilibrio, nel tempo e nello spazio, tra spostamenti che si generano per effetto dell'azione polarizzante esercitata dalle attività insediate in una certa area e spostamenti ammissibili in ragione dell'offerta di trasporto che quella stessa area è in grado di offrire. La terza deve essere tesa a definire un approccio innovativo alle tecniche di gestione dell'offerta di trasporto, che, in relazione alle caratteristiche, fisiche e funzionali, del sistema città, sia in grado di individuare gli interventi, anche infrastrutturali, che sono necessari per ottimizzare le prestazioni dei sistemi di trasporto. Questa evoluzione può essere raggiunta solo attraverso una attenta valutazione delle caratteristiche morfologico-insediative che ogni città presenta, dei diversi ruoli e specializzazioni funzionali che ogni sistema urbano svolge. Il primo tema, che sviluppa lo studio dei fenomeni di interrelazione e di integrazione tra innovazione tecnologica e territorio, con particolare attenzione alle ricadute dei processi innovativi sul sistema della domanda e dell'offerta di trasporto, deve prendere le mosse da alcune considerazioni di fondo.

Le realtà territoriali, urbane e metropolitane, sono state investite negli ultimi decenni da fenomeni che hanno prodotto notevoli trasformazioni nel loro assetto fisico ed organizzativo. Tra questi fenomeni, l'innovazione tecnologica ha assunto un ruolo rilevante, incidendo profondamente sia sulla configurazione spaziale che sull'organizzazione funzionale del territorio. L'interazione tra innovazione tecnologica e

territorio avviene principalmente in due modi: attraverso la trasformazione dei sistemi organizzativi cui viene applicata ed attraverso la modifica dei flussi di interazione che si stabiliscono tra le attività. Risulta evidente come in entrambi i casi si verifichino impatti significativi sui flussi di relazione. Tali flussi si concretizzano in spostamenti di beni, persone e informazioni generati da una specifica domanda (lavoro, tempo libero, studio, ecc.), in relazione anche all'offerta di trasporto. Domanda di spostamento ed offerta di trasporto devono essere interpretati, dunque, come le principali componenti del più ampio sistema della mobilità.

L'innescio ed il decollo di processi innovativi in alcuni ambiti territoriali sono funzione non solo della presenza di specifiche dotazioni fisiche, ma anche di condizioni funzionali che ne agevolano lo sviluppo e la diffusione. Tali condizioni, legate a particolari attività o sinergie tra le attività, necessitano di meccanismi di interazione continui che richiedono spostamenti sia materiali (di beni e di persone) che immateriali (di energia ed informazioni). Ciò evidenzia il ruolo strategico che il sistema della mobilità e soprattutto della mobilità sostenibile assume all'interno del processo innovativo e, nel contempo, la sua suscettività ai cambiamenti indotti dall'introduzione delle nuove tecnologie. Il secondo tema, che ha per oggetto la messa a punto di una metodologia in grado di perseguire, attraverso bilanciamenti dinamici della domanda e dell'offerta, un equilibrio tra spostamenti generati e spostamenti "sostenibili", deve tener conto che, nella quasi totalità dei casi, i flussi che pervadono la città si generano per effetto dell'azione polarizzante esercitata dalle attività insediate nello spazio. È necessario in fine indagare il ruolo che l'innovazione tecnologica può svolgere nel processo di ridefinizione della domanda di spostamento e con essa nella redistribuzione dei flussi sul territorio.

La terza azione di ricerca, tesa a definire un approccio innovativo alla gestione dell'offerta di trasporto in relazione alle caratteristiche, fisiche e funzionali, del sistema città, deve partire da una messa a punto delle tecniche di lettura e di analisi dei fenomeni urbani propri dell'approccio sistemico. In tal senso l'offerta di trasporto - sia materiale (beni e persone) che immateriale (servizi e informazioni) - può essere considerata come un sotto-sistema del sistema urbano, che deve essere assunto come uno degli elementi che caratterizzano l'offerta. Particolare attenzione deve essere rivolta al confronto contestuale tra sistema dell'offerta, sistema urbano e innovazioni interne all'offerta. Obiettivo dello studio è l'individuazione delle caratteristiche dell'offerta di trasporto sulle quali intervenire per adeguare i modi e i mezzi del trasporto, in relazione alle componenti fisiche e funzionali del sistema urbano. In questo ampio contesto scientifico si inserisce, approfondendone alcuni degli aspetti suindicati, la ricerca contenuta in questo volume. Nel capitolo successivo, "I consumi energetici nel settore dei trasporti urbani: variabili, tecniche e modelli", viene proposto un quadro conoscitivo del complesso rapporto tra mobilità, consumi energetici e ambiente costruito anche attraverso una rassegna della letteratura scientifica più recente. In particolare vengono prese in considerazione le due principali fonti di consumo energetico in ambito urbano (il consumo energetico nel settore residenziale ed il consumo energetico dei trasporti) che costituiscono i settori di maggiore incidenza in Italia, rappresentando rispettivamente il 32% e 35% del consumo

finale di energia (ENEA, 2016). Vengono dunque presentate diverse caratteristiche dell'ambiente costruito quali, ad esempio, la densità, il mix funzionale o l'accessibilità e descritto come tali fattori influenzano il consumo energetico nel settore dei trasporti e nel settore residenziale. La comprensione di tali relazione risulta essere infatti di fondamentale importanza per la messa a punto di un mix coordinato di azioni finalizzate alla riduzione del consumo energetico in ambito urbano. Successivamente, vengono presentati i principali modelli presenti in letteratura per la stima dei consumi energetici residenziali e dei trasporti in ambito urbano, ponendo particolare attenzione ai punti di forza e di debolezza e di debolezza di ciascun modello, alla complessità ed agli aspetti tecnico-operativi connessi con l'implementazione di tali modelli.

Nel terzo capitolo, "I consumi energetici nel settore degli insediamenti urbani con un'applicazione alla città di Napoli", viene presentato un focus sullo sviluppo di una tecnica per la rappresentazione e la classificazione dei consumi energetici degli insediamenti urbani con una applicazione al caso studio della città di Napoli. Il capitolo in particolare pone particolare enfasi sulle nuove opportunità offerte dai Sistemi Informativi Geografici (GIS) e sulla crescente disponibilità di nuove fonti di dati. Il lavoro infatti integra l'utilizzo di fonti di dati "tradizionali" quali le indagini censuarie, nuove fonti di dati (in particolar modo dati aperti e big data) con processi di geoprocessing sviluppate ad hoc e analisi statistiche spaziali al fine di consentire una conoscenza esaustiva dei consumi energetici per la componente insediativa.

Nel quarto capitolo, "Strumenti, Azioni e Best Practices per la riduzione dei consumi energetici nella mobilità urbana", viene proposta una analisi degli strumenti, delle azioni e delle best practices per la riduzione dei consumi energetici. In particolare sono presentati gli strumenti di governo della mobilità alla scala urbana, descrivendo, per ciascuno di essi, i principali obiettivi, i contenuti e le modalità di attuazione.

Vengono inoltre introdotti due nuovi strumenti di governo delle trasformazioni territoriali, il Piano Energetico Comunale ed il Piano di Azione per l'Energia Sostenibile che definiscono le politiche energetiche dei Comuni, finalizzate al raggiungimento di obiettivi di riduzione delle di gas emissioni clima-alteranti, efficientemente energetico ed impiego di fonti energetiche rinnovabili. Nella seconda parte del capitolo, viene presentata una sintesi ragionata delle azioni che i singoli Comuni possono mettere in campo per contenere i consumi energetici nel settore dei trasporti. Tali azioni sono organizzate in forma di indirizzi e criteri di azione. Infine, nell'ultima parte del capitolo vengono presentati alcuni casi di studio relativi ad interventi sulla mobilità urbana finalizzati al risparmio energetico, che sono stati realizzati in alcune città italiane ed europee. Si tratta di casi particolarmente rilevanti, esempi di una mobilità capace, da una parte, di ottimizzare l'uso e lo sviluppo delle risorse energetiche con interventi volti al risparmio dei combustibili tradizionali, incentivando l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e, dall'altra, di rispondere alle nuove esigenze di trasporto di persone e merci in modo sicuro ed efficiente.

2.1 Mobilità urbana e risparmio energetico

Il settore dei trasporti in Europa è responsabile di circa il 33% dei consumi finali di energia, secondo solo al settore civile (Eurostat, 2012). L'Unione Europea ha indirizzato una crescente attenzione al contenimento del consumo energetico nel settore dei trasporti, elaborando diversi documenti di indirizzo strategico e fornendo linee di azioni per un sistema di trasporti efficiente e sostenibile. In particolare le più recenti indicazioni per un sistema di trasporto europeo sostenibile sono state definite dalla Commissione Europea nel Piano di Azione per la Mobilità Urbana (2009) e nel Libro Bianco sui Trasporti (2011) che individua tra gli obiettivi prioritari per la riduzione delle emissioni di gas serra il miglioramento dell'efficienza energetica dei veicoli mediante l'uso di carburanti e sistemi di alimentazione sostenibili e l'ottimizzazione delle prestazioni delle catene logistiche multimodali, incrementando l'uso di modi di trasporto più efficienti sotto il profilo energetico.

Negli ultimi anni l'innovazione tecnologica e l'impiego di fonti energetiche alternative ai carburanti tradizionali ha determinato un contenimento significativo del consumo specifico di energia primaria, ovvero del consumo di energia per passeggero-chilometro. Ad esempio l'efficienza energetica dell'auto, in Europa, è aumentata dell'1% annuo tra il 2000 e il 2010 (ADEME, 2012).

Tuttavia né l'efficientamento energetico né le politiche di promozione dell'acquisto di veicoli ecologici da sole si sono dimostrate in grado di contrastare il crescente consumo energetico nel settore dei trasporti che ha segnato un incremento in Europa del 21% dal 1990 al 2010 (ADEME, 2012). La spiegazione di tale apparente contraddizione va

ricercata nell'evoluzione dei comportamenti di mobilità individuali. I trend attuali infatti mostrano un crescente uso dell'auto privata rispetto al trasporto pubblico, un incremento del numero degli spostamenti giornalieri, dei chilometri percorsi e del tempo dedicato agli spostamenti (Commissione Europea, 2007).

Da tali premesse si evince che sebbene l'efficientamento energetico del parco veicolare sia considerato un fattore determinante per il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità ambientale, esso da solo non è stato in grado di contenere l'ascesa della domanda energetica del settore trasporti, derivante da una crescente domanda di mobilità.

Quest'ultima, a sua volta, deriva dalla necessità per cittadini ed imprese di raggiungere le destinazioni desiderate ed è funzione delle caratteristiche dell'offerta di trasporto, dell'ambiente costruito e delle caratteristiche socio-economiche degli attori urbani.

Ne segue in definitiva che consumo energetico, mobilità, ambiente costruito, offerta di trasporto e caratteristiche socio-economiche degli attori del sistema urbano sono legate tra di loro da diverse relazioni e numerosi cicli di retroazione. La comprensione di tali relazione risulta essere per tanto di fondamentale importanza per la messa a punto di un mix coordinato di azioni finalizzate alla riduzione del consumo energetico nel settore dei trasporti. La riduzione dei consumi energetici nel settore della mobilità e la dipendenza delle famiglie dall'auto privata è stata oggetto di un crescente numero di ricerche negli ultimi anni. Esistono almeno tre importanti motivi per il crescente interesse scientifico verso questi temi:

- *a livello delle famiglie*, l'incidenza del costo dell'uso dei veicoli privati sulla composizione della spesa familiare rappresenta una voce crescente di spesa. Nel 2010, ad esempio, le famiglie italiane hanno speso mediamente più per il carburante che per l'acquisto di beni di prima necessità (CSE Pragma, 2012);
- *a livello di comunità*, la dipendenza dall'auto privata contribuisce alla stratificazione sociale e all'incremento delle disuguaglianze tra i diversi segmenti della popolazione (Litman, 2005);
- *a livello urbano e regionale*, la dipendenza dall'auto privata incide negativamente sulla sostenibilità ambientale e in particolar modo sul consumo energetico e sulle emissioni di gas serra e gas inquinanti (EPA, 1999).

Nella prima parte del lavoro viene fornito un quadro conoscitivo del complesso rapporto tra comportamenti di mobilità, consumo energetico e ambiente costruito mediante una rassegna della letteratura scientifica internazionale sul tema. Lo scopo della prima parte del lavoro è quello di identificare i fattori, i così detti "determinants", che maggiormente influenzano il consumo energetico nel settore della mobilità. Vengono inoltre illustrati i principali modelli teorico/sperimentali che affrontano le tematiche di interesse del settore. A partire da tali risultati, vengono individuate le variabili interpretative e, per ciascuna variabile, vengono definiti i dati di input e la metodologia di calcolo. In particolare, viene descritta la fase di implementazione necessaria al calcolo di tali variabili con particolare riferimento alle fonti, alle caratteristiche e alle modalità di raccolta e trattamento dei dati, nonché alla georeferenziazione e rappresentazione dei risultati ottenuti.

2.2 Le variabili interpretative

Nell'ampia letteratura sul tema del rapporto tra città, mobilità ed energia sono molteplici gli studi volti ad indagare le relazioni funzionali tra caratteristiche dell'ambiente costruito, comportamenti di mobilità e consumi energetici.

Questi studi possono essere classificati in studi aggregati o disaggregati. Nel primo caso la variabile oggetto di studio (e.g. il consumo energetico) è costituita dal valor medio riferito ad un'intera città o quartiere (e.g. consumi medi annui di carburante di una certa città). Nel secondo caso la variabile oggetto di studio è riferita al singolo individuo o alla famiglia. In questo lavoro si farà principalmente riferimento agli studi di tipo disaggregato ed in particolare a tre sotto-categorie, ovvero a studi di carattere empirico volti ad individuare relazioni funzionali tra:

- ambiente costruito e consumi energetici;
- ambiente costruito e comportamenti di mobilità;
- ambiente costruito, comportamenti di mobilità e consumi energetici.

Tali relazioni vengono generalmente valutate mediante diverse tecniche statistiche. Ewing e Cervero (2010) individuano complessivamente otto modelli di analisi statistica. I diversi modelli dipendono dalla variabile dipendente analizzata (e.g. modelli di regressione lineare per variabili dipendenti continue come i km percorsi ogni anno in auto, il consumo di carburante annuo; regressione di Poisson quando la variabile dipendente è il numero di spostamenti, regressione logistica quando la variabile è espressa mediante una probabilità). Gli studi appartenenti alla terza sottocategoria adottano modelli di equazioni strutturali per analizzare la connessione (dirette e indirette) tra ambiente costruito, comportamenti di mobilità e consumi energetici.

Mentre il numero di studi disaggregati sulle relazioni tra consumo energetico e caratteristiche fisico-funzionali urbane risulta essere particolarmente esiguo, è ampia la letteratura sul rapporto tra comportamenti di mobilità (distanze percorse e scelta del mezzo di trasporto) e caratteristiche fisico-funzionali urbane. Tale circostanza può essere in parte spiegata da tre ordini di motivi (Liu, 2012):

- la difficoltà nel reperire informazioni sui consumi energetici individuali;
- la separazione tra modelli di stima della domanda di mobilità e modelli di stima dei consumi energetici;
- l'utilizzo delle distanze di spostamento come "proxy" per la valutazione dei consumi energetici.

Dall'analisi della letteratura emerge che le caratteristiche fisico funzionali che influenzano le scelte di mobilità (distanze percorse e scelta del mezzo di trasporto) coincidono con le caratteristiche fisico funzionali che influenzano i consumi energetici nel settore dei trasporti. Tale risultato è ovvio se si considera che il consumo energetico di un individuo può essere interpretato come la quantità di energia necessaria a soddisfare le sue esigenze di mobilità.

Dall'analisi di tali studi sono stati individuati i fattori dell'ambiente costruito che maggiormente influenzano i consumi energetici. Va tuttavia segnalato che tali fattori non

sono gli unici ad influenzare i consumi energetici. Altri fattori individuati in letteratura quali le caratteristiche socio-economiche (reddito, età genere, possesso d'auto) della popolazione e i prezzi dei carburanti giocano un ruolo altrettanto importante (Dieleman, Dijst e Burghouwt, 2002; Crane, 2007; Giuliano e Dargay, 2006).

Di seguito si riporta una breve descrizione dei fattori individuati, dei meccanismi attraverso i quali tali fattori influenzano il consumo energetico, nonché i principali riferimenti presenti in letteratura.

Densità insediativa

Diversi studi (e.g. Newman and Kenworthy 1998; Brownstone and Golob, 2009) hanno testato l'ipotesi di una relazione inversa tra densità e consumi energetici nel settore dei trasporti. Sotto tali ipotesi, ad un incremento della densità urbana è associato una riduzione dei consumi energetici pro-capite. Banister (1997) suggerisce che esistono due ordini di motivi per cui la densità può incidere significativamente sull'efficienza energetica:

- elevati valori di densità corrispondono a distanze mediamente più brevi tra luogo di lavoro e luogo di residenza;
- elevati valori di densità favoriscono l'utilizzo del trasporto pubblico, secondo il detto "mass transit needs mass".

Queste ipotesi sono state confermate da diversi studi. Ad esempio Cervero e Murakami (2009) hanno verificato un significativo effetto inverso della densità sulle distanze percorse, mentre Giuliano e Narayan (2003) hanno verificato che elevati livelli di densità sono associati ad un maggiore uso del trasporto pubblico.

Mix funzionale

Il mix funzionale è una misura rappresentativa dell'integrazione di diverse attività nella medesima area, ovvero una misura del grado di complessità funzionale di una zona. Elevati valori di mix funzionale indicano la compresenza nella medesima area di residenze, servizi e commercio e sono per tanto associati ad una riduzione della distanza che i residenti devono compiere per raggiungere il posto di lavoro o per svolgere altre attività (Kuzmyak e Pratt, 2003). Un elevato mix di funzioni inoltre è associato ad un maggiore frequenza di spostamenti non motorizzati (Owen et al, 2005).

Design

Con il termine design in letteratura si è inteso definire una serie di caratteristiche proprie della rete stradale e della conformazione dei tessuti urbani. Le caratteristiche della rete stradale possono variare significativamente di quartiere in quartiere: reti dense, interconnesse e a maglia regolare per alcune aree, curvilinee e sconnesse per altre. Misure legate al design includono fra le altre: le dimensioni dei blocchi degli edifici, la densità degli incroci, gli indici di connettività stradale e le dimensioni medie degli incroci. Il design è inoltre occasionalmente misurato in termini di dotazione di marciapiedi, numero di attraversamenti pedonali, presenza di alberatura, pendenze stradali o altre

variabili in grado di caratterizzare un quartiere che supporta la mobilità pedonale rispetto ad un quartiere orientato all'auto. Variabili relative al design sono spesso state incluse in studi che hanno inteso investigare il rapporto tra ambiente costruito e mobilità pedonale alla scala di quartiere. La presenza di marciapiedi e l'elevato grado di connettività sono associate con una maggiore propensione alla mobilità pedonale (Owen et al, 2004). Il ruolo dei marciapiedi nel creare un ambiente sicuro per la mobilità pedonale è ovvio, mentre la connettività stradale ha un effetto diretto sulla prossimità delle destinazioni: elevati valori di connettività stradale infatti si traducono in percorsi più diretti e dunque minori distanze da percorrere per raggiungere le destinazioni desiderate. Inoltre una rete viaria connessa fornisce una migliore accessibilità rispetto ad una rete tradizionale gerarchica (Handy, Paterson e Butler, 2004).

La distanza dal centro

La distanza dal centro può essere considerata come una "proxy" dell'accessibilità e in particolar modo dell'accessibilità al lavoro e al commercio. Il centro delle città coincide spesso con il luogo di massima concentrazione di addetti e attività commerciali. Yin et al. (2013) hanno verificato che la distanza dal centro influenza significativamente il consumo energetico della mobilità. I residenti il cui quartiere è situato in prossimità del centro della città tendono a percorrere distanze minori. Inoltre, per brevi distanze l'utilizzo del trasporto pubblico risulta essere competitivo rispetto all'auto privata. Naess e Sandberg (1996) hanno analizzato il consumo energetico legato alla mobilità pendolare dei dipendenti di sei importanti compagnie svedesi, verificando come la localizzazione geografica, in questo caso del luogo di lavoro, influenza il consumo energetico. I due studiosi hanno verificato che i dipendenti il cui posto di lavoro è localizzato in zone distanti dal centro tendono ad utilizzare maggiormente l'auto e a percorrere maggiori distanze e consumano, rispetto ai dipendenti che lavorano in aree prossime al centro, e dunque impiegano una maggiore quantità di energia per gli spostamenti casa-lavoro.

Accessibilità

L'accessibilità è una misura della facilità con cui i residenti di una certa area possono raggiungere le diverse funzioni urbane dislocate sul territorio (Cascetta, 2009). Un consistente numero di indicatori è stato proposto in letteratura per la misura dell'accessibilità attiva (per un'esaustiva analisi si veda Geurs e van Wee, 2004). Tuttavia nell'ambito degli studi analizzati, l'accessibilità è stata spesso misurata utilizzando indicatori relativamente "semplici" e che richiedono un numero limitato di dati. In particolare l'accessibilità attiva è stata misurata come il numero di posti di lavoro raggiungibili in un predeterminato intervallo temporale o in una predeterminata distanza o, più raramente, mediante misure gravitazionali. L'accessibilità risulta essere il fattore che incide in maniera più significativa sulle distanze di spostamento (Ewing e Cervero 2010). Elevati valori di accessibilità attiva inoltre sono legati ad un maggiore uso del trasporto pubblico (Moniruzzaman, e Páez, 2012) Negli ultimi anni il "modal accessibility gap", ovvero la disparità di accessibilità tra l'auto e il trasporto pubblico è indicato come

uno dei fattori che fortemente influenza la scelta del mezzo di trasporto (Owen e Levinson, 2013).

Distanza dalle fermate del trasporto pubblico

La distanza dalle fermate del trasporto pubblico (o più in generale l'accessibilità al trasporto pubblico) può essere definita come la facilità con cui i residenti o gli addetti di una certa zona raggiungono la più vicina fermata di autobus o di trasporto su ferro. La distanza dalle fermate del trasporto pubblico viene generalmente calcolata come la distanza su rete lungo il percorso più breve tra l'abitazione (o il luogo di lavoro) e la fermata di autobus (o di trasporto pubblico su ferro). L'accesso alle fermate del trasporto pubblico è di fondamentale importanza poiché esso rappresenta il mezzo attraverso il quale servizio è fornito agli utenti. L'accessibilità al trasporto pubblico è indicata come uno dei fattori più importanti nell'analisi dello share modale (Murray, 2003 and Ziari et al. 2007). La prossimità della domanda (popolazione o addetti) alle fermate del trasporto pubblico infatti una delle variabili che maggiormente determina l'utilizzo del mezzo collettivo da parte dei potenziali utenti (Gutiérrez et al. 2011).

2.3 I modelli di riferimento

In questo paragrafo è presenta una panoramica degli studi volti alla definizione di metodi, strumenti e tecniche finalizzati alla stima dei consumi energetici nel settore della mobilità. Gli studi analizzati risultano essere di particolare interesse in quanto permettono di ottenere una stima del consumo energetico dei trasporti attuale. Inoltre essi consentono anche di analizzare gli impatti energetici di diverse ipotesi di sviluppo urbano e/o di sviluppo del sistema di trasporto.

Il consumo energetico nel settore dei trasporti può essere considerato come una misura composita delle caratteristiche della mobilità quali distanze percorse, frequenza e mezzo di trasporto. Esso sintetizza tutte queste informazioni in un'unica misura indicativa della domanda di energia necessaria per soddisfare la domanda di trasporto in un certo ambito territoriale. (Banister, 1997; Muniz, 2005). Ne segue che gli attuali modelli presenti in letteratura ottengono una stima dei consumi energetici partendo dalla stima della domanda di mobilità.

Di seguito sono riportati e descritti due metodi di stima dei consumi energetici. Il primo metodo è basato su un modello di domanda di tipo activity-based relativamente semplice; il secondo su un modello di domanda a quattro stadi. Un ulteriore differenza tra i due metodi è che il secondo tiene in conto della congestione per cui, a differenza del primo metodo, il consumo energetico non è solo funzione della domanda di mobilità, ma anche dell'interazione tra domanda ed offerta di trasporto.

Il primo metodo è quello utilizzato da Saunders et al. (2008) per la stima dei consumi energetici della mobilità di un quartiere residenziale di Karlsruhe, Germania. Alcuni suggerimenti per rendere la stima dei consumi energetici più accurati possono essere rintracciati nel lavoro di Rendall (2011).

Saunders e i suoi colleghi sviluppano un metodo di stima del consumo energetico della mobilità con il dichiarato fine di "integrare le questioni energetiche legate al settore dei trasporti nella pianificazione urbana". Gli studiosi definiscono un metodo per calcolare il consumo energetico necessario ad accedere ad un determinato set di attività abituali. Il metodo proposto può essere applicato in ambiente GIS e tiene in conto di diversi tipi di energia (i.e. combustibili ed elettricità) e di diversi modi di trasporto. Rispetto a quest'ultimo aspetto gli studiosi assumono che il consumo energetico per spostamenti pedonali o in bicicletta sia nullo. In primo luogo gli autori identificano un set di "common weakly activities" per diversi gruppi sociali: i) Asilo ii) Scuola primaria iii) Scuola secondaria iv) Università v) Scuola terziaria vi) Lavoro vii) Supermarket viii) Tempo libero. In secondo luogo associano a ciascun set di attività un gruppo sociale basato sull'età. Ad esempio all'asilo è associato il gruppo 3-6 anni, al lavoro 18-65, al supermarket da 18 in poi e così via. A ciascuna coppia attività-età è associata una percentuale e una frequenza, come mostrato in tabella.

Attività	Frequenza	Distanza	Classi	Percentuali
Asilo	5 volte/settimana	Attività più vicina	3_6	100
Scuola primaria	5 volte/settimana	Attività più vicina	6_9	100
Scuola secondaria	5 volte/settimana	Attività più vicina	10_17	100
Università	5 volte/settimana	Attività più vicina	18_65	12
Scuola terziaria	5 volte/settimana	Attività più vicina	18_65	3
Lavoro	5 volte/settimana	Attività più vicina	18_65	70
Supermarket	2 volte/ settimana	Attività più vicina	>18	100
Tempo libero	1 volta/settimana	Attività più vicina	>6	100

Tab. 2.1: Esempio di "common activities" (rielaborazione di Saunders et al., 2008).

Ad esempio il 70% degli individui in età compresa tra i 18 e i 65 anni si reca 5 giorni a settimana a lavoro. Queste assunzioni possono essere ipotizzate (come nel presente lavoro) o dedotte da banche dati (e.g. il numero di occupati sul totale degli attivi è un dato spesso disponibile). Una volta definito questo primo set di variabili è necessario effettuare delle ipotesi comportamentali, ovvero definire un set di regole comportamentali seguite dalla popolazione. Ad esempio: un bambino di 10 anni raggiungerà la scuola a piedi con i suoi genitori se essa dista meno di 400 metri dalla sua abitazione, altrimenti prendere il bus o il tram se ha una fermata a meno di 200

metri dalla propria abitazione o, in ultima istanza, sarà accompagnato in auto dai genitori. Una seconda ipotesi formulata nel modello è quella della minimizzazione del consumo energetico (un'analogia della teoria dell'utilità aleatoria): un adulto tra i 18 e i 65 anni ad esempio si recherà al supermarket più vicino a casa; un bambino frequenterà la scuola elementare più vicina alla propria abitazione e così via. Definite le suddette regole comportamentali il consumo energetico settimanale del generico residente i è dato da:

$$CE_i = \sum_{j=1}^m dist_j * F_j * C_k$$

dove:

$dist_j$ è la distanza (km) dall'abitazione dell'individuo i alla attività j , F_j è la frequenza settimanale dello spostamento dell'individuo i che partecipa all'attività j ; C_k è il consumo (MJ/km) dello specifico modo di trasporto k^1 .

Per aggregazione il consumo energetico di un certo quartiere è dato da:

$$\sum_{i=1}^n EC_i$$

Il metodo descritto presenta alcuni vantaggi ma al contempo alcuni limiti. Tra i principali vantaggi c'è da considerare che il metodo può essere applicato in ambiente GIS ed è basato su ipotesi trasparenti e chiare. Esso inoltre permette di calcolare il consumo energetico, per quartiere, zona censuaria, edificio ecc., ovvero a diversi livelli di aggregazione. Inoltre il metodo consente anche di calcolare il consumo energetico per diversi modi di trasporto e per diverse categorie di utente. I dati socio-economici necessari all'applicazione sono facilmente reperibili. I dati sulla localizzazione delle attività e sulle distanze casa-attività devono essere elaborati in GIS e questo può richiedere una certa quantità di tempo. All'opposto i principali limiti del metodo risiedono nella definizione delle regole di comportamento. Soprattutto per quanto concerne gli spostamenti (e dunque il consumo energetico) casa-lavoro. Infatti mentre è plausibile che un individuo faccia la spesa nel supermercato più vicino casa, è più difficile accettare che egli lavori nel luogo più prossimo a casa sua.

Rendall (2011), a tal proposito, propone un metodo di stima molto simile a quello appena esposto. Anche il sistema di regole comportamentali assomiglia a quello di Saunders. Tuttavia per il consumo energetico casa-lavoro, egli formula delle ipotesi meno semplificate. Gli spostamenti casa-lavoro in tale approccio sono calcolati separatamente, utilizzando il tempo medio di viaggio per raggiungere un certo numero di posti di lavoro. Un secondo limite del metodo sta nel non considerare le catene di spostamenti (e.g. casa-lavoro-supermarket-casa). Per tenere in conto di tale problema, Randall (2011), utilizza un coefficiente (trip chaining factor) dato dal rapporto tra "non-home trips" e

“home-based-trip”, ricavato a partire dai dati della New Zeland Household Travel Survey. Più in generale, nei modelli di domanda activity-based, un consistente numero di metodi sono stati messi a punto (per una recente analisi dello stato dell’arte si rimanda a Mc Nally e Rindit, 2008). Le regole di comportamento inoltre possono essere stabilite a priori o calibrate sulla base di indagini. Ad esempio Rendal (2011), ricava la frequenza di spostamenti per ciascuna attività e classe demografica a partire dalle indagini condotte dalla New Zeland Household Travel Survey. In Italia, informazioni simili possono essere ricavate a partire dalle indagini dell’Istat e in particolar modo dal documento “Usi del tempo, anni 2008-2009”. In Rendal (2011) infine il set di attività è ulteriormente specificato nelle categorie “Subsistence” (Scuola, Lavoro); “Manteinance” (Alimentari, Supermarket, Fast Food, Ospedali, Uffici Postali, Banche, Assicurazioni); “Others” (Culturali, Ricreazionali, Sociali). In definitiva è possibile affermare che il metodo proposto da Saunders et al (2005) è un metodo relativamente semplice da applicare e che può essere ulteriormente specificato sia per quanto concerne la suddivisione della popolazione in categorie omogenee, sia per quanto concerne le regole di comportamento. La scelta del modello da utilizzare dipende dall’utente finale e dal bilanciamento tra rigore scientifico e facilità di utilizzo.

Il secondo metodo proposto da Cartenì et al. (2010), le variabili di input per la stima dei consumi energetici sono ottenute mediante modelli di interazione domanda-offerta. Per il calcolo dei consumi energetici stradale la metodologia fa riferimento ai fattori unitari proposti dalla Commissione Europea (modello COPERT).

Il modello complessivo si compone di due sotto modelli: il modello del sistema dei trasporti ed il modello di stima dei consumi energetici. A partire dagli output del sotto modello di trasporto (numero di spostamenti, percorrenze medie e velocità media per tipologia veicolare), il sotto modello di consumo energetico consente la stima dei consumi energetici tramite opportuni coefficiente unitari. La metodologia adottata consente di stimare i consumi energetici sulla base di fattori unitari f_c dipendenti dalla categoria veicolare, cat (tipologia di veicolo, alimentazione, cilindrata, normativa di riferimento), e dalla velocità media dei veicoli. Il consumo annuo medio C_{cat} per ogni categoria, risulta quindi pari a:

$$C_{cat} = f_c(cat, V_m(cat)) * d(cat) * km_{anno}(cat)$$

dove:

$d(cat)$ è la domanda annua di veicoli appartenenti alla categoria cat ;

$km_{anno}(cat)$ sono i km medi percorsi all’anno dalla medesima categoria veicolare.

In genere, $d(cat)$ è il risultato della stima della domanda di mobilità mentre $km_{anno}(cat)$ e $V_m(cat)$ sono due dei possibili indicatori sintetici, risultato del modello di interazione domanda offerta:

$$km_{anno}(cat) = \frac{\sum_a f(cat)_a * L_a}{d(cat)} * N_{anno}(cat)$$

$$V_m(cat) = \frac{\sum_a f(cat)_a * L_a}{d(cat)} / \frac{\sum_a f(cat)_a * t(cat)_a^{carico}}{d(cat)}$$

dove:

$f(cat)_a$ è il flusso veicolare di categoria cat sull'arco infrastrutturale a ;

L_a è la lunghezza dell'arco a ;

$t(cat)_a^{carico}$ è il tempo medio di attraversamento dell'arco infrastrutturale a in ipotesi di rete congestionata;

$\frac{\sum_a f(cat)_a * L_a}{d(cat)}$ rappresenta la lunghezza media di uno spostamento effettuato da un veicolo della categoria cat ;

$N_{anno}(cat)$ è il numero medio di spostamenti all'anno compiuti dalla categoria cat ;

$\frac{\sum_a f(cat)_a * t(cat)_a^{carico}}{d(cat)}$ è il tempo medio di viaggio per uno spostamento di un veicolo della categoria cat .

Noti i consumi per ogni categoria è possibile stimare i consumi complessivi come somma su tutte le categorie:

$$C = \sum_{cat} C_{cat}$$

Il metodo proposto risulta particolarmente utile poiché consente di valutare gli impatti che diverse ipotesi di sviluppo urbano e/o del sistema dei trasporti possono avere sui consumi energetici. Modellando esplicitamente il consumo energetico di diverse categorie di veicoli, è possibile tenere in conto variazioni del parco veicolare sia per quanto concerne i veicoli pubblici (e.g. rinnovo del parco autobus) che privati. Inoltre il metodo tiene in conto della congestione che può influire significativamente sui consumi energetici. All'opposto il principale limite del metodo proposto risiede nella complessità di calcolo e nella necessità di reperire e processare un elevato numero di informazioni.

2.4 I fattori significativi

L'analisi della letteratura scientifica ha permesso di individuare i fattori che maggiormente incidono sui consumi energetici nel settore della mobilità. Tali fattori possono essere misurati e quantificati in diverso modo. Quando ad esempio si fa riferimento al fattore "densità" è possibile pensare di rappresentare tale fattore mediante diverse variabili, quali ad esempio:

- densità residenziale (rapporto tra abitanti e superficie territoriale);
- densità di addetti (rapporto tra addetti e superficie territoriale);
- indice di utilizzazione territoriali (rapporto tra superficie utile lorda e superficie territoriale).

Questo approccio può essere esteso a tutti i fattori presi in considerazione. Ad esempio il mix funzionale può essere calcolato utilizzando un indice di entropia (come di seguito specificato) o utilizzando il rapporto tra addetti e popolazione residente ("job-housing

balance”). Allo stesso modo l’accessibilità può essere misurata attraverso diversi indicatori quali ad esempio contour measures, gravity-based measures o activity-based measures.

La scelta della variabile rappresentativa del fattore individuato è avvenuta non solo su considerazioni di carattere scientifico, ma anche tenendo in conto alcune considerazioni di carattere operativo quali ad esempio la disponibilità dei dati e la possibilità di “replicare” in diversi contesti il calcolo di tali variabili. Sulla base di tali considerazioni si riportano di seguito le variabili selezionate ed il metodo di calcolo. Per alcuni fattori sono state definite più variabili, ove i dati a disposizione lo hanno consentito.

Densità insediativa

La densità è stata calcolata come a) densità residenziale b) densità di addetti e c) densità di attività:

$$\text{Densità residenziale}_i = \frac{\text{Popolazione}_i}{\text{Area}_i}$$

$$\text{Densità di Addetti}_i = \frac{\text{Addetti}_i}{\text{Area}_i}$$

$$\text{Densità di Attività}_i = \frac{\text{Addetti}_i + \text{Popolazione}_i}{\text{Area}_i}$$

Mix funzionale

$$\text{Mix funzionale}_i = \sum_{j=1}^n \frac{P_j * \ln(P_j)}{\ln(j)}$$

dove P_j è pari al numero di attività (addetti o residenti) della categoria j diviso il numero di attività totali.

Per il calcolo del mix funzionale sono state definite 7 categorie di attività economiche ($j = 7$): i) servizi alle famiglie ii) servizi finanziari iii) commercio iv) tempo libero v) università e ricerca vi) trasporti vii) altro. Queste categorie sono state create per aggregazione delle 874 categorie di attività economiche “ATECO 91”.

Design

Il design è stato valutato in termini di connettività del tessuto urbano ed in particolar modo come rapporto tra il numero di incroci a quattro braccia situati entro un km dalla sezione censuaria e il numero totale di incroci entro un km dalla medesima sezione censuaria:

$$\frac{\sum_{k=1}^n \text{incroci}^{4\text{braccia}} * \alpha_{i-k}}{\sum_{k=1}^n \text{incroci} * \alpha_{i-k}}$$

con α_{i-k} se la distanza tra la sezione i e l’incrocio k è minore di 1 km; 0 altrimenti La distanza utilizzata per il calcolo è una distanza su rete.

Accessibilità al lavoro

L'accessibilità al lavoro è stata calcolata con una misura definita in letteratura come "contour measures" (Geurs e van Wee, 2004), ovvero contando il numero di addetti che è possibile raggiungere percorrendo 5 km a partire dalla sezione i presa in considerazione:

$$Accessibilità_i = \sum_{j=1}^m Addetti_m * \alpha_{i-m}$$

con $\alpha_{i-m}=1$ se la distanza tra la sezione i e la sezione m è minore di 5 km; 0 altrimenti; $Addetti_m$ sono gli addetti localizzati nelle m sezioni ricadenti nel Comune di Napoli.

Distanza dal trasporto pubblico

La distanza dal trasporto pubblico è stata calcolata come distanza su rete, lungo il cammino di minimo costo, dalla sezione i alla stazione di trasporto pubblico su ferro s più vicina.

La distanza dal centro

Allo stesso modo la distanza dal centro è stata calcolata come distanza su rete, lungo il cammino di minimo costo, dalla sezione i al centro c della città di Napoli, identificato con Piazza Giacomo Matteotti. L'area circostante la piazza è infatti l'area che presenta la maggiore concentrazione di attività economiche e viene comunemente definita la "city" partenopea.

Fattore	Variabili	Unità di misura
Densità	Densità di Popolazione	Popolazione/ha
Densità	Densità di Addetti	Addetti/ha
Densità	Densità di Attività	Attività/ha
Mix funzionale	Indice di entropia	Adimensionale (compreso tra 0 e 1)
Design	Connettività	Adimensionale (compreso tra 0 e 1)
Accessibilità al lavoro	Accessibility (contour measure) to jobs	Addetti
Distanza dal trasporto pubblico	Distanza su rete dalla fermata tp su ferro più vicina	metri
Distanza dal centro	Distanza su rete calcolata rispetto a Piazza Matteotti	metri

Tab. 2.2: Fattori, variabili e unità di misura.

Nella tabella sono elencate le variabili rappresentative selezionate, suddivise in base al fattore significativo d'appartenenza. Inoltre per ciascuna variabile è riportata anche l'unità di misura, rispetto alla quale devono essere calcolate.

2.5 Insediamenti urbani e risparmio energetico

L'Unione Europea, al fine di individuare una nuova strategia comunitaria di sviluppo futuro basata su una maggiore sostenibilità, ha avviato già da alcuni anni, un processo di negoziazione tra i vari stati membri, per definire obiettivi condivisi d'intervento. In seguito alla scadenza del Protocollo di Kyoto (2012). Tale negoziazione si è concretizzata nel 2009 in un primo risultato concreto, con l'approvazione da parte degli organi legislativi europei della Direttiva 2009/29/CE che impegna gli Stati membri ad abbattere le emissioni complessive di gas a effetto serra di almeno il 20% entro il 2020 rispetto ai valori di emissione registrati nel 1990. In particolare entro tale orizzonte temporale, gli Stati membri attraverso la definizione della Strategia 20-20-20, si prefiggono il raggiungimento, di tre obiettivi principali: la riduzione dell'entità dei consumi globali di energia (-20%), la riduzione delle emissioni di gas capaci di alterare il clima (-20%) e infine l'aumento dei consumi di energia prodotta da fonti rinnovabili sul totale delle fonti utilizzate (+20%).

Nel fissare queste strategie gli organi di governo europeo hanno specificato, considerando anche l'attuale situazione di crisi economica e sociale europea e globale, la necessità di conciliare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e il sostegno alla crescita, alla competitività e all'occupazione nell'ambito di un approccio che associ l'alta tecnologia, l'efficienza in termini di costo e l'efficacia nell'utilizzo delle risorse (European Commission Bruxelles, 27.3.2013 COM(2013) 169 final).

Per proseguire con maggior convinzione in questa direzione, l'Unione Europea recentemente ha avviato anche la revisione del Pacchetto Clima-Energia, con l'obiettivo di fornire un quadro di sufficiente certezza agli investitori, con l'individuazione di un orizzonte temporale più ampio al 2030. Questa estensione temporale, come chiarito dalla Commissione Europea recentemente nel Libro verde (2013) "Un quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030", ha l'obiettivo di stimolare ulteriormente l'innovazione e la domanda in tecnologie a basso contenuto di carbonio e di permettere all'Unione Europea, in vista dei futuri accordi globali per il Clima post-2020, di aver già chiara la linea politica da seguire durante le negoziazioni.

L'applicazione delle strategie europee in materia di sostenibilità ha richiesto negli anni un grosso sforzo da parte degli Stati membri, al fine di adeguare i differenti sistemi economici e normativi per il raggiungimento degli obiettivi fissati. Inoltre particolarmente complicata è stata anche la fase, di definizione dei singoli obiettivi che ogni stato membro si è impegnato a raggiungere.

In Italia tali indicazioni comunitarie sono state recepite innanzitutto con l'adeguamento normativo e, successivamente, attraverso la redazione di alcuni documenti di programmazione, tra i più importanti vi sono il piano d'Azione Nazionale per le Energie

Rinnovabili (PAN) del 2010 e il Piano d'Azione Nazionale per l'Efficienza Energetica (PAEE2011).

In Italia il recepimento di queste direttive europee è avvenuto in modo graduale negli anni con l'adozione degli strumenti legislativi di seguito riportati:

- Legge 10/91 - Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia, questa è la prima legge italiana che si occupa di risparmio energetico e tenta di razionalizzare il problema dei consumi e delle fonti rinnovabili di energia;
- D.Lgs 192 del 19/08/2005 - Legge fondamentale sulla Certificazione Energetica;
- DM 26/06/2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, che recepisce il D.Lgs 192/2005, conclude il periodo transitorio e delinea le linee guida per la certificazione energetica degli edifici.

Tra le principali misure previste per il raggiungimento degli obiettivi fissati dalla Strategia 20-20-20, vi è quella di raggiungere un significativo miglioramento dell'efficienza energetica per gli edifici residenziali. L'importanza di avviare questo miglioramento risulta evidente anche dall'analisi dei dati relativi ai fabbisogni energetici in cui emerge che uno dei settori più energivori è proprio quello dell'edilizia residenziale, che in europa consuma circa il 23% del totale di energia (BEN 2011-MSE).

In particolare è stato previsto il raggiungimento di specifici obiettivi di efficienza, che puntano a ridurre drasticamente i consumi residenziali.

Con la Direttiva 2010/31/UE che aggiorna la precedente Direttiva 2002/91/UE, è stato stabilito che gli Stati membri devono introdurre un metodo condiviso di calcolo integrato del rendimento energetico degli edifici, adottare le misure necessarie affinché siano fissati requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici o le unità immobiliari e introdurre un sistema di certificazione delle prestazioni energetiche al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi.

2.6 I modelli di stima

Come prescritto dalle normative comunitarie uno dei principali aspetti riguardanti il risparmio energetico degli edifici residenziali è legato all'istituzione di un metodo condiviso di calcolo integrato del rendimento energetico degli edifici. In particolare le attività di ricerca sviluppate negli ultimi anni in Europa e non solo, hanno portato alla creazione di numerosi modelli di calcolo dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂. Le principali caratteristiche che questi modelli devono possedere sono, la capacità di:

- stimare i consumi energetici del settore residenziale, disaggregati per la tipologia di costruzione o la categoria sociale e gli usi finali dell'energia;
- esplorare gli effetti tecnici ed economici delle diverse strategie di riduzione delle emissioni di CO₂ nel corso del tempo, tra cui l'impatto delle nuove tecnologie, come le energie rinnovabili e contatori intelligenti;
- non limitarsi esclusivamente al settore dell'energia, ma identificare l'effetto delle strategie di riduzione delle emissioni sulla qualità ambientale interna.

Lo sviluppo di questi modelli risulta essere uno passo fondamentale per supportare i decisori nell'individuazione di quei parametri edilizi in grado di far diminuire drasticamente le emissioni di CO₂. Un ulteriore aspetto positivo derivante dall'applicazione di questi modelli è la possibilità offerta anche agli operatori del settore delle costruzioni di avere un'ampia conoscenza della struttura residenziale esistente, così da poter modificare l'offerta futura in base alle nuove esigenze (Kavgic et al, 2010). La maggior parte degli sforzi di ricerca svolti in questi anni sulla ricerca di modelli di calcolo dei consumi energetici si è concentrata sugli edifici residenziali.

Le principali categorie di modelli conoscitivi sviluppati sono articolati nelle seguenti macro categorie (Zhao, 2012):

- Bottom-Up. L'approccio bottom-up si compone di due metodologie distinte: la tecnica statistica e la tecnica ingegneristica. Le tecniche statistiche per la determinazione del consumo di energia per gli usi finali, si basano sullo studio dei comportamenti tramite l'analisi delle bollette energetiche e la realizzazione di indagini sociologiche. Le tecniche ingegneristiche, invece si basano sullo studio dettagliato delle caratteristiche fisiche dell'edificio, consentono di analizzare gli effetti derivanti dall'impegno delle nuove tecnologie.
- Top-Down. Questi sono modelli macroeconomici basati su la formulazione di relazioni statistiche tra le condizioni economiche, il consumo energetico e l'adozione della tecnologia, tramite l'elaborazione dei dati empirici raccolti nel tempo.

Nella seguente figura è riportata un'articolazione ancor più dettagliata delle categorie di modelli sviluppati, articolati in base al metodo di implementazione dei dati.

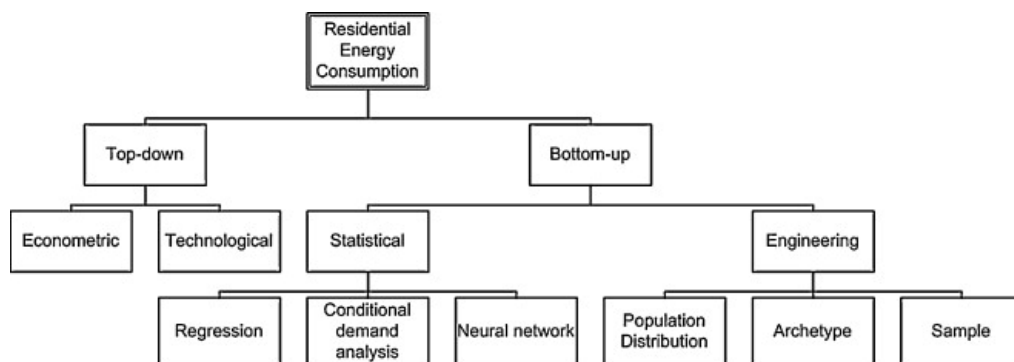


Fig. 2.1: Articolazione dei principali modelli top-down e bottom-up utilizzati per la stima del consumo energetico residenziale a livello regionale o nazionale (Swan et al., 2009).

Ogni singola categoria di modelli presenta aspetti positivi e negativi. La scelta del modello da applicare è legata essenzialmente all'obiettivo che si vuole raggiungere e alla tipologia e quantità di dati che si hanno a disposizione (Swan & Ugursal, 2009).

In particolare i modelli Top-down vengono utilizzati per la determinazione dell'offerta energetica futura ottenendo proiezioni a lungo termine, per l'impiego di questi modelli vi è la necessità di dati storici aggregati.

Per l'approccio Bottom-up, tecniche statistiche sono utilizzate per determinare la domanda di energia agli usi finali, tramite lo studio degli aspetti comportamentali. I dati disaggregati necessari all'applicazione di questi modelli sono ottenuti dalle bollette energetiche e da indagini statistiche.

Mentre le tecniche di ingegneria Bottom-up sono utilizzate per calcolare il consumo di energia di usi finali e sono basate sull'analisi dettagliata di un insieme rappresentativo di edifici. Un vantaggio derivante dall'applicazione di queste tecniche è la capacità di determinare gli effetti positivi ottenibili dall'impiego di soluzioni per il risparmio energetico.

Tenendo conto dei limiti generali relativi all'impiego dei modelli appartenenti a queste tre macro categorie e che condizionano la loro applicabilità. Se si analizzano nel dettaglio le singole tipologie di modelli, con l'ausilio degli studi riportati in letteratura, quelli che risultano essere i più utilizzati sono il modello bottom-up statistico delle reti neurali e il modello bottom-up ingegneristico degli archetipi. Entrambi i modelli, come descritto anche nei paragrafi precedenti, presentano differenti aspetti positivi e negativi legati al loro impiego.

Il modello bottom-up statistico delle reti neurali, pur essendo adatto all'elaborazione di un elevato numero di dati input, anche tra loro molto differenti, ha la necessità di avere a disposizione numerosi serie storiche essenziali per la fase di addestramento del modello, questa fase è necessaria per garantire la successiva affidabilità dei risultati della previsione effettuata dal modello.

Questo non è un aspetto da trascurare in quanto influenza anche la selezione del numero di indicatori da utilizzare, per i quali il reperimento delle serie storiche in alcuni casi è un'operazione molto complicata. Un'altra criticità derivante dall'applicazione dei modelli di tipo neurale è la scarsa comprensibilità e comunicabilità dei principi teorici di funzionamento del modello.

Per quanto riguarda l'applicabilità dei modelli bottom-up ingegneristici degli archetipi, il principale limite è legato alla necessità di avere a disposizione adeguati sotto modelli che siano in grado di calcolare i consumi energetici finali di tutte le componenti che concorrono alla determinazione del fabbisogno energetico dell'edificio.

Nei seguenti paragrafi sono riportati e descritti alcuni modelli interpretativi, sviluppati a livello internazionale.

2.7 I modelli interpretativi

Nella scelta dei modelli d'analizzare si è tenuto conto di due principali criteri, che sono la selezione di modelli sviluppati in un periodo temporale recente e la possibilità di poterli applicare ad un livello di dettaglio territoriale di quartiere.

Residential Building Energy Consumption Model

Il Residential Building Energy Consumption Model è un metodo di previsione della domanda di energia degli edifici residenziali, bottom-up con tecnica statistica, sviluppato nell'ambito dell'attività di ricerca svolta presso la Facoltà di Costruzione Urbana e Ingegneria Ambientale dell'Università di Chongqing in Cina. Per l'implementazione di questo modello è stato usato il metodo delle reti neurali, che è costituito da molti semplici processori paralleli fortemente integrati da una rete di connessioni che realizzano un modello computazionale. I modelli di reti neurali nella loro struttura tendono a riprodurre la struttura del cervello umano. I principali vantaggi della loro applicazione sono la forte capacità di adattamento al sistema oggetto dello studio, e soprattutto nel caso di applicazioni a sistemi complessi non lineari mostrano maggiori vantaggi rispetto ai modelli di regressione lineare.

Le reti neurali artificiali sono modelli di calcolo che si ispirano al funzionamento di sistemi nervosi biologici per risolvere problemi di classificazione, modellazione e predizione di elevata complessità, ovvero dipendenti da un elevato numero di variabili ed altamente non lineari, e pertanto non risolvibili attraverso metodi algoritmici. Il meccanismo di determinazione dei parametri interni del modello viene comunemente indicato come 'addestramento'. Tale procedura è a tutti gli effetti un problema di ottimizzazione in cui si richiede di minimizzare l'errore tra il dato reale e quello stimato, ovvero si adotta un meccanismo di 'apprendimento' tramite esempi, avendo a disposizione un set di dati del fenomeno che si vuole modellare.

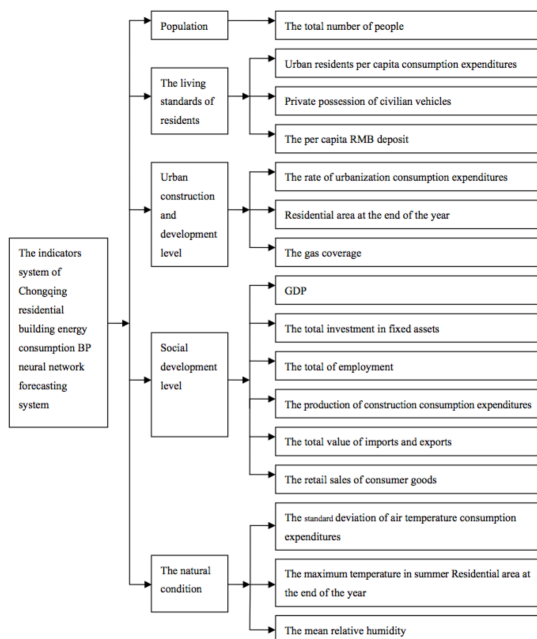


Fig. 2.2: Sistema di indicatori utilizzati per l'impegno del neural network.

Tale procedura è a tutti gli effetti un problema di ottimizzazione in cui si richiede di minimizzare l'errore tra il dato reale e quello stimato, ovvero si adotta un meccanismo di 'apprendimento' tramite esempi, avendo a disposizione un set di dati del fenomeno che si vuole modellare.

Una rete neurale è costruita in modo da ricevere un input e produrre un output. Sia l'input che l'output sono rappresentati dallo stato di attivazione di alcune unità, rispettivamente le unità di ingresso e di uscita. Questo significa che gli stimoli sensoriali che una rete neurale artificiale riceve sono rappresentati da un vettore numerico e, analogamente, le risposte che essa fornisce sono rappresentate dall'insieme dei valori di attivazione delle unità di output.

Quindi per poter determinare la domanda di energia per gli edifici residenziali, i ricercatori dell'Università di Chongqing sono partiti dalla scelta di un'area studio e dalla successiva individuazione di tutti i fattori necessari all'implementazione del modello.

Il modello di rete neurale è sviluppato sulla piattaforma NET ed utilizza il linguaggio CSharp, che si basa sul SQL Server 2005. In questo modo è possibile simulare il consumo energetico dell'edificio residenziale, e tramite l'utilizzo dei dati statistici storici, è possibile addestrare il modello in modo da renderlo affidabile per il suo utilizzo nel calcolo dei consumi energetici futuri. Una volta definito il modello da utilizzare il gruppo di ricerca si è concentrato sull'individuazione degli indicatori da utilizzare, in una prima fase sono stati selezionati diciannove indicatori, successivamente tramite un'analisi di correlazione tra il singolo indicatore e il consumo energetico, sono stati considerati quelli maggiormente significativi riducendo il numero di indicatori a sedici.

Uno dei principali limiti di questo studio deriva dalla scelta di considerare per determinare il consumo energetico degli edifici residenziali, viste anche le elevate potenzialità di calcolo di un modello neurale, un numero ridotto di indicatori.

Large Data Sets of Residential Electricity Consumption to Inform Data-Driven Energy Efficiency

Questo modello, sviluppato nell'ambito delle attività di ricerca svolte presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale di Stanford, cerca di superare alcuni dei principali limiti presenti in altri modelli. In particolare l'attività di ricerca per l'implementazione di questo modello si è concentrata sull'individuazione e la classificazione delle variabili più significative relative alle proprietà fisiche degli edifici che influenzano il consumo di energia elettrica, sulla scelta dei dati più significativi forniti da dispositivi di misurazione intelligente e sullo sviluppo di un metodo che consenta al modello autonomamente di individuare le variabili più significative (Kavousian et al. 2012). Nello specifico lo studio ha portato all'individuazione di quattro macro categorie di variabili, che sono:

- localizzazione edificio e condizioni meteo;
- caratteristiche fisiche dell'edificio;
- elettrodomestici e impianti elettrici;
- comportamenti degli occupanti degli edifici.

Questa articolazione è stata utilizzata anche come schema per la strutturazione di un sondaggio online composto da 114 domande ed utilizzato per la raccolta di parte delle informazioni necessarie al modello.

Altri dati sono stati raccolti tramite l'installazione di dispositivi di misurazione dei consumi energetici. Il campione di famiglie selezionate per questo studio è di 952 famiglie, localizzate in vari stati degli Stati Uniti d'America, questa ampia dislocazione del campione ha consentito di avere dati relativi alle singole zone climatiche del paese. Le famiglie selezionate per la raccolta dei dati appartengono esclusivamente ad una classe sociale medio-alta e hanno un grado d'istruzione elevato, questi due aspetti rappresentano anche un limite del modello.

Question Categories	No. of Survey Questions
External determinants	
Climate and Geography	6
Building Design and Construction	
Buildings	5
Home Improvements	12
Building Systems and Appliances	
Fuel Use	6
Appliances	14
Occupants	
Occupants age and employment profile	12
Energy efficiency habits	14
Payment items, method, estimate, feedback	6
How informed about appliances' use	5
Motivation level	17
Effort to learn energy efficiency actions	7
Thermostat setpoint	6
Income, age, race, and other personal information	4
Total	114

Fig. 2.3: Suddivisione dei quesiti proposti nel sondaggio tra le quattro macro categorie.

Visto il grande numero delle variabili individuate, i ricercatori per ottenere una loro significativa riduzione hanno utilizzato il metodo dell'analisi fattoriale che ha permesso di selezionare un numero di variabili inferiore. In particolare sono state individuate 22 variabili maggiormente rappresentative dei comportamenti delle famiglie riguardo ai consumi energetici.

Community Domestic Energy Model (CDEM)

CDEM è un modello Bottom-up con tecnica ingegneristica che si basa sullo studio delle caratteristiche fisiche dell'edificio, andando a considerare prevalentemente al fine della stima delle emissioni di CO₂ le perdite di calore, la temperatura interna e i flussi energetici delle abitazioni (Kavgic, 2010).

L'ipotesi principale su cui si basa questo modello è quella di calcolare il consumo energetico tramite una classificazione gli edifici (archetipi) in base a due principali caratteristiche, che sono la forma dell'edificio e l'età di costruzione. Tramite la combinazione di queste due caratteristiche sono state individuate 47 differenti classi di edifici, ad ognuna delle quali, tramite lo studio del patrimonio edilizio esistente a livello

nazionale, sono stati assegnati dei parametri input primari e secondari. I parametri input secondari sono stati utilizzati esclusivamente come supporto al calcolo dei parametri input primari. In totale al fine di implementare il modello sono stati considerati 27 parametri di input primari suddivisi in cinque categorie: localizzazione, geometria degli edifici, caratteristiche costruttive, servizi e popolazione.

Built form categories	Dwelling age band categories
End terrace, mid terrace, semi detached, detached	pre 1850, 1851 to 1899, 1900 to 1918, 1919 to 1944, 1945 to 1964, 1965 to 1974, 1975 to 1980, 1980 to 1990, 1991 to 2001
Flat: purpose built	1900 to 1918, 1919 to 1944, 1945 to 1964, 1965 to 1974, 1975 to 1980, 1980 to 1990, 1991 to 2001
Flat: other (converted or in commercial building)	pre 1850, 1851 to 1899, 1900 to 1918, 1919 to 1944

Fig. 2.4: Classificazione del patrimonio edilizio residenziale esistente.

Conclusa la fase di individuazione delle classi, la successiva fase è stata quella determinare i consumi energetici e le emissioni CO₂ totali per ogni classe di edifici. Per fare ciò è stato utilizzato il modello BREDEM (Building Research Establishment Domestic Energy Model) che consente di calcolare il consumo finale di energia per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua, la cucina, l'illuminazione e il funzionamento degli elettrodomestici.

Questo modello sviluppato nel Regno Unito si basa sugli standard SAP ed è tra i più utilizzati ed affidabili, ed è implementato da una combinazione di relazioni fisiche ed empiriche utili al calcolo del consumo energetico di un'abitazione (Anderson et al. 2002).

Residential Building Typology – Italy

Questo studio realizzato dal gruppo di ricerca TEBE del politecnico di Torino, ha come obiettivo quello di determinare il fabbisogno energetico (riscaldamento e acqua calda sanitaria) degli edifici residenziali tramite l'analisi delle caratteristiche edilizie. Questo studio rientra all'interno del progetto TABULA (Typology Approach for BUiLding stock energy Assessment), finanziato dal programma europeo Intelligent Energy Europe, che mira a creare una struttura armonizzata delle tipologie edilizie europee, con un particolare focus sugli edifici residenziali.

I vari studi realizzati nei differenti paesi aderenti al progetto hanno come finalità l'individuazione di una struttura comune per le tipologie edilizie sulla base delle tipologie nazionali già esistenti per gli edifici residenziali e gli impianti termici. I dati relativi alle

tipologie edilizie elaborati nel corso del progetto saranno pubblicati attraverso uno speciale Webtool delle tipologie edilizie.

Per ogni paese partecipante la tipologia nazionale sarà presentata nella forma di una matrice con fotografie degli edifici-tipo, organizzata secondo il periodo di costruzione e le dimensioni dell'edificio.

Lo studio condotto dall'unità di ricerca del Politecnico di Torino, tramite lo studio del patrimonio edilizio italiano esistente, ha individuato una matrice delle tipologie edilizie, composta da 32 edifici-tipo.

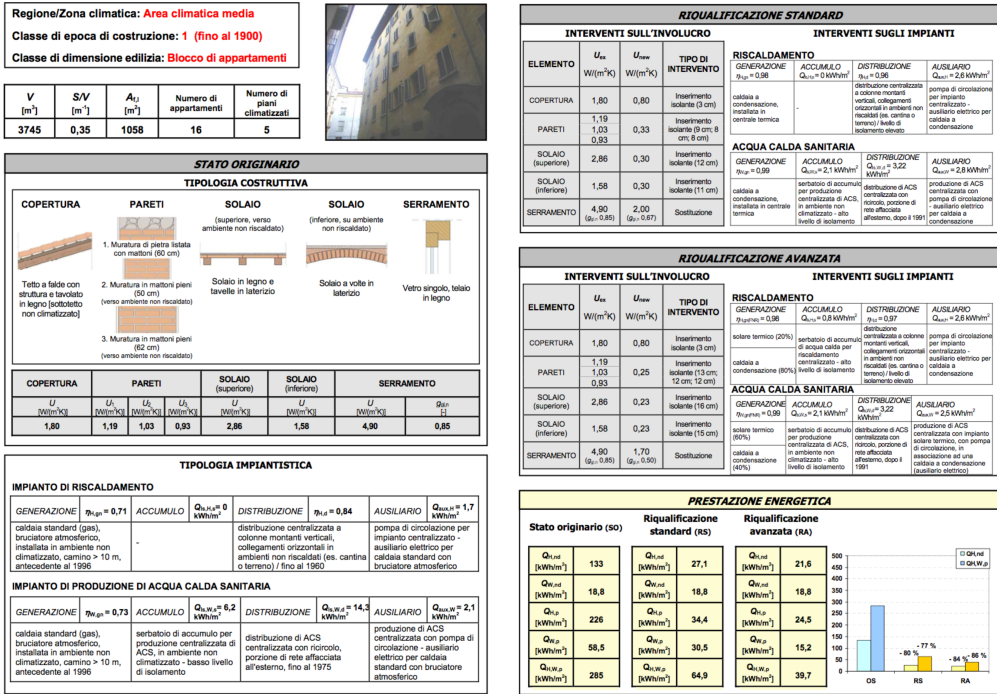


Fig. 2.5: Scheda tecnica sintetica per edificio-tipo.

La matrice suddivide gli edifici-tipo in base a due variabili principali la classe dell'epoca di costruzione e la classe di dimensione media edilizia. Per la classe dell'epoca di costruzione sono state individuate otto categorie (fino al 1900; dal 1901 al 1920; dal 1921 al 1945; dal 1946 al 1960; dal 1961 al 1975; al 1976 al 1990; dal 1991 al 2005; dopo il 2005), mentre per la classe di dimensione media edilizia sono state individuate quattro categorie (case monofamiliari, case a schiera, edifici multifamiliari, blocchi di appartamenti). Nello specifico per ogni edificio-tipo sono stati individuati i fabbisogni energetici per il fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria, il valore numerico assegnato è stato calcolato tenendo conto delle differenti caratteristiche fisiche dell'edificio (tipologia costruttiva e tipologia

impiantistica). Per ogni singola tipologia di edificio è stata redatta una scheda tecnica, dove sono riportate tutte le caratteristiche edilizie necessarie al calcolo dei fabbisogni. Una delle criticità emerse dall'analisi di questo studio è relativa alla carenza di indicazioni per quanto riguarda il fabbisogno energetico per il raffreddamento degli edifici.

Residential electricity consumption in Portugal

In Portogallo il settore residenziale è responsabile di circa il 17% del consumo energetico finale complessivo del paese e del 21% del consumo totale di energia elettrica.

Il presente studio econometrico analizza i consumi di energia elettrica nel settore residenziale, ponendo particolare attenzione all'influenza delle caratteristiche delle abitazioni e alle caratteristiche delle famiglie. Lo studio determina il consumo di elettricità residenziale pro-capite a due differenti scale che sono quella comunale e a quella di singola famiglia.

Alla scala comunale sono utilizzati i dati aggregati per comune al 2001 (top-down), mentre a scala di singola famiglia è stata utilizzata indagine sulla spesa dei consumatori portoghese effettuata tra il 2005 e il 2006 (bottom-up). L'area di studio analizzata comprende una popolazione complessiva di 10 milioni di persone residenti nei 278 comuni del Portogallo continentale.

Sebbene la scala di dettaglio dei dati è differente per i due modelli, questi sono stati scelti in modo tale che siano comparabili. In particolare per entrambi i modelli è stato utilizzato il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS) di regressione per stimare i coefficienti del modello e la variabile dipendente in entrambe le scale è il logaritmo naturale del consumo di elettricità pro-capite.

Per entrambe le scale di analisi sono state considerate le misure di reddito, il numero di persone per nucleo familiare e l'età dell'abitazione. Nel modello bottom-up è stato incluso anche il numero di apparecchi elettrici utilizzati, una variabile dummy per la presenza di bambini, una variabile dummy per il tipo di occupazione, la superficie, il tipo di abitazione, il livello di urbanizzazione e variabili dummy per le diverse aree geografiche. Queste variabili sono state inserite nel modello bottom-up in quanto molte di queste in precedenti studi sono risultate tra le più influenti sui consumi elettrici.

La gran parte dei dati sulle caratteristiche dei comuni per i modelli top-down è stata recuperata dalla banca dati online dell'ufficio statistico portoghese, Instituto Nacional de Estatística (INE), mentre i dati demografici della popolazione e le caratteristiche di abitazione provengono dal censimento portoghese (INE, 2003) e sono raccolti nel database online di INE (INE 2010).

I dati per l'analisi bottom-up sono ricavati da un sondaggio sulla spesa dei consumatori (INE, 2008). L'indagine è stata svolta su un campione di 7.925 famiglie nel periodo compreso tra ottobre 2005 e ottobre 2006.

Dall'analisi dei risultati di entrambe i modelli sono coerenti tra loro e in buon accordo con la letteratura. Tutti i coefficienti statisticamente significativi hanno lo stesso segno atteso a entrambi i livelli di analisi. In termini di esposizione R-squared i modelli top-down mostrano una migliore bontà di adattamento rispetto ai modelli bottom-up.

I risultati ottenuti dall'applicazione dei due modelli indicano che le decisioni politiche che tengono in considerazione solo il reddito delle famiglie non influiscono molto sulla variazione del consumo di energia per gli edifici residenziali. Mentre risultano essere molto più influenti la struttura demografica della popolazione e le caratteristiche delle abitazioni.

I risultati raggiunti a seguito dello studio della letteratura scientifica in merito allo sviluppo e all'impiego di modelli di calcolo dei fabbisogni energetici per la componente insediativa. In particolare, nella seguente tabella, sono riportati i parametri che, risultano avere una maggiore incidenza sui fabbisogni energetici degli edifici localizzati in aree urbane.

La letteratura scientifica prodotta in questi ultimi anni, per questo particolare settore di ricerca, è molto ampia ed è stato necessario effettuare una selezione. Quindi, per ridurre il numero di studi si è deciso selezionare esclusivamente quelli che sono giunti alla determinazione delle relazioni tra le variabili e i consumi energetici tramite l'analisi di ampi campioni di dati.

Come si può osservare da quanto riportato nella seguente tabella, le variabili individuate sono state classificate rispetto al sottosistema urbano di appartenenza (sottosistema ambientale, sottosistema fisico, sottosistema socio-antropico).

Mentre i criteri che sono stati utilizzati per la selezione delle variabili significative sono:

- l'incidenza sui fabbisogni energetici attribuita in letteratura alla singola variabile;
- la selezione di studi realizzati in contesti urbani con caratteristiche simili;
- la facilità nel reperimento dei dati necessari al calcolo dei valori assegnati alle differenti classi in cui i parametri sono suddivisi.

Una volta individuate le variabili che influenzano maggiormente i fabbisogni energetici per la componente insediativa, sono state riportate le classi di intervallo e i consumi energetici a loro associati in letteratura. Per una più semplice e schematica interpretazione dei dati raccolti per ogni singola variabile è stata redatta una scheda in cui sono riportate tutte le informazioni reperire nella letteratura scientifica di riferimento. In particolare, per ogni variabile, nella rispettiva scheda, sono indicati il sottosistema urbano di appartenenza, la dimensione del campione analizzato, i riferimenti bibliografici, le classi di valori in cui è suddivisa la variabile, i dati numerici riportati nello studio, eventuali note o osservazioni e il peso inteso come la variazione media percentuale del fabbisogno energetico tra le singole classi individuate per ogni variabile.

Modello	Tipo di modello Bottom-up	Paese	Anno	Risultati	Criticità
Residential Building Energy Consumption Model	Neural Network	Cina	2012	Individuazione dell'influenza che 16 parametri sui fabbisogni energetici.	Impiego di un numero ridotto di parametri nella prima fase di applicazione del modello.
Method to Analyze Large Data Sets of Residential Electricity Consumption to Inform Data-Driven Energy Efficiency	Analisi fattoriale	USA	2012	Le caratteristiche dell'edificio determinano il 42% della variabilità nel consumo elettrico residenziale, mentre il comportamento degli occupanti spiega il 4,2%.	I dati per il consumo sono riferiti ad un campione di persone appartenenti ad unica categoria sociale.
Residential electricity consumption in Portugal	Regressione	PR	2011	I risultati indicano che le misure politiche che prendono in considerazione solo il reddito delle famiglie in Portogallo.	Occorre tener conto dell'importanza della struttura demografica della popolazione e delle caratteristiche delle abitazioni e delle loro attrezzature.
Residential Building Typology	Archetipi	EU	2010	Individuazione di 32 differenti archetipi degli edifici.	È trascurata la stima del fabbisogno energetico necessario al raffreddamento degli edifici.
Community Domestic Energy Model (CDEM)	Archetipi	UK	2009	Individuazione di 47 differenti archetipi degli edifici.	È trascurato il comportamento degli occupanti e la loro influenza sui fabbisogni energetici.

Tab. 2.3: Schema sintetico dei modelli conoscitivi analizzati.

ID	Sottosistema	Variabili	Paese	Anno	Campione d'osservazione
1	Ambiente	Zona climatica	Grecia	2007	Patrimonio edilizio residenziale
2	Ambiente	Aree verdi	USA	2002	178 edifici
3	Fisico	Dimensione edilizia	Olanda	2012	300.000 edifici
			Olanda	2009	15.000 edifici
4	Fisico	Età edificio	Italia	2011	Patrimonio edilizio residenziale Italiano
			Olanda	2012	300.000 edifici
5	Fisico	Superficie	Cina	2009	124 famiglie e 3 tipologie edilizie
			UK	2008	200 edifici
6	Fisico	Rapporto di compattezza	Italia	2013	40.000 edifici
7	Socio-Antropico	Dimensione delle famiglie	Olanda	2009	180.000 famiglie
8	Socio-Antropico	Redito delle famiglie	Olanda	2009	180.000 famiglie
9	Socio-Antropico	Età della popolazione	USA	2002	Censimento popolazione USA

Tab. 2.4: Principali variabili che incidono sui consumi energetici degli edifici residenziali.

Variabile Zona Climatica

Sottosistema Ambientale

Fonti bibliografiche

Balaras, C. A., Gaglia, A. G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. P. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment*, 42(3), 1298-1314.

Classi

Suddivisione del territorio nazionale in quattro differenti classi climatiche (A, B, C e D).

Climatic zones	Single dwellings 1980	Apartment buildings 1980	Single dwellings 2001	Apartment buildings 2001
Average specific electrical energy consumption (kWh/m ²)				
Greece (total)	26.61	28.13	38.68	40.63
Zone A	22.53	24.59	29.59	31.19
Zone B	28.28	31.45	42.33	46.76
Zone C	24.08	25.77	34.99	36.99
Zone D	25.35	28.13	34.63	36.63
Average specific thermal energy consumption (kWh/m ²)				
Greece (total)	140.1	96.2	122.9	94.5
Zone A	94.0	65.3	89.1	61.9
Zone B	134.0	93.7	115.2	91.4
Zone C	159.4	110.8	145.1	109.0
Zone D	186.9	129.8	175.7	124.5

Note

La determinazione della zona climatica consente di stabilire la durata giornaliera di attivazione e i periodi di accensione degli impianti termici.

Fonti dati n. d.

Peso 23%

Variabile	Dimensione edilizia			
Sottosistema	Fisico			
Fonti bibliografiche	<p>Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). Residential energy use and conservation: economics and demographics. <i>European Economic Review</i>, 56(5), 931-945.</p> <p>Guerra Santin, O., Itard, L., & Visscher, H. (2009). The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. <i>Energy and buildings</i>, 41(11), 1223-1232.</p> <p>Corrado, V., Tala, N., Ballarini, I., & Corgnati, S. P. (2011). Building Typology Brochure-Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana.</p>			
Classi	casa monofamiliare, casa a schiera, edificio multi familiare, blocchi di appartamenti			
Fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria [kWh/m²] Zona Climatica C - 900<GG<1400 (Comune di Napoli 1034 GG)				
	Case Monofamiliari	Case a schiera	Edifici multifamiliari	Blocchi di appartamenti
Dati	<i>Fino al 1900</i>	230	182	195
	<i>1901 - 1920</i>	248	204	193
	<i>1921 - 1945</i>	218	162	162
	<i>1946 - 1960</i>	215	158	154
	<i>1961 - 1975</i>	232	179	104
	<i>1976 - 1990</i>	129	111	75
	<i>1991 - 2005</i>	69	90	65
	<i>Dopo il 2005</i>	60	60	36
Note	Il patrimonio edilizio residenziale viene suddividendo in base alla tipologia di abitazione, in quattro classi (casa monofamiliare, casa a schiera, edificio multi familiare, blocchi di appartamenti). Dagli studi emerge che le abitazioni monofamiliari consumano maggiore energia rispetto ad altri tipi di abitazioni, inoltre i consumi medi per le case unifamiliari sono più che il doppio rispetto ai consumi medi per gli appartamenti.			
Fonti dati	Elaborazione in ambiente GIS dei dati ISTAT associati alla cartografia dei quartieri dell'area di studio.			
Peso	14%			

Variabile	Età dell'edificio
Sottosistema	Fisico
Fonti bibliografiche	Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). Residential energy use and conservation: economics and demographics. <i>European Economic Review</i> , 56(5), 931-945. Corrado, V., Tala, N., Ballarini, I., & Corgnati, S. P. (2011). Building Typology Brochure-Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana.
Classi	casa monofamiliare, casa a schiera, edificio multi familiare, blocchi di appartamenti

Fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria [kWh/m²] Zona Climatica C - 900<GG<1400

	Case Monofamiliari	Case a schiera	Edifici multifamiliari	Blocchi di appartamenti	
Dati					
	<i>Fino al 1900</i>	230	182	195	148
	<i>1901 - 1920</i>	248	204	193	137
	<i>1921 - 1945</i>	218	162	162	161
	<i>1946 - 1960</i>	215	158	154	147
	<i>1961 - 1975</i>	232	179	104	141
	<i>1976 - 1990</i>	129	111	75	61
	<i>1991 - 2005</i>	69	90	65	54
	<i>Dopo il 2005</i>	60	60	36	35

Note Il patrimonio edilizio residenziale viene suddividendo in base all'età di costruzione, in otto classi di età, per ognuna di queste classi vengono determinati i fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento la produzione di acqua calda sanitaria. Dall'analisi dei dati raccolti emerge che i consumi di Gas sono minori per gli edifici che appartengono alle classi di età più recente. Mentre per i consumi elettrici si riscontra un maggiore incremento per le classi di edifici più moderni, questo presumibilmente è dovuto alla maggiore presenza di apparecchiature elettroniche.

Fonti dati Elaborazione in ambiente GIS dei dati ISTAT associati alla cartografia dei quartieri dell'area di studio.

Peso 14%

Variabile Aree verdi in prossimità degli edifici

Sottosistema Ambientale

Fonti bibliografiche Simpson, J. R. (2002). Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy and Buildings*, 34(10), 1067-1076.

Classi Dimensione degli alberi, distanza e disposizione dall'edificio

Changes in cooling and heating energy use for single trees, asymmetric and symmetric cases^a

	Tree azimuth	Building orientation				
		N	E	S	W	All
Dati	(a) Change in cooling (kWh)					
	N	7	5	12	5	7
	E	168	239	162	323	214
	S	293	99	182	100	184
	W	249	420	238	337	314
	No trees	1305	1639	1204	1544	1428

Note Lo studio considera la disposizione (orientamento e distanza) degli alberi rispetto alle pareti esterne dell'edificio e la dimensione degli alberi, per determinare gli effetti positivi in termini di risparmio energetico.

Fonti dati Elaborazione in ambiente GIS dei dati contenuti nella cartografia dei quartieri dell'area di studio.

Peso 10%

Variabile Aree verdi in prossimità degli edifici

Sottosistema Ambientale

Fonti bibliografiche Simpson, J. R. (2002). Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy and Buildings*, 34(10), 1067-1076.

Classi Dimensione degli alberi, distanza e disposizione dall'edificio

Changes in cooling and heating energy use for single trees, asymmetric and symmetric cases^a

	Tree azimuth	Building orientation				
		N	E	S	W	All
Dati	(a) Change in cooling (kWh)					
	N	7	5	12	5	7
	E	168	239	162	323	214
	S	293	99	182	100	184
	W	249	420	238	337	314
	No trees	1305	1639	1204	1544	1428

Note Lo studio considera la disposizione (orientamento e distanza) degli alberi rispetto alle pareti esterne dell'edificio e la dimensione degli alberi, per determinare gli effetti positivi in termini di risparmio energetico.

Fonti dati Elaborazione in ambiente GIS dei dati contenuti nella cartografia dei quartieri dell'area di studio.

Peso 10%

Variabile	Età della popolazione
Sottosistema	Socio-Antropico
Fonti bibliografiche	Liao, H. C., & Chang, T. F. (2002). Space-heating and water-heating energy demands of the aged in the US. <i>Energy Economics</i> , 24(3), 267-284.
Classi	-

Il consumo medio di energia delle famiglie per diverse fasce di età [kWh]

	Age	Electricity	Natural gas	Total
Dati	18-24	8,18	21,56	29,74
	25-34	9,65	24,05	33,69
	35-44	11,81	26,11	37,93
	45-59	11,76	27,94	39,70
	over 60	8,74	26,61	35,35

Note Lo studio evidenzia che i consumi di energia primaria crescono con l'aumentare dell'età degli abitanti. Si può notare inoltre che con l'aumentare dell'età si ha un incremento dei consumi di gas naturale e una diminuzione dei consumi di energia elettrica.

Fonti dati Elaborazione in ambiente GIS dei dati ISTAT associati alla cartografia dei quartieri dell'area di studio.

Peso 2%

Variabile	Dimensione delle famiglie – Reddito delle famiglie
Sottosistema	Socio-Antropico
Fonti bibliografiche	Abrahamse, W., & Steg, L. (2009). How do socio-demographic and psychological factors relate to households' direct and indirect energy use and savings?. <i>Journal of economic psychology</i> , 30(5), 711-720. Filippini, M., & Pachauri, S. (2004). Elasticities of electricity demand in urban Indian households. <i>Energy policy</i> , 32(3), 429-436.
Classi	casa monofamiliare, casa a schiera, edificio multi familiare, blocchi di appartamenti

Table 2.

Le correlazioni tra uso di energia, le variabili socio-demografiche e variabili psicologiche (prima misura), N = 189.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Energy use									
2. Income	.41**								
3. Household size	.40**	.38**							
4. Age	.07	.05	-.05						
5. Gender	.13	.23*	.29**	.14*					
6. Attitude	-.14	-.13	-.16*	-.06	-.06				
7. Perceived behavioral control	.03	-.06	-.02	-.03	.03	.19*			
8. Personal norm	-.04	.01	.09	.04	-.10	.24*	.06		
9. Awareness of consequences	.00	.02	.10	-.11	-.11	.22*	.13	.42**	
10. Ascription of responsibility	.00	.07	.11	-.07	-.04	.13	.18*	.49**	.57**

Note: income scale runs from one 'less than 1000 Euro per month' to five 'more than 2500 Euro per month'. For gender, one represents 'female' and two 'male'. All scales for the psychological variables range from one 'negative' to five 'positive'.

* $p < .05$, two-tailed.

** $p < .001$, two-tailed.

Note Dallo studio della letteratura è stato possibile individuare che le variabili influenzano in modo significativo il consumo energetico, ma non è stato possibile quantificare con dati numerici tale relazione.

Fonti dati	Elaborazione in ambiente GIS dei dati ISTAT associati alla cartografia dei quartieri dell'area di studio.
Peso	n.d.

Variabile	Superficie edificio
Sottosistema	Fisico
Fonti bibliografiche	Ouyang, J., & Hokao, K. (2009). Energy-saving potential by improving occupants' behavior in urban residential sector in Hangzhou City, China. <i>Energy and Buildings</i> , 41(7), 711-720. Yohanis, Y. G., Mondol, J. D., Wright, A., & Norton, B. (2008). Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use. <i>Energy and Buildings</i> , 40(6), 1053-1059. Corrado, V., Tala, N., Ballarini, I., & Corgnati, S. P. (2011). Building Typology Brochure-Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana.
Classi	Fino al 1900; 1901 – 1920; 1921 – 1945; 1946 – 1960; 1961 – 1975; 1976 – 1990; 1991 – 2005; Dopo il 2005.
Dati	-
Note	Il patrimonio edilizio residenziale viene suddividendo in base all'età di costruzione, in nove classi di età, per ognuna di queste classi vengono determinati i consumi di Gas (m ³) ed Elettricità (kWh). Dall'analisi dei dati raccolti emerge che i consumi di Gas sono minori per gli edifici che appartengono alle classi di età più recente. Mentre per i consumi elettrici si riscontra un maggiore incremento per le classi di edifici più moderni, questo presumibilmente è dovuto alla maggiore presenza di apparecchiature elettroniche.
Fonti dati	Elaborazione in ambiente GIS dei dati ISTAT associati alla cartografia dei quartieri dell'area di studio.
Peso	19%
Variabile	Rapporto di compattezza
Sottosistema	Fisico
Fonti bibliografiche	Mutani, G. (2013). Analisi del fabbisogno di energia termica degli edifici con software geografico libero. Il caso studio di Torino. <i>LA TERMOTECNICA</i> , 6, 63-67. Corrado, V., Tala, N., Ballarini, I., & Corgnati, S. P. (2011). Building Typology Brochure-Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana.
Classi	Lo studio considerato individua quattro differenti tipologie di caratterizzazione del parco edilizio: Edificio singolo con 1 - 4 unità abitative: $S/V_{medio} = 0,82 \text{ m}^{-1}$; Palazzina piccola o villette a schiera con 5 - 15 unità abitative: $S/V_{medio} = 0,64 \text{ m}^{-1}$; Palazzina grande con 16 - 30 unità abitative o edificio in linea: $S/V_{medio} = 0,51 \text{ m}^{-1}$; Grande condominio con più di 31 unità abitative: $S/V_{medio} = 0,36 \text{ m}^{-1}$.
Dati	-
Note	Il rapporto di compattezza è ottenuto dal rapporto tra la superficie disperdente e il volume riscaldato.
Fonti dati	Elaborazione in ambiente GIS dei dati contenuti nella cartografia dei quartieri dell'area di studio.
Peso	n.d.

2.8 Città, Trasporti e Energia

Successivamente alla fase di individuazione delle variabili, che tramite lo studio della letteratura scientifica hanno una maggiore influenza sui consumi energetici sul sottosistema insediativo e su quello dei trasporti, si è passati alla definizione delle modalità di raccolta dei dati geometrici e numerici, necessari al calcolo delle singole variabili. Per il reperimento e il calcolo di questi dati sono state utilizzate differenti fonti:

- dati alfanumerici - sono stati utilizzati i dati forniti dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) tramite il censimento della Popolazione e delle Abitazioni;
- dati spaziali - elaborazione in ambiente GIS della cartografia relativa all'area di studio (planimetrie e ortofoto), per poter calcolare i parametri edilizi.

The screenshot shows the Istat website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Istituto nazionale di statistica', 'Bandi di gara', 'Concorsi', and 'Amministrazione trasparente'. Below this is the Istat logo and a search bar. The main content area is titled 'Basi territoriali e variabili censuarie' and includes a sub-section 'Ascolta'. A list of links is provided: 'Basi territoriali', 'Confini amministrativi', 'Variabili censuarie', and 'Dati toponomastici'. The main text describes the availability of geographic data for the years 1991, 2001, and 2011, and provides instructions on how to use the GIS software. A list of downloadable files is shown, including 'Descrizione dei dati' (pdf, 717 KB), 'Metadati_xml_ED50' (zip, 19 KB), 'Metadati_xml_WGS84' (zip, 19 KB), and 'Metadati_PDF' (zip, 4 MB). There is also a section 'in evidenza' with links to various reports and publications, such as 'Presidenza italiana del Consiglio dell'UE 2014', 'Previsioni economiche e microsimulazioni', 'SEC 2010', 'Competitività dei settori produttivi', and 'Attività della Scuola superiore di statistica'.

Fig. 2.6: Schermata del sito dell'Istituto Nazionale di Statistica (Istat) dove è possibile accedere e fare il download dei dati.

Il lavoro svolto, per l'individuazione dei dati di tipo alfanumerico, ha permesso di individuare e selezionare all'interno dell'ampio database di dati fornito dall'ISTAT, in formato open access (<http://www.istat.it/it/archivio/104317>), quelli necessari al calcolo delle variabili individuate. Per quanto riguarda i dati geometrici ottenuti dall'elaborazioni

in ambiente GIS delle cartografie e delle ortofoto, questi pur essendo disponibili per singolo edificio devono essere aggregati per singola sezione censuaria.

Quindi per il calcolo delle variabili individuate sono stati utilizzati i dati alfanumerici e spaziali provenienti da differenti fonti e che sono caratterizzati da un diverso livello di aggregazione spaziale.

Per poter risolvere le problematiche legate alla non omogeneità delle unità di riferimento spaziale (sezioni censuarie) rispetto alla quale sono disponibili. Così per poter effettuare anche un confronto è stata introdotta un'unità spaziale di riferimento standard, come spiegato nei successivi paragrafi.

Le modalità di raccolta dei dati

Il calcolo delle variabili descritte nei precedenti paragrafi richiede l'elaborazione di dati provenienti da diverse fonti:

- XV Censimento generale della popolazione e delle abitazioni (ISTAT, 2011);
- VII Censimento generale dell'industria e dei servizi (ISTAT, 2001);
- grafo della rete stradale della Provincia di Napoli;
- ortofoto delle aree pilota (quartieri di Vomero, Chiaia e Arenella).

Per quanto concerne le prime due fonti, l'ISTAT diffonde gratuitamente (con licenza Creative Commons) i dati geografici (in formato shapefile) delle basi territoriali (articolazione del territorio comunale in sezioni di censimento) e le variabili censuarie (in formato xls e txt), associabili, mediante codici di collegamento, alle partizioni del sistema delle basi territoriali. La terza fonte, il grafo della rete stradale (formato shapefile), è scaricabile sul geoportale della Regione Campania. Infine l'ortofoto utilizzata è quella realizzata appositamente per il progetto di ricerca. Nella seguente tabella, vengono riportati i dati necessari al calcolo di ciascuna variabile e la provenienza dei dati utilizzati.

ID	Sottosistema	Variabile	Dati	Fonti
1.a	Trasporti	Densità di Popolazione	Popolazione residente per sezione censuaria	ISTAT 2011
			Area della sezione censuaria	ISTAT 2011
1.b	Trasporti	Densità di Addetti	Addetti totali per sezione censuaria	ISTAT 2001
			Area della sezione censuaria	ISTAT 2011
1.c	Trasporti	Densità di Attività	Unità Localitotali per sezione censuaria	ISTAT 2011
			Area della sezione censuaria	ISTAT 2011
2	Trasporti	Indice di entropia	Addetti per categoria per ciascuna se censuaria	ISTAT 2001
			Popolazione residente per sezione censuaria	ISTAT 2011

3	Trasporti	Connettività	Localizzazione degli incroci	ortofoto + grafo
			Tipologia di incrocio	ortofoto
4	Trasporti	Contour measure	Distanze su rete	grafo
			Addetti totali per sezione censuaria	ISTAT 2001
5	Trasporti	Distanza su rete dalla fermata tp su ferro più vicina	Distanze su rete	Grafo
			Localizzazione delle fermate	ortofoto
6	Trasporti	Distanza su rete calcolata rispetto a Piazza Matteotti	Distanze su rete	grafo
			Localizzazione del centro	ortofoto
7	Insediativo	Numero Abitazioni	Numero di Abitazioni	ISTAT 2011
8	Insediativo	Numero Stanze	Numero di Stanze	ISTAT 2011
9	Insediativo	Superficie residenziale	Somma delle Superficie con destinazione d'uso residenziale	ISTAT 2011
10	Insediativo	Numero Edifici	Numero degli Edifici	ISTAT 2011
11	Insediativo	Età edifici	Età media degli edifici	ISTAT 2011
12	Insediativo	Altezza degli edifici	Altezza media degli edifici	ISTAT 2011
13	Insediativo	Superfici coperte	Somma delle Superfici coperte	ortofoto

Tab. 2.5: Variabili e fonte dei dati.

L'organizzazione e l'elaborazione dei dati

Successivamente alla raccolta dei dati è necessario procedere alla loro organizzazione ed elaborazione al fine di calcolare i valori di ciascuna delle variabili selezionate, rispetto all'unità spaziale di riferimento standard utilizzata.

Tali elaborazioni sono effettuate tramite l'impiego di software, in grado di eseguire elaborazioni dei dati alfanumeri e di geoprocessing dei dati geometrici, così come riportato nella seguente tabella.

Prima di procedere alle elaborazioni necessarie al calcolo delle variabili bisogna procedere con la creazione di un personal geodatabase (mdb) in cui importare i dati relativi alle:

- le basi territoriali ISTAT 2001(shp);
- le basi territoriali ISTAT 2011(shp);
- le variabili censuarie (xls o txt) ovvero gli addetti per categoria economica e alla popolazione residente;

- il grafo rappresentativo della rete stradale (shp).
- Inoltre bisogna importare nel geodatabase i seguenti file:
- shapefile rappresentativo delle stazioni della rete di trasporto pubblico su ferro (shp);
 - shapefile con i limiti delle aree centrali del contesto urbano analizzato (shp).

ID	Fattore	Variabili	Microsoft Access	ESRI ArcGIS
1.a	Densità	Densità di Popolazione	X	
1.b	Densità	Densità di Addetti	X	
1.c	Densità	Densità di Attività	X	
2	Mix funzionale	Indice di entropia	X	
3	Design	Connettività	X	X
4	Accessibilità al lavoro	Accessibility (contour measure) to jobs	X	X
5	Distanza dal trasporto pubblico	Distanza su rete dalla fermata tp su ferro più vicina		X
6	Distanza dal centro	Distanza su rete calcolata rispetto a Piazza Matteotti		X
7	Numero Abitazioni	Numero di Abitazioni	X	
8	Numero Stanze	Numero di Stanze	X	
9	Superficie residenziale	Somma delle Superficie con destinazione d'uso residenziale	X	
10	Numero Edifici	Numero degli Edifici	X	
11	Età edifici	Età media degli edifici	X	
12	Altezza media degli edifici	Altezza media degli edifici	X	
13	Superfici coperte	Somma delle Superfici coperte		X

Tab. 2.6: Software utilizzati per il calcolo delle variabili.

La creazione del geodatabase risulta essere particolarmente conveniente poiché il formato mdb permette di far “dialogare” i software Access e ArcGIS, in quanto entrambi supportano tale tipo di formato.

Successivamente alla creazione del geodatabase è necessario effettuare alcune operazioni sugli shapefile importati.

In primo luogo è necessario operare sullo shapefile delle sezioni ISTAT 2001 (a cui sono state associate le variabili relative al Censimento dell'Industria e dei Servizi) e sullo shapefile delle sezioni ISTAT 2011 (a cui sono associati i dati provvisori del Censimento della Popolazione e delle Abitazioni). I due shapefile infatti presentano, per alcune features (sezioni) una denominazione diversa o un'estensione (area della sezione censuaria) diversa. Per poter associare le variabili censuarie ISTAT 2001 allo shapefile ISTAT 2011 è stato messo a punto il seguente procedimento:

- è necessario creare una griglia a maglia quadrata di dimensioni 100x100 metri e sovrapposta allo shapefile ISTAT 2001;
- a ciascuna cella x della griglia viene associato l'identificativo della SEZIONE ISTAT 2001 che ne contiene il suo baricentro, nonché le variabili censuarie al 2001;
- a ciascuna cella x della griglia, il cui baricentro è contenuto nella sezione i , è assegnato un numero di addetti Add_x (per le diverse categorie economiche) secondo la seguente proporzione: $Add_x: Add_i = Area_x: Area_i$. Ovvero, essendo la griglia di dimensioni 10x10 metri: $Add_x: Add_i * (100/ Area_i)$;
- le celle della griglia sono sovrapposte allo shapefile ISTAT2011;
- in maniera analoga, a ciascuna cella della griglia x è associata la sezione ISTAT 2011 che contiene il suo baricentro;
- le celle sono aggregate in Access rispetto all'identificativo delle sezioni al 2011.

Alcune operazioni sono necessarie anche per il grafo stradale. In particolare è necessario correggere i seguenti errori topologici:

- errore di superamento (overshoots);
- errore di non raggiungimento (undershoot).

Per identificare gli errori bisogna impostare in ArcGIS delle regole topologiche che consentono al programma di individuare sulla mappa le violazioni delle regole specificate. Per ciascun errore è stata effettuata una correzione ed in particolare:

- per gli errori di superamento, il segmento sconnesso viene ritagliato fino all'intersezione con l'altra linea e l'errore sparisce;
- per gli errori di non raggiungimento, la linea sconnessa viene estesa fino all'altra linea e l'errore sparisce.

Una volta effettuate tali operazioni bisogna creare ed importare nel geodatabase i seguenti shapefile:

- matrice delle distanze K il cui generico elemento d_i rappresenta la distanza su rete dalla sezione censuaria i appartenente all'area pilota alla generica sezione censuaria k del comune di Napoli, lungo il percorso su rete più breve;
- matrice delle distanze S in cui il generico elemento d_i rappresenta la distanza su rete dalla sezione i appartenete all'area pilota alla stazione di trasporto pubblico su ferro s più vicina e lungo il percorso su rete più breve;
- matrice delle distanze C, in cui il generico elemento d_i rappresenta la distanza su rete lungo il percorso più breve dalla sezione i appartenete all'area pilota al punto c rappresentativo del centro della città di Napoli.

I file appena descritti sono creati con il tool di Network Analyst. Successivamente all'esecuzione di queste operazioni è possibile calcolare le variabili utilizzando le formule riportate nei precedenti paragrafi. A tal fine per ciascuna variabile è necessario definire una query di calcolo in Access o utilizzando direttamente gli strumenti di calcolo presenti nel software ArcGIS.

Riferimenti bibliografici

- Abrahamse, W., & Steg, L. (2009). How do socio-demographic and psychological factors relate to households' direct and indirect energy use and savings?. *Journal of economic psychology*, 30(5), 711-720. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joep.2009.05.006>.
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 2012. *Energy Efficiency Trends in Transport in the EU*. Available at: <http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/transport-eu.pdf>.
- Anderson, B., Chapman, P., Cutland, N., Dickson, C., Doran, S., Henderson, G., Henderson, J., Iles, P., Kosmina, L. and Shorrocks, L. (2002) BREDEM-8: model description 2001 update. Building Research Establishment, UK. Available at: http://www.iea.org/media/statistics/eemannual/UK_BREDEM_model_description.pdf.
- Aydinalp, M., Ismet Ugursal, V., & Fung, A. S. (2002). Modeling of the appliance, lighting, and space-cooling energy consumptions in the residential sector using neural networks. *Applied Energy*, 71(2), 87-110. doi: [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(01\)00049-6](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(01)00049-6).
- Balaras, C. A., Gaglia, A. G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. P. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment*, 42(3), 1298-1314. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.11.001>.
- Banister, D., Watson, S., & Wood, C. (1997). Sustainable cities: transport, energy, and urban form. *Environment and Planning B*, 24, 125-144.
- Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). Residential energy use and conservation: economics and demographics. *European Economic Review*, 56(5), 931-945. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2012.02.007>.
- Brownstone, D., & Golob, T. F. (2009). The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption. *Journal of Urban Economics*, 65(1), 91-98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2008.09.002>.
- Carteni, A., Cantarella, G. E., & Luca, S. D. (2010). A methodology for estimating traffic fuel consumption and vehicle emissions for urban planning. In *12th World Conference for Transportation Research*. Lisbon, 11-15 June 2010. Available at: <http://www.wctrs.leeds.ac.uk/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/general/02686.pdf>.
- Cascetta, E. (2009). *Transportation systems analysis: models and applications*. Second edition. Springer.
- Centro Studi Pragma (2012). *Mobilità e trasporti in tempo di crisi*. Available at: www.csepragma.it.
- Cervero, R., & Murakami, J. (2010). Effects of built environments on vehicle miles traveled: evidence from 370 US urbanized areas. *Environment and Planning A*, 42(2), 400-418. doi: 10.1068/a4236.
- Corrado, V., Tala, N., Ballarini, I., & Corgnati, S. P. (2011). *Building Typology Brochure-Italy*. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana. Available at: http://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/IT_TABULA_TypologyBrochure_OLITO.pdf.
- ENEA (2011). *L'efficienza energetica nei trasporti*. Available at: http://www.enea.it/it/enea_informa/documenti/quaderni-energia/trasporti.pdf.

- EPA (1999). Indicators of the environmental impacts of transportation. United States Environmental Protection Agency, Report EPA 230-R-99-001. Available at: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=91017QUT.TXT>.
- European Commission, 2007. Sustainable Urban Transport Plans - Preparatory Document in relation to the follow-up of the Thematic Strategy on the Urban Environment (Technical report No. 2007/018). European Commission, Luxembourg. Available at: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/studies/doc/2007_sustainable_urban_transport_plan.pdf.
- Eurostat (2012). Final energy consumption by sector. Available at: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsdpc320>.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: a meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01944361003766766>.
- Farahbakhsh, H., Ugursal, V. I., & Fung, A. S. (1998). A residential end-use energy consumption model for Canada. *International Journal of Energy Research*, 22(13), 1133-1143. doi: 10.1002/(SICI)1099-114X(19981025)22:13<1133::AID-ER434>3.0.CO;2-E.
- Gargiulo, C., & Lombardi, C. (2016). Urban Retrofit and Resilience: The challenge of Energy Efficiency and Vulnerability. *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 9(2), 137-162. doi: <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/3922>.
- Gargiulo, C., & Zucaro, F. (2015). Smartness and Urban Resilience. A Model of Energy Saving. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 81-102. <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/3661>.
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2), 127-140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>.
- Giuliano, G., & Narayan, D. (2003). Another look at travel patterns and urban form: the US and Great Britain. *Urban studies*, 40(11), 2295-2312. doi: 10.1080/0042098032000123303.
- Handy, S. L., Boarnet, M. G., Ewing, R., & Killingsworth, R. E. (2002). How the built environment affects physical activity: views from urban planning. *American journal of preventive medicine*, 23(2), 64-73.
- Hens, H., Verbeeck, G., & Verdonck, B. (2001). Impact of energy efficiency measures on the CO2 emissions in the residential sector, a large scale analysis. *Energy and Buildings*, 33(3), 275-281. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00092-X).
- Huang, Y. J., & Brodrick, J. (2000). A bottom-up engineering estimate of the aggregate heating and cooling loads of the entire US building stock. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00092-X).
- Jenks, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International yearbook of cartography*, 7(1), 186-190. doi: 10.1080/0042098032000123303.
- Kavgic, M., Mavrogianni, A., Mumovic, D., Summerfield, A., Stevanovic, Z., & Djurovic-Petrovic, M. (2010). A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector. *Building and Environment*, 45(7), 1683-1697. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.021>.

- Kavousian, A., Rajagopal, R., & Fischer, M. (2012). *A Method to Analyze Large Data Sets of Residential Electricity Consumption to Inform Data-Driven Energy Efficiency*. CIFE Working Paper 130, Stanford University. Available at: <https://cife.stanford.edu/WP130>.
- Kenworthy, J. R. (2003). Transport energy use and greenhouse gases in urban passenger transport systems: a study of 84 global cities. In: *International Sustainability Conference*, 17 - 19 September, Fremantle, Western Australia. Available at: http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Transport_Greenhouse.pdf.
- Khattak, A. J., & Rodriguez, D. (2005). Travel behavior in neo-traditional neighborhood developments: A case study in USA. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(6), 481-500. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.02.009>.
- Liao, H. C., & Chang, T. F. (2002). Space-heating and water-heating energy demands of the aged in the US. *Energy Economics*, 24(3), 267-284. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00014-2).
- Litman, T. (2005). Evaluating transportation equity: methods for incorporating distributional impacts into transport planning. *Victoria Transport Policy Institute*, Canada. Available at: <http://www.vtpi.org/equity.pdf>.
- McNeil, M. A., & Bojda, N. (2012). Cost-effectiveness of high-efficiency appliances in the US residential sector: A case study. *Energy Policy*, 45, 33-42.
- Mindali, O., Raveh, A., & Salomon, I. (2004). Urban density and energy consumption: a new look at old statistics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(2), 143-162. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2003.10.004>.
- Moccia, F. D. (2013). Resources and Energy Management: the case of the Agropoli Urban Plan. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 6(2), 145-158. doi: <http://dx.doi.org/10.6092%2F1970-9870%2F1761>.
- Moniruzzaman, M., & Páez, A. (2012). Accessibility to transit, by transit, and mode share: application of a logistic model with spatial filters. *Journal of Transport Geography*, 24, 198-205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.02.006>.
- Muñoz, I., & Galindo, A. (2005). Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona. *Ecological Economics*, 55(4), 499-514. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.008>.
- Murray, A. T. (2003). A coverage model for improving public transit system accessibility and expanding access. *Annals of Operations Research*, 123(1-4), 143-156. doi: 10.1023/A:1026123329433.
- Mutani, G. (2013). Analisi del fabbisogno di energia termica degli edifici con software geografico libero. Il caso studio di Torino. *LA TERMOTECNICA*, 6, 63-67. Available at: <http://porto.polito.it/2513773/>.
- Næss, P., Sandberg, S. V. L., & Roe, P. G. (1996). Energy use for transportation in 22 Nordic towns. *Scandinavian Housing and Planning Research*, 13(2), 79-97. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02815739608730401>.
- Naess, P. (2010). Residential location, travel, and energy use in the Hangzhou Metropolitan Area. *Journal of transport and land use*, 3(3), 27-59. doi: 10.5198/jtlu.v3i3.98.

- Newman, P. W., & Kenworthy, J. R. (1989). *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*. Gower, Aldershot Hants UK. Available at: <http://commons.trincoll.edu/rahmed/files/2013/10/auto-dependence-international.pdf>.
- Nuorkivi, A. E., & Ahonen, A. M. (2013). Urban Planners with Renewable Energy Skills. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 6(2), 159-170. Doi: <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/1569>.
- Ouyang, J., & Hokao, K. (2009). Energy-saving potential by improving occupants' behavior in urban residential sector in Hangzhou City, China. *Energy and Buildings*, 41(7), 711-720. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.02.003>.
- Owen N, Humpel N, Leslie E, Bauman A, Sallis JF. (2004). Understanding environmental influences on walking; Review and research agenda. *American Journal of Preventive Medicine*. 2004; 27:67–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.03.006>.
- Owen, Andrew, and David M. Levinson. Modeling the commute mode share of transit using continuous accessibility to jobs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74 (2015), 110-122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.02.002>.
- Rendall, S. (2011). Transport energy footprinting. In Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ) Transportation Conference, Auckland, New Zealand, 27-30 March 2011. Available at: https://www.hardingconsultants.co.nz/ipenz2011/downloads/Rendall__Stacy.pdf.
- Saunders, M. J., Kuhnimhof, T., Chlond, B., & da Silva, A. N. R. (2008). Incorporating transport energy into urban planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(6), 874-882. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.031>.
- Simpson, J. R. (2002). Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy and Buildings*, 34(10), 1067-1076. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00028-2).
- Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 1819-1835. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.033>.
- Wiesmann, D., Lima Azevedo, I., Ferrão, P., & Fernández, J. E. (2011). Residential electricity consumption in Portugal: Findings from top-down and bottom-up models. *Energy Policy*, 39(5), 2772-2779. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.047>.
- Yin, Y., Mizokami, S., & Maruyama, T. (2013). An analysis of the influence of urban form on energy consumption by individual consumption behaviors from a microeconomic viewpoint. *Energy Policy*, 61, 909-919. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.054>.
- Yohanis, Y. G., Mondol, J. D., Wright, A., & Norton, B. (2008). Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use. *Energy and Buildings*, 40(6), 1053-1059. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.09.001>.
- Zhao, F. (2012). Agent-based modeling of commercial building stocks for energy policy and demand response analysis. Georgia Tech Library. Available at: <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/43704>.

CAPITOLO 3

CITTÀ E CONSUMI ENERGETICI: GLI SPAZI E LE ATTIVITÀ URBANE

3.1 I dati e le variabili interpretative

Le problematiche ambientali e il tema dell'esauribilità delle risorse, in particolar modo quelle energetiche, stanno assumendo una sempre maggiore importanza. Espressione di questa forte sensibilità sono gli obiettivi e le limitazioni imposte dall'Unione Europea: l'UE infatti chiede costantemente agli stati membri di attivare idonee strategie di intervento sul tema della sostenibilità ambientale e sul contenimento dei consumi energetici mediante politiche nazionali e locali mirate. A titolo di esempio, si evidenzia che l'Unione Europea ha promosso "Il Patto dei Sindaci per il risparmio energetico", attraverso il quale è prevista l'attuazione di una pianificazione dei consumi energetici sul territorio (PAES - Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile), che incentivi al contempo la produzione di energia attraverso fonti rinnovabili. Il catalogo dei Piani d'azione del Patto dei Sindaci raccoglie tutti i PAES (Piani d'azione per l'energia sostenibile presentati per il Patto 2020) e i PAESC (Piani d'azione per l'energia sostenibile e il clima presentati per il Patto 2030) presentati dai firmatari e/o accettati dalla Commissione Europea. Tutti questi piani d'azione sono classificati in base alla data di approvazione formale. È quindi fondamentale porsi come principale obiettivo una significativa riduzione dei consumi energetici. Il lavoro dei tecnici deve sostenere questo obiettivo strategico, attraverso la realizzazione di tecniche e strumenti per il monitoraggio dello sviluppo e della dislocazione di tali consumi. Presupposto della pianificazione di qualsiasi azione è infatti conoscere la situazione di partenza, cioè i dati dei consumi del territorio (utenze domestiche e produttive); inoltre per effettuare un efficace monitoraggio degli effetti delle azioni previste nel piano, è necessario verificare le variazioni dei medesimi dati, in

modo da misurarne e controllarne gli scostamenti e vedere se le azioni pianificate hanno avuto risultati positivi o meno (Saggini, 2014).

Come descritto in precedenza, nel corso degli anni il controllo dei consumi energetici su varie scale territoriali è avvenuto attraverso la costruzione di modelli energetici di simulazione o di ottimizzazione. Al fine di proporre un differente tipo di approccio alla stima dei consumi energetici su scala urbana, che non preveda esclusivamente l'impiego di modelli, ma che permetta di individuare i reali valori dei consumi energetici di un'area urbana vi è la necessità di sviluppare una metodologia diversa da quelle utilizzate in precedenza. Si tratta, in tal caso, dell'applicazione di una metodologia che deve essere in grado di gestire un cospicuo numero di dati aperti con caratteristiche eterogenee. Lo sviluppo di questa nuova metodologia di azione ha richiesto l'utilizzo di Big Data e Open Data e di software di tipo GIS. Per poter creare questa nuova metodologia che consenta di conoscere i consumi energetici a scala urbana e classificarli è stata sviluppata una procedura di raccolta, elaborazione e analisi dei dati numerici e geometrici. Quindi alla base della metodologia elaborata vi è la necessità di avere a disposizione un grosso numero di dati relativi all'area di studio da analizzare. All'aumentare delle dimensioni territoriali, della popolazione e del numero di servizi del sistema urbano considerato, cresce notevolmente la quantità di dati necessari. I database di dati da utilizzare sono:

- SIATEL 2.0 dell'Agenzia delle Entrate;
- Censimento ISTAT Popolazione e Abitazione 2011;
- Censimento ISTAT Industria e Servizi 2011;
- Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

I dati disponibili in questi database si dividono in dati numerici e dati geometrici, descritti in maniera dettagliata nei successivi paragrafi.

I dati alfanumerici

I primi dati che è necessario reperire sono quelli relativi ai consumi energetici del territorio comune che si vuole analizzare. In particolare, i dati dei consumi delle utenze domestiche e non domestiche di energia elettrica e gas sono consultabili agli Enti Locali. La disponibilità di questi dati è stata garantita dalla legge Finanziaria del 2005 (art. 1 commi 332, 333 e 334 della legge n. 311 del 31/12/2004) che obbliga tutti i soggetti che erogano servizi di elettricità, acqua e gas a comunicare all'Agenzia delle Entrate i dati catastali degli immobili presso cui sono attivate le utenze. D.L. 30-9-2005 n. 203, che in particolare prevede la partecipazione dei Comuni al contrasto dell'evasione fiscale. Nello specifico l'Agenzia delle Entrate mette a disposizione dei Comuni dati relativi ai consumi energetici attraverso la piattaforma Siatel 2.0. Questo strumento informatico costituisce il canale a disposizione degli Enti per la consultazione on line dei dati presenti in Anagrafe Tributaria. I servizi a disposizione dell'utente sono raggruppati in specifiche aree di lavoro che racchiudono i servizi, in relazione alla propria abilitazione: consultazione, servizi demografici, altri servizi (gestione coordinate bancarie, download forniture e segnalazione ai comuni). I comuni possono accedere alla parte di database

di propria competenza per svolgere alcune funzioni a loro spettanti, come le funzioni specifiche degli uffici demografici, il controllo dei versamenti delle imposte spettanti al comune e di altri dati. Tra questi dati vi sono quelli relativi alle utenze di energia elettrica, con i consumi annuali dei soggetti residenti in un dato immobile. Inoltre i dati dei consumi non contengono i dati relativi alla produzione di energia ottenuta da impianti installati sugli edifici (ES: impianti fotovoltaici o simili). Nell'ambito della metodologia utilizzata, ulteriori dati da raccogliere sono quelli relativi ai censimenti ISTAT. L'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) è un ente di ricerca pubblico, le cui attività comprendono oltre ai periodici censimenti sulla popolazione e sullo stato economico del Paese (Agricoltura, Industria e Servizi) anche le alcune indagini quali:

- le indagini campionarie sulle famiglie (consumi, forze di lavoro, aspetti della vita quotidiana, salute, sicurezza, tempo libero, famiglia e soggetti sociali, uso del tempo, ecc.);
- le indagini macro-economiche (contabilità nazionale, andamento prezzi, bilancio del commercio estero, stato delle istituzioni, delle imprese, dell'occupazione, ecc.).

Le informazioni pubblicate riguardano i vari aspetti economici, sociali, territoriali e ambientali; tali informazioni provengono dai censimenti generali e dalle altre rilevazioni totali e campionarie. I dati statistici possono provenire dai censimenti, dalle rilevazioni campionarie ma anche dall'elaborazione di dati raccolti all'interno di procedimenti di tipo amministrativo, cioè i dati di fonte amministrativa. I dati sono raccolti generalmente attraverso lo strumento del questionario: tale questionario può essere somministrato mediante diverse tecniche di indagine: interviste (dirette o telefoniche) attraverso un rilevatore; compilazione da parte del rispondente del questionario spedito per posta dall'ente statistico o consegnato da un addetto. La rilevazione può essere totale, ovvero condotta rilevando le manifestazioni del fenomeno su ogni unità della popolazione; oppure può essere svolta in forma parziale, rilevando tali manifestazioni soltanto su una parte delle unità; in questo caso si tratta di una rilevazione campionaria. I censimenti sono una rilevazione diretta, individuale e totale e sono ripetuti con cadenza periodica; rilevano in modo diretto ogni singola unità del collettivo di riferimento e si osservano tutte le unità, suddividendo l'intero territorio in aree (sezioni di censimento). I censimenti offrono un esteso quadro di dati con dettaglio territoriale fine, di importanza cruciale per la conoscenza della struttura produttiva e della realtà sociale del Paese. L'informazione che deriva da tali censimenti fornisce la base per operare indagini, elaborazioni e analisi successive, per migliorare la selezione dei campioni ma soprattutto per conoscere nel dettaglio il territorio e comprenderne gli sviluppi, le variazioni e le dinamiche. La periodicità dei censimenti è definita: in Italia il censimento della popolazione, delle famiglie e delle abitazioni e il censimento generale dell'industria e dei servizi, comprese le istituzioni pubbliche e private, si svolgono ogni dieci anni.

I dati spaziali

Per poter geolocalizzare su mappa i dati numerici forniti dalla piattaforma Siatel 2.0 è stato necessario utilizzare un software GIS, tramite il quale è possibile scaricare e visualizzare i dati alfanumerici e spaziali, utilizzando il sistema WMS fornito dal Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il Geoportale Nazionale opera all'interno del quadro normativo stabilito dal D.Lgs. 32/2010 e s.m.i., recepimento italiano della direttiva europea 2007/2/CE che istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE). Il Geoportale Nazionale rappresenta un punto di accesso nazionale consentendo quindi alle autorità competenti, parti terze e privati cittadini di ricercare le informazioni territoriali disponibili.

Lo scopo principale di tale piattaforma è la creazione di un sistema informativo territoriale ambientale diffuso costituito da nodi che rendono disponibili le proprie informazioni territoriali ambientali condividendo i propri metadati: la gestione e l'aggiornamento dei metadati, dei dati territoriali e dei relativi servizi è così effettuata dall'amministrazione che produce il dato senza alcun trasferimento fisico dello stesso. Questa rete è costituita principalmente da autorità pubbliche che possono in questo modo adempiere ai propri obblighi istituzionali inerenti la pianificazione e la gestione del territorio e dell'ambiente (<http://www.pcn.minambiente.it/GN/>).

In particolare tramite questo servizio open access è possibile accedere agli shapefile dei diversi database dei dati disponibili sulla piattaforma. Lo shapefile è un formato file che può contenere al suo interno geometrie vettoriali e informazioni numeriche. Quindi gli shapefile contengono i dati geometrici "Primitivi": Punti, Linee, Poligoni e Testi, dette "Feature", a cui possono essere associati anche dati di tipo numerico. Per l'analisi svolta è stato necessario effettuare il download degli shapefile puntuali, relativi al database dei numeri civici (aggiornati al 2012) del comune di Napoli.

La metodologia elaborata mira alla realizzazione di un geodatabase che consenta il collegamento degli shapefile dei numeri civici con i dati numerici dei consumi energetici. Il geodatabase è una collezione di dati geografici di vario tipo, utilizzati in ArcGIS e gestiti sia in formato file, sia come database relazionale. Esso è il formato nativo dei dati di ArcGIS ed è utilizzato per l'editing e l'automazione dei dati in ArcGIS. Il geodatabase è stato progettato come un modello aperto di archiviazione di geometrie semplici (punti, linee e poligoni) supportando diversi meccanismi di gestione dei dati. Attraverso l'ISTAT è possibile ottenere un altro tipo di dati geolocalizzati in formato shapefile, che riguardano la divisione del territorio comunale in sezioni censuarie.

Una sezione censuaria è la parte "omogenea" del territorio comunale derivante da una suddivisione effettuata ai fini di un più diretto e snello procedimento estimativo delle variabili censuarie. Rappresenta l'unità minima territoriale rispetto alla quale sono fornite in Open Access i dati dei censimenti effettuati con cadenza decennale dall'ISTAT.

3.2 L'organizzazione e l'elaborazione dei risultati

Per poter procedere alla definizione di una classificazione e di una rappresentazione dei consumi energetici del territorio, vi è la necessità di integrare in un unico database tutti i dati raccolti nella precedente fase.

Per la creazione di un geodatabase unico bisogna rendere compatibili i dati provenienti dalle diverse fonti. È necessaria quindi un'adeguata elaborazione e gestione dei dati per consentirne l'associazione. Si deve cercare pertanto, di ridurre gli errori di abbinamento in modo da poter aggiungere al geodatabase GIS i dati dei consumi energetici. Nello specifico ai dati forniti dall'Agenzia dell'entrate in merito ai consumi energetici devono essere associati i dati geometrici e numerici relativi agli indirizzi ottenuti dal Geoportale Nazionale.

Una delle principali criticità che si riscontra in questa fase è relativa alla diversa formattazione tra i due database del dato relativo agli indirizzi delle utenze, in quanto vi sono delle differenze sia nella formattazione del testo dell'indirizzo sia nella numerazione. La piattaforma Siatel 2.0 messa a disposizione dall'Agenzia delle Entrate utilizza i dati forniti dalle pubbliche amministrazioni e dai gestori dei differenti servizi (acqua, elettricità, gas, telefono) che inseriscono i dati di fatturazione, la principale causa quindi delle due problematiche descritte si può attribuire alla non comunicazione da parte dei cittadini del corretto indirizzo associato all'utenza stessa, che negli anni hanno subito anche cambiamenti di tipo toponomastico. Le operazioni di correzione ed elaborazione dei dati sono comunque semplici per comuni di modeste dimensioni.

Per città di grandi dimensioni il lavoro di applicazione della metodologia sviluppata risulta più complessa perché è necessario gestione database di dati numerosi e complessi. Per territori comunali di notevoli dimensioni le difficoltà non sono dovute unicamente da un aumento del quantitativo di dati forniti, ma sono intensificate anche da un altro fattore. Alla scorretta formattazione dei dati dei consumi energetici infatti, si aggiunge spesso un'ulteriore problematica causata dall'incompletezza del database degli indirizzi fornito dal comune di studio. È infatti notevolmente complesso nel caso di grandi comuni, per gli enti competenti realizzare un geodatabase costantemente aggiornato. Questo complica ulteriormente le operazioni di abbinamento dei dati.

3.3 La rappresentazione in ambiente GIS

Conclusa la fase di correzione e uniformazione dei dati, con la creazione di un unico geodatabase, grazie all'impiego di un software GIS, è stato messo appunto un Tool GIS, che racchiude al suo interno tutte operazioni necessarie alla visualizzazione e consultazione dei dati sistematizzati sia dal punto di vista numerico sia grafico. Quindi si è giunti alla creazione del GIS Energy Urban Tool, che racchiude al suo interno un insieme di comandi automatizzati in GIS che consente, attraverso l'elaborazione dei dati, una diversa modalità di rappresentazione degli stessi consentendo le dimensioni dell'unità territoriale di riferimento.

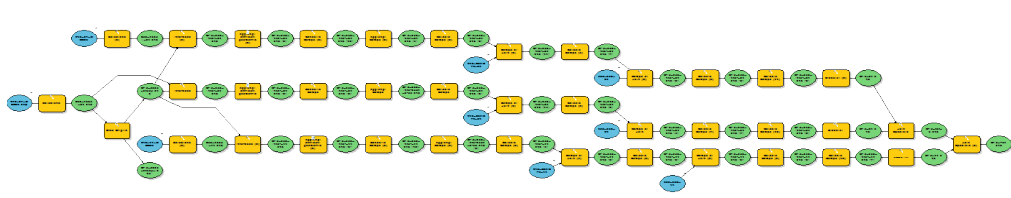


Fig. 3.1: Struttura del Model Builder del GIS Energy Urban Tool.

I dati dei consumi energetici sono inizialmente associati ai singoli civici, che corrispondono in GIS a dei punti. Per consentire però una visualizzazione dei dati in formato areale e agevolare le analisi si è effettuato attraverso il GIS Energy Urban Tool un trasferimento dei dati dai singoli civici alle sezioni censuarie. La sezione censuaria rappresenta infatti, l'unità territoriale di riferimento più piccola fornita dall'ISTAT. Le sezioni però non presentano una dimensione standardizzata, ma sono caratterizzate da una diversa estensione territoriale. Questo fattore determina difficoltà di lettura e confronto dei dati associati alle sezioni in quanto è necessario tenere conto delle dimensioni differenti nell'analisi dei risultati ottenuti. Associando i dati dei consumi energetici elettrici alle singole sezioni non si ottiene inoltre una buona visualizzazione grafica in quanto si determina in output una mappatura caratterizzata da un netto contrasto tra le sezioni censuarie confinanti con consumi energetici diversi. Quindi attraverso il GIS Energy Urban Tool è possibile migliorare la lettura e il confronto dei dati tra le diverse porzioni del territorio e creare una certa gradualità nella rappresentazione dei consumi. È necessario quindi scegliere un poligono con forma geometrica standardizzata e utilizzando gli shapefile delle sezioni censuarie ottenute dall'ISTAT, le porzioni di poligoni dati dalle intersezioni degli stessi con le sezioni. Ad ogni poligono o porzione di esso deve poi essere associato un coefficiente dato dal rapporto tra la dimensione della loro area e quella della sezione di appartenenza. È possibile associare i dati della sezione al poligono o porzione moltiplicando per il coefficiente proporzione dell'unità stessa considerata. Al fine di utilizzare un'unica unità territoriale come riferimento si deve effettuare la somma delle porzioni di poligoni appartenenti a sezioni diverse ed associarli al poligono intero. Questa è quindi la procedura GIS da utilizzare per ottenere un'unità territoriale di riferimento standard a cui legare i dati numerici.

Tramite queste operazioni d'interrogazione del geodatabase creato, si può ottenere come output, una "fotografia" dei consumi energetici del territorio che consente anche di conoscere come sono distribuiti i consumi elettrici sul territorio comunale a seconda del tipo di utenza considerato. L'Agenzia delle Entrate suddivide l'utenza in:

- utenza domestica con residenza anagrafica presso il luogo di fornitura;
- utenza domestica con residenza anagrafica diversa dal luogo di fornitura;
- utenza non domestica.

In definitiva la metodologia sviluppata consente di ottenere informazioni relative ai consumi elettrici, non più basata sui modelli di simulazione e ottimizzazione ma sui dati reali dell'erogazione.

3.4 Un'applicazione al territorio comunale di Napoli

Terminata l'elaborazione della metodologia descritta nel capitolo precedente, al fine di osservare le difficoltà e le problematiche che questa comporta e testare la sua reale efficacia, si è giunti ad un'applicazione della stessa. È stato selezionato come ambito territoriale di riferimento quello del Comune di Napoli. La scelta del comune è stata determinata da un insieme di fattori.

Il Comune di Napoli è infatti caratterizzato da una popolazione di 974.074 abitanti (ISTAT, 2016) ed è il quinto comune italiano in termini di densità che è pari a 8.184 abitanti/km² e primo tra i comuni con più di 60.000 abitanti.

L'elevata complessità e grandezza dell'ambito territoriale d'analisi, consentono di evidenziare le numerose problematiche relative alla gestione di un grosso numero di dati. Con riferimento quindi alle fasi precedentemente illustrate si è giunti alla costruzione di una mappa dei consumi energetici di Napoli basata sui dati reali dei consumi degli utenti.

L'analisi è stata effettuata rispetto a:

- i dati dei consumi elettrici dell'anno solare 2011;
- i dati del censimento ISTAT Popolazione e Abitazioni 2011;
- i dati del censimento ISTAT Industria e Servizi 2011.

In questo paragrafo sono descritti in maniera dettagliata i dati numerici e georeferenziati utilizzati per l'applicazione delle tecniche individuate al territorio del comune di Napoli. Nella tabella successiva sono riportati in maniera sintetica i dati utilizzati.

Dati	Formato	Fonte
Consumi energetici	Alfanumerici	Agenzia dell'Entrate e Comune di Napoli
Censimenti popolazione e abitazioni	Alfanumerici	ISTAT 2011
Database indirizzi	Spaziali	Ministero dell'Ambiente
Limiti sezioni censuarie	Spaziali	ISTAT 2011

Tab. 3.1: Elenco dei dati raccolti per l'applicazione al caso studio di Napoli.

Dati alfanumerici

I dati alfanumerici sono costituiti da quelli relativi ai consumi elettrici energetici e i dati forniti dai censimenti ISTAT. Il database dei consumi elettrici energetici è stato scaricato

dalla piattaforma Siatel 2.0, tramite l'ausilio degli uffici comunali competenti. Esso contiene i dati relativi a 443.185 utenze ed è riferito all'anno solare 2011.

I dati forniti sono distinguibili in base a diversi fattori:

- tipo di soggetto, è possibile differenziare i dati in quelli riferiti a "persona fisica" oppure "soggetti diversi da persona fisica";
- tipo di utenza, al fine di effettuare un'analisi più dettagliata della variazione dei consumi energetici nel territorio comunale di studio, si può classificare l'utenza in: "utenza domestica con residenza anagrafica presso il luogo di fornitura", "utenza domestica con residenza anagrafica diversa dal luogo di fornitura" ed "utenza non domestica".

Nel caso di studio si sono considerati i dati in kWh fatturati riferiti a "persona fisica" distinguendo poi consumi per utenza domestica e non domestica.

Durante la ricerca è stato necessario il reperimento di un'ulteriore tipologia di dati numerici, cioè quelli provenienti dai censimenti ISTAT dell'anno 2011. Si è scelto come anno di riferimento per lo studio il 2011 in quanto risulta essere l'anno dell'ultimo censimento ISTAT (effettuati ogni 10 anni) ed è anche l'anno a cui si riferiscono i dati dei consumi energetici. Stat è la banca dati delle statistiche correntemente prodotte dall'Istituto nazionale di statistica. I dati sono organizzati in modo coerente e omogeneo e vengono costantemente aggiornati. Le statistiche sono articolate per tema; ogni tema è suddiviso in più argomenti.

Oltre che per tema, il sistema è interrogabile per parola chiave. I dati sono presentati sotto forma di tavole multidimensionali che gli utenti possono esportare in formato xls, csv e sdmx. È inoltre possibile creare tabelle e grafici personalizzati agendo sulle variabili, il periodo di riferimento e la disposizione di testate e fiancate. A partire da I.Stat, per alcuni argomenti di particolare interesse l'Istat mette a disposizione dei sistemi di dati, in cui informazioni già presenti nella banca dati principale vengono riorganizzate e, in alcuni casi, integrate con dati aggiuntivi forniti da altri enti (<http://dati.istat.it/>). I censimenti ISTAT sono distinguibili in: "censimento popolazione e abitazione", "censimento industria e servizi" e "censimento agricoltura". Questi dati sono stati molto utili nella parte finale dell'applicazione per consentire una correlazione tra i dati dei consumi energetici e le altre variabili socio-economiche.

Dati spaziali

I dati spaziali utilizzati sono stati scaricati dal portale cartografico nazionale del Ministero dell'Ambiente e l'ISTAT. Quelli scaricati dal portale del Ministero riguardano gli shapefile relativi alla localizzazione degli indirizzi presenti nel territorio comunale di Napoli. Il database disponibile è costituito da circa 109.000 elementi ognuno dei quali rappresenta un singolo indirizzo (strada e civico).

Nella fase di elaborazione della metodologia si era prevista una possibile problematica di inadeguatezza dei database forniti in caso di grandi città, dove la localizzazione di tutti i numeri civici può risultare complicata. La previsione era corretta in questa fase di raccolta, si è infatti osservato che gli shapefile scaricati dal portale del ministero non

risultava completo, in quanto mancavano prevalentemente i dati relativi al quartiere di Scampia oltre altre aree più ristrette della città.

Si è proceduto quindi a un aggiornamento del database mediante l'inserimento di tutti i numeri civici mancanti. Per una città come Napoli, di notevoli dimensioni, giungere a una buona precisione nel reperimento dei dati ha richiesto l'utilizzo di database consultabili online (es. Google Maps, Tutto Città, Stradario Comunale) e indagini in sito. Quindi uno dei prodotti di questo studio è stato anche la realizzazione di un database geolocalizzato di tutti gli indirizzi civici del comune di Napoli. Per quanto riguarda i dati spaziali scaricati dal portale dell'ISTAT sono relativi agli shapefile del Censimento Popolazione e Abitazioni 2011. Attraverso l'ISTAT è possibile ottenere anche i dati spaziali per la divisione del territorio in sezioni censuarie. Una sezione censuaria è la parte "omogenea" del territorio comunale derivante da una suddivisione effettuata ai fini di un più diretto e snello procedimento estimativo. Rappresenta la porzione di territorio su cui sono effettuate le rilevazioni dell'Istituto nazionale di statistica in occasione dei censimenti.

Per il territorio comunale di Napoli sono state individuate 4.301 sezioni censuarie. Attraverso l'ISTAT è stato inoltre possibile ottenere lo shapefile della divisione del territorio in quartieri, utile per la validazione, l'analisi dei risultati e l'attuazione dei confronti.

L'organizzazione e l'elaborazione dei risultati

La principale operazione che ha caratterizzato questa fase ha riguardato la correzione dei dati relativa agli indirizzi dei consumi energetici contenuti nel database fornito dall'Agenzia dell'Entrate tramite il Comune di Napoli. Gli indirizzi associati ai consumi energetici presentavano alcuni errori di tipo ortografico, di distrazione e non corretta denominazione delle strade.

ID	Indirizzo
241789	VIA S.DOMENICO FAB.CETIPA 29C A 4 1
182635	VIA S.EFR.VEC. 35A 1S.6
215374	VIA S.F.SCO DE GERONIMO 10
212721	VIA S.F.SCO DE GERONIMO 13
183864	VIA S.F.SCO DE GERONIMO 2A
186786	VIA S.FERRARA 7
19488	VIA S.FILIPPO 30/E
291839	VIA S.FRANCESCO 9
231120	VIA S.FRANCESCO 9
302165	VIA S.FRANCESCO 9A
299852	VIA S.FRANCESCO 9A
60712	VIA S.FRANCESCO 9A
165602	VIA S.FRANCESCO 9A
392103	VIA S.FRANCESCO 9A
71771	VIA S.FRANCESCO 9A
236812	VIA S.FRANCESCO 9A
232455	VIA S.FRANCESCO 9A
12703	VIA S.G DEI CAPRI PALAZZO ASTINO SN
187584	VIA S.G. CAPRI 52
187585	VIA S.G. CAPRI 52
55833	VIA S.G. DEI CAPRI 53 SCALA A1P.IN2
167526	VIA S.G. DEI CAPRI 63/E
228975	VIA S.G. DEI CAPRI 15
431291	VIA S.G. MAGGIORE PIGNATELLI 15
431292	VIA S.G. MAGGIORE PIGNATELLI 15 TE

ID	Indirizzo
241789	VIA SAN DOMENICO 29
182635	VIA SANT'EFRAMO VECCHIO 35
215374	VIA SAN FRANCESCO DE GERONIMO 10
212721	VIA SAN FRANCESCO DE GERONIMO 13
183864	VIA SAN FRANCESCO DE GERONIMO 2
186786	VIA SALVATORE FERRARA 7
19488	VIA SAN FILIPPO 30
291839	VIA SAN FRANCESCO 9
231120	VIA SAN FRANCESCO 9
302165	VIA SAN FRANCESCO 9
299852	VIA SAN FRANCESCO 9
60712	VIA SAN FRANCESCO 9
165602	VIA SAN FRANCESCO 9
392103	VIA SAN FRANCESCO 9
71771	VIA SAN FRANCESCO 9
236812	VIA SAN FRANCESCO 9
232455	VIA SAN FRANCESCO 9
12703	VIA S.G DEI CAPRI PALAZZO ASTINO SN
187584	VIA SAN GIACOMO DEI CAPRI 52
187585	VIA SAN GIACOMO DEI CAPRI 52
55833	VIA SAN GIACOMO DEI CAPRI 53
167526	VIA SAN GIACOMO DEI CAPRI 63
228975	VIA SAN GIACOMO DEI CAPRI 15
431291	VIA SAN GIOVANNI MAGGIORE PIGNATELLI 15
431292	VIA SAN GIOVANNI MAGGIORE PIGNATELLI 15

Fig. 3.2: Confronto tra gli indirizzi Prima (a sinistra) e dopo la correzione (a destra).

Quindi è stato necessario compiere un lavoro di correzione degli indirizzi associati ai consumi energetici per porli nello stesso formato di quelli relativi al geodatabase degli indirizzi civici scaricato dal portale cartografico nazionale del Ministero dell'Ambiente.

Nell'applicazione della metodologia al comune di Napoli, trattandosi di 443.185 utenze, questa fase ha richiesto molto tempo e ha portato a non poche difficoltà di gestione dei dati. Per la correzione si è utilizzato di un software di gestione dati, in grado di effettuare e gestire query tra i dati. Le query sviluppate hanno consentito di velocizzare notevolmente la fase di correzione dei dati. In quanto dopo una prima fase di correzione manuale che ha consentito di giungere alla geolocalizzazione di 189.000 utenze su un totale di 443.185 utenze.

Si è giunti poi alla costruzione delle query con strutture diverse per agevolare il lavoro manuale. Grazie a queste operazioni dopo un lungo lavoro si è arrivati. Tramite le query sviluppate a un'associazione di 425.259 indirizzi e quindi giungendo ad una localizzazione di oltre il 96% delle utenze. Nella figura seguente, è mostrata la non uniforme formattazione degli indirizzi contenuti nel database dei dati forniti dall'agenzia dell'Entrate.

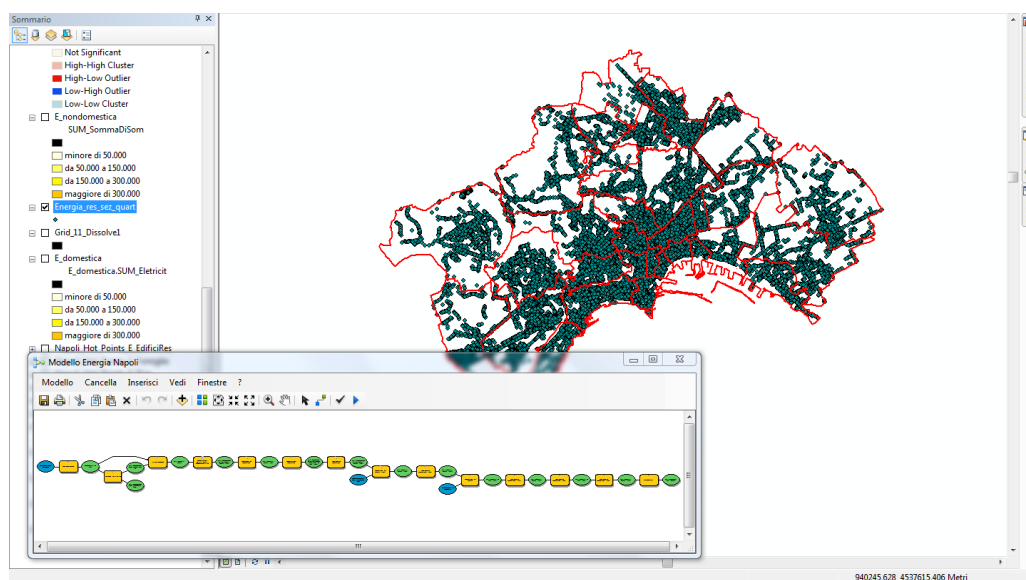


Fig. 3.3: Schermata con L'Applicazione GIS Energy Urban Tool al territorio comunale di Napoli.

Al fine di rendere chiaro il lavoro svolto viene poi di seguito riportata un'immagine relativa agli stessi indirizzi mostrati dopo che è stata effettuata la correzione. Nella figura precedente si può notare come non sia stato possibile risalire alla reale localizzazione dell'utenza con indirizzo che termina con "SN" (senza numero) e quindi alla sua correzione. Non è stato possibile rendere compatibili i dati di tutte le utenze per due differenti aspetti, l'errata scrittura dell'indirizzo e l'assenza del numero civico. In entrambi i casi non è stato possibile ricondurre questi dati a nessuno degli shapefile presenti nel

geodatabase degli indirizzi civici scaricato dal portale cartografico nazionale del Ministero dell'Ambiente.

Attraverso l'utilizzo delle query si è visto che gli indirizzi non corretti sono circa il 4% dei totali. Si è giunti quindi alla realizzazione di unico geodatabase contenente i consumi energetici per il comune di Napoli. Attraverso la creazione questo geodatabase si è realizzata una "fotografia" dei consumi dell'anno 2011. Attraverso il GIS Energy Urban Tool è stato possibile elaborare i dati al fine di modificare le unità territoriali di riferimento.

Per fornire una rappresentazione areale si è prima passati dai numeri civici, che rappresentano dei puntini, alle sezioni censuarie. Per la rappresentazione grafica era possibile riferirsi alla divisione in sezioni censuarie, ottenuta attraverso l'ISTAT. Queste però non sono di dimensioni standardizzate, ma sono caratterizzate da grandezze territoriali molto diverse. Associando i dati dei consumi energetici alle singole sezioni, si ottiene in output una mappatura caratterizzata da un netto contrasto tra le sezioni censuarie confinanti con consumi energetici diversi. Al fine di creare una certa gradualità nella rappresentazione dei consumi all'interno di una sezione censuaria e quindi garantire una maggiore comprensione grafica soprattutto in quelle di notevoli dimensioni, si è scelto di utilizzare come unità territoriale di riferimento i quadratini. In questo modo è possibile ottenere delle mappe più chiare facilitando la lettura dei risultati ottenuti e le relative analisi. Per studi futuri, grazie all'elaborazione dei dati effettuata sarà possibile ricreare altre mappe riferite anche ad altri anni. Sarà quindi possibile effettuare dei confronti utili alle politiche locali e nazionali per analisi di vario genere e per individuare i settori in cui è necessario intervenire per rispettare i limiti europei sopra descritti.

3.5 I consumi energetici nel territorio comunale di Napoli

In questo paragrafo sono descritti i risultati ottenuti in seguito all'applicazione al territorio comunale di Napoli. In particolare sono presentati i risultati relativi ai consumi elettrici riferiti ai consumi delle utenze domestiche e non domestiche. Di seguito viene riportata un'immagine relativa Per la rappresentazione grafica era possibile riferirsi alla divisione in sezioni censuarie, ottenuta attraverso l'ISTAT. Queste però non sono di dimensioni standardizzate, ma sono caratterizzate da grandezze territoriali molto diverse. Associando i dati dei consumi energetici alle singole sezioni, si ottiene in output una mappatura caratterizzata da un netto contrasto tra le sezioni censuarie confinanti con consumi energetici diversi. Al fine di creare una significativa gradualità nella rappresentazione dei consumi all'interno di una sezione censuaria e quindi garantire una maggiore comprensione grafica soprattutto in quelle di notevoli dimensioni, si è scelto di utilizzare come unità territoriale di riferimento i quadratini. In questo modo è possibile ottenere delle mappe più chiare facilitando la lettura dei risultati ottenuti e le relative analisi.

Utenze domestiche

Nella seguente figura, sono mostrati i risultati per le utenze domestiche. Le zone nere rappresentano le porzioni di territorio a consumo nullo o trascurabile. Si considerano trascurabili i consumi inferiori a 2.500 kWh, pari al consumo medio stimato per utenza. Si può notare che le zone in nero sono localizzate nelle parti più periferiche della città mentre quelle ad alto consumo sono concentrate nel centro del comune. Grosse aree a consumo domestico trascurabile, sono costituite dagli elementi che caratterizzano la struttura urbana della città. Queste sono l'area aeroportuale e quella dell'ex Italsider di Bagnoli, la zona est del territorio a destinazione d'uso industriale e il centro direzionale sede dei principali uffici della città. Zone ad alto consumo domestico sono invece quelle del centro della città e dei principali quartieri residenziali.

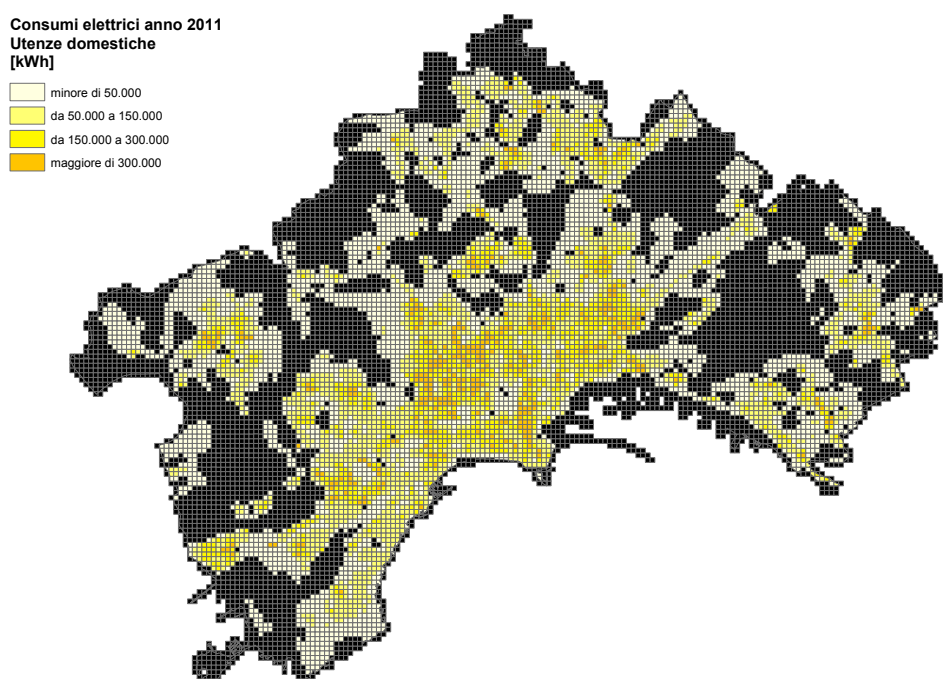


Fig. 3.4: Mappa dei consumi elettrici in kWh per le utenze domestiche.

Attraverso lo shapefile in GIS della suddivisione del territorio di Napoli in quartieri, fornita dall'ISTAT, è possibile ottenere un grafico in grado di mostrare quali sono quelli che producono consumi maggiori. Si può notare, come era ovvio aspettarsi, che le zone con alti consumi sono caratterizzati da un elevato numero di abitanti. Al fine di mostrare tale corrispondenza, di seguito è riportata una tabella con i dati per i quartieri con una popolazione maggiore. Per quanto riguarda i quartieri residenziali che presentano consumi maggiore, è possibile però individuare porzioni di territorio caratterizzate da un consumo inferiore alla soglia minima individuata che corrisponde ad un consumo medio

di un'utenza pari a 2.600 kWh per anno (fonte ISTAT, 2011), queste aree sono indicate in nero. Ricadono in queste aree nere i parchi cittadini come la Villa Floridiana, dalle aree boschive nei pressi del quartiere Arenella, dalla zona dello stadio San Paolo.

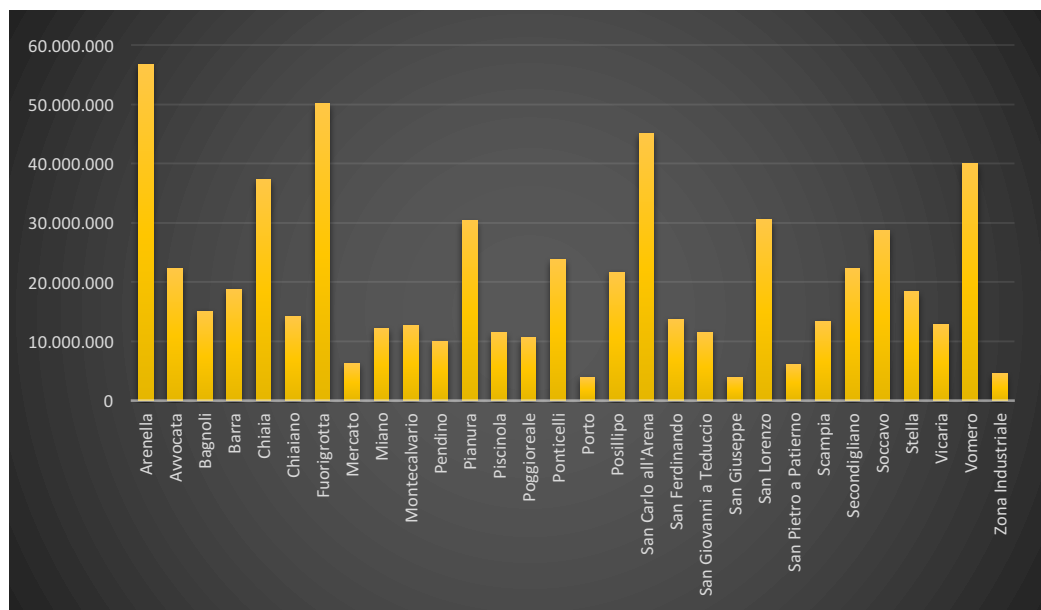


Fig. 3.5: Consumi elettrici per le utenze domestiche suddivisi per i quartieri di Napoli.

Quartiere	Numero di Abitazioni
Fuorigrotta	71.808
San Carlo all'Arenella	69.094
Arenella	67.634
Pianura	57.821
Ponticelli	52.284
San Lorenzo	48.078
Soccavo	45.314
Vomero	44.791

Tab. 3.2: Dati dei quartieri con elevato numero di abitanti.

Le utenze non domestiche

Grazie all'incrocio dei dati contenuti nel database dei consumi di energia e in quello dei censimenti ISTAT è stato possibile calcolare tramite il tool i consumi di energia anche per le utenze non domestiche. Nella seguente immagine viene riportata la mappa dei consumi di energia elettrica per le utenze non domestiche. Ovviamente in questo caso si nota che le zone ad alto consumo sono meno diffuse. Le aree periferiche sono nella maggior parte dei casi caratterizzate da consumi minori della soglia minima di 20.000 kWh (tramite dati ISTAT) o del tutto nulli.

Il risultato ottenuto risulta essere coerente, in quanto in questa zona è presente un cospicuo quantitativo di utenze non domestiche come il carcere, il cimitero, il tribunale ed il centro direzionale sede di numerosi uffici. Porzioni di territorio ad alto consumo non domestico sono anche quella del quartiere Barra e della zona industriale dove sono localizzate aziende ed industrie. È possibile poi individuare poi altre parti del territorio con consumi non domestici notevoli per la presenza di zone commerciali ed uffici nei quartieri di Chiaia, Fuorigrotta ed Arenella e nell'area del centro storico.

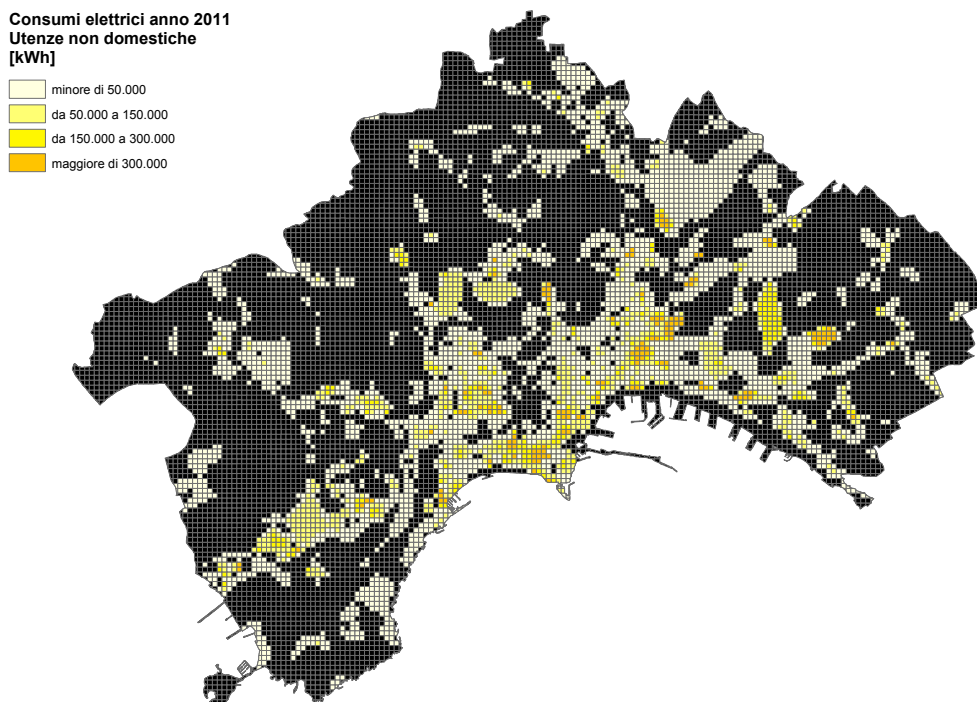


Fig. 3.6: Mappa dei consumi elettrici in kW per le utenze non domestiche.

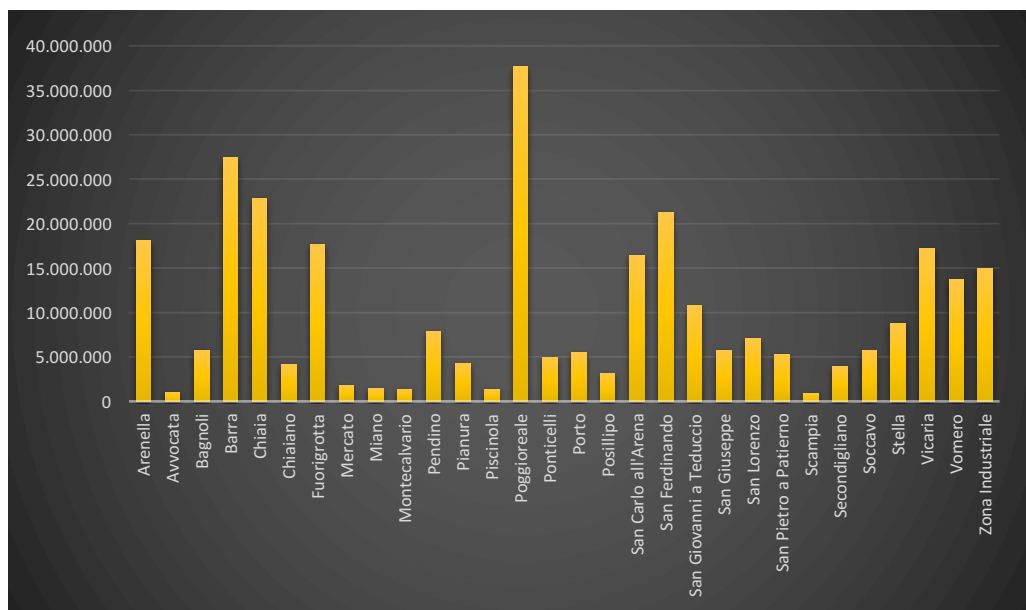


Fig. 3.7: Consumi elettrici per le utenze non domestiche suddivisi per i quartieri di Napoli.

3.6 Validazione e analisi dei risultati

Nella prima parte del seguente capitolo al fine di verificare la validità dei risultati ottenuti si è effettuata una fase di validazione attraverso un confronto dei dati ottenuti dall'Agenzia delle Entrate, opportunamente elaborati, e quelli dei consumi medi ricavati dall'ISTAT e dal PAES del comune di Napoli. Nella seconda parte del capitolo si sono descritte e applicate al caso studio di Napoli le Analisi statistiche spaziali Hot Spot e Cluster al fine di individuare le aree di consumi massimi e minimi e i risultati statisticamente rilevanti.

Validazione

La Validazione dell'attività di ricerca consente di approfondire quanto lo studio rispecchia effettivamente il fenomeno studiato. Essa permette di capire se i risultati aggiungono qualcosa alla teoria di riferimento e se le deduzioni tratte dai dati sono estensibili ad altri contesti. Questa ulteriore fase è mirata quindi a verificare che i risultati ottenuti siano validi al fine di poterli utilizzare anche per ricerche future.

Nel database dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) è possibile reperire lo shapefile relativo alla divisione in quartieri del territorio comunale di Napoli. Per raggiungere lo scopo della validazione si è dunque calcolato il consumo medio per alcuni quartieri attraverso i dati forniti dall'Agenzia delle Entrate utilizzati nella metodologia applicata.

I risultati riportati nella tabella che segue.

Al fine di poter effettuare dei confronti e testare la validità dei dati ricavati, si è giunti alla raccolta dei dati relativi ai consumi energetici medi, reperiti attraverso due fonti:

- Censimenti ISTAT;
- Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) del comune di Napoli.

I dati sono in entrambi i casi riferiti al consumo medio della singola utenza per l’intera città di Napoli. L’ISTAT riporta un dato pari a 2.556 kWh mentre il PAES di 2.600 kWh.

Quartiere	Consumo Medio Utenze domestiche [kWh]
Arenella	2.221
Chiaia	2.517
Posillipo	2.854
Fuorigrotta	2.105
Pianura	2.268
Chiaiano	2.201
Vomero	2.333
San Giuseppe	2.292
San Pietro a Patierno	2.149
San Ferdinando	2.182
Soccavo	2.173
Vicaria	2.165

Tab. 3.3: Consumi energetici elettrici medi relativi ad alcuni quartieri del Comune di Napoli.

Questi dati sono però forniti a scala urbana, non a scala di quartiere come quelli analizzati e sono quindi comprensibili delle oscillazioni dei valori dei consumi attorno al valore medio. I dati risultano quindi molto vicini a una perfetta coincidenza ed è possibile considerare riuscita la validazione.

Analisi statistiche spaziali in ambiente GIS

Dopo la fase di validazione, sono state effettuate delle analisi statistiche spaziali. In questo paragrafo viene descritto cosa sono le analisi Hot Spot e le analisi Cluster e la loro applicazione ai risultati relativi al territorio comunale di Napoli. Queste analisi sono molto utili per visualizzare le aree a massimo e a minimo consumo e i risultati statisticamente rilevanti.

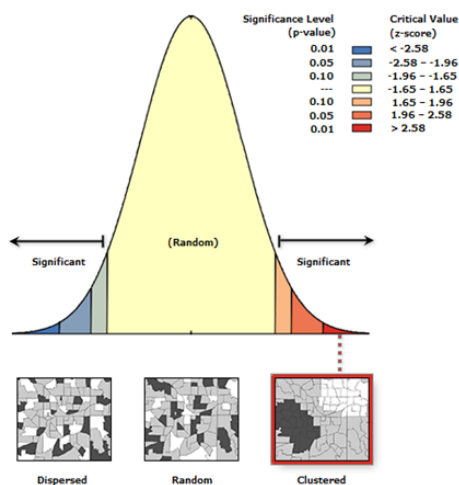


Fig. 3.8: Curva relativa ai valori dello z-scores e della p-values.

Viene quindi fornito alle pubbliche amministrazioni un ulteriore prodotto per facilitare l'individuazione delle zone dove è necessario compiere degli interventi al fine di raggiungere una riduzione e una migliore ottimizzazione dei consumi energetici elettrici.

Analisi Hot Spot

L'analisi Hot Spot, consente di creare una mappa che illustra i cluster spaziali minimi e massimi, presenti nei dati. È possibile individuare cluster anche in modelli spaziali casuali. Gli occhi e il cervello umano provano inoltre naturalmente a individuare modelli anche quando non esistono. Di conseguenza può risultare difficile sapere se i modelli presenti nei dati sono il risultato di processi spaziali reali o semplicemente il risultato del caso. È per questo motivo che si utilizzano metodi statistici, come le analisi Hot Spot per quantificare modelli spaziali.

L'individuazione di cluster di rilevanza statistica nei dati consente di disporre di informazioni importantissime. Sapere dove e quando si verificano i cluster può offrire indizi importanti sui processi che portano alla creazione dei modelli visualizzati. Hot spot (rossi) si riferiscono ai punti dove sono maggiori i consumi energetici e cold spot (blu) ai punti dove sono minori. Lo strumento Hot Spot crea quindi una mappa (il layer risultati) dove sono indicate le aree con cluster di rilevanza statistica per valori alti (hot spot: rossi) e bassi (cold spot: blu). L'output dello strumento hot spot è quindi una mappa.

Per i punti o le aree della mappa del layer dei risultati, un colore, rosso o blu, più scuro indicherà con maggior sicurezza che i cluster non sono il risultato di una casualità. Le aree visualizzate in beige, invece, non fanno parte di cluster di rilevanza statistica, pertanto è molto probabile che il modello spaziale associato a queste feature sia il risultato di una casualità.

Talvolta i risultati dell'analisi indicano la totale assenza di cluster di rilevanza statistica. Questa informazione è importante. Se il modello spaziale è causale, non sono disponibili indicazioni sulle cause sottostanti. In questi casi, tutte le feature del layer dei risultati saranno di colore beige. Se, tuttavia, non vengono trovati cluster di rilevanza statistica, le posizioni in cui si verifica il clustering sono importanti indicazioni su ciò che potrebbe causarlo.

Le analisi hotspot, con la distinzione in aree rosse (hot spot) e aree blu (cold spot) consentono, attraverso una visualizzazione più rapida, di individuare più facilmente le zone in cui sono necessari degli interventi e quindi rappresentano un ulteriore strumento di supporto alle decisioni. Viene di seguito riportata la mappa delle analisi hot spot per i consumi elettrici domestici del territorio comunale di Napoli. Si ritrovano quindi aree rosse nelle zone centrali della città e nei principali quartieri residenziali. I cold spot invece caratterizzano le porzioni periferiche del territorio.

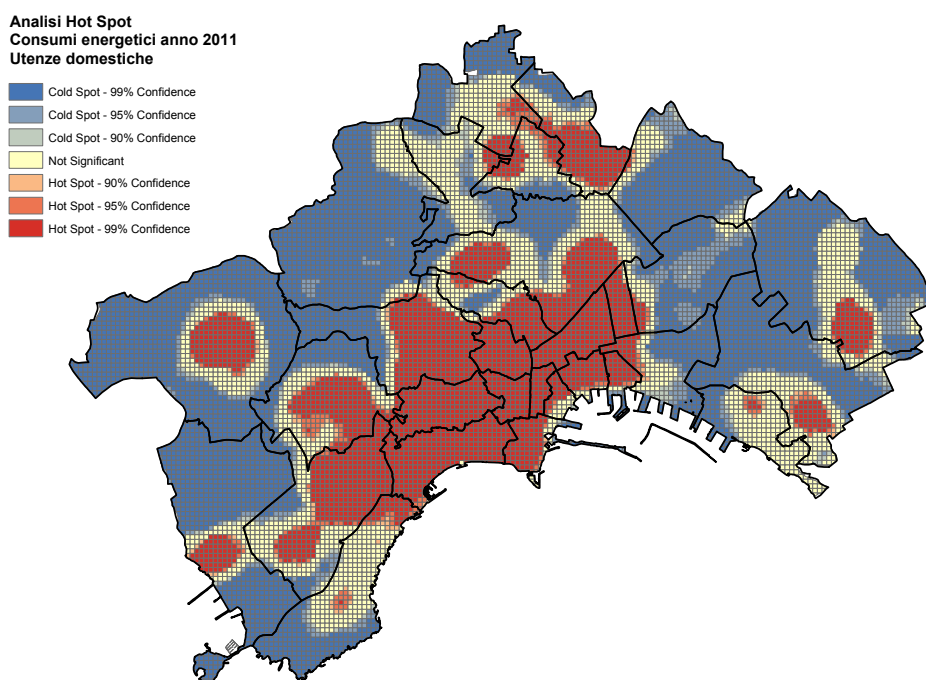


Fig. 3.9: Analisi hot spot relativa ai consumi elettrici domestici (2011).

Le aree in bigie sono invece caratterizzate dalla presenza di dati statisticamente irrilevanti. Dal confronto con l'immagine in cui venivano rappresentati i consumi energetici domestici si può notare che piccole concentrazioni di consumi alti poste all'interno di un'area a basso consumo sono rappresentate in bigie perché considerate come valori casuali non appartenenti a dei cluster spaziali.

Le stesse analisi si sono poi effettuate sui consumi non domestici. Per questi è però più complicato riuscire a trarre dei risultati da indagini statistiche, in quanto non si ha una distribuzione diffusa dei valori alti o bassi e i risultati vengono quindi spesso registrati come statisticamente irrilevanti. È comunque possibile individuare degli hot spot (zone ad alto consumo statisticamente significative) nell'area centrale del territorio sede di numerosi uffici, nella parte est della città ad uso industriale, nella zona di Barra sede di aziende e uffici e nel quartiere di Poggioreale dove sono presenti diverse utenze non domestiche come il tribunale, il carcere e il cimitero.

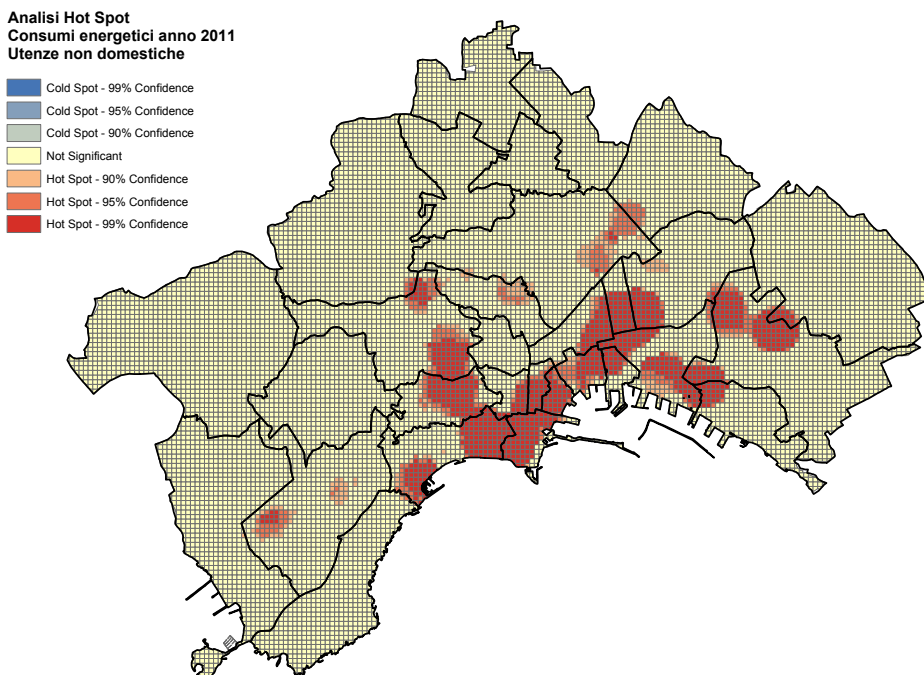


Fig. 3.10: Analisi hot spot relativa ai consumi elettrici non domestici (2011).

Analisi Cluster (Anselin Local Moran's I)

In ambito tecnico-scientifico si utilizza il termine cluster per definire un gruppo. Le analisi dei cluster rappresentano dei metodi che consentono di raggruppare gli oggetti a seconda del grado di somiglianza che essi presentano e hanno come scopo principale la risoluzione di una raccolta eterogenea e unica di oggetti in una serie di suddivisioni omogenee al loro interno (Cappelli, 2008).

L'analisi Cluster si basa sull'impiego dell'Indice di Moran o più semplicemente I di Moran, che definisce la misura dell'autocorrelazione spaziale. Anselin, definisce l'autocorrelazione spaziale come un cluster territoriale di valori simili dei parametri. Nello studio di variabili statistiche spaziali, cioè con valori che rappresentano la variabile in

aree territoriali, il tema dell'autocorrelazione spaziale si traduce nel verificare se la presenza di una particolare intensità di un fenomeno in una determinata area implichi la presenza dello stesso fenomeno nelle aree contigue.

Molte procedure di tipo statistico utilizzano dati indipendenti, la presenza di autocorrelazione spaziale viola questa assunzione. Se i valori simili dei parametri - alti o bassi - sono localizzati spazialmente, è presente una autocorrelazione spaziale positiva dei dati. Al contrario, una prossimità spaziale di valori dissimili, cioè non stabili nello spazio, indica una autocorrelazione spaziale negativa (o eterogeneità spaziale). Si otterrà quindi in output un valore "HH" (high high) per un cluster statisticamente significativo dei valori alti e LL (low low) per un cluster statisticamente significativo dei valori bassi. Un'autocorrelazione positiva può anche indicare un valore anomalo statisticamente significativo di dati spaziali. In output si otterrà quindi una rappresentazione che indica se la funzione ha un valore elevato ed è circondata da elementi con valori bassi HL (high low) oppure è costituita da un valore basso tra elementi di valore alto LH (low high). I risultati statisticamente irrilevanti vengono invece indicati come "Not Significant". Di seguito viene riportata la mappa ottenuta dall'analisi cluster effettuata in riferimento ai consumi energetici domestici.

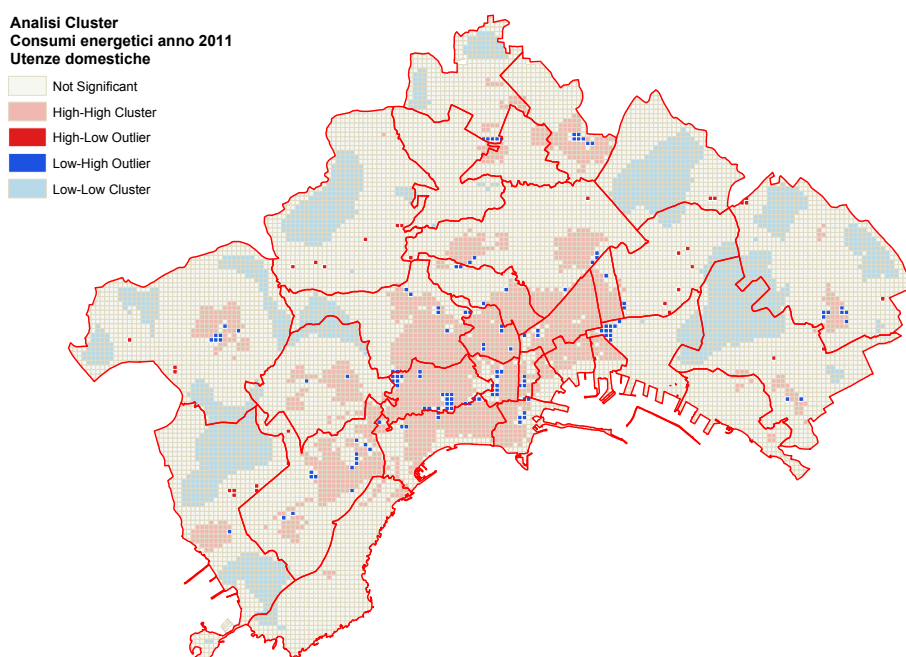


Fig. 3.11: Analisi cluster dei consumi elettrici domestici (Anselin Local Moran's I).

Quindi si può riscontrare che la presenza di valori di autocorrelazione positivi corrispondenti ad aree "HH", nel centro del territorio comunale e nei quartieri

residenziali, ed "LL" nelle zone non a destinazione d'uso abitativa come l'aeroporto, la stazione centrale o le aree industriali. Attraverso l'analisi cluster è possibile ritrovare dei valori di autocorrelazione positiva riferiti a risultati anomali ma comunque statisticamente rilevanti. Nel caso studiato si visualizzano delle concentrazioni puntuali di "HL" o "LH" all'interno dell'intero territorio. Conoscere la localizzazione dei risultati anomali può rappresentare un punto di partenza per le amministrazioni al fine di realizzare degli interventi mirati.

L'analisi cluster è stata poi effettuata anche in riferimento ai consumi non domestici. Viene di seguito riportata la mappa ottenuta.

Gran parte del territorio è caratterizzata da valori di autocorrelazione negativi, che corrispondono a risultati statisticamente non rilevanti. Questo è causato da una distribuzione non diffusa dei consumi energetici non domestici. È possibile visualizzare livelli "HH" nella zona uffici del centro, nel quartiere di Barra e nella parte est industriale. Si riscontra la presenza di risultati anomali puntuali ma importante è l'individuazione di una modesta area caratterizzata da valori anomali "LH" al confine tra il quartiere Vicaria e Poggioreale. Questa corrisponde alla presenza di bassi consumi, in una zona a consumi elevati.

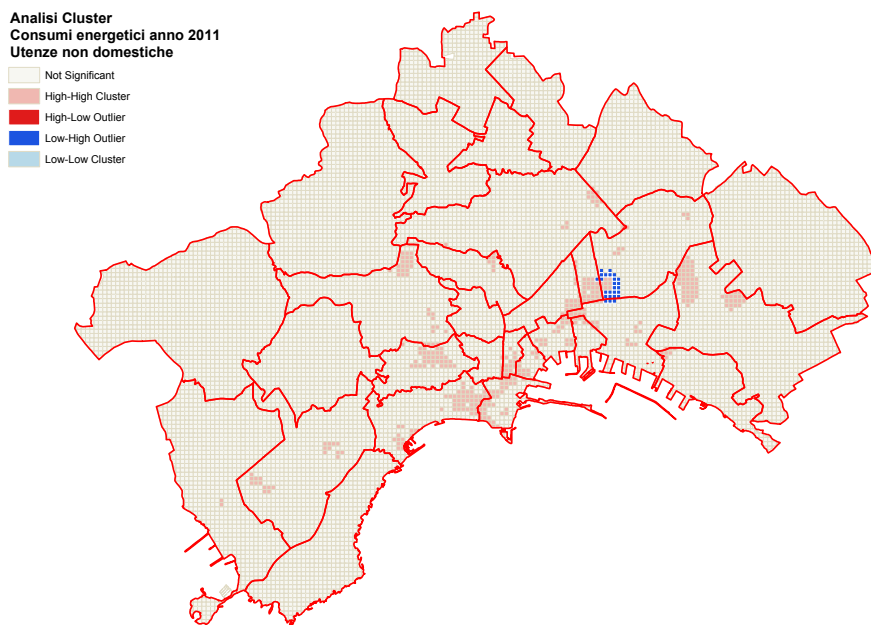


Fig. 3.12: Analisi cluster dei consumi elettrici non domestici (Anselin Local Moran's I).

3.7 Conclusioni e sviluppi futuri

Con il passare degli anni si è assistito ad una continua crescita della popolazione residente nelle aree urbane, che ha generato un aumento della dimensione e della complessità dei sistemi urbani, con il conseguente incremento della domanda di risorse necessarie al loro sostentamento e sviluppo. Nel 1987, a seguito della crisi petrolifera, la comunità scientifica internazionale ha introdotto il concetto di "sviluppo sostenibile", con l'obiettivo comune di migliorare le modalità di utilizzo delle risorse naturali e di sviluppare nuove tecnologie in grado di utilizzare le risorse rinnovabili. Uno dei settori in cui si sono concentrati gli studiosi internazionali è quello della produzione e distribuzione dell'energia, sia dal punto di vista delle nuove soluzioni tecnologiche sia normative. Per raggiungere quest'ultimo scopo, fondamentale per le politiche locali e nazionali, è avere una solida conoscenza dei consumi energetici elettrici al fine di individuare le aree e i settori in cui intervenire. In questo contesto, per agevolare le amministrazioni, è importante utilizzare delle tecniche che siano in grado di classificare e di rappresentare i consumi energetici a scala urbana.

Quindi il lavoro di tesi è mirato all'individuazione di tecniche in grado di fornire uno strumento di calcolo dei consumi energetici, che sia in grado di utilizzare i dati dei consumi delle utenze domestiche e non domestiche. Prima della fase applicativa è stato effettuato uno studio delle tecniche e degli strumenti in precedenza utilizzate, che ha permesso di evidenziare le numerose soluzioni sviluppate che prevedono la stima dei consumi energetici tramite l'impiego di modelli di simulazione e di ottimizzazione, suddivisibili in base alla scala territoriale. Per la selezione delle tecniche utilizzate sono stati utilizzati gli Open Data e Big Data, che con il supporto offerto dai nuovi strumenti GIS sono stati elaborati e analizzati.

Le tecniche individuate per il calcolo dei consumi energetici prevede l'esecuzione delle seguenti tre fasi di lavoro:

- la raccolta dei dati alfanumerici, relativi ai consumi energetici presenti sulla piattaforma Siatel 2.0 dell'Agenzia delle Entrate, e i dati numerici delle variabili censuarie dei censimenti ISTAT Popolazione e Abitazioni e Industrie e Servizi. Inoltre sono stati utilizzati i dati georeferenziati, scaricabili dal Geoportale Nazionale che fornisce un servizio Open Data che permette di consultare e scaricare i database in formato shapefile dei diversi trematismi dei dati disponibili sulla piattaforma;
- l'organizzazione e l'elaborazione dei differenti dati, per poter eseguire queste operazioni è necessario effettuare una correzione dei dati relativi agli indirizzi delle utenze contenuti nel database alfanumerico dei consumi energetici scaricati dalla piattaforma Siatel. Questa elaborata attività è necessaria a rendere compatibili gli indirizzi di questo database con quelli contenuti nello shapefile degli indirizzi scaricato dal portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente. Effettuata questa fase di correzione sarà possibile geolocalizzare i consumi energetici così da poter svolgere le successive fasi;

- classificazione e rappresentazione in ambiente GIS: giunti alla creazione di un unico geodatabase a cui sono associati i consumi energetici è possibile rappresentare graficamente in ambiente GIS i risultati ottenuti. Inizialmente i dati erano associati a dei punti che corrispondono ai numeri civici. Al fine di ottenere una visualizzazione non puntuale ma estesa, si sono legati i dati numerici alle sezioni censuarie, aree di territorio con caratteristiche omogenee la cui delimitazione è ottenuta dall'ISTAT. Le sezioni censuarie sono però di estensioni diverse, è quindi necessario individuare un'unità territoriale di riferimento standard al fine di favorire la lettura e il confronto dei dati. È possibile costruire un "GIS Urban Energy Tool" un insieme di comandi automatici realizzati grazie alla funzione "model building" del software GIS, è stato possibile associare i dati alfanumerici agli shapefile contenenti i dati geometrici. È possibile così ottenere una "fotografia" dei consumi energetici di un'area urbana.

Elaborata la metodologia descritta, al fine di verificarne la reale efficacia, si è sviluppata una prima verifica sperimentale. Si è scelto come ambito territoriale di riferimento quello del territorio comunale di Napoli, sistema urbano che in ragione della sua complessità, ha consentito l'individuazione di numerose problematiche, utili a migliorare le tecniche utilizzate. Nella prima fase si sono raccolti i dati numerici dei consumi energetici dalla piattaforma Siatel, riferiti a 443.185 utenze e quelli dei censimenti ISTAT del anno 2011. Sono stati inoltre reperiti dati dal Geoportale Nazionale contenuti in un geodatabase di 109.000 numeri civici. In questa fase sono emerse le prime difficoltà, in quanto il database non era completo e si è quindi proceduto ad un aggiornamento dello stesso. Successivamente si è proceduto alla correzione degli indirizzi associati ai consumi energetici. Giungendo ad una corrispondenza di 425.185 utenze, rendendo quindi compatibili il 96% delle utenze iniziali. Non è stato possibile arrivare a un'associazione completa perché alcuni indirizzi legati ai consumi energetici non presentavano numero civico o non risultano decifrabili. Creato quindi un unico geodatabase i dati sono stati elaborati in GIS al fine di poterli associare ad un'unità territoriale standard e rendere quindi il confronto più agevole. Questo è stato svolto grazie alla creazione del "GIS Urban Energy Tool", cioè l'insieme di comandi che in automatico consentono di effettuare il trasferimento dei dati dalle sezioni censuarie al poligono di riferimento considerato. Per Napoli si è scelto di utilizzare come poligono di riferimento un quadrato di lato 100 metri. È stato quindi possibile realizzare la rappresentazione in ambiente GIS distinguendo le utenze in domestiche e non domestiche. Visualizzati i risultati, è stata realizzata una fase di validazione, per verificare che i dati dei consumi energetici sono coerenti, è stato effettuato un confronto con i consumi medi ottenuti dall'ISTAT e dal PAES del Comune di Napoli. Quest'ultimi, riferiti all'intera area urbana, sono risultati compatibili con i dati calcolati tramite il tool sviluppato per i singoli quartieri. Infine sono state svolte delle analisi statistiche spaziali in GIS, quali l'analisi Hot Spot e l'analisi Cluster sui risultati ottenuti. Queste analisi sono utili per individuare la presenza di cluster statisticamente rilevanti, al fine di comprendere se la concentrazione di dati in una determinata zona ha valenza statistica o è del tutto casuale. In definitiva, si è elaborata una metodologia

nuova mai applicata prima ad un contesto territoriale così esteso, in grado di classificare e rappresentare i consumi energetici elettrici al fine di consentirne il monitoraggio. La metodologia utilizzata ha come principale punto di forza quello di utilizzare un'ampia piattaforma costituita da dati reali e non da stime dei consumi energetici. In quanto da un insieme di dati reali si estraggono informazioni precise e di ottima qualità. La disponibilità di tali informazioni di qualità unitamente alla chiarezza degli obiettivi da raggiungere, in questo caso l'ottimizzazione dei consumi energetici in ambiente urbano, consentono un forte supporto al processo decisionale e all'elaborazione di strategie accurate. Va ricordato, tuttavia, che l'utilizzo dei Big Data di dati reali, richiede il continuo monitoraggio dei dati stessi affinché sia confermata la validità delle informazioni da essi estratte. Le tecniche pertanto sono valide e molto utili, ma per il loro impegno vi è la necessità di gestire database di dati molto complessi.

Attraverso la nuova metodologia descritta è possibile gestire dati aperti di grosse dimensioni, ma bisogna affrontare tutte le difficoltà che questi comportano. Sono state individuate infatti problematiche dovute al reperimento stesso dei dati e alla loro gestione, soprattutto nel caso di grandi comuni, è complicato ricavare database completi. Non è stato possibile inoltre, rendere tutta la procedura automatizzata in quanto non si è riusciti ad eliminare la fase manuale di correzione degli indirizzi per renderli compatibili. I possibili sviluppi e miglioramenti sono quindi tutti legati all'ulteriore sviluppo tecnologico. Inoltre è indispensabile per l'applicazione delle tecniche, in un contesto di ampia disponibilità di dati, di strumenti tecnologici di supporto che consentano la manipolazione, l'analisi e il riepilogo dei dati grezzi per ottenere nuove informazioni strategiche e alimentare ulteriori sistemi a valle. In questa tesi i dati sono stati ricavati dalla piattaforma Siatel 2.0 dell'Agenzia dell'Entrate e consultabile dai comuni. Tali dati numerici sono stati associati agli shapefile in GIS, ed il risultato è stata la possibilità di ottenere informazioni sui consumi di energia in un contesto urbano di grandi dimensioni. Attraverso l'utilizzo della nuova metodologia elaborata, come si è visto anche nel caso studio di Napoli, è possibile ricavare come prodotto un geodatabase dei numeri civici completo e facilmente aggiornabile in caso di modifiche sul territorio che può essere molto utile per ulteriori applicazioni anche in altri campi. La correzione manuale degli indirizzi va comunque effettuata un'unica volta, in quanto resi gli indirizzi compatibili sarà possibile applicare il "GIS Energy Urban Tool" ai dati dei consumi energetici di anni diversi per effettuare i confronti tra le diverse serie storiche.

La nuova metodologia elaborata rappresenta quindi uno strumento nuovo di controllo e di supporto al governo delle trasformazioni urbane. Questa potrà essere in futuro migliorata in termini di rapidità di applicazione con un più agevole reperimento dei dati e soprattutto con l'eliminazione di ogni fase manuale e l'inserimento del passaggio di correzione degli indirizzi nel "GIS Urban Energy Tool" al fine di rendere la procedura completamente automatizzata. Ulteriori sviluppi futuri che queste tecniche potrebbero offrire riguardano le informazioni ottenibili per l'attuazione di politiche energetiche che puntano a ridurre i consumi energetici, a migliorare la sostenibile e in definitiva, più vivibili le città.

Riferimenti bibliografici

- Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., Chidzero, B., Fadika, L., ... & Singh, M. (1987). *Our common future*.
- Burrough P.A. (1986) - Principles of geographical information systems for land resource assessment, Clarendon Press, Oxford, U.K, 194pp. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joep.2009.05.006>.
- Cappelli M. (2008). *Cluster analysis*, Enciclopedia della scienza e della tecnica. Available at: http://www.treccani.it/enciclopedia/cluster-analysis_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/.
- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A formal definition of Big Data based on its essential features. *Library Review*, 65(3), 122-135. doi: <https://doi.org/10.1108/LR-06-2015-0061>.
- Dell'Isola M., Frattolillo A. e A. Massimo. (2013). *Strumenti e metodologie per la pianificazione energetica territoriale*. I° Congresso Nazionale AIGE-Rende (Cosenza), 10-11 Giugno, 2013. Available at: <https://www.construction21.org/italia/articles/it/7-congresso-nazionale-aige.htm.l>.
- Fistola, R. (2009). Tecniche per il governo delle trasformazioni urbane: i metodi geocomputazionali, in Papa, R. (ed) *Il governo delle trasformazioni urbane e territoriali. Metodi, tecniche e strumenti*. ISBN: 9788856811476.
- Gargiulo, C. (2009). Sistema Urbano e Complessità, in Papa, R. (ed). *Il governo delle trasformazioni urbane e territoriali. Metodi, tecniche e strumenti*. ISBN: 9788856811476.
- Grosso D., Lavagno D. e A.Kanudia, G.C. Tosato. (2015). Coupling World and European models: energy trade and energy security in Europe in Informing Energy and Climate Policies using Energy Systems Models Scenario Analysis Increasing the Evidence Base, *Lecture Notes in Energy*, Springer. doi: 10.1007/978-3-319-16540-0_22.
- Jones, P., Williams, J., & Lannon, S. (2000). Planning for a sustainable city: an energy and environmental prediction model. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(6), 855. Available at: <http://search.proquest.com/openview/767af78badb7d8d4d0cff43de8cfc808/1?pq-origsite=gscholar&cbl=33087>.
- Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. *META Group Research Note*, 6, 70. Available at: <https://blogs.gartner.com/douglaney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>.
- Mancarella M. *Il principio dello sviluppo sostenibile: tra politiche mondiali, diritto internazionale e costituzioni nazionali*. Available at: http://www.giuristiambientali.it/documenti/20061114_AM.pdf.

- Papa, R., Gargiulo, C., & Zucaro, F. (2016). Towards the Definition of the Urban Saving Energy Model (UrbanSEM). In *Smart Energy in the Smart City* (pp. 151-175). Springer International Publishing.
- Papa, R., Gargiulo, C., Zucaro, F., Angiello, G., & Carpentieri, G. (2014). Urban energy consumptions: its determinants and future research. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 191, 561-570. doi: 10.2495/SC140471.
- Papa, R., Gargiulo, C., & Carpentieri, G. (2014). Integrated Urban System and Energy Consumption Model: Residential Buildings. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, Special Issue "INPUT 2014", 750-758. doi:<http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/2473>.
- Papa, R. (2009). *Il governo delle trasformazioni urbane e territoriali. Metodi, tecniche e strumenti*. ISBN: 9788856811476.
- Papa R. (1992). "Rete e macchinette: struttura e funzioni – La città funzionale", in C. Beguinot, U. Cardarelli (ed), *Città cablata e nuova architettura*, IPIGET - Consiglio Nazionale delle Ricerche, DIPIST – Università di Napoli "Federico II", Napoli.
- Saggini P. (2014). Open Data ed Energia. *Smart city Exhibition*. Bologna.
- Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 1819-1835. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.033>.
- Von Bertalanffy L. (1968). *General System Theory*, Braziller, New York.
- World Bank Group. (2014). *World Urbanization Prospects The 2014 Revision Highlights Urbanization Prospects*. World Bank Publications. Available at: <https://www.compassion.com/multimedia/world-urbanization-prospects.pdf>.

STRUMENTI, AZIONI E BEST PRACTICES PER LA
RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI NELLA MOBILITÀ
URBANA SOSTENIBILE**4.1 Strumenti di governo della mobilità alla scala urbana**

In Italia il sistema della pianificazione è articolato in tre differenti livelli in ragione della scala territoriale di riferimento. In maniera estremamente sintetica e schematica si potrebbe proporre un'articolazione della pianificazione secondo due dimensioni prevalenti. Una prima dimensione "verticale" che dalla scala territoriale arriva fino a quella di dettaglio; una seconda dimensione "orizzontale" che, all'interno dello stesso livello, consente di differenziare gli strumenti di pianificazione in ragione dei loro contenuti. Se si accetta tale schematizzazione, per ciascuno dei livelli territoriali (regionale/provinciale; comunale/intercomunale; ambito/comparto), si avranno strumenti generali o settoriali a seconda dei loro contenuti. I piani generali sono strumenti finalizzati al coordinamento e all'indirizzo nella disciplina e nell'uso di un territorio. I piani settoriali sono strumenti nei quali si dispone la tutela e la disciplina di un territorio in riferimento ad uno specifico settore (mobilità, ambiente, acqua, difesa del suolo, inquinamento, ecc.). In estrema sintesi, mentre nel piano generale si delinea un quadro complessivo di sintesi delle possibilità e delle modalità di intervento, nel piano settoriale, le indicazioni sono maggiormente dettagliate e specifiche. Nell'ordinamento italiano, è stabilito che le indicazioni dei piani di livello superiore devono essere recepite e non contrastate dagli strumenti di livello inferiore, così come all'interno di uno stesso livello, normalmente, i piani settoriali sono subordinati a quelli generali, eccezion fatta per i piani settoriali di protezione ambientale, per i quali la relazione di subordinazione si inverte. Procedendo ancora in via schematica e sempre con riferimento alla situazione italiana, i piani settoriali possono essere ricondotti a due grandi categorie di contenuti:

la prima fa riferimento alla pianificazione ambientale finalizzata alla salvaguardia e alla tutela delle risorse naturali. La seconda fa riferimento alla famiglia di piani finalizzati al miglioramento del sistema della mobilità, dalla scala vasta a quella di dettaglio. Il punto di convergenza tra le due categorie ed i corrispondenti strumenti di pianificazione può essere genericamente individuato nella ricerca di condizioni in grado di accrescere il grado di vivibilità di un territorio e/o di una città promuovendo forme di uso maggiormente compatibili con le loro caratteristiche e vocazioni, coerentemente con i dettami, oramai diffusi e consolidati, del paradigma delle sostenibilità. A livello comunale, gli strumenti settoriali inerenti al sistema della mobilità e dei trasporti sono stati istituiti tra la fine degli anni Ottanta e l'inizio del nuovo millennio. Essi sono il Piano Urbano della Mobilità ed il Piano Urbano del Traffico. Il primo viene anche definito "piano degli investimenti", poiché è con tale strumento che le amministrazioni locali individuano gli investimenti infrastrutturali da predisporre nel medio e lungo periodo. Il secondo è considerato un "piano di gestione", poiché definisce gli interventi realizzabili nel breve periodo e nell'ipotesi di dotazioni infrastrutturali sostanzialmente invariate. A questi due strumenti si è recentemente aggiunto il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile, promosso dalla Commissione Europea. Si tratta di un piano strategico che orienta la mobilità in senso sostenibile con un orizzonte temporale di medio-lungo periodo (10 anni), ispirato ai principi di integrazione, partecipazione, valutazione e monitoraggio. Infine, per un'analisi completa degli strumenti di governo della mobilità alla scala comunale è opportuno tenere in considerazione anche altre due tipologie di piano (il Piano Energetico Comunale ed il Piano di Azione per l'Energia Sostenibile) che pur affrontando un tema specifico – quello della riduzione dei consumi energetici e del contenimento dei gas clima-alteranti – presentano una stretta connessione con gli strumenti urbanistici alla scala comunale.

Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile

Di recente l'Unione Europea ha delineato, mediante diversi documenti di indirizzo strategico, la politica energetica nel settore dei trasporti da qui ai prossimi anni, fornendo linee di azione per una mobilità urbana efficiente e sostenibile. I principali documenti della Comunità Europea che hanno fornito le indicazioni per un sistema di trasporto europeo sostenibile sono il "Piano di Azione per la Mobilità Urbana" (2009) e il "Libro Bianco sui Trasporti" (2011) che individuano, tra gli obiettivi prioritari per la riduzione delle emissioni di gas serra, il miglioramento dell'efficienza energetica dei mezzi di trasporto mediante l'uso di carburanti e sistemi di propulsione a ridotto impatto ambientale e l'incentivazione all'utilizzo di modi di trasporto a minor consumo energetico unitario.

In entrambi i documenti è esplicitamente richiamato il "Piano Urbano della Mobilità Sostenibile" (PUMS) come nuovo strumento di pianificazione per affrontare, con un approccio integrato e sostenibile, le criticità energetiche ed ambientali e le inefficienze dei trasporti nelle città. A conferma della rilevanza dei PUMS nell'ambito delle strategie europee, si fa riferimento ad essi anche nei documenti di impostazione della

programmazione strutturale 2014-2020 e all'interno degli specifici bandi di finanziamento. Il PUMS è uno strumento strategico di pianificazione, non obbligatorio, con un orizzonte temporale di lungo termine, definito dalla Commissione come un piano "finalizzato a soddisfare i bisogni di mobilità per le persone e le merci, nelle città e nelle loro periferie, al fine di migliorarne la qualità della vita. Il PUMS si basa su pratiche di pianificazione esistenti e tiene debitamente conto dei principi di integrazione, di partecipazione e di valutazione". Sono proprio questi tre principi che ne regolano l'evoluzione rispetto ai tradizionali strumenti di governo della mobilità.

Gli aspetti più significativi dei PUMS sono sostanzialmente:

- un approccio olistico con un percorso integrato di pianificazione (territorio-trasporti-ambiente);
- un insieme integrato di azioni che incidono su più aspetti della sostenibilità e in più settori e che mirano al raggiungimento degli obiettivi stabiliti dai decisori pubblici;
- la costituzione di gruppi di lavoro interdisciplinari che affrontano le diverse tematiche, quali i cambiamenti climatici, il problema delle fonti non rinnovabili, le emissioni inquinanti in maniera del tutto innovativa rispetto ai piani tradizionali in cui si dà priorità principalmente agli aspetti tecnici e di ingegneria del traffico;
- la partecipazione, durante l'intero processo di elaborazione del documento, dei cittadini e dei portatori di interesse e la collaborazione tra i diversi enti preposti al governo della mobilità urbana;
- la costante attività di monitoraggio per valutare le prestazioni del piano, in particolare gli effetti delle azioni sul sistema della mobilità e sul sistema urbano nelle sue componenti sociali, economiche e ambientali,
- la valutazione del PUMS è effettuata in riferimento ad un set di indicatori, di natura quantitativa o qualitativa, correlati agli obiettivi prefissati.

Agli obiettivi generali di riduzione del consumo energetico e di maggiore sostenibilità, si affiancano nel PUMS alcuni obiettivi specifici, quali ad esempio il miglioramento della qualità e accessibilità dei servizi di trasporto pubblico, la razionalizzazione della logistica urbana, la manutenzione e creazione ex novo di infrastrutture per la mobilità ciclabile e pedonale, la fluidificazione del traffico stradale, l'incentivazione di comportamenti corretti di mobilità attraverso un maggior controllo del rispetto delle regole, l'aumento dell'attrattività e qualità dell'ambiente urbano e utilizzo delle nuove tecnologie per la formulazione di strategie di mobilità sostenibile.

Nel definire le priorità e i target, il PUMS deve fare i conti con la limitatezza delle risorse finanziarie ed è quindi importante fare un uso il più possibile efficiente dei fondi disponibili, cercando anche di incrementare le disponibilità e di coprire i costi di interventi alternativi al trasporto privato introducendo, ad esempio, politiche di pricing per i veicoli meno ecologici.

I benefici indiretti derivanti dall'implementazione di un PUMS possono essere diversi da città a città ma i più significativi, che emergono dall'analisi delle best practices sono in primo luogo una migliore qualità della vita per i cittadini, con spazi pubblici più attraenti

e sicuri, grazie ad una pianificazione in cui è al centro la persona e non l'auto o il traffico, in secondo luogo gli effetti positivi sulla salute dei cittadini, derivanti dal minor inquinamento atmosferico e acustico e dalla promozione degli active modes (bici e piedi); infine, i benefici economici: minore congestione da traffico significa minori costi per le comunità locali e contemporaneamente maggior attrazione per investimenti e nuove opportunità commerciali.

Il Piano Urbano della Mobilità

Il Piano Urbano della Mobilità (PUM) è stato introdotto in Italia dalla Legge 24 novembre 2000 n. 340 ed è uno strumento di programmazione di medio-lungo periodo, con orizzonte temporale di dieci anni. Il PUM viene definito come un progetto "del sistema della mobilità, comprendente l'insieme organico degli interventi sulle infrastrutture di trasporto pubblico e stradali, sui parcheggi di interscambio, sulle tecnologie, sul parco veicoli, sul governo della domanda di trasporto attraverso la struttura dei mobility manager, i sistemi di controllo e regolazione del traffico, l'informazione all'utenza, la logistica e le tecnologie destinate all'organizzazione della distribuzione delle merci" (art. 22, comma 1).

I PUM sono lo strumento attraverso il quale le realtà locali definiscono l'insieme di interventi più appropriati per migliorare i livelli di servizio dei sistemi di trasporto. In particolare, gli interventi ricadenti nei PUM sono finalizzati a:

- soddisfare i fabbisogni di mobilità della popolazione;
- abbattere i livelli di inquinamento atmosferico ed acustico nel rispetto degli accordi internazionali e delle normative comunitarie e nazionali in materia di abbattimento di emissioni inquinanti;
- ridurre i consumi energetici;
- aumentare i livelli di sicurezza del trasporto e della circolazione stradale;
- minimizzare l'uso individuale dell'automobile privata e moderare il traffico;
- incrementare la capacità di trasporto;
- aumentare la percentuale di cittadini trasportati dai sistemi collettivi, anche con soluzioni di car pooling, car sharing, taxi collettivi, ecc.

Il PUM è dunque uno strumento di programmazione sulla base del quale lo Stato Centrale assegna finanziamenti per obiettivi, da raggiungere mediante programmi integrati di realizzazione di infrastrutture di trasporto pubblico, viabilità, parcheggi e applicazioni di tecnologie innovative.

I PUM presentano una struttura comune, basata sui seguenti step essenziali:

- a) analisi della struttura e delle criticità del sistema di trasporto attuale, attraverso lo studio delle caratteristiche quantitative e qualitative della domanda di trasporto (ricavate sulla base di indagini campionarie e simulazione del sistema di trasporti) e dell'offerta di trasporto, delle politiche adottate per il controllo della domanda di mobilità e del traffico; analisi dei valori di inquinamento e della qualità dell'aria e analisi degli aspetti economici nella gestione delle reti e dei servizi di trasporto;

- b) definizione di obiettivi da raggiungere e di indicatori di obiettivo. Per ciascuno degli obiettivi generali del Piano, sono individuati espliciti indicatori di raggiungimento dei risultati ed il loro valore attuale, determinato con dati da fonte, indagini o simulazione. Ad esempio, l'indicatore "accessibilità" verrà utilizzato per monitorare l'obiettivo di soddisfacimento del fabbisogno di mobilità; l'indicatore "quantità di inquinanti atmosferici emessi" per l'obiettivo di abbattimento dei livelli di inquinamento; il "numero annuo di incidenti, di morti e di feriti" per obiettivi connessi all'aumento dei livelli di sicurezza del trasporto e della circolazione stradale); la "quota modale del trasporto collettivo" per l'obiettivo di aumentare la percentuale di cittadini trasportati dai sistemi collettivi); il "grado medio di saturazione" per l'obiettivo di riduzione dei fenomeni di congestione nelle aree urbane) e così via;
- c) definizione delle strategie di intervento. Per ciascuna componente di offerta del sistema di trasporto sono indicate le strategie che il piano intende seguire con gli interventi sulle infrastrutture di trasporto pubblico e stradale, sulle tecnologie e sul parco veicoli, unitamente agli interventi di governo della mobilità e di carattere economico-gestionale;
- d) definizione degli scenari di riferimento e degli scenari di progetto. Gli scenari di riferimento sono relativi all'orizzonte temporale di medio/lungo periodo. Essi comprendono le infrastrutture esistenti, quelle in corso di realizzazione e quelle programmate con completa copertura finanziaria, nonché gli interventi organizzativi e gestionali per la ottimizzazione del sistema di trasporto. Gli scenari di progetto si ottengono invece aggiungendo agli scenari di riferimento i nuovi interventi infrastrutturali e tecnologici, nonché gli interventi organizzativi e gestionali per la ottimizzazione del sistema di trasporto previsti nel PUM;
- e) valutazione degli effetti complessivi degli scenari di progetto che deve essere effettuata in termini trasportistici, ambientali, territoriali, economici, finanziari e gestionali, rispetto agli scenari di riferimento.

I soggetti beneficiari possono essere singoli Comuni o aggregazioni di Comuni limitrofi con popolazione superiore ai 100.000 abitanti. Per accedere ai finanziamenti, una volta ottenuto il parere favorevole della Regione, le richieste possono essere inviate con cadenza annuale.

La normativa regionale ha ulteriormente ridefinito il ruolo dei PUM quale strumento attraverso il quale le realtà locali scelgono e decidono le strategie relative alla mobilità all'interno dell'ambito territoriale di loro competenza. Ad esempio in Campania, la Legge Regionale 3/2002 fornisce ulteriori indicazioni. In accordo con tale legge, il PUM deve contenere le linee strategiche per la configurazione del sistema di trasporti pubblico e privato e le scelte generali per il riassetto organizzativo ed economico del settore dei trasporti alla scala comunale. La legge inoltre sottolinea la necessità di coordinare tale piano settoriale con gli altri strumenti di pianificazione e programmazione territoriale e dei trasporti di lungo periodo alla scala comunale e sovra-comunale.

Il Piano Urbano del Traffico

Lo strumento principale per l'organizzazione e la gestione del traffico in ambito urbano è il Piano Urbano del Traffico (PUT). Tale strumento viene definito come uno strumento tecnico amministrativo di breve periodo (due anni) finalizzato a migliorare le condizioni della circolazione e della sicurezza stradale, la riduzione dell'inquinamento acustico ed atmosferico, il contenimento dei consumi energetici, stabilendo le priorità ed i tempi di attuazione degli interventi.

Sono tenuti a redigere i PUT tutti i Comuni con popolazione superiore ai 30.000 abitanti ed anche gli altri Comuni che presentano una rilevante affluenza turistica o elevati fenomeni di pendolarismo o anche alti livelli di congestione stradale.

Gli obiettivi, le strategie generali, i contenuti, gli indicatori dei PUT, sono stati recepiti dalle Direttive del 1995 che indicano un'articolazione in tre livelli di progettazione oggetto di approvazione da parte delle Pubbliche Amministrazioni. In particolare, il PUT è costituito da tre piani distinti per il grado di dettaglio ed operatività:

- il Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU);
- i Piani Particolareggiati del Traffico Urbano (PPTU);
- i Piani Esecutivi del Traffico Urbano (PETU).

Questi Piani possono essere integrati da successivi Piani di Settore, per la gestione di aspetti specifici dalla segnaletica alla sicurezza stradale. Il PGTU può essere considerato il piano quadro del PUT relativo all'intero centro abitato. Riporta indicazioni circa la politica intermodale adottata, la qualificazione funzionale dei singoli elementi della viabilità principale e degli eventuali elementi della viabilità locale destinati esclusivamente ai pedoni (classificazione funzionale della viabilità) e il relativo regolamento viario. Inoltre, stabilisce il dimensionamento preliminare degli interventi previsti e fissa il programma generale di esecuzione (priorità di intervento per l'esecuzione). I PPTU sono dei piani attuativi del PGTU relativi ad ambiti territoriali più ristretti di quelli dell'intero centro abitato, quali le circoscrizioni, i settori urbani, i quartieri o le singole zone urbane (anche come fascia di influenza degli itinerari di viabilità principale). I PETU costituiscono la pianificazione esecutiva dei Piani particolareggiati del traffico urbano. La pianificazione esecutiva riguarda l'intero complesso degli interventi di un singolo Piano particolareggiato.

Il PUT definisce gli interventi realizzabili nel breve periodo e nell'ipotesi di dotazioni infrastrutturali sostanzialmente invariate. Si tratta dunque di uno strumento di gestione delle infrastrutture esistenti che, non prevedendo nuovi investimenti infrastrutturali, non richiede ingenti risorse economiche e può essere per tanto attuato in un arco temporale relativamente breve. Il PUT dunque, per sua definizione, limita il proprio campo di azioni alle soluzioni possibili con le infrastrutture viarie e i mezzi di trasporto esistenti e che perciò hanno un tempo di attuazione limitato.

Per i nodi particolarmente critici, la cui soluzione definitiva non è raggiungibile con le infrastrutture esistenti, il PUT si limita a proporre l'intervento infrastrutturale necessario, demandando la sua definizione ed attuazione al Piano Regolatore Generale e ad altri strumenti di pianificazione dei trasporti, in particolare il PUM.

È infine importante notare che i PUT non si pongono in contrapposizione né in sovrapposizione coi PUM ed i PUMS. Si tratta piuttosto di diversi strumenti di pianificazione che si integrano fra di loro, avendo medesimi obiettivi, anche se con archi temporali differenti e tipologie di interventi di attuazione differenti. In sintesi si tratta dunque di un processo costituito su due livelli di pianificazione distinti ma integrati tra loro che richiedono una medesima regia di cabina.

Il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile

La Commissione Europea, nel gennaio 2008, nell'ambito della seconda edizione della Settimana europea dell'energia sostenibile (EUSEW), ha promosso l'iniziativa Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors) che si colloca all'interno della più ampia strategia 20-20-20 dell'Unione Europea che ha come obiettivi da raggiungere entro il 2020:

- la riduzione delle emissioni di gas serra nocivi del 20% rispetto ai livelli del 1990;
- l'aumento del 20% del livello di efficienza energetica;
- l'aumento del 20% della quota di fonti rinnovabili nella copertura dei consumi finali (usi elettrici, termici e per il trasporto).

È evidente che si tratta di tre obiettivi strettamente connessi, in quanto l'immissione in atmosfera di gas clima alteranti è una conseguenza dei processi di produzione e di consumo di energia elettrica da fonti non rinnovabili.

I comuni che aderiscono al Patto dei Sindaci dovevano redigere entro 12 mesi il Piano di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES), che definisce le politiche energetiche del comune finalizzate al raggiungimento degli obiettivi sopraelencati. Sono altresì impegnati a predisporre, a cadenza biennale, un rapporto sullo stato di attuazione per scopi di valutazione, monitoraggio e verifica degli interventi messi in atto, per misurare gli effetti delle azioni sul fabbisogno energetico e sulle emissioni di CO₂ e per analizzare il processo di attuazione del Piano, integrandolo con misure correttive se necessario.

Prima di redigere il PAES è di fondamentale importanza definire lo stato di fatto della situazione energetica comunale attraverso un Inventario Base delle Emissioni (Baseline Emission Inventory - BEI): si quantificano le emissioni annue di CO₂ relative agli usi energetici finali che riguardano il territorio comunale e per le quali l'amministrazione ha competenza diretta o ha modo di intervenire in forma indiretta, attraverso il coinvolgimento di interlocutori chiave o mediante strumenti regolatori.

Sulla base dei dati raccolti e dell'identificazione delle principali fonti di emissioni di CO₂ e rispettivi potenziali di riduzione presenti nel BEI, il comune individua i settori di azione prioritari e pianifica le misure finalizzate al risparmio energetico e al raggiungimento degli obiettivi del Patto dei Sindaci.

Le politiche e le misure applicabili al PAES possono essere divise in varie categorie in relazione al tipo di impatto sul consumo di energia e ai modelli di produzione, a seconda del tipo di strumento utilizzato (supporto finanziario, regolamentazione, comunicazione e informazione) o in base al settore d'intervento (edilizia, pianificazione territoriale, utilizzo di energie rinnovabili, trasporti, etc.).

Per quanto riguarda il settore trasporti, prima di proporre misure specifiche, è fondamentale che l'amministrazione faccia un'analisi trasportistica della situazione attuale. Le azioni proposte possono riguardare sia la promozione di forme di mobilità sostenibile (per il trasporto di persone e merci) che di ricambio tecnologico del parco veicolare esistente o di trasformazione del parco a favore di mezzi a minor consumo. Gli interventi devono incentivare mezzi di trasporto a minor consumo energetico quali quelli di trasporto pubblico come autobus, treni, tram e metropolitana; devono incrementare l'utilizzo della bicicletta garantendo la presenza di infrastrutture ciclistiche collegate con il TP L, munite di segnaletica, ben illuminate e mantenute; devono infine incentivare gli spostamenti a piedi garantendo al pedone percorsi e aree gradevoli e sicure. Altre azioni sono quelle di disincentivare gli spostamenti con l'autovettura privata attraverso politiche di pricing e/o di limitazioni e divieti alla circolazione in determinate aree della città.

Il Piano Energetico Comunale

Il Piano Energetico Comunale (PEC) è uno strumento pianificatorio che si affianca al Piano Urbanistico Comunale e che contiene la misura e l'analisi dei consumi energetici della città, suddivisi per settori, l'individuazione degli interventi di risparmio dei combustibili tradizionali (petrolio, benzine, carbone, metano) e le modalità per incentivare l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili. È stato introdotto dalla legge 10 del 1991 «Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia» che impone ai Comuni con più di 50.000 abitanti di dotarsi di "un piano a livello comunale relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia", ossia il PEC. In realtà gli obiettivi e le azioni di questo piano non riguardano solo le fonti energetiche rinnovabili, come prescritto dalla legge, ma anche fonti tradizionali e alternative e, più in generale, di risparmio energetico.

Per un comune, l'adozione di un PEC è importante per diversi motivi:

- consente di acquisire in modo sistematico i dati relativi ai flussi di energia facendo emergere le eventuali criticità;
- permette di definire e organizzare le diverse azioni mirate all'efficienza energetica, valutando per ciascuna il rapporto tra risorse necessarie e benefici attesi;
- consente infine di monitorare, attraverso indicatori dinamici, l'effetto delle azioni introdotte, e modificare dove occorre le strategie adottate.

Il PEC partendo dall'analisi del sistema energetico - ambientale - territoriale attuale e dall'elaborazione di un quadro evolutivo della situazione energetica e dei possibili scenari di sviluppo urbano, individua gli strumenti attivabili nei diversi campi d'azione. Successivamente si passa alla definizione di un Piano di Azione che contiene le indicazioni necessarie per raggiungere i risultati prospettati per lo scenario obiettivo del PEC, definendo una serie di step procedurali e di monitoraggio.

Per raggiungere gli obiettivi sopra descritti, il PEC individua i campi di applicazione nei quali esplicitare le politiche di risparmio energetico, come ad esempio il settore residenziale e produttivo, la mobilità, l'illuminazione pubblica ovvero i campi applicativi che sono la fonte maggiore di inquinamento diretto o indiretto, o comunque di un possibile uso irrazionale dell'energia.

Per quanto concerne il settore della mobilità, le politiche di intervento proposte possono riguardare:

- la disincentivazione del trasporto con mezzo privato;
- il potenziamento dell'offerta di trasporto pubblico;
- l'introduzione di sistemi di mobilità innovativi basati sulla condivisione di veicoli (car sharing, car pooling, bike sharing, taxi collettivo);
- la promozione di modalità alternative quali l'utilizzo della bicicletta o dei percorsi a piedi;
- la sostituzione dei mezzi più inquinanti delle aziende di trasporto pubblico e della municipalità con quelli a basso impatto ambientale.

Va infine sottolineato che la legge, non prevedendo sanzioni di alcun tipo per le amministrazioni che non redigono il PEC, non ha conseguito sempre i risultati sperati, in altre parole la pianificazione energetica rimane un tema ancora troppo spesso trascurato soprattutto da quelle città che erano tenute a provvedere in tal senso.

4.2 Azioni per la riduzione dei consumi energetici alla scala urbana: verso la smart mobility

Il presente paragrafo ha l'obiettivo di individuare le azioni per il governo della mobilità orientate al risparmio e all'efficientamento energetico: uno strumento a supporto della Pubblica Amministrazione per l'individuazione delle strategie ottimali di intervento che tendano verso un modello di "smart mobility" e che abbiano maggiori potenzialità per ridurre l'impatto energetico dei trasporti.

Si è deciso di adottare un modello bottom-up, ricavando le azioni dallo studio, delle best practices a livello italiano ed europeo nel campo della mobilità smart ed ecosostenibile. La scala di riferimento scelta è quella urbana: la città è al centro delle politiche europee dei prossimi anni ed è il luogo dove mettere in campo azioni volte a contenere i consumi energetici a scala continentale. La popolazione che vive nelle aree urbane del pianeta tocca ormai il 50% del totale ed è responsabile di circa il 75% del consumo mondiale di energia e dell'80% delle emissioni globali di CO₂; essendo il livello di urbanizzazione in continua crescita, la promozione di una mobilità intelligente ed energeticamente efficiente è fondamentale per una crescita sostenibile delle città.

Le politiche della mobilità riportate nel seguito sono costituite da indirizzi e criteri di azione: per prima cosa, dalla rassegna dei casi studio sono stati individuati gli "indirizzi" ovvero gli orientamenti di governo della mobilità che potessero impattare sulla sostenibilità urbana e in particolare sull'efficienza energetica dei trasporti urbani.

Gli "indirizzi" individuati dalla lettura e comparazione delle best practices e descritti in questo capitolo sono:

- A) Veicoli, carburanti e fonti energetiche sostenibili;
- B) Incrementare l'utilizzo di modi di trasporto a minor consumo energetico unitario;
- C) Fluidificare il traffico veicolare;
- D) Razionalizzare i flussi logistici urbani;
- E) Utilizzare Sistemi Intelligenti di Trasporto.

Gli "indirizzi" sono stati poi articolati in "criteri di azione" che, partendo da una strategia di carattere del tutto generale, permettono di applicare azioni concrete per la riduzione dei consumi energetici.

Nella seguente tabella è riportata una sintesi delle strategie e delle azioni adottabili che verranno analizzate più in dettaglio nei paragrafi che seguono.

Indirizzi	Criteri di azione
A - Incentivare l'uso di veicoli, carburanti e fonti energetiche sostenibili	A.1 - Sgravi fiscali, incentivi e agevolazioni per veicoli ecologici A.2 - Pricing veicoli A.3 - Veicoli TPL a minor consumo energetico A.4 - Limitazione ZTL per veicoli
B – Incrementare l'uso di modi di trasporto a minor consumo energetico unitario	B.1 - La pianificazione della struttura territoriale (transit oriented development) B.2 - Nuove infrastrutture ferroviarie e nodi di interscambio (park and ride) B.3 - Incremento e miglioramento dei servizi di trasporto collettivo B.4 - Promozione della sharing mobility (car sharing, car pooling e bike sharing) B.5 - Promozione di piani per gli spostamenti sistematici (mobility management) B.6 - Politiche della sosta B.7 - Promozione della mobilità ciclabile e pedonale
C – Fluidificare il traffico veicolare	C.1 - Sincronizzazione dei segnali semaforici C.2 - Sistemi di informazione ai guidatori e trip planner C.3 - Sistemi di indirizzamento ai parcheggi C.4 - Regolamentazione dei percorsi per veicoli commerciali C.5 - Infrastrutture per la sosta
D – Razionalizzare i flussi logistici urbani	D.1 - Misure di governance del traffico merci D.2 - Misure infrastrutturali per il consolidamento dei carichi ed il carico e lo scarico D.3 - Misure di equipment
E – Utilizzare Sistemi Intelligenti di Trasporto (ITS)	E.1 - I sistemi personalizzati di informazione e supporto al viaggio E.2 - Sistemi telematici applicati al trasporto pubblico E.3 - Integrazione tariffaria e sistemi innovativi di pagamento elettronico E.4 - Uso di sistemi telematici per ottimizzare la distribuzione urbana delle merci E.5 - Traffic Enforcement Systems finalizzati al risparmio energetico

Tab. 4.1: Indirizzi e criteri di azione.

Veicoli, carburanti e fonti energetiche sostenibili

Una delle principali risposte al problema del risparmio energetico è mettere a punto e utilizzare prodotti energetici alternativi nel settore della mobilità, dove per "alternativi" si intendono i combustibili che possono sostituire le fonti di petrolio fossile nella fornitura di energia per il trasporto e che possono contribuire alla sua decarbonizzazione e al miglioramento delle prestazioni ambientali. Ciò significa favorire la promozione e diffusione sia di combustibili alternativi (biocarburanti, metano, etc.) che di veicoli a basso impatto ambientale come veicoli elettrici, ibridi e a idrogeno. Per approfondimenti sia sui carburanti alternativi a diesel e benzina che sui veicoli a basso impatto energetico succitati si rimanda al glossario.

La promozione di tali veicoli può essere supportata sia a livello locale che nazionale mediante:

A.1 - Sgravi fiscali ed incentivi per l'utilizzo di veicoli "puliti";

A.2 - Misure di pricing che prevedono agevolazioni (sconti o esenzioni) per veicoli ecologici;

A.3 - Uso di veicoli a minor consumo energetico per il Trasporto Pubblico Locale;

A.4 - Permessi speciali per accedere a particolari zone della città a veicoli che rispettano alcuni standard emissivi e limitazioni per quelli che non le rispettano.

A.1 - Sgravi fiscali, incentivi e agevolazioni per veicoli ecologici

Le Amministrazioni, sia a Livello locale che nazionale, possono adottare alcune iniziative per promuovere l'uso di veicoli ecologici attraverso sgravi fiscali e incentivi. A beneficiare di queste agevolazioni possono essere le auto elettriche, ibride, a GPL e a metano nonché biciclette a pedalata assistita, scooter e moto ecologiche.

Ad esempio, privati e aziende possono ottenere bonus e sconti per l'acquisto di nuovi veicoli a basso impatto ambientale e ad elevata efficienza energetica di un importo che cresce al diminuire delle emissioni prodotte (in tal caso gli incentivi saranno maggiori per vetture elettriche e ibride che hanno abbattimenti di emissioni molto più alti).

Generalmente i decisori pubblici partono dalla sostituzione della flotta di bus del TPL e dai veicoli per la raccolta dei rifiuti per poi passare alle altre flotte pubbliche ed infine mettere in campo azioni per convincere i possessori di auto private a seguire il "buon esempio".

Altre agevolazioni e vantaggi offerti da comuni e regioni ai possessori di veicoli meno inquinanti sono: la riduzione o esenzione dal pagamento delle tasse automobilistiche per alcuni anni a decorrere dalla data di prima immatricolazione, sgravi fiscali sui biocarburanti, esenzione dalla tassa sul traffico per i veicoli puliti, ricarica gratuita presso le colonnine comunali per i veicoli elettrici, corsie riservate per i veicoli alternativi, sosta gratuita nelle aree di parcheggio delimitate dalle strisce blu, libero accesso alle ZTL.

A.2 - Pricing veicoli

Per ridurre la congestione da traffico ed ottenere un significativo risparmio energetico all'interno delle aree urbane, occorre favorire una crescente riduzione delle autovetture.

Tra le strategie da mettere in campo per raggiungere questo obiettivo, vanno ricordate la gestione della domanda (demand management strategies) che serve ad influenzare le scelte di viaggio degli utenti del trasporto. Tra queste, le strategie di pricing rappresentano un forte incentivo per far scegliere ai cittadini modalità di trasporto più ecologiche e per rendere l'uso dell'autovettura meno appetibile.

Tra le strategie di pricing vanno regolati:

- livelli tariffari di sosta diversi in base alle emissioni dei veicoli;
- tariffazione dell'uso dell'automobile su determinate infrastrutture stradali (road pricing).

Un'azione efficace di road pricing che può essere implementata dalle amministrazioni è l'introduzione del pagamento di un pedaggio per accedere nel centro cittadino, con tariffe differenziate in base all'orario di ingresso e al consumo energetico del singolo veicolo.

I risultati che si ottengono sono molteplici e vanno dalla riduzione dei veicoli utilizzati per il trasporto di passeggeri e di merci al controllo dei livelli di inquinamento acustico ed atmosferico.

Inoltre, questo tipo di misure può essere utile ad incrementare le entrate della pubblica amministrazione consentendo di coprire i costi di costruzione e manutenzione delle infrastrutture o di altri interventi sul trasporto pubblico; esso consente infine di regolare il flusso veicolare con la massima elasticità facendo, ad esempio, pagare di più nelle ore di punta o nelle situazioni di maggiore congestione.

A.3 - Veicoli TPL a minor consumo energetico

La prima azione che un'amministrazione cittadina generalmente può mettere in atto per sostituire veicoli alimentati con i tradizionali combustibili fossili con mezzi elettrici, ad idrogeno o che utilizzano carburanti alternativi (gas naturale, bio-combustibile, etc.) è la sostituzione del parco veicoli di cui è proprietaria o su cui può agire direttamente, come ad esempio la flotta di veicoli del TPL.

I consumi energetici delle aziende di TPL sono fortemente influenzati dalla dimensione e tipologia del servizio, dall'ambito urbano o extraurbano, dal modo di trasporto utilizzato (gomma o ferro) e dalle caratteristiche dei veicoli. I consumi, a parità di passeggeri trasportati, sono molto inferiori a quelli della mobilità privata, tuttavia esistono margini per ulteriori riduzioni a parità di servizio offerto.

Per quanto riguarda la situazione italiana, il parco autobus nazionale adibito al TPL è costituito da circa 46.000 (2012) unità di cui il 60% sono autobus con più di 10 anni. Per quanto concerne la ripartizione secondo il carburante utilizzato, i veicoli a gasolio sono più dell'86%, gli autobus alimentati a metano costituiscono circa l'11% del totale, gli elettrici circa il 2%, gli ibridi lo 0,48% e gli autobus alimentati con GPL lo 0,24% (Dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti 2011- 2012)². Il maggior potenziale di riduzione dei consumi è ottenibile da interventi sugli autobus perché esistono notevoli margini di efficientamento energetico del parco circolante più vecchio e quindi particolarmente energivoro.

Per quanto concerne gli interventi realizzabili dalle Amministrazioni e che consentono un miglioramento dell'efficienza energetica nel TPL, il primo è il rinnovo della flotta con veicoli a basso consumo e l'utilizzazione di sistemi di propulsione alternativi al gasolio. Negli ultimi anni sul mercato si stanno diffondendo veicoli con tecnologie alternative al motore termico che presentano migliori prestazioni energetiche. Ai fini della riduzione dei consumi, è necessario che le amministrazioni attuino processi di conversione a favore di mezzi a basso impatto ambientale, non solo sul parco mezzi delle aziende di trasporto pubblico ma anche sul parco macchine delle municipalità e degli enti pubblici. I veicoli in esercizio su gomma e su ferro possono essere sostituiti da veicoli a basso consumo, quali ad esempio autobus a trazione ibrida o elettrica, filobus e tram con sistemi di recupero dell'energia in frenata. I bus alimentati elettricamente hanno consumi specifici alle ruote molto più bassi (circa un quarto) di quelli che montano motori a combustione interna (diesel o a metano). Considerando i consumi maggiori per la produzione e distribuzione dell'elettricità rispetto a quelli per la raffinazione e trasporto del gasolio, la sostituzione di un veicolo a gasolio con un omologo elettrico può consentire un risparmio percentuale di energia fino al 40%. Il risparmio può superare anche il 50% nel caso di sostituzione con filobus e tram che non sono gravati dal peso della batteria (ENEA, 2014).

Altri possibili interventi sono: adozione di sistemi di recupero di energia (ad esempio il sistema "Stop & Star" che può far risparmiare fino al 5-10% del consumo di carburante), utilizzo di pneumatici a bassa resistenza di rotolamento (fino al 4% di riduzione dei consumi), corsi di formazione per una guida ecologica per gli autisti del settore TPL (risparmio annuo di carburante fino al 15%).

A.4 - Limitazione ZTL per veicoli

La vivibilità delle città è fortemente influenzata dalla presenza di autovetture private; una loro riduzione permette di consumare meno energia, di decongestionare le aree urbane e più in generale migliorare le condizioni di vita dei cittadini. Tra le azioni di demand management, volte ad incentivare l'utilizzo di mezzi a basso impatto ambientale e contemporaneamente favorire lo shift modale, ci sono quelle di limitazione e divieto di accesso in auto in determinate zone della città (ZTL, Zone a Traffico Limitato). Grazie a queste modalità di restrizione, le amministrazioni modificano forzatamente il comportamento dei cittadini imponendo dei vincoli alla circolazione.

I comuni possono scegliere zone con accesso limitato in base al livello di ecologicità dei veicoli (ad esempio sulla base della classificazione Euro), o zone in cui le restrizioni sono valide solo in alcune ore della giornata, valutando, a seconda dei casi, se includere o meno i residenti in quella zona.

Le limitazioni per i veicoli più impattanti sull'ambiente sono possibili grazie all'uso della telematica attraverso dissuasori, che consentono di impedire l'accesso ai veicoli non autorizzati, o telecamere, che consentono il riconoscimento dei mezzi autorizzati all'ingresso e di punire eventuali trasgressioni da parte dei veicoli non autorizzati.

Incrementare l'utilizzo di modi di trasporto a minor consumo energetico unitario

Obiettivo generale di questo indirizzo è la riduzione della domanda di trasporto su veicolo privato a favore del trasporto pubblico.

Questo si può ottenere attraverso:

- B.1 – il Transit Oriented Development (TOD);
- B.2 – il potenziamento del trasporto pubblico mediante azioni che prevedono;
- B.3 – la realizzazione di nuove infrastrutture ferroviarie e nodi di interscambio (park and ride);
- B.4 – integrazione tariffaria e sistemi innovativi di pagamento elettronico;
- B.5 – incremento e miglioramento dei servizi di trasporto collettivo;
- B.6 – sistemi telematici applicati al trasporto pubblico;
- B.7 – la riduzione dell'utilizzo del veicolo privato con;
- B.8 – promozione della sharing mobility (car sharing, car pooling, bike sharing);
- B.9 – promozione di piani per gli spostamenti sistematici mediante la promozione della figura del mobility manager;
- B.10 – politiche della sos;
- B.11 – promozione della mobilità pedonale e ciclabile.

Nei paragrafi che seguono vengono analizzate singolarmente tutte le azioni sopraelencate, tranne i sistemi innovativi di pagamento elettronico e i sistemi telematici applicati al trasporto pubblico che saranno trattati nella sezione E dedicata agli ITS.

B.1 - Transit Oriented Development

I trasporti assumono oggi un ruolo centrale nello sviluppo urbanistico della città e del territorio nonché nell'aumento del benessere e nel miglioramento della qualità della vita dei cittadini. Negli ultimi anni, con l'intensificarsi dei problemi di natura energetica e ambientale, si è capito che occorre integrare la pianificazione territoriale, energetica ed economica con la pianificazione dei sistemi di trasporto, orientando lo sviluppo verso modalità di trasporto a minor consumo energetico (bus, metropolitane, tram). Un esempio di strumento di governo integrato trasporti-territorio è il Transit Oriented Development (TOD), un modello di sviluppo urbano orientato al trasporto collettivo, attraverso la concentrazione e la densificazione delle aree intorno alle stazioni delle metropolitane e alle stazioni. Con una attenta politica di governo delle trasformazioni urbane nelle aree di influenza delle stazioni, le amministrazioni riducono i fenomeni di dispersione ed incrementano l'accessibilità al trasporto pubblico delle città, riducendo la dipendenza dall'autovettura privata e favorendo l'utilizzo di modi di trasporto più sostenibili, con conseguente risparmio energetico e diminuzione della congestione da traffico.

Le applicazioni del TOD propongono di riqualificare il territorio con interventi sulla rete ferroviaria che portano ad un miglioramento dei servizi di trasporto pubblico, incrementando l'intermodalità e l'accessibilità da e per le stazioni.

Inoltre, gli interventi sui sistemi di trasporto vengono progettati anche per risanare il degrado urbano di determinate zone della città, attraverso il miglioramento della qualità architettonica e urbanistica delle aree e delle piazze dove sono ubicate le stazioni, con il risultato di creare nuovi spazi di aggregazione e integrazione sociale; allo stesso tempo, riqualificando le stazioni e le aree limitrofe si valorizza il trasporto pubblico rendendolo più "attraente" per i cittadini.

Oltre ai benefici energetici, altri effetti positivi per le amministrazioni sono: innalzamento della qualità delle aree urbane periferiche, incremento dei ricavi per le aziende di TPL, uso più efficiente delle infrastrutture di trasporto, maggiore sviluppo economico del territorio e infine un aumento dei valori immobiliari e dei suoli per diverse destinazioni d'uso, con conseguente aumento delle entrate pubbliche legate alle tasse.

I benefici per i cittadini sono: incremento della qualità dell'offerta dei servizi, riduzione dei costi di trasporto, migliore qualità dell'aria, riqualificazione di aree periferiche degradate, aumento delle condizioni di sicurezza nelle aree adiacenti alle stazioni.

B.2 - Nuove infrastrutture ferroviarie e nodi di interscambio (park and ride)

Per favorire il riequilibrio modale riducendo il trasporto privato è necessario potenziare i servizi di trasporto pubblico mediante la costruzione di nuove linee di trasporto su ferro e/o l'estensione di quelle esistenti: metropolitane e modalità di trasporto in sede propria (ad esempio, tram). L'Italia è, tra i paesi europei, il meno dotato di strutture di Trasporto Pubblico Locale in sede propria; i programmi deliberati ed in corso di attuazione hanno consentito un miglioramento nelle dotazioni strutturali di alcune città, ma le iniziative intraprese appaiono comunque sottodimensionate rispetto alle esigenze (ISFORT, 2011). Lo sviluppo del trasporto su rotaia è, in Italia, un'opportunità concreta di passaggio verso modelli di mobilità più sostenibili nelle città.

Altra azione per potenziare i servizi di trasporto collettivo è l'introduzione del park and ride in prossimità dei nodi di interscambio. Grazie a questo sistema, gli utenti del trasporto privato possono parcheggiare la propria auto in un parcheggio scambio, ubicato nei pressi di stazioni della metropolitana o altri nodi, per poi utilizzare un mezzo pubblico (metro o bus-navetta a minor consumo energetico).

Nella maggior parte dei casi la costruzione di questi parcheggi avviene fuori dal centro urbano per diminuire la congestione stradale lungo le strade di accesso ed uscita dal centro. Il servizio generalmente si rivolge ad un'utenza abituale, ad esempio pendolari che svolgono il loro lavoro all'interno del centro urbano. In genere, nei parcheggi di interscambio le soste sono lunghe, le tariffe sono basse e, di conseguenza, poco remunerative; quindi, sono infrastrutture principalmente realizzate e gestite da enti pubblici.

La coerenza tra la politica in materia di parcheggi e l'infrastruttura del trasporto pubblico è essenziale per incoraggiare l'utilizzo di modalità di trasporto alternative. Ad esempio, un prerequisito per garantire l'efficace introduzione di un servizio park & ride è l'eliminazione di aree di parcheggio gratuite nelle vicinanze del centro storico. Questi

elementi dovrebbero essere supportati da un complesso sistema promozionale e d'informazione accessibile a diversi gruppi di utenti.

B.3 - Incremento e miglioramento dei servizi di trasporto collettivo

Per aumentare l'attrattività dei servizi di trasporto pubblico e pertanto favorire lo split modale, le amministrazioni, in collaborazione con le società di trasporto pubblico, devono migliorare la qualità dei servizi, ovvero fornire un livello di servizio soddisfacente alla mobilità interna al territorio in esame e nei suoi collegamenti con l'area ad esso esterna.

Per raggiungere questi obiettivi, le amministrazioni devono:

- ridurre al minimo i tempi tra origine e destinazione su tutti i sistemi di trasporto collettivo (anche mediante la riserva di opportune corsie);
- aumentare l'affidabilità del servizio al fine di ridurre i tempi di attesa;
- aumentare la frequenza e le ore di servizio;
- aumentare l'integrazione tra tutti i modi di trasporto sia individuali (auto, moto, bici) che collettivi (metropolitana, tram, bus, taxi, etc.) considerando l'intero sistema come una rete multimodale;
- migliorare la formazione degli autisti per uno stile di guida regolare ed efficiente sotto il profilo del consumo energetico;
- favorire l'accessibilità per tutti, in particolare per le persone con esigenze speciali;
- migliorare il comfort dell'utente sia a terra, installando servizi di attesa di alta qualità nelle stazioni e alle fermate (sedili, ripari, servizi di cortesia), che a bordo dei veicoli (architettura interna del veicolo, posti a sedere, condizionamento, wifi, servizi di infomobilità e di informazione turistica);
- migliorare la sicurezza dei veicoli e delle persone a bordo (installazione telecamere alle fermate e sui veicoli, adeguata illuminazione nelle stazioni e zone adiacenti).

B.4 - Promozione della sharing mobility (car sharing, car pooling e bike sharing)

Negli ultimi anni si sono sviluppate modalità di trasporto innovative basate sulla condivisione (sharing) di veicoli (auto, bici, moto), che possono essere considerate l'evoluzione del car pooling, nato negli USA con la crisi energetica degli anni 70, successivamente abbandonato e poi rinato con l'aumento del prezzo del petrolio. La diffusione dei servizi condivisi come componenti dell'offerta multimodale dipende dal livello di integrazione nel sistema complessivo in termini di strumenti di informazione e di pianificazione del viaggio, nonché di prenotazione e di pagamento. In questo campo, l'innovazione tecnologica e la diffusione di opportune applicazioni per smartphone costituiscono condizioni necessarie.

Per incentivare la sharing mobility, le amministrazioni possono integrare questi servizi con il TPL: un'integrazione prima di tutto di servizio, ovvero una rete in cui è facile l'accesso e l'interscambio tra TPL e stazioni di bike o car sharing. Non meno importante è l'integrazione tariffaria: si può, ad esempio, caricare nella stessa tessera

l'abbonamento all'autobus, quello ferroviario, al bike sharing e al car sharing, in modo tale da consentire a pendolari e viaggiatori l'opportunità di spostarsi nel territorio urbano utilizzando mezzi diversi con un'unica card.

Car sharing

Il car sharing consiste nell'uso alternato del medesimo veicolo da parte di una serie di utenti per il tempo necessario a ciascuno a soddisfare le proprie esigenze di mobilità. È un servizio di mobilità analogo all'auto a noleggio, ma è su scala urbana ed è caratterizzato da:

- un sistema di accreditamento preliminare una tantum, con accertamento della identità e del possesso della patente;
- accesso diretto all'auto e riconsegna in punti di distribuzione e raccolta predefiniti, molto più diffusi nell'area servita rispetto ad un sistema di auto a noleggio;
- pagamento in funzione dei chilometri percorsi ed al tempo di uso, nonché della ripetitività di uso, oltre ad una eventuale quota annua o una tantum;
- assistenza e pulizia, ed eventualmente anche il rifornimento di carburante, a carico dello staff dell'operatore.

I benefici dal punto di vista energetico sono la riduzione dell'uso delle auto di proprietà, dei veic-km totali in città e della congestione da traffico; in più il car sharing, offrendo la possibilità di scegliere il veicolo più appropriato per ogni viaggio, favorisce un uso più razionale dell'auto da parte degli utenti che comporta una riduzione dei consumi di carburante e di CO₂. Il principio del "pay as you drive" rende le persone più consapevoli dei costi di viaggio spingendole ad utilizzare di più il trasporto pubblico e la bici e, in definitiva, a cambiare le proprie abitudini a favore di modalità di trasporto energeticamente più efficienti.

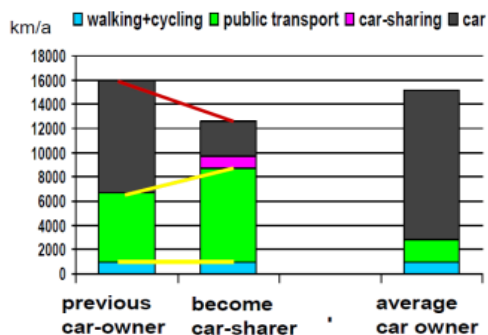


Fig. 4.1: study Energie 2000/Muheim Svizzera, 1998.

Uno studio della Swiss Energy Agency ha mostrato come lo shift modale porta ad una riduzione di circa 290 kg di CO₂ all'anno per utente del servizio.

Si ha in questo modo un doppio risparmio energetico: diminuzione di consumi dovuti sia alla riduzione dei veicoli circolanti che alla sostituzione dei chilometri effettuati da

autovetture vecchie e non rispondenti alle nuove norme di emissione con chilometri effettuati da vetture di car sharing nuove e più efficienti in termini di consumi energetici. La riduzione della domanda di parcheggio su strada comporta infine altri importanti vantaggi per le città: minori costi per i comuni dovuti al risparmio sulla costruzione e manutenzione di parcheggi (ogni vettura car sharing sostituisce in media 6 auto di proprietà) e risparmio di spazio in quanto le aree che sono liberate dalle auto possono essere utilizzate per altri scopi (zone pedonali, aree verdi, attività sociali e commerciali, etc.).

Per incentivare l'uso del car sharing, le amministrazioni possono:

- autorizzare gli utenti a circolare all'interno delle ZTL, lungo le corsie preferenziale e nelle giornate in cui è in vigore il blocco del traffico;
- permettere che l'utente parcheggi gratuitamente nelle aree di sosta a pagamento;
- predisporre degli incentivi per chi rottama la propria auto vecchia o non ecologica, come ad esempio un bonus economico a cui aggiungere un abbonamento gratuito o con forte sconto al servizio di car sharing.

Car pooling

Come il car sharing, anche il car pooling fa parte di quelle iniziative che mirano all'ottimizzazione e collettivizzazione del trasporto privato e che sono finalizzate alla riduzione dei veicoli privati circolanti in ambito urbano. Esso prevede che gli spostamenti su mezzo privato possono essere effettuati da gruppi di utenti che, dovendo effettuare il medesimo percorso, utilizzano uno stesso veicolo, ripartendo tra tutti i passeggeri le spese di un viaggio in auto che il proprietario avrebbe in ogni caso sostenuto. L'uso collettivo dell'automobile è una realtà già praticata da molto tempo anche nelle aziende, ma in forma spontanea e disarticolata da parte dei dipendenti e, quindi, con risultati modesti ai fini della riduzione delle percorrenze complessive.



Fig. 4.2: portale web del servizio di car pooling del comune di Meda (MB).

Dal punto di vista dell'ente pubblico promotore del car pooling, i vantaggi sono la riduzione dei veicoli che circolano, soprattutto per spostamenti sistematici di media e lunga distanza come quelli casa-lavoro o casa-università e quindi la conseguente riduzione della congestione stradale, dei consumi energetici e dell'inquinamento atmosferico.

Per facilitare questo servizio i comuni possono inserire nelle pagine web dei propri siti istituzionali dedicate al car pooling, un modulo che l'utente compila con i dati di viaggio (luogo di partenza e di destinazione, giorno e ora dello spostamento e recapiti per essere contattato). Una volta compilato, l'utente verrà reindirizzato o su un'altra pagina del sito dove un software specifico gestisce la banca dati e organizza i gruppi di auto oppure su una piattaforma di car pooling esterna dove potrà scegliere l'alternativa di viaggio a lui più favorevole e contattare l'altro viaggiatore per accordarsi sui dettagli. Altra azione che i gestori del traffico possono attuare per favorire e promuovere attivamente il servizio sono: esenzione dalle limitazioni di traffico nelle aree centrali, possibilità di utilizzare corsie riservate, parcheggi gratuiti, ecc.

Bike sharing

Una delle politiche di governo della mobilità orientate verso la sostenibilità e il risparmio energetico è l'introduzione di un servizio di bike sharing, ovvero un servizio di mobilità che permette il noleggio rapido e automatico di biciclette messe a disposizione, in genere, in corrispondenza dei principali attrattori cittadini (zone pedonali, stazioni ferroviarie, ospedali, università, etc.).

Il sistema di bike sharing deve essere considerato dalle amministrazioni come parte di un sistema di trasporto intermodale, in modo tale da consentire alle persone di scendere da un mezzo pubblico per prendere una bicicletta ubicata nei pressi della fermata e viceversa, diventando così una possibile soluzione al problema dell'ultimo miglio", cioè quel tratto di percorso che separa la fermata dell'autobus o la stazione della metro o del treno dalla destinazione finale dell'utente.

Per migliorare l'efficienza e la fruibilità del servizio si possono adottare sistemi di pagamento integrati con il trasporto pubblico, ad esempio smartcard ricaricabili che possono essere utilizzate per bus, metro e bike sharing.

Essendo la bicicletta il mezzo più efficiente dal punto di vista energetico, la promozione del bike sharing è uno dei provvedimenti più efficaci da mettere in campo per ridurre i consumi di petrolio e le emissioni inquinanti. L'obiettivo è incentivare lo shift modale da veicoli a motore a mezzi a impatto ambientale nullo, per gli spostamenti di breve e media lunghezza.

Gli altri benefici per i cittadini e i comuni derivano dal fatto che il bike sharing:

- riduce la congestione del traffico e migliora la qualità dell'aria;
- aumenta l'accessibilità territoriale;
- rappresenta un'alternativa al trasporto pubblico per distanze brevi;
- migliora la salute fisica e mentale dei cittadini;
- migliora l'immagine della città e attrae turismo;

- genera investimenti nell'industria locale (domanda hardware/software, nuovi prodotti e servizi).

L'evoluzione attuale del bike sharing è caratterizzata dalla presenza di biciclette elettriche a pedalata assistita accanto a quelle tradizionali che permette ad un numero maggiore di persone di poter usufruire del servizio e rende percorribili anche tratti impegnativi caratterizzati da salite impegnative.

Per ottenere risultati soddisfacenti, il bike sharing deve essere accompagnato da altre misure di promozione della mobilità ciclabile come ad esempio la realizzazione di piste estese, sicure, con pavimentazione e segnaletica verticale e orizzontale adeguata. Le città che investono fortemente in infrastrutture ciclistiche prima di lanciare il servizio di bike sharing avranno probabilmente più utenti perché avranno reso gli spostamenti in bici più attraenti.

Infine, in un'ottica di maggiore sostenibilità del servizio, è possibile utilizzare stazioni modulari componibili e mobili, alimentate con energia solare, che facilitano l'installazione e l'eventuale spostamento verso punti di domanda variabili durante l'anno.

B.5 - Promozione di piani per gli spostamenti sistematici (mobility management)

Il Mobility Manager è un dipendente aziendale che ha l'incarico di individuare una serie di azioni finalizzate alla riduzione del numero di veicoli privati circolanti a favore di mezzi di trasporto a minor consumo energetico, con lo scopo di migliorare la mobilità nelle aree urbane e diminuire gli impatti del traffico sull'ambiente. Il Decreto Ronchi del marzo '98 stabilisce che tutte le imprese e gli enti pubblici con più di 300 dipendenti per singola unità locale, o complessivamente con più di 800 addetti, ubicate nei comuni compresi nelle zone a rischio di inquinamento atmosferico individuate dalle Regioni, devono identificare un Mobility Manager Aziendale che adotti il "Piano degli Spostamenti Casa-Lavoro" (PSCL). Il Ministero dell'Ambiente ha emanato un successivo decreto in data 20 dicembre 2000 ("Finanziamento ai Comuni per il governo della domanda di mobilità"), il quale introduce la figura del Mobility Manager d'Area che ha compiti di coordinamento tra i diversi Mobility Manager Aziendali per offrire ad essi gli strumenti di analisi e confronto per la corretta identificazione delle migliori strategie da attuare a livello aziendale, oltre a fungere da tramite con il livello amministrativo e politico dell'ente locale.

Il punto di forza del Mobility Management è di rappresentare un nuovo approccio ai problemi del traffico e del risparmio energetico, in quanto è orientato essenzialmente alla gestione della domanda di mobilità ed all'ottimizzazione dell'esistente piuttosto che alla realizzazione di nuovi interventi infrastrutturali che spesso richiedono grossi finanziamenti e non sempre producono i risultati attesi.

Il PSCL consiste nello sviluppo, nell'implementazione e nel controllo di un insieme ottimale di misure, tenendo conto delle condizioni dell'ambito specifico (comportamenti e bisogni di mobilità dei dipendenti, situazione politica dei trasporti dell'area urbana nella quale le imprese sono situate) e degli obiettivi generali da raggiungere (risparmio energetico, riduzione dell'inquinamento atmosferico, trasferimento dall'uso di mezzi

individuali a quelli collettivi), per la rimodulazione degli spostamenti casa-lavoro del personale dipendente.

Le misure che possono essere previste nel PSCL sono:

- servizio di navetta per gli spostamenti casa - lavoro; le navette hanno in genere un percorso prestabilito, con passaggi ad orari stabiliti e coincidenti con gli orari di ingresso e di uscita dall'azienda;
- contributi economici all'acquisto di abbonamenti annuali al TPL per i dipendenti
- agevolazioni per il bike e car sharing;
- car pooling; per incentivare tale pratica, le aziende possono riservare una parte dei propri parcheggi a coloro che, per recarsi al lavoro, condividono il proprio mezzo con altri colleghi;
- convenzioni per dipendenti per sostituire le loro auto alimentate con i tradizionali combustibili fossili con veicoli "puliti";
- accordi con le cooperative di taxi; ad esempio si può istituire un servizio di accompagnamento in taxi, avente come destinazione/origine le sedi di lavoro, secondo percorsi e tariffe predefinite, per favorire l'integrazione del servizio taxi all'interno del TPL, valorizzando il ruolo e le potenzialità dell'offerta di trasporto non di linea per ridurre l'uso individuale del veicolo privato;
- servizio di accompagnamento a chiamata per il personale aziendale.

B.6 - Politiche della sosta

Il governo del sistema della sosta da parte della Pubblica Amministrazione è una componente fondamentale del processo di pianificazione e gestione della mobilità nelle aree urbane e costituisce uno degli strumenti più efficaci di demand management: regolando l'offerta di sosta disponibile si può disincentivare il trasporto privato e favorire l'uso di modalità alternative a minor consumo energetico.

Per incrementare l'uso del trasporto pubblico e ridurre il traffico veicolare, gli obiettivi che devono essere perseguiti dalle amministrazioni sono: la riduzione della sosta residenziale e di destinazione (cioè in prossimità dei luoghi di lavoro) attraverso la realizzazione di parcheggi destinati ai residenti o agli operatori di attività localizzate in particolari aree; destinare i limitati spazi su strada disponibili all'interno delle aree urbane alla sosta di breve durata, mediante l'adozione di un sistema tariffario progressivo; infine, la realizzazione di parcheggi pubblici in sede propria volti a favorire l'intermodalità in prossimità delle maggiori direttrici di accesso all'area urbana: in questo modo si spostano quote di domanda di sosta verso le aree più periferiche in cui viene garantito l'interscambio con i trasporti pubblici locali. La presenza di un TPL efficiente, capace di muovere le persone verso il centro della città evitando l'uso dell'auto privata, unitamente a un adeguato controllo e stazionamento di tutti gli abusi sono chiaramente le condizioni necessarie affinché le azioni appena descritte abbiano successo.

Le amministrazioni possono attuare politiche della sosta finalizzate alla riduzione del traffico privato attraverso l'applicazione di regolamentazione e tariffazione d'uso sui

parcheggi pubblici su strada e quelli ad uso pubblico su aree dedicate gestite da enti pubblici. Per quanto riguarda la regolamentazione, le amministrazioni possono agire su:

- la durata della sosta (in genere stalli con durata breve nelle aree centrali e con durate più lunghe nelle aree periferiche);
- gli orari di sosta (ad esempio, nelle aree residenziali parcheggio libero solo nelle ore serali);
- l'offerta di parcheggio (aumentare o diminuire in alcune fasce orarie le aree dedicate al parcheggio per disincentivare l'uso del veicolo o per rendere le aree maggiormente accessibili);
- i permessi di sosta da rilasciare solo ad alcune categorie di veicoli, ad esempio quelle energeticamente più efficienti.

Per quanto invece concerne la tariffazione, i comuni possono definirla in base al periodo di sosta (sosta breve con tariffazione oraria, quella più lunga con un costo giornaliero o per metà giornata), in base all'orario o al giorno della settimana (tariffe fisse o variabile, ad esempio con un aumento del costo orario durante le ore di punta) oppure in base all'area urbana (tariffe più alte nelle zone altamente servite dal trasporto pubblico).

I ricavi derivanti dalla tariffazione della sosta possono essere reinvestiti dai comuni nella realizzazione di parcheggi fuori strada in maniera tale da ridurre gli spazi destinati alla sosta in superficie, per restituirli agli spostamenti pedonali, alle piste ciclabili ed al verde.

B.7 - Promozione della mobilità ciclabile e pedonale

Per disincentivare il trasporto privato nelle aree urbane sono necessarie misure tese a ridurre gli spazi a disposizione dell'auto privata, come la realizzazione di zone a traffico limitato, isole pedonali e piste ciclabili. Negli ultimi anni, a causa dell'intensificarsi di problemi di natura ambientale derivanti da elevati consumi energetici ed emissioni atmosferiche da traffico, si è deciso di puntare sullo sviluppo di modalità di trasporto alternative a minor impatto ambientale. Tra queste ci sono i cosiddetti active modes, i modi di trasporto attivi come la bicicletta e l'andare a piedi, che devono essere incentivati non solo per ridurre i consumi energetici da traffico ma anche per promuovere stili di vita salutari e migliorare la qualità di vita dei cittadini.

Prima di analizzare singolarmente la mobilità ciclabile e quella pedonale, va sottolineato che per raggiungere gli obiettivi sopradescritti, gli interventi di soft mobility devono essere messi a "sistema" su aree vaste e non su singole strade isolate dove non porterebbero a risultati concreti e durevoli nel tempo.

Mobilità ciclabile

La promozione e diffusione della mobilità ciclabile può incidere significativamente sullo split modale nelle aree urbane. La bici è il mezzo di trasporto più sano, economico ed è più efficiente dal punto di vista energetico il cui utilizzo offre molteplici benefici per la società e l'ambiente. Nelle aree urbane europee quasi la metà degli spostamenti in auto ha una lunghezza inferiore ai 5 km e, considerando che per percorsi così brevi i consumi di carburante sono maggiori perché il motore impiega tempo per riscaldarsi, risulta

evidente che la bici è la modalità di trasporto più adatta per tali distanze. Negli ultimi anni lo sviluppo di bici elettriche a pedalata assistita ha permesso ad un numero maggiore di persone di poterle utilizzare ed ha reso percorribili anche tratti impegnativi caratterizzati da salite impegnative.

La mobilità ciclabile fa bisogno della preventiva realizzazione di un'ampia rete cittadina di strade adatte all'uso della bicicletta. Devono essere progettate infrastrutture ciclabili che consentano la separazione fisica dei ciclisti dai veicoli motorizzati, che possano risultare comode per chi le utilizza e che debbano garantire connessioni dirette tra i punti di origine e destinazione. Al fine di favorire una mobilità piacevole e sicura, è da dedicare massima attenzione alla cura delle pavimentazioni, della segnaletica e dei punti critici quali intersezioni con i binari tranviari, piazze, ponti etc. Va garantita inoltre un'adeguata offerta di parcheggi attraverso l'installazione di rastrelliere distribuite in modo diffuso sul territorio urbano, principalmente in prossimità di punti di ritrovo o poli d'interesse pubblico. Altre misure a favore della mobilità ciclabile sono quelle di traffic calming (ad es. zone 30, introduzione limiti di velocità, zone pedonali con permesso per bici) che permettono una migliore e più sicura convivenza tra autovetture bici e pedoni.

Sulle lunghe distanze, l'intermodalità trasporto pubblico-bici rende quest'ultima competitiva nei confronti dell'autovettura privata; essa può avvenire o trasportando le bici sul mezzo pubblico (metro, bus, tram etc.) oppure realizzando parcheggi per bici nei nodi intermodali (fermata bus o stazione metro). Anche il servizio di bike sharing analizzato precedentemente è generalmente caratterizzato dall'intermodalità con l'auto o con i mezzi di trasporto pubblico. In tutti questi casi, l'integrazione tra le diverse modalità avrà tanto più successo quanto più il sistema di trasporto pubblico sarà efficace e di qualità.



Fig. 4.3: Esempi di interventi di promozione della mobilità pedonale e ciclabile nelle aree urbane.

Per quanto riguarda i benefici, la bici è un mezzo di spostamento ad impatto ambientale nullo, il cui uso riduce la dipendenza dall'auto per alcuni tipi di spostamenti (ad es. casa-lavoro) e giova alla salute dei cittadini. Gli interventi a favore della mobilità ciclabile sono generalmente molto apprezzati dai cittadini e dagli stakeholders coinvolti.

Tuttavia in alcune zone persistono degli ostacoli alla promozione di tale modalità: negli ultimi decenni la pianificazione della mobilità ciclabile è stata spesso trascurata e messa

in secondo piano, l'offerta di strutture e servizi è stata talvolta carente ed infine, in alcuni stati europei, è percepita come un'attività pericolosa. In realtà un'accurata progettazione delle infrastrutture, la promozione della "cultura della bicicletta" e campagne di marketing mirate possono rimuovere le paure infondendo una maggiore sicurezza nella coscienza degli utenti. In conclusione, un aumento degli investimenti per la realizzazione e il potenziamento di piste ciclabili estese, sicure e integrate con gli altri sistemi di trasporto è condizione indispensabile per promuovere la mobilità ciclistica come alternativa all'uso del mezzo privato.

Mobilità pedonale

I problemi del risparmio energetico nel settore della mobilità vengono affrontati non solo con interventi infrastrutturali, ma anche con politiche di controllo della domanda come ad esempio la limitazione/divieto di accesso in auto in determinate zone della città (Zone a Traffico Limitato). Per favorire la mobilità pedonale, oltre alle ZTL, dovrebbero essere realizzati spazi dedicati ai pedoni quali zone pedonali, percorsi pedonali protetti, spazi di coesistenza, zone 30, sovrappassi e sottopassi, marciapiedi su entrambi i lati di tutte le strade. A seconda del motivo dello spostamento vanno distinte reti pedonali per la mobilità quotidiana di chi si reca al lavoro o a scuola e reti con funzione turistico-ricreativa che permetta di raggiungere le strutture per lo svago e per il tempo libero.

Di seguito le caratteristiche che devono avere le reti pedonali per essere attrattive per gli utenti:

- massima connessione con altre modalità di trasporto e in particolare collegamento con i nodi di scambio del trasporto pubblico;
- nessuna deviazione e ostacolo che impediscono di avanzare celermente;
- considerare le esigenze di tutti i pedoni, inclusi bambini, anziani e disabili;
- regolazioni degli impianti semaforici presenti devono essere regolati in maniera tale da ridurre quanto più è possibile il tempo di attesa dei pedoni agli incroci;
- massima sicurezza; la percezione di sicurezza di un utente è fondamentale nella sua scelta del mezzo di trasporto: una rete ben illuminata, con adeguato arredo urbano, con attraversamenti sicuri e senza punti di conflitto con altre modalità di trasporto ne incoraggerà l'uso sia diurno che notturno;
- massima riconoscibilità attraverso marciapiedi di materiale o colore diverso e segnaletica orizzontale e verticale che indica percorsi pedonali e i tempi per raggiunge e i principali luoghi di interesse della città.

Oltre ai già citati benefici dal punto di vista energetico e ambientale, la realizzazione di appositi percorsi pedonali, così come quelli ciclabili, porta vantaggi anche di tipo economico rivitalizzando le aree commerciali e aumentando l'attrattività turistica, soprattutto nei centri storici delle città.

Fluidificare il traffico veicolare

Per risolvere il problema del contenimento dei consumi del trasporto passeggeri e merci in ambito urbano occorre migliorare l'efficienza energetica dei sistemi di trasporto.

Questo si ottiene certamente mediante l'utilizzo di veicoli più efficienti dal punto di vista energetico, potenziando e riorganizzando i servizi di trasporto collettivo passeggeri e del trasporto merci ma anche ottimizzando le prestazioni della rete stradale e migliorando le condizioni di deflusso. La fluidificazione della circolazione stradale si può ottenere con il contenimento della domanda privata e la razionalizzazione del traffico urbano utilizzando le moderne tecnologie telematiche per la regolazione e il controllo del traffico e per fornire una capillare informazione (anche in tempo reale) ad operatori ed utenti del sistema di trasporto.

Nei paragrafi che seguono sono descritti i possibili impatti delle seguenti azioni finalizzate alla fluidificazione del traffico veicolare:

- C.1 - sincronizzazione dei segnali semaforici;
- C.2 - sistemi di informazione ai guidatori e trip planner;
- C.3 - sistemi di indirizzamento ai parcheggi;
- C.4 - regolamentazione dei percorsi per i veicoli commerciali.
- C.5 - infrastrutture per la sosta

C.1 - Sincronizzazione dei segnali semaforici

La regolazione semaforica è la principale modalità di controllo del traffico nelle reti urbane in quanto alterna il diritto d'uso della parte di via condivisa alle intersezioni tra correnti conflittuali. I sistemi di controllo del traffico urbano (UTC, Urban Traffic Control) sono quindi sistemi che agiscono direttamente sui dispositivi di attuazione per coordinare tra di loro le intersezioni adiacenti e rendere il traffico più fluido. La sincronizzazione semaforica ha quindi la funzione di ottimizzare gli istanti di inizio delle fasi semaforiche delle intersezioni in una rete.

I benefici sono molteplici. Riducendo il tempo di permanenza dei veicoli su strada e i continui "stop and go" non solo si riducono i consumi di carburante e le emissioni inquinanti ma si aumenta anche la sicurezza agli incroci.

Infine l'utilizzo degli UTC ha portato, in alcune città, ad una riduzione dei tempi di viaggio dei veicoli privati del 20% e, laddove con questi sistemi si è assegnata priorità ai mezzi pubblici, si è registrato un aumento fino al 40% della velocità commerciale dei mezzi TPL.

C.2 - Sistemi di informazione ai guidatori e trip planner

Il miglioramento delle condizioni di deflusso passa anche attraverso l'utilizzo di sistemi di informazione ai guidatori e di scelta del percorso in tempo reale che danno indicazioni, sia prima che durante il viaggio, sulle condizioni della strada (congestione, incidenti, etc.), su percorsi alternativi, sulla disponibilità di parcheggi, sui tempi di viaggio per arrivare a destinazione in funzione del traffico presente sulla rete.

Esistono diverse modalità di trasmissione dell'informazione all'utenza: i pannelli a messaggio variabile servono per trasmettere all'utenza stradale indicazioni normalmente mostrate con segnaletica verticale o orizzontale ed eventualmente fornire informazioni e consigli; le informazioni possono essere fornite anche attraverso chioschi informatici

posti presso luoghi ad elevata frequentazione o nelle aree di interscambio merci (spazi logistici di prossimità, centri di distribuzione urbana, pick-up point) e passeggeri (parcheggi d'interscambio); la trasmissione di informazioni può infine avvenire attraverso il web e specifiche app per smartpone e tablet.



Fig. 4.4: Pannello a messaggio variabile in Scozia.

I sistemi trip planner (pianificazione dell'itinerario) permettono all'utente di pianificare il proprio percorso da un luogo di origine ad uno di destinazione in funzione dello stato attuale della rete.

L'attuale tendenza è quella di superare i sistemi di informazione relativi alla singola modalità o ai soli servizi offerti dalle singole aziende di trasporto; si va invece verso lo sviluppo di sistemi che considerano tutte le modalità disponibili nell'area urbana in esame: trasporto pubblico, bike e car sharing, percorsi pedonali; in questi casi verranno indicati gli eventuali cambi di mezzo di trasporto ed i relativi orari.

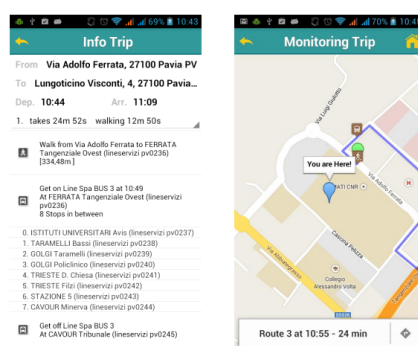


Fig. 4.5: Trip planner, progetto IRMA, Pavia.

L'evoluzione dei pianificatori di viaggio sono i pianificatori integrati di attività e di viaggio (activity-based trip planner), per il suggerimento del programma giornaliero ottimale delle attività e delle relative modalità di trasporto, in funzione dei vincoli del decisore e delle condizioni previste di funzionamento della rete di trasporto e di eventuali tariffe differenziate

C.3 - Sistemi di indirizzamento ai parcheggi

Gli automobilisti che girano a vuoto alla ricerca di un parcheggio libero causano circa il 30% del traffico urbano. Indirizzare gli automobilisti verso gli stalli di sosta liberi riduce i tempi di percorrenza dei veicoli e la congestione e, di conseguenza, i consumi energetici.

Il sistema è essenzialmente costituito da una centrale di controllo connessa a cartelli indicatori di direzione e pannelli informativi a messaggi variabili posizionati nei punti più importanti della città. Grazie a dei sensori posizionati sulla superficie di ogni singolo stallo di sosta che ne rilevano lo stato libero o occupato, il sistema raccoglie, dai vari parcheggi o aree di sosta della città, il dato relativo al numero di posti auto disponibili e invia l'informazione ai dispositivi dislocati su strada in modo da renderla fruibile agli automobilisti.

Il sistema di parcheggio può anche essere integrato con delle APP per smartphone che guidano l'automobilista verso il parcheggio libero a lui più vicino, dando eventualmente anche la possibilità di pagare la sosta attraverso lo stesso dispositivo mobile in maniera rapida e semplice.



Fig. 4.6: Sistema di indirizzamento ai parcheggi a Ravenna.

C.4 - Regolamentazione dei percorsi per veicoli commerciali

Per ridurre al minimo le interferenze dei veicoli che consegnano prodotti nelle città con le altre componenti della mobilità (ad esempio, traffico privato e mobilità pedonale) e rendere quindi più fluido il traffico veicolare in ambito urbano, le amministrazioni possono definire un'offerta infrastrutturale dedicata al solo trasporto merci; in altre parole, le autorità locali possono indurre o obbligare ad utilizzare particolari percorsi in modo da evitare che i conducenti dei veicoli commerciali scelgano quelli più inappropriati. Queste strategie di instradamento (routing) hanno come effetto un minore utilizzo delle strade non adatte al traffico pesante con conseguente riduzione della congestione e dei tempi di transito per gli operatori del trasporto.

Per comunicare ai responsabili delle operazioni di trasporto delle merci le informazioni sui percorsi consigliati/obbligatorie per suggerire percorsi alternativi in caso di congestione, si possono utilizzare segnali stradali, pannelli a messaggio variabile, GPS e specifiche APP per smartphone e tablet.

C.5 - Infrastrutture per la sosta

L'occupazione delle strade urbane da parte dei veicoli in sosta rappresenta il più importante fattore di congestione del traffico nelle città. È necessario quindi regolamentare e sgomberare le principali strade cittadine dalla sosta veicolare, quantomeno quelle soste che si configurano di intralcio per la mobilità urbana, specie in prossimità delle intersezioni che rappresentano i punti nevralgici della circolazione veicolare. Per migliorare la fluidità del traffico vanno quindi realizzati parcheggi fuori strada che consentano la sosta dei veicoli in appositi spazi localizzati fuori dalla carreggiata stradale. Va infine sottolineato che lo scarso rispetto delle norme di alcuni utenti dei sistemi di trasporto rende necessari controlli capillari e continui dei parcheggi e della sosta in modo da sanzionare e contrastare qualsiasi comportamento trasgressivo.

Razionalizzare i flussi logistici urbani

La logistica urbana ha un forte impatto sulla mobilità essendo causa di fenomeni di inquinamento atmosferico, consumo di fonti energetiche non rinnovabili e congestione da traffico che vanno ad incidere in maniera significativa sul deterioramento della qualità ambientale e della vivibilità, soprattutto nelle grandi aree. Negli ultimi anni, poi, la situazione nei grandi centri è stata resa ancor più critica dal crescente sviluppo dell'e-commerce, caratterizzato dalla polverizzazione dei luoghi di consegna, e dall'aumento della frequenza dei rifornimenti ai punti vendita per ridurre il capitale immobilizzato in scorte e i conseguenti oneri finanziari e per diminuire le aree per lo stoccaggio dei prodotti, ovvero gli spazi per svolgere l'attività e i relativi costi di fitto. Queste recenti tendenze hanno generato maggiori flussi di veicoli merci, alimentando ancor di più la congestione e i consumi di carburante nelle aree urbane.

Secondo una stima della Conferenza Europea dei Ministri dei Trasporti, il trasporto urbano delle merci in Europa pesa per oltre il 30% sul totale del traffico merci in t-km e contribuisce per il 20% all'occupazione della rete stradale (in termini di vetture equivalenti), per il 56% alle emissioni complessive di PM₁₀ e per il 23% alle emissioni di CO₂.

In Italia, nel 2010, il 33,7% del consumo totale di energia è dovuto ai trasporti, e di questo un terzo è dovuto al trasporto merci. L'entità del trasporto di merci in ambito urbano (trasferimenti che avvengono su distanze non superiori ai 50 km) ammonta, in Italia, su base annua, a 606 milioni di tonnellate ed a 12,5 miliardi di t/km, pari, rispettivamente, al 48,8% ed al 7,2% dell'intero autotrasporto merci nazionale (MIT, 2012). Nelle aree urbane italiane la quota di traffico veicolare legata alla distribuzione urbana delle merci è stimata tra l'11% e il 24% (City Ports, 2005) ed è causa del 27% delle emissioni di CO₂ dovute ai trasporti stradali (Schoemaker et al., 2004). I cosiddetti "costi

esterni" del trasporto urbano delle merci in Italia, ovvero gli effetti negativi che l'uso di un sistema di trasporto ha sull'ambiente e sul consumo delle risorse energetiche, sono riportati nella seguente tabella:

	Gas serra	Inquinamento atmosferico	Inquinamento acustico	Congestione	Totale
Costi totali merci [cent €/t-km]	1.73	24.81	5.31	10.79	44.94
Veicoli Leggeri (LGV)	0.71	9.94	2.39	4.17	18.66
Veicoli Pesanti (HGV)	1.02	14.87	2.92	6.62	26.28

Tab. 4.2: Costi esterni dovuti al trasporto urbano delle merci in Italia nel 2009 (fonte: Uniontrasporti).

Nelle aree urbane il trasporto merci è legato soprattutto alla distribuzione di beni e servizi che le aziende immettono sul mercato. Le strategie e le modalità di distribuzione dei prodotti finiti possono essere molto diverse a seconda della tipologia di bene, dei canali di distribuzione e del numero di intermediari presenti. Differenti strategie hanno differenti impatti sull'ambiente urbano. Nel caso di merce recapitata direttamente al consumatore (es. e-commerce) i viaggi sono numerosi e diffusi; nel caso della grande distribuzione ci saranno pochi viaggi con veicoli di grande dimensione e poco diffusi sul territorio che trasportano elevate quantità di beni.

Obiettivo degli amministratori pubblici è trovare soluzioni di equilibrio tra il desiderio di aumentare lo sviluppo economico della città ed incrementare le opportunità di lavoro attraverso un efficiente ed efficace sistema logistico urbano e la necessità di migliorare la sostenibilità dell'area urbana puntando a limitare i consumi energetici, le emissioni inquinanti dei veicoli e la congestione da traffico.

Criticità energetiche ed ambientali

Prima di analizzare i criteri di azione e gli interventi di logistica finalizzati al risparmio energetico, si elencano di seguito le maggiori criticità del trasporto urbano delle merci:

- sviluppo della vendita a distanza e dell'e-commerce, caratterizzati da elevata frequenza dei viaggi e polverizzazione dei luoghi di recapito con conseguente aumento dei flussi di traffico e dei consumi di carburante;
- basso fattore di carico dei veicoli, che porta ad una maggiore frequenza delle consegne (in particolare di colli di piccola-media dimensione) e determina un maggiore livello di inquinamento e di congestione all'interno delle città;
- largo uso di veicoli vecchi e di grossa dimensione e difficoltà nel cambiarli con mezzi nuovi ed ecologici che generalmente sono più costosi. Il processo di rinnovo della flotta merci è più lento in ambito urbano rispetto all'ambito non-

- urbano perché nel primo il territorio è caratterizzato da piccoli operatori di trasporto che cercano di ridurre al massimo i costi;
- pluralità di soggetti, operatori e intermediari che prendono parte alla gestione del trasporto urbano delle merci (consumatori, amministratori, produttori, grossisti, commercianti, corrieri, etc.) e che hanno interessi diversi, spesso in conflitto; ad esempio gli amministratori puntano alla sostenibilità ambientale e hanno pertanto l'obiettivo di ridurre gli impatti del trasporto merci al fine di avere città più vivibili mentre le aziende, puntando perlopiù alla sostenibilità economica, vogliono che le operazioni di ritiro e consegna merci siano svolte minimizzando i costi e massimizzando la soddisfazione del cliente;
 - scarsa presenza e utilizzo di aree di sosta destinate al carico e scarico delle merci che determina il fenomeno della sosta in doppia fila con conseguente aumento della congestione e dei consumi di carburante.

Classificazione degli interventi di logistica urbana

Per limitare gli impatti negativi provocati dal trasporto e dall'interazione dei veicoli merci con gli altri utenti della rete stradale urbana, si possono implementare le misure di logistica urbana descritte nei seguenti paragrafi e riportate nella tabella che segue.

Criteri di azione		interventi
D.1	Misure di governance del traffico	Zone a Traffico Limitato Merci (ZTLM)
		Congestion charge
		Finestre orarie
		Organizzazione di consegne notturne
		Corsie preferenziali per il transito dei veicoli commerciali
D.2	Misure infrastrutturali per il consolidamento dei cariche d il carico e scarico	Limiti minimi sul coefficiente di carico
		Piazzole di carico/scarico
		Spazi logistici di prossimità
		Centri di distribuzione urbana
D.3	Misure di equiment	Pick-up point
		Veicoli stradali ecologici
		Cycle Logistics

Tab. 4.3: Classificazione degli interventi di logistica urbana finalizzati al risparmio energetico.

Anche se le misure oggetto d'analisi sono di seguito trattate separatamente, è chiaro che esse risulteranno maggiormente efficaci, rispetto agli obiettivi prefissati, se impiegate all'interno di un piano integrato di interventi congiunti e diversi, a seconda delle criticità presenti e nell'ambito del particolare contesto economico, sociale e politico. Si vuole infine sottolineare quanto sia importante, a livello non solo locale ma anche regionale e nazionale, un approccio collaborativo pubblico-privato: la consultazione

dell'amministrazione pubblica con tutti gli attori coinvolti è determinante per lo sviluppo e l'implementazione di piani e politiche orientate ad una distribuzione urbana delle merci più sostenibile. Forum gestiti dagli amministratori pubblici e che coinvolgono i rappresentanti delle filiere logistiche e gli stakeholders locali sono utili per affrontare al meglio la disciplina della distribuzione delle merci e per l'implementazione di interventi che portino benefici agli operatori e alla collettività in generale.

D.1 - Massimizzare i flussi logistici in ambito urbano

Le misure di governance di seguito illustrate comprendono le iniziative poste in essere dalle amministrazioni per disciplinare aspetti diversi della circolazione dei mezzi di trasporto merci nelle aree urbane. L'obiettivo è quello di influenzare le scelte di trasporto degli operatori logistici, soprattutto quelle riguardanti le infrastrutture e le modalità di trasporto, al fine di ridurre i consumi energetici nelle aree urbane.

Esse comprendono:

- zone a traffico limitato merci;
- congestion charge;
- finestre orarie;
- organizzazione di consegne notturne;
- corsie preferenziali per il transito dei veicoli commerciali;
- limiti minimi sul coefficiente di carico.

Zone a Traffico Limitato Merci (ZTLM)

Le Zone a Traffico Limitato Merci sono aree urbane, delimitate da apposita segnaletica, in cui l'accesso e la circolazione veicolare sono limitati ad ore prestabilite o a particolari categorie di utenti e di veicoli.

Le regole di accesso e circolazione possono essere diverse in base a:

- tipo di veicolo commerciale;
- livello di emissioni e sistema di alimentazione, l'accesso può essere vietato ai veicoli commerciali che consumano di più e maggiormente inquinanti, oppure il permesso di accesso per tali veicoli può essere a pagamento;
- a fronte di un minor impatto ambientale è da tener in conto che questa misura obbligherebbe alcuni operatori logistici a fare investimenti elevati e quindi comporterebbe, per loro, un aumento dei costi e, per i consumatori, prezzi dei prodotti più alti. Per questo, per promuovere il rinnovo della flotta merci si possono adottare sgravi fiscali e incentivi statali;
- peso e dimensione veicolo, tali restrizioni, se da una parte servono a limitare la congestione e i maggiori consumi dovuti ai veicoli commerciali di grandi dimensioni, tra l'altro potrebbero comportare la circolazione di un numero maggiore di veicoli più leggeri e quindi maggiori consumi;
- tasso di riempimento;

- categoria merceologica trasportata, ad esempio, la limitazione potrebbe non riguardare il trasporto di alimenti deperibili e freschi, la distribuzione della stampa, etc.

Oltre al risparmio energetico, gli obiettivi che si perseguono con l'istituzione di una ZTLM sono la riduzione del livello di rumorosità, di congestione e di inquinamento delle aree urbane coinvolte.

L'introduzione di misure di restrizione degli accessi richiede investimenti relativamente contenuti per gli allestimenti di base, mentre per quelli basati su automazioni (pilomat, sistemi telematici di controllo, cartellonistica a messaggio variabile, etc.) e per il personale di controllo ai varchi sono richieste maggiori risorse.

Congestion charge

La congestion charge, nelle aree urbane, consiste nell'applicazione di una tariffa d'ingresso al centro cittadino variabile in base all'orario di ingresso, al peso e al fattore di emissione medio di polveri sottili del mezzo che trasporta merci. L'obiettivo di tale misura è quello di gestire la domanda di trasporto nel centro urbano per razionalizzare il flusso di veicoli merci e ottimizzare i carichi; si può ad esempio modulare la tariffa in base ai picchi di traffico facendo pagare di più nelle ore di punta. Allo stesso tempo la misura consente alle amministrazioni di ottenere risorse economiche da reinvestire in politiche di mobilità sostenibile (miglioramento del TPL, costruzione di piste ciclabili, bike sharing, etc.).

Il pedaggio può essere pagato attraverso l'acquisto, presso sportelli pubblici o presso attività di commercio al dettaglio, di un pass o ticket di ingresso; oppure in alternativa, gli operatori devono fermarsi e comprare il biglietto presso cabine di esazione automatiche o con addetto; possono anche essere impiegati sistemi elettronici di pagamento per cui quando il veicolo merci attraversa la zona presidiata da sensori, la tassa viene scalata da una carta di credito o smart card; oppure, infine, sistemi ottici di riconoscimento in cui il sistema riconosce il veicolo e genera automaticamente il ticket. Anche in questo caso, come per le ZTLM, gli investimenti maggiori sono dovuti ai sistemi telematici per il pagamento e ai dispositivi di controllo (generalmente telecamere ai varchi).

Una misura di questo tipo ha forti impatti sul risparmio energetico perché da un lato favorisce la riduzione dei veicoli merci circolanti in determinate zone urbane e dall'altro costituisce un forte incentivo per l'utilizzo di veicoli più ecologici.

Finestre orarie

Possono essere previste finestre temporali (time windows) in cui consentire l'accesso di veicoli merci in determinate aree urbane (aree pedonali commerciali, strade residenziali, centri storici, interi quartieri etc.), dando maggiore flessibilità ai veicoli ecologici e quelli con alto tasso di riempimento. Le limitazioni temporali possono anche riguardare gli orari di carico/scarico merci a bordo strada da progettare, però, tenendo conto delle esigenze di parcheggio dei cittadini.

I sistemi più utilizzati per il controllo dell'accesso a queste aree sono quelli costituiti da barriere fisiche (ad es. pilomat) e quelli di riconoscimento automatico della targa.

Al fine di aumentare l'efficacia dell'intervento, le fasce orarie vanno modulate in relazione alle altre misure di restrizione degli accessi presenti in quell'area (ZTLM, limiti e divieti in alcune strade urbane etc.).

Se quindi da una parte le finestre possono rendere più efficiente la distribuzione dei beni, dall'altra finestre troppo ridotte, o che non partano dall'analisi delle esigenze di tutti gli attori del trasporto urbano delle merci, possono limitare fortemente la pianificazione degli operatori e far aumentare i costi di distribuzione.

Oltre agli impatti ambientali, questa misura migliora l'attrattività dei centri urbani e la sicurezza per la mobilità "dolce", riducendo le interferenze del trasporto merci con la mobilità pedonale e ciclabile.

Organizzazione di consegne notturne

Le amministrazioni locali possono permettere agli operatori logistici di utilizzare gli orari notturni per effettuare il rifornimento degli esercizi commerciali. Consentendo di effettuare le consegne in un arco temporale più ampio, si registrano i seguenti benefici per la collettività:

- ottimizzazione dei carichi;
- minor numero di veicoli in circolazione nelle ore di punta;
- riduzione delle emissioni e dei consumi di carburante.

Il rumore causato dai motori dei veicoli e dalle operazioni di carico/scarico e le conseguenti resistenze da parte della cittadinanza possono rappresentare un forte punto di debolezza di questa misura. Le amministrazioni possono prevedere incentivi per l'acquisto di materiali e mezzi a basso impatto sonoro.

Corsie preferenziali per il transito dei veicoli commerciali

Per ridurre la congestione e l'inquinamento ambientale, le amministrazioni possono anche riservare alcune corsie al transito dei soli veicoli commerciali. Si può anche decidere di riservarle ai soli veicoli a basso consumo energetico, premiando così gli operatori dei trasporti che adottano sistemi sostenibili basati su modalità ecologiche. In alcuni casi si può consentire di far percorrere tali corsie anche da autobus e quindi essere vietate a tutte le altre auto; in altri casi ancora, si può optare di vietarle alle sole auto con un basso tasso di occupazione.

Anche per questo tipo di misura non sono richiesti investimenti elevati, se non quelli relativi ai dispositivi ITS di traffic enforcement (telecamere, dissuasori mobili, sensori a terra, sistemi wireless etc.) onde evitare un uso improprio delle corsie.

Altra strategia è quella per cui le amministrazioni e gli operatori del trasporto possono insieme definire quali sono i percorsi più appropriati per i veicoli commerciali al fine di ridurre la congestione da traffico. Per comunicare agli operatori di trasporto le informazioni sui percorsi consigliati/obbligati e per suggerire percorsi alternativi in caso

di congestione, si possono utilizzare segnali stradali, pannelli a messaggio variabile, GPS e specifiche APP per smartphone.

Limiti minimi sul coefficiente di carico

Per avere un sistema di consegne urbane più razionale, efficiente, con meno mezzi circolanti e meno impatti ambientali, si possono anche attuare politiche di restrizione degli accessi ai veicoli merci al di sotto di una certa percentuale di carico. Per ottenere risultati soddisfacenti occorre personale (polizia locale) destinato alla supervisione delle attività e ad un efficiente controllo ai varchi. Agli operatori che assicurano un determinato livello minimo di carico può essere data la possibilità di accedere alle Zone a Traffico Limitato Merci in fasce orarie più ampie e/o di usufruire di determinate aree di carico/scarico.

D.2 - Misure infrastrutturali per il consolidamento dei carichi ed il carico e lo scarico

Le misure infrastrutturali che mirano al contenimento dei consumi energetici attraverso la razionalizzazione dei flussi delle merci in città, la diminuzione delle percorrenze medie e dei giri di consegna sono:

- piazzole di carico/scarico;
- spazi logistici di prossimità;
- centri di distribuzione urbana;
- pick-up point.

Piazzole di carico/scarico

Per una migliore efficienza e rapidità del trasporto merci in ambito urbano si possono adibire delle aree per le operazioni di carico e scarico della merce. Tali aree possono essere predisposte laddove i

flussi veicolari sono più intensi in modo tale da ridurre il fenomeno della sosta in doppia fila, la congestione da traffico ed i maggiori consumi energetici derivanti. In base alla domanda di carico e scarico, vanno progettati:

- il numero;
- la posizione ottimale;
- le fasce orarie di utilizzo.

al fine di ottenere la massima efficacia possibile. Le piazzole possono essere utilizzate senza particolari limitazioni, oppure solo in determinate fasce orarie o solo da veicoli con determinate dimensioni e caratteristiche energetiche.

Negli ultimi anni si sono diffusi stalli "elettronici" gestiti attraverso una piattaforma informatica grazie alla quale l'operatore può prenotare online o per telefono la piazzola più vicina al luogo della consegna; per garantire il rispetto delle regole, sono presenti tecnologie di rilevamento della presenza e riconoscimento del veicolo (chip posizionato nell'asfalto e dispositivo RFID4 installato sui veicoli).

Spazi logistici di prossimità

Attraverso l'istituzione di aree che fungono da piccole piattaforme logistiche, chiamate transit point o spazi logistici di prossimità⁵, si rendono più semplici le operazioni di consegna merci nell'ultimo miglio riducendo il traffico, l'inquinamento e i consumi in ambito urbano. Le merci vengono scaricate dai veicoli pesanti in queste piccole piattaforme e successivamente, grazie anche all'aiuto dello staff che presidia la zona, sono consegnate ai destinatari con mezzi a basso o nullo impatto energetico come auto elettriche, biciclette, bici a pedalata assistita o carrelli da spostare manualmente.

Centri di distribuzione urbana

Un Centro di Distribuzione Urbana (CDU) è una struttura logistica situata in una posizione di relativa prossimità all'area da esse servita (può essere il centro storico della città, un'area commerciale, l'intera area urbana), che riceve merci destinate a più clienti localizzati nell'area medesima e da cui vengono eseguite le consegne consolidate. Spesso dai CDU partono mezzi a basso impatto ambientale (metano e/o elettrici) per la distribuzione finale, il cosiddetto "ultimo miglio" della catena logistica. L'utilizzo di queste piattaforme rende più efficiente la distribuzione, aggregando i flussi, ottimizzando i carichi e riducendo i giri di consegna; da ciò consegue una riduzione delle percorrenze e un aumento del grado di riempimento che significa meno veicoli circolanti e minori consumi di carburante.

In tali centri, oltre alle operazioni di consolidamento, possono essere offerti servizi logistici quali stoccaggio e magazzinaggio oppure servizi a valore aggiunto quali assemblaggio, confezionamento, etichettatura etc.

L'aspetto più critico di questa misura riguarda la sostenibilità economica del progetto; la realizzazione di una piattaforma logistica richiede elevati costi di investimento iniziali che necessitano lunghi tempi di ammortamento e quindi normalmente, nella fase di start up, le amministrazioni intervengono con sussidi pubblici.

Un CDU comporta notevoli vantaggi non solo, come già sottolineato, per l'ambiente ma anche per i trasportatori e i negozianti: maggior numero di consegne con un minor numero di mezzi e spostamenti, maggiore affidabilità nella distribuzione dei prodotti, possibilità per i clienti del CDU di vedere in tempo reale dove si trova il mezzo, possibilità di poter usufruire di quei servizi a valore aggiunto precedentemente elencati.

Le amministrazioni locali possono anche decidere di attuare ulteriori misure a beneficio dei trasportatori che utilizzano i CDU come, ad esempio, libero accesso e possibilità di sosta H24 all'interno della ZTL, oppure la possibilità di utilizzare le corsie preferenziali dedicate ai mezzi pubblici per tutti i mezzi del CDU.

Pick-up point

Nel commercio elettronico, le mancate consegne a domicilio, causate dall'assenza del destinatario della merce, fanno aumentare i giri di consegna e di conseguenza i consumi di carburante nelle aree urbane. Per ottimizzare il processo di delivery door-to-door riducendo il numero di spedizioni non consegnate, gli amministratori comunali possono

concedere permessi di localizzare su suolo pubblico alcuni punti di ritiro (pick-up point), ubicati in luoghi accessibili ad alta intensità abitativa o di uffici, dove il trasportatore fa confluire la merce⁶. Sono generalmente costituiti da una serie di cassette indipendenti di raccolta/consegna merci che hanno funzione di stoccaggio temporaneo: il cliente viene avvisato che la merce è arrivata e riceve un codice per accedere al box per il ritiro che potrà effettuare quando preferisce. Questo tipo di servizio è organizzato normalmente da operatori logistici privati; i soggetti pubblici possono però sostenere e promuoverne l'utilizzo da parte della collettività evidenziandone i benefici sia in termini di efficienza e comodità del servizio per i destinatari della merce che in termini di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti.

D.3 - Misure di equipment

Interventi di logistica urbana relativi all'equipment riguardano principalmente l'incentivazione ad utilizzare veicoli più performanti e a più basso impatto energetico.

Veicoli stradali ecologici

Parallelamente alle misure per la riduzione dei veicoli circolanti viste nei paragrafi precedenti, vanno messe in atto azioni che puntano all'utilizzo di mezzi a basso o nullo impatto energetico, intervenendo sui motori tradizionali oppure con sistemi di propulsione e carburanti alternativi. Per fare ciò, le amministrazioni possono incoraggiare l'uso di veicoli ibridi, veicoli che utilizzano quale carburante il metano o i biocombustibili oppure mezzi a trazione elettrica, a idrogeno e bici a pedalata assistita. A fronte dei benefici energetici, sono da considerare i seguenti punti di debolezza: disponibilità di attrezzature di ricarica, limitata autonomia e poca efficienza in presenza di profili altimetrici variabili, per i veicoli elettrici; l'infrastruttura di distribuzione, per i mezzi a idrogeno; in alcuni casi, maggiori costi di acquisto e manutenzione, non elevata capacità di carico e insufficienti infrastrutture di rifornimento, per i veicoli con carburanti alternativi alla benzina e al diesel.

I costi degli investimenti sono a carico degli operatori dei trasporti; compito delle autorità pubbliche è quello di adottare, a livello locale e nazionale, iniziative per promuovere l'uso di tali veicoli attraverso: incentivi alla rottamazione e all'acquisto di veicoli più puliti defiscalizzazioni per le aziende che si dotano di flotte ecologiche premi assicurativi e pedaggi inferiori permessi per accedere a ZTLM, piazzole di carico/scarico, corsie preferenziali sconti per accedere ad aree soggette a pricing campagne d'informazione e sensibilizzazione sui benefici derivanti dalle innovazioni tecnologiche. Appare quindi chiaro che solo decisioni politiche forti possono incoraggiare gli operatori privati a rinnovare le loro flotte veicolari.

Cycle Logistics

Per azzerare i consumi energetici dovuti alle consegne dell'ultimo miglio nelle aree urbane e nei centri storici, si possono utilizzare cargo-bike a 2 o 3 ruote a pedalata assistita e biciclette con rimorchio. In alcune città le bici partono da piattaforme logistiche

(transit point o pick-up point, vedi D.2) in cui sono state scaricate le merci per poi consegnarle ai destinatari. Le merci devono essere trasportate per brevi distanze ed essere generalmente di volume e peso limitato.

A fronte di questi possibili svantaggi, i vantaggi per gli operatori privati sono notevoli: minori costi di acquisto, gestione e parcheggio; velocità e affidabilità del servizio soprattutto nelle aree congestionate dal traffico; libero accesso alle zone a traffico limitato.

L'obiettivo è inserire tali mezzi in catene logistiche più complesse, adottando la ciclo-logistica come modello di sviluppo generale ed esteso per la logistica urbana⁸.

Compito delle amministrazioni pubbliche è quello di incentivare la cycle logistic:

- mettendo a disposizione spazi per le strutture logistiche da cui partono le bici, a costi di affitto convenienti per le aziende del settore;
- stanziando incentivi per l'innesto di cargo-bike nelle imprese del settore;
- adattando un'ampia rete cittadina di strade all'uso della bicicletta e realizzando nodi intermodali;
- vietando il traffico motorizzato in alcune zone della città;
- sensibilizzando i cittadini sul tema della distribuzione merci ad impatto energetico nullo.

Sistemi Intelligenti di Trasporto (ITS)

I Sistemi di Trasporto Intelligenti (Intelligent Transportation System - ITS) possono essere visti come l'integrazione di tecnologie di informazione e di comunicazione a supporto della mobilità. Gli ITS si basano sull'interazione fra Informatica e Telecomunicazioni e consentono di integrare le varie componenti del sistema dei trasporti garantendo, nel breve e medio periodo, significativi benefici in termini di efficienza energetica.

Da alcune stime condotte sia negli Stati Uniti che in Europa, è emerso che l'introduzione degli ITS ha permesso di ottenere una riduzione dei consumi energetici del 12%, dei tempi di viaggio del 20%, della congestione del 15% e aumenti della capacità della rete infrastrutturale tra il 5% ed il 10% grazie a strategie coordinate di informazione e controllo (TTS Italia, 2009). Pertanto, tali sistemi possono ridurre i consumi energetici favorendo il miglioramento dell'efficienza e la competitività dei modi alternativi a quello stradale. Permettono inoltre di gestire in modo integrato le reti di trasporto urbano ottimizzando l'utilizzo delle infrastrutture e delle aree di sosta disponibili, favorendo quindi il trasporto pubblico locale.

La maggior parte degli strumenti ITS sono basati sulla raccolta, elaborazione, integrazione e trasmissione di informazioni. Sia che fornisca informazioni in tempo reale sulle condizioni attuali della rete o informazioni on-line per la pianificazione degli spostamenti, tali strumenti permettono alle autorità, agli operatori e ai viaggiatori di effettuare delle scelte più consapevoli.

Gli ITS finalizzati al risparmio energetico coprono vari aspetti dei sistemi di trasporto, alcuni dei quali saranno analizzati nei paragrafi che seguono:

- E.1 - sistemi personalizzati di informazione all'utente;
- E.2 - gestione del TPL;
- E.3 - e-ticketing;
- E.4 - sistemi a supporto della distribuzione delle merci;
- E.5 - traffic enforcement systems.

E.1 - I sistemi personalizzati di informazione e supporto al viaggio

I sistemi di informazione sono in grado di pianificare l'intero viaggio "porta a porta", individuando le possibili combinazioni di modi di trasporto disponibili e presentando quelle che possono essere di interesse per l'utente. Le possibili alternative sono presentate al decisore con le loro caratteristiche principali, come ad esempio tempo e costo totale di viaggio o anticipo/ritardo rispetto ad orari desiderati di arrivo o di partenza. Nei sistemi più avanzati può essere anche suggerita direttamente la combinazione di modi ed il relativo percorso ottimale per lo specifico viaggiatore, sulla base di una variabile sintetica, come il costo generalizzato del viaggio. Queste informazioni vanno date sulla base dello stato del sistema di trasporto al momento della richiesta (realtime) e di quello prevedibile nell'intervallo temporale di durata del viaggio stesso. Questi sistemi devono guidare il viaggiatore lungo il percorso fornendogli allo stesso tempo informazioni su eventuali ritardi generati sulla rete e suggerimenti di alternative di percorso. In sintesi, le caratteristiche principali di questi sistemi di pianificazione del viaggio sono: informazione ed assistenza prima e durante il viaggio; informazione personalizzata sulla specifica relazione porta a porta del viaggio e sulle preferenze personali del singolo viaggiatore, utilizzo dati real time e previsione a breve dello stato della rete di trasporto; fornitura di informazioni utili su punti di interesse dislocati lungo il percorso.

Dispositivi mobili come tablet e smartphone sono strumenti indispensabili per facilitare l'uso di queste applicazioni ed in particolare la funzione di scelta del percorso ottimale, prenotazione e di ticketing. La tendenza odierna è quella di superare i sistemi di informazione relativi ai soli servizi offerti dalle singole aziende di trasporto andando invece verso lo sviluppo di sistemi che considerino tutte le modalità disponibili nell'area urbana.

E.2 - Sistemi telematici applicati al trasporto pubblico

L'uso di sistemi intelligenti di trasporto (ITS) può migliorare l'attrattività e la qualità dei servizi di trasporto pubblico garantendo:

- minori tempi di attesa alle fermate e di percorrenza delle linee;
- informazioni in tempo reale agli utenti - ad esempio su orari delle corse, tempi di attesa, coincidenze, tariffe - fondamentali per lo sviluppo di un sistema di trasporto integrato, multimediale, intelligente e sostenibile. Tali informazioni possono essere comunicate all'utenza dei veicoli pubblici mediante paline o schermi a messaggio variabile (fig. 25). In realtà va precisato che le informazioni trasmesse sulle paline sono d'interesse per l'utente nel corso del proprio viaggio

(on trip) mentre quelle che servono per pianificare il viaggio (pre trip) possono essere consultate mediante chioschi informatici o via web;

- l'implementazione, nelle aree a domanda debole, di un trasporto collettivo a chiamata erogato sulla base delle effettive richieste degli utenti;
- maggior comfort per gli utenti;
- migliore gestione del parco veicolare e del personale TPL.

È importante evidenziare che tutti i miglioramenti sopra elencati aumentano l'attrattività del trasporto pubblico per i cittadini con conseguente riequilibrio TPL-auto privata e quindi minori consumi energetici.



Tab. 4.4: Sistema di informazione presso fermata bus a Dublino, Irlanda.

Nella tabella che segue sono riportate le applicazioni ITS che le amministrazioni locali possono mettere in campo per il trasporto pubblico.

Applicazione ITS	Obiettivo
Sistemi di informazione all'utenza (paline, app per smartphone, pagine web)	migliorare qualità del servizio percepita dall'utente
Sistemi di e-ticketing (smartcard, via sms, app, NFC, internet)	facilitare accesso e uso dei servizi di TPL e migliorare la qualità percepita dall'utente
Sistemi di priorità semaforica a gli incroci	ridurre i tempi di viaggio delle corse TPL
Sistemi di controllo delle corsie riservate al TPL	scoraggiare e punire utilizzo da parte di veicoli non autorizzati
Sistemi AVL/AVM	tracciare, localizzare e monitorare le flotte per il controllo di qualità di esercizio e dell'aderenza ai contratti di servizio
Sistemi di video sorveglianza a bordo e alle fermate	Aumentare il livello di sicurezza

Tab. 4.5: Sistemi ITS per il TPL.

I possibili benefici derivanti dalla diffusione dei sistemi ITS per TPL possono essere classificati come nella seguente tabella:

Amministrazioni locali	<ul style="list-style-type: none"> - split modale a favore di modalità con minor consumo di energie non rinnovabili; - migliore pianificazione dei trasporti; - riduzione congestione.
Aziende di trasporto	<ul style="list-style-type: none"> - maggiore efficienza dei servizi; - riduzione dei costi di esercizio.
Utenti	<ul style="list-style-type: none"> - confort e qualità del servizio

Tab. 4.6: Benefici apportati dagli ITS per il TPL.

E.3 - Integrazione tariffaria e sistemi innovativi di pagamento elettronico

Per sistema tariffario integrato si intende una struttura di tariffazione che si riferisce ad un'area dove un utente può fruire indistintamente dei diversi mezzi di trasporto offerti attraverso l'utilizzo di un unico documento di viaggio il cui prezzo non dipende dal tipo o dal numero di servizi utilizzati. Il potenziamento dei servizi di trasporto pubblico e i conseguenti risparmi in termini energetici si possono espletare anche attraverso tali sistemi che permettono ai viaggiatori un utilizzo del TPL più comodo, semplice e conveniente.

L'integrazione può riguardare anche altri servizi legati alla mobilità. Ad esempio, per promuovere e facilitare l'uso del park & ride, le amministrazioni possono prevedere un sistema tariffario integrato tra il trasporto pubblico locale e la sosta presso i parcheggi di scambio con un biglietto unico che comprende, oltre al costo della sosta, anche la possibilità di utilizzare gratuitamente i bus o le navette che portano al centro della città.

Amministrazioni locali	<ul style="list-style-type: none"> - monitoraggio più puntuale della domanda di mobilità da poter utilizzare per ottimizzare l'offerta di trasporto pubblico; - integrazione tariffaria con altri servizi (bike e car sharing, park and ride)
Aziende di trasporto	<ul style="list-style-type: none"> - miglior controllo dell'evasione - incremento numero passeggeri grazie ai servizi di fidelizzazione degli utenti - sviluppo di strategie commerciali
Utenti	<ul style="list-style-type: none"> - comodità e convenienza di pagare un unico titolo di viaggio per i diversi mezzi di trasporto utilizzati; - sicurezza (furti)

Tab. 4.7: Benefici E-Ticketing.

I sistemi di bigliettazione elettronica (basati su smartcard contactless o con microchip, SMS, APP per smartphone, tecnologia NFC, internet) rappresentano un'area d'innovazione tecnologica di grande importanza in termini di sviluppo dei sistemi di integrazione tariffaria e più in generale del TPL, aumentando la flessibilità di utilizzo dei servizi di mobilità, la sicurezza, la comodità di pagamento, l'integrazione modale e il controllo sociale sull'evasione. Inoltre, grazie all' e-ticketing, è possibile implementare politiche tariffarie innovative, consentendo di creare nuove tipologie di titoli di viaggio in aggiunta a quelle tradizionali.

I possibili benefici derivanti dall' e-ticketing possono essere classificati come nella seguente tabella: Tra i servizi smart più apprezzati dai cittadini per semplicità e immediatezza, ci sono quelli del Mobile Ticketing che consentono di acquistare i biglietti del TPL attraverso il proprio smartphone. Un esempio è quello di acquisto del titolo inviando un semplice sms prima di salire sulla metro o sul bus, senza bisogno di operazioni di pre-registrazione o dell'utilizzo di una carta di credito; al controllore si mostrerà semplicemente il biglietto virtuale ricevuto via sms sul proprio smartphone. Altro esempio è l'acquisto di titoli di viaggio attraverso APP per smartphone: i biglietti vengono poi validati e utilizzati semplicemente inquadrando un QRcode, un codice a barre bidimensionale, presente a bordo dei mezzi di trasporto pubblico.

Per l'effettiva riuscita dei progetti di integrazione dei servizi e di innovazione tecnologica è necessario che l'amministrazione pubblica svolga un ruolo di guida dell'iniziativa e di coordinamento tra i vari soggetti coinvolti.

E.4 - Uso di sistemi telematici per ottimizzare la distribuzione urbana delle merci

I sistemi ITS possono contribuire in maniera significativa al superamento dei problemi ambientali ed energetici offrendo servizi per il miglioramento dell'efficienza della distribuzione e del livello di servizio logistico per le aziende che operano nelle aree urbane. Tali servizi vanno dalla ottimizzazione della distribuzione dei carichi sui veicoli alla definizione di percorsi ottimali in funzione della congestione della rete (TTS Italia, 2007).

Le principali applicazioni ITS per gli operatori privati sono: Automatic Vehicle Location, Automatic Vehicle Monitoring (vedi glossario), sistemi di comunicazione autista-azienda e autista-cliente, vehicle routing e scheduling (pianificazione efficiente dei carichi e dei viaggi dei veicoli merci).

Questi sistemi offrono benefici dal punto di vista energetico in quanto servono a migliorare l'efficienza, ridurre i tempi di viaggio, incrementare il fattore di carico, ottimizzare la pianificazione dei percorsi; inoltre migliorano i servizi per il cliente finale, riducono i costi per le aziende e aiutano ad affrontare efficientemente gli imprevisti.

Le misure ITS per gli operatori privati sopra descritte vanno integrate con quelle adottate dalle amministrazioni locali che sono:

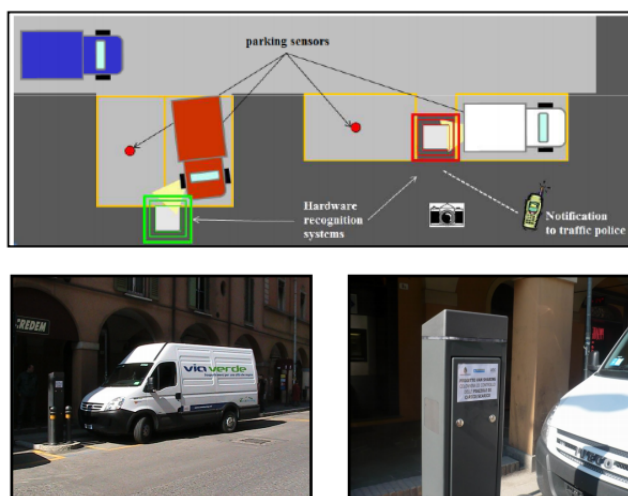
- sistemi di controllo degli accessi alle ZTLM e corsie riservate;
- sistemi di prenotazione e controllo delle piazzole per operazioni carico/scarico;
- sistemi di informazioni su traffico e incidenti (info mobilità).

Sistemi di controllo degli accessi alle ZTLM e corsie riservate

Le misure telematiche di controllo automatizzato degli accessi alle zone a traffico limitato merci e corsie riservate sono approfondite nel paragrafo E.5; i dispositivi più utilizzati sono i dissuasori e le telecamere munite di software OCR per l'identificazione della targa del veicolo. Lo sviluppo di una piattaforma integrata rende il pagamento delle tariffe di accesso ad alcune zone (misure di road pricing, vedi D.1) facile, veloce e sicuro; le modalità di pagamento potranno essere diverse: con bonifico, online o attraverso colonnine su strada.

Sistemi di prenotazione e controllo delle piazzole per operazioni carico/scarico

In ambito urbano avere degli spazi dedicati alle operazioni di carico e scarico merci è fondamentale per avere meno congestione e ridurre i consumi di carburante. Risulta quindi importante avvalersi di sistemi telematici per poter prenotare la piazzola nella zona vicina alla consegna: la teleprenotazione riduce il fenomeno della doppia fila, ottimizza l'occupazione della sede stradale ed evita ai trasportatori giri a vuoto in cerca di parcheggio con conseguente risparmio di combustibile; altrettanto importante è l'utilizzo di tecnologie avanzate per poter controllare che non si verifichi un utilizzo improprio di tali stalli.



Tab. 4.8: Schema teleprenotazione piazzole di carico/scarico a Bologna.

Attraverso una piattaforma informatica a disposizione dei trasportatori aderenti all'iniziativa, l'operatore può prenotare online la piazzola nell'area desiderata e, alla fine della procedura, ottenere via email o sms la conferma dello stallone e l'orario di sosta. Per garantire che non avvengano infrazioni, vengono utilizzati sistemi basati su tecnologie di rilevamento della presenza del mezzo: ad esempio, un sistema formato da un dispositivo RFID installato sul veicolo per il riconoscimento, un sensore annegato nell'asfalto che rileva la presenza del veicolo nello stallone; il dispositivo RFID conferma che il

veicolo è autorizzato: in caso contrario viene inviata una notifica alla polizia municipale. Altri sistemi di controllo che possono essere utilizzati sono le telecamere che fotografano la targa del veicolo o dissuasori di sosta mobili manovrati dalla centrale operativa.

Sistemi di informazioni su traffico e incidenti (info mobilità)

Le soluzioni ITS adottate nella logistica urbana possono inoltre servire alla diffusione di informazioni in tempo reale su traffico, incidenti e condizioni atmosferiche, consigli di re-routinge percorsi ottimali, condivisione di informazioni sui tempi di viaggio e durata delle operazioni di consegna. Questi sistemi portano miglioramenti non solo nell'ambito di applicazione (trasporto merci) ma anche nel traffico urbano nel suo complesso riducendo congestione, emissioni e consumi.

E.5 - Traffic Enforcement Systems finalizzati al risparmio energetico

Lo scarso rispetto delle norme di circolazione di alcuni utenti dei sistemi di trasporto rende necessari controlli capillari e continui che sono, e lo saranno sempre più in futuro, basati sull'impiego di strumenti ITS.

I sistemi ITS di controllo automatico del rispetto delle norme (traffic enforcement) che saranno di seguito analizzati sono:

- Dispositivi per il controllo degli accessi alle ZTL;
- Dispositivi per il controllo dell'utilizzo di corsie riservate;
- Dispositivi per il controllo della sosta.

Dispositivi per il controllo degli accessi alle ZTL

Come già approfondito nel paragrafo A.4, la limitazione/divieto di accesso nelle Zone a Traffico Limitato delle città ad ore prestabilite/o a particolari categorie di veicoli, è una delle più efficaci azioni di demand management messe in campo dalle amministrazioni per incentivare l'utilizzo di mezzi a basso impatto energetico. I dispositivi che in genere si utilizzano per il controllo degli accessi alle ZTL sono le telecamere e i dissuasori.



Fig. 4.7: Esempio di telecamere per il controllo degli accessi e di dissuasori a scomparsa.

Dispositivi per il controllo dell'utilizzo di corsie riservate

Come già approfondito nel paragrafo B.3, riservare opportune corsie ai mezzi del TPL è una delle azioni per aumentare l'efficienza del trasporto pubblico (aumento della velocità commerciale e maggiore regolarità del servizio) andando così a favorire un riequilibrio modale a svantaggio del trasporto privato e ridurre di conseguenza i consumi energetici. Per garantire il controllo di tali corsie, le tecnologie ITS principalmente utilizzate sono telecamere fisse posizionate ai margini della corsia che rilevano il passaggio dei veicoli. Attraverso tecnologia ottica (OCR) la targa dei mezzi viene elaborata e poi controllata nel database dei Veicoli autorizzati al transito; in caso di verifica con esito negativo, si attiva una procedura per sanzionare l'azione scorretta dell'utente.

Oltre a telecamere a circuito chiuso fisse, in alcune città (ad es. Londra) sono utilizzati dispositivi "mobili" ovvero telecamere montate a bordo dei bus che identificano le targhe dei veicoli non autorizzati che lo precedono nella corsia preferenziale.

Dispositivi per il controllo della sosta

L'uso di videocamere può essere utilizzato anche come dispositivo per il controllo dei parcheggi e della sosta in modo da contrastare la doppia fila e le altre forme di parcheggio illegale. Anche in questo caso le telecamere possono essere fisse o mobili. Quelle fisse sono poste su pali ma ruotabili in remoto dalla sala operativa da un operatore che orienta la telecamera verso i veicoli che non rispettano le regole di sosta ed acquisisce la prova foto/video dell'avvenuta infrazione per la successiva contestazione. Un esempio di dispositivo mobile è la telecamera installata sul tettuccio dell'auto della polizia municipale o stradale che fotografa la posizione del mezzo in infrazione, l'abitacolo vuoto dell'auto a dimostrazione della sosta in corso e, tramite gli infrarossi, ne rileva il numero di targa. Successivamente, attraverso un apposito palmare, gli operatori di Polizia avviano la compilazione del verbale digitale.



Fig. 4.8 - Dispositivo mobile per il controllo della sosta "Street Control" a Roma.

4.3 Best practices

In questo capitolo vengono descritti gli interventi sulla mobilità urbana finalizzati al risparmio energetico realizzati in alcune città italiane ed europee. Si tratta di casi molto noti, esempi di una mobilità smart capace, da una parte, di ottimizzare l'uso e lo sviluppo delle risorse energetiche con interventi di risparmio dei combustibili tradizionali e di incentivazione all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e, dall'altra, di rispondere alle nuove esigenze di trasporto di persone e merci in modo sicuro, efficiente e sostenibile. Sono state prese in considerazione realtà in cui politiche di governo della mobilità, quali ad esempio:

- utilizzo di veicoli più efficienti dal punto di vista energetico;
- potenziamento dei servizi di trasporto collettivo passeggeri;
- razionalizzazione del trasporto merci;
- ottimizzazione delle prestazioni della rete stradale e miglioramento delle condizioni di deflusso;
- uso delle moderne tecnologie di informazione e di comunicazione a supporto della mobilità;

abbiano avuto impatti misurabili sulla sostenibilità urbana e in particolare sul risparmio energetico. Per ogni azione scelta sono stati descritti gli obiettivi, i punti di forza e di debolezza ed i risultati ottenuti; per ciascun caso è stata compilata una scheda, riportata in allegato, a cui si rinvia per gli approfondimenti. Per quanto riguarda i criteri di scelta, sono state selezionate azioni realizzate in contesti geografici diversi, caratterizzati da realtà demografiche, economiche e territoriali differenti. Sono stati considerati infine casi in cui è stato possibile misurare gli effetti dell'intervento in termini di risparmio energetico (riduzione dei veicoli circolanti, risparmio di carburante, etc.). Questi i casi presi in considerazione:

- 1) Cityporto Padova;
- 2) Congestion charge nel centro di Milano;
- 3) Bicing Barcellona;
- 4) Car sharing "Cambio" Brema;
- 5) Veicoli e carburanti "puliti" a Stoccolma.

Cityporto - Padova

Nella città veneta è stato attivato nel 2004 un servizio di consegna delle merci in ambito urbano, chiamato Cityporto, basato su un centro di distribuzione localizzato presso l'Interporto di Padova e sull'utilizzo di mezzi a basso impatto energetico, in particolare elettrici e a metano, tutti di proprietà dell'interporto. Le merci destinate ai clienti localizzati nella ZTL di Padova e zone limitrofe vengono consegnate alla piattaforma da cui vengono eseguite le consegne consolidate per la distribuzione finale, il cosiddetto "ultimo miglio" della catena logistica.

Al servizio hanno aderito ben 55 operatori commerciali, tra cui aziende leader in Europa nel settore della logistica e delle spedizioni espresse come GLS e DHL. Il modello

operativo è basato sull'utilizzo volontario del servizio: gli operatori logistici che consegnano prodotti nella città di Padova sono liberi di affidare i propri carichi al Cityporto, con il vantaggio di poter accedere liberamente alla zona a traffico limitato; in alternativa, possono effettuare personalmente i giri di consegna ma solo nelle fasce orarie consentite. Altro servizio di cui possono beneficiare tutti i clienti Cityporto (operatori, corrieri e spedizionieri) è quello di poter vedere in tempo reale dove si trova il mezzo, grazie a sistemi AVL (Automatic Vehicle Location) che monitorano e tracciano la posizione migliorando l'efficienza, riducendo i tempi di viaggio e ottimizzando la pianificazione dei percorsi.

L'obiettivo di Cityporto è quindi quello di rendere più efficiente la distribuzione delle merci nel centro di Padova, aggregando i flussi, ottimizzando i carichi e riducendo i giri di consegna; ciò comporta una riduzione delle percorrenze, dei veicoli circolanti e quindi dei consumi di carburante.

Uno studio del Gruppo CLAS per il Ministero dell'Ambiente ha evidenziato una riduzione nella lunghezza dei giri e delle percorrenze tra luglio 2008 e giugno 2010; in particolare c'è stata una diminuzione delle percorrenze di 561.400 km (1.216 al giorno) e un minor consumo di gasolio di 14.800 litri; il consumo dei veicoli a metano nel periodo di studio è stato di 3.904 kg. La lunghezza media dei giri degli operatori si è ridotta del 26%, passando da 34 km, prima dell'introduzione del servizio, a 25 km (Stefan, 2008).

La riduzione delle percorrenze e l'impiego di veicoli a basso impatto ambientale hanno determinato una diminuzione delle emissioni inquinanti. Rispetto allo scenario precedente all'introduzione di Cityporto, c'è stata una riduzione, al 2009, di circa il 67% delle emissioni di gas serra, del 70% di NO_x e del 61 % di emissioni di particolato (Morana, 2014).



Fig. 4.9: Veicolo utilizzato per il trasporto delle merci in ambito urbano.

Congestion charge - Milano

L'elevata congestione da traffico veicolare nel centro di Milano è da sempre una delle più grandi criticità del capoluogo lombardo. Di recente è stato realizzato un piano di limitazione del traffico che ha previsto l'istituzione di corsie riservate ai mezzi pubblici e di diverse zone a traffico limitato, tra cui quella all'interno della Cerchia dei Bastioni, o Area C, che si estende su una superficie di 8,2 kmq (8% del territorio comunale). In questa zona risiedono circa 77.000 cittadini (circa il 16% della popolazione della città di Milano) e l'accesso all'area è controllato da 43 varchi con telecamere, di cui 7 a uso esclusivo del trasporto pubblico.

Al fine di ridurre il numero di ingressi dei veicoli utilizzati per il trasporto di passeggeri e di merci è stato imposto un pedaggio d'ingresso ai conducenti di alcune categorie di automezzi. Nello specifico, dalle 07.30 alle 19.30 del lunedì, martedì, mercoledì e venerdì, e dalle 07.30 alle 18.00 del giovedì:

- i veicoli elettrici, ibridi, a metano e gpl, i ciclomotori e motoveicoli, possono accedere liberamente all'Area;
- i veicoli alimentati a benzina Euro I e successivi, quelli alimentati a gasolio/diesel Euro 4 e successivi, devono pagare un pass per accedere;
- I veicoli alimentati a gasolio/diesel Euro 0/1/2/3, quelli alimentati a benzina Euro 0 e quelli con lunghezza superiore a 7,50 metri, non possono accedere.

La tariffa giornaliera di accesso è di 5,00 euro e non varia in funzione della classe ambientale del veicolo. Per quanto riguarda i residenti, essi possono usufruire di una tariffa speciale che prevede 40 ingressi gratuiti per anno e, dal 41° accesso, ticket agevolato a 2 euro.



Fig. 4.10: Esempio di Segnaletica stradale Verticale.

Per controllare gli accessi, ad ogni ingresso dell'Area C sono posizionate telecamere connesse con un sistema informatico in grado di rilevare la targa dell'automobile in entrata e verificare, tramite un database, l'avvenuto pagamento del pedaggio o segnalare all'autorità di controllo preposta eventuali trasgressioni commesse dai mezzi non autorizzati. I fondi reperiti con i pedaggi di accesso sono serviti ad incrementare le entrate della pubblica amministrazione, consentendo nuovi investimenti per progetti di

mobilità sostenibile, come: park and ride in corrispondenza delle fermate della metro, miglioramento e potenziamento dei sistemi di bike e car sharing, rinnovo della flotta e aumento della frequenza di viaggio nel trasporto pubblico locale. Analizzando i risultati del monitoraggio dell'Area C svolto dall'AMAT (Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio) di Milano, si rileva che nel primo semestre del 2014, rispetto al 2011, il traffico registrato nelle fasce diurne dalle 07:30 alle 19:30 dei giorni feriali risulta diminuito del 28,3%, con una riduzione media di circa 37.300 ingressi/giorno. Delle variazioni si sono anche riscontrate per classi veicolari degli ingressi in Area C: nello stesso periodo di studio si è registrato un aumento dei veicoli ecologici di circa 1.000 transiti/giorno (+0,8%). Positivi anche gli impatti sul trasporto pubblico: dai dati sul primo anno di esercizio emerge che, a fronte della riduzione del traffico privato, c'è stato un incremento complessivo del 5,7% dei passeggeri TPL, e che la velocità commerciale dei mezzi pubblici è aumentata del 6,7%. Altre valutazioni ex post hanno rilevato una diminuzione di circa il 18% dei veicoli commerciali entranti nell'area-pricing, con un aumento della percentuale di veicoli meno inquinanti non soggetti a pagamento.

Bicing Barcellona

In Catalogna, il settore dei trasporti è quello che in ambito urbano incide con la maggior aliquota (37,7%) sui consumi energetici totali. Il 98% di questo consumo dipende da prodotti petroliferi (benzina e gasolio), causando l'immissione in atmosfera di numerose sostanze inquinanti e climalteranti. Nella comunità catalana, la domanda di trasporto passeggeri e merci è cresciuta notevolmente negli ultimi anni, soprattutto per quanto concerne il trasporto stradale. Ciò ha favorito l'uso dell'autovettura privata: il 78% del consumo energetico dei trasporti è dovuto alla modalità gomma (Pia de l'energia de Catalunya 2006-2015). Per questi motivi Barcellona, negli ultimi 10 anni, ha orientato le sue politiche di governo della mobilità verso la sostenibilità ambientale. Essendo la bicicletta il mezzo più efficiente dal punto di vista energetico, tra i provvedimenti messi in campo per ridurre i consumi di petrolio e le emissioni inquinanti c'è stata la promozione della mobilità ciclabile attraverso l'estensione della rete ciclabile (+60% tra il 2005 e il 2015), il rifacimento della segnaletica verticale e orizzontale e l'introduzione, nel 2007, del servizio di bike sharing, chiamato Bicing. L'obiettivo è incentivare lo share modale, da veicoli a motore a mezzi a impatto ambientale nullo, per gli spostamenti sistematici di breve e media lunghezza.

Le infrastrutture di Bicing sono di proprietà pubblica mentre il servizio è gestito e mantenuto dalla società privata "Clear Channel". Bicing è attivo H24 e 365 giorni l'anno e conta ad oggi circa 6.000 biciclette dislocate in 420 stazioni. Il servizio è finanziato con una parte dei guadagni derivanti dalla gestione dei parcheggi auto ("Area Verda") nel rispetto delle norme che obbligano a reinvestire questi fondi in progetti di mobilità sostenibile.

Le stazioni distano in media 300 metri l'una dall'altra e sono ubicate generalmente nei nodi di interscambio (fermata bus o stazione metro) per favorire l'intermodalità

"trasporto pubblico-bici" e rendere quest'ultima ancora più competitiva nei confronti dell'autovettura privata; il Bicing è un perfetto esempio di bicicletta integrata nell'offerta globale del trasporto pubblico cittadino. L'utente paga un abbonamento annuale di 47,16€ che dà diritto ad utilizzare qualsiasi bicicletta gratuitamente per i primi 30 minuti; per ogni mezz'ora addizionale paga 0,74€, fino ad un massimo di 2 ore, dopo le quali la tariffa è 4,49 €/h. I turisti sono esclusi dall'accesso al servizio a cui possono iscriversi solamente i residenti in Spagna. Nel 2014 è stato aggiunto anche il servizio di bike sharing elettrico: 46 stazioni, la maggior parte delle quali situate in parcheggi sotterranei, che distano mediamente un chilometro l'una dall' altra; 300 biciclette a pedalata assistita dotate di un motore elettrico con un'autonomia di circa 40 km e che non possono superare i 25 km/h. I risultati ottenuti, soprattutto nella pruna fase, sono stati notevoli: nei primi quattro anni di funzionamento del servizio c'è stato un aumento del 20% degli abbonati. Inoltre, dal 2006 al 2011 gli spostamenti effettuati con la bici sono aumentati del 148,4%: Bicing è servito anche a dare la spinta iniziale all'utilizzo della bicicletta come mezzo quotidiano di spostamento.



Fig. 4.11: Postazione bikesharing Bicing Barcellona.

In altri termini, l'investimento sulla mobilità ciclabile e sul bike sharing ha modificato le abitudini di spostamento dei cittadini di Barcellona. Il 9,6% degli utenti del servizio precedentemente utilizzava il veicolo privato per effettuare lo stesso viaggio. Nel primo anno di esercizio è stato stimato un risparmio energetico di circa 200 tep e un risparmio,

in termini di emissioni inquinanti, di circa 600 tonnellate di CO₂ (Plan estratégico de la bicicleta en Cataluña).

Car sharing "Cambio" - Brema

La città di Brema, nel nord ovest della Germania, è diventata famosa per aver attuato negli ultimi anni molte iniziative di mobilità sostenibile, tra le quali l'erogazione di incentivi economici per l'acquisto o la trasformazione a gas delle automobili, un piano di rinnovo della flotta di mezzi pubblici con veicoli più ecologici (standard EEV) che in 6 anni ha dimezzato le emissioni di NO_x e PM10, sistemi di priorità semaforica per i mezzi di trasporto pubblico e l'integrazione tariffaria nel TPL che coinvolge 38 diversi operatori di trasporto. Ad oggi, più del 60% degli spostamenti degli abitanti di Brema è effettuato a piedi, in bici o con il trasporto pubblico (rispettivamente 22%, 26% e 15%).

Una delle azioni finalizzate al risparmio energetico, di cui Brema è pioniera, è il car sharing: nato nei primi anni '90 grazie ad un piccolo operatore no-profit, poteva contare inizialmente su 30 membri e una flotta di 4 autovetture prenotabili. Oggi il servizio è gestito dalla holding "Cambio" la cui rapidissima espansione degli ultimi anni è stata favorita in maniera decisiva dalla partecipazione ad alcuni progetti co-finanziati dall'Unione Europea, come MOSES e VIVALDI, finalizzati all'attuazione di politiche di mobilità urbana sostenibile nelle città europee. Oggi il servizio ha raggiunto più di 9.000 utenti e una flotta di circa 200 automobili in 50 stazioni (dati gennaio 2015). Una buona parte dell'utenza è formata da clienti "business" grazie alle collaborazioni tra l'operatore "Cambio", la Camera di Commercio di Brema e altre organizzazioni professionali che hanno portato alla creazione di offerte speciali, servizi e pacchetti su misura per le aziende. Brema è anche la prima città ad aver adottato un "Piano di Azione per il Car sharing" che fissa le azioni da intraprendere per la crescita del servizio, tra le quali l'aumento delle postazioni su strada, il miglioramento dell'integrazione con il trasporto pubblico, campagne di informazione e di promozione del servizio; nel piano si fissa l'ambizioso obiettivo di raggiungere almeno 20.000 abbonati entro il 2020 che comporterebbe una riduzione di 6.000 auto dalle strade. Altro fattore di successo è stato quello di puntare fortemente, sin dai primi anni di attivazione del servizio, sull'integrazione trasporto pubblico-car sharing: un'integrazione di servizio, ovvero una rete in cui è facile l'accesso e l'interscambio tra TPL e stazioni di car sharing, ma anche un'integrazione tariffaria, con l'introduzione nel 2002 della "Bremer Karte PLUS", una smart-card multiservizio che assolve contemporaneamente alle funzioni di biglietto elettronico per il TPL, accesso alle auto car sharing e carta di credito. Con l'introduzione di "Cambio" si è voluto in definitiva fornire ai cittadini una reale alternativa all'auto di proprietà con l'obiettivo di ridurre i veicoli circolanti e la congestione da traffico; in più, offrendo la possibilità di scegliere il veicolo più appropriato per ogni viaggio, si ha una riduzione dei consumi di carburante e CO₂. Altro obiettivo dell'iniziativa è l'aumento della quota modale del trasporto pubblico: introducendo il principio del "pay as you drive", i cittadini sono più consapevoli dei costi di viaggio e sono spinti ad utilizzare di più il trasporto pubblico. Infine, diminuendo le auto parcheggiate in strada, l'obiettivo è anche

poter utilizzare le aree pubbliche liberate per altre funzioni (zone pedonali, aree verdi, attività sociali e commerciali, etc.).

Da un'indagine svolta di recente (Cambio Customer Survey, Bremen, 2014) emerge che quasi il 40 % dei nuovi clienti avrebbe comprato un'auto se non ci fosse stato "Cambio"; il 28% degli abbonati al servizio ha sostituito l'auto di proprietà utilizzando solo "Cambio", mentre il 10% utilizza sia "Cambio" che la propria auto. Ciò significa che ogni vettura car sharing ha sostituito 11 auto di proprietà per un totale di circa 2.000 auto eliminate dalle strade. Oltre allo spazio recuperato per destinarlo ad altre funzioni, c'è da considerare anche il risparmio economico: si stima (Glotz-Richter, 2012) che per raggiungere lo stesso risultato con la costruzione di un parcheggio, si sarebbero dovuti investire tra i 25 e 50 milioni di euro. Le auto della flotta "Cambio" hanno in media emissioni di 129g di CO₂/km, rispetto alla media di 169g delle auto circolanti in Germania (Commissione Europea, 2010).



Fig. 4.12: Mezzi di trasporto Pubblico e auto della flotta "Cambio".

Se a questa riduzione si somma quella derivante dal fatto che gli utenti del servizio hanno utilizzato di più il trasporto pubblico e la bici, si stima una diminuzione delle emissioni di CO₂ dell'ordine di 1.100 tonnellate annue (Civitas, 2009). I risultati inoltre mostrano che il principio del "pay as you drive", che rende le persone più consapevoli dei costi di viaggio, ha spinto i cittadini ad usare meno l'auto con una riduzione di 6,9 milioni di km all'anno (Civitas, 2009); si registra, infine, un aumento dell'11% del numero di passeggeri del trasporto pubblico dall'introduzione del servizio di car sharing.

Veicoli e carburanti puliti - Stoccolma

Alcune città europee, supportate da importanti politiche nazionali, sono strategicamente orientate verso un approccio smart nel settore energetico, considerato di fondamentale importanza per lo sviluppo urbano. Stoccolma, capitale della Svezia, ne è un esempio da molti anni: ha messo in atto una serie di misure grazie alle quali punta a raggiungere, entro il 2050, l'ambizioso obiettivo di diventare una città totalmente indipendente da

energie fossili (fossil/free) e di ridurre il consumo energetico totale del 40%. Per quanto riguarda i trasporti, l'amministrazione si prefigge l'obiettivo di ridurre il consumo energetico di questo settore del 20% entro il 2030 e di quasi il 40% entro il 2050 con azioni quali il potenziamento del trasporto pubblico, incentivi per l'uso di carburanti alternativi a quelli fossili, adozione della congestion charge, promozione della sharing mobility, significativi investimenti in infrastrutture e razionalizzazione dei flussi delle merci in città. Tra le strategie suelencate, Stoccolma ha puntato in modo particolare su prodotti energetici alternativi, ovvero su combustibili che possono sostituire le fonti di petrolio fossile nella fornitura di energia e che contribuiscono al miglioramento delle prestazioni ambientali nella mobilità urbana. In questa direzione, di particolare importanza è stato il progetto "Clean Vehicles in Stockholm", partito nel 1994 con l'obiettivo di accelerare la transizione verso le energie rinnovabili e disincentivare la sostituzione della flotta di veicoli (pubblici e privati) alimentati con i tradizionali combustibili fossili con veicoli "puliti". Per veicolo "pulito" l'amministrazione di Stoccolma ha sin dall' inizio del progetto inteso un veicolo alimentato a biocarburanti o elettrico; la definizione ha avuto successive modifiche includendo nel 2009 anche i veicoli a benzina e diesel che emettono massimo 120 g/CO₂ per chilometro. Oggi Stoccolma è la città europea con il più alto numero di veicoli "puliti": dal 2012 è servita per il 70% da bus ecologici, circa 800 ad etanolo e 270 a biogas. A questi vanno aggiunti più di 160.000 veicoli privati, 1.400 taxi, 100 auto della polizia e più di 60 veicoli per la raccolta dei rifiuti. L'espansione di questa flotta "verde" è stata sviluppata sia aumentando il numero di veicoli pubblici con tecnologie alternative al motore termico, che presentando migliori prestazioni energetiche, sia migliorando le infrastrutture per il rifornimento e la manutenzione di tali veicoli.



Fig. 4.13: Autobus a Biogas nella città di Stoccolma.

Le principali azioni messe in campo negli ultimi anni per incentivare l'utilizzo di veicoli puliti sono state i contributi e agevolazioni statali per veicoli elettrici e costruzione di una rete di colonnine di ricarica agevolazioni fiscali sui biocarburanti programma di incentivi,

varato dal governo svedese, che prevedeva un contributo di 1.000 euro per chi acquistava un veicolo ecologico dal 2006, sconti sulla tassa di circolazione per i veicoli ecologici; dal 2009, esenzione per cinque anni da tale tassa per i nuovi veicoli puliti acquistati esenzione dalla "Stockholm congestion tax" ovvero il pedaggio che dal 2006 i conducenti di alcune categorie di automezzi privati pagano sia all'ingresso che all'uscita dal centro cittadino; in 5 anni il sistema di tariffazione ha ridotto il traffico urbano del 20% e le emissioni inquinanti del 14% permesso di sosta gratuita ai veicoli ecologici, privati e commerciali, nelle aree di parcheggio a pagamento precedenza dei taxi ecologici rispetto agli altri all'aeroporto di Stoccolma; dal 2011, non è stato consentito l'accesso all'aeroporto ai taxi che non rispondevano a determinati parametri ambientali.

Ad oggi circa il 70% del totale dei bus sono alimentati con combustibili ottenuti da fonti rinnovabili (biogas, biodiesel, bioetanolo) che si stima abbia comportato, dal 2010, una riduzione del consumo energetico del 10% (Ericson, 2013); i bus ecologici sono passati dai quasi 550 del 2006 ai circa 1200 del 2013 (+135%). Per quanto riguarda i trasporti privati, il 15% è alimentato da biocombustibili, il 50% da etanolo o gasolio. Nel periodo 2006-2012 è stata rilevata una riduzione di emissioni di CO₂ dell'86% e di NO_x e particolato del 50%; nello stesso periodo il livello di rumore in città si è dimezzato.

4.4 Glossario

AVL (Automatic Vehicle Location)

Tecnologie che consentono il monitoraggio e tracciamento della posizione geografica dei veicoli in modo da informare i conducenti in caso di incidenti o traffico intenso. Nella logistica urbana sono utili per avvisare i clienti di eventuali ritardi.

AVM (Automatic Vehicle Monitoring)

Tecnologie che consentono il monitoraggio delle caratteristiche e dello stato del veicolo in movimento (ad es. livelli olio e carburante, temperatura dell'olio, condizioni della merce trasportata, etc.), controllo dei sistemi di sicurezza e rilevazione di eventuali anomalie nei parametri.

Bike sharing

Servizio di noleggio biciclette a breve termine, self-service, organizzato a rete e messo a disposizione su spazi pubblici (OBIS, 2011). Esistono modelli molto diversi di uso condiviso della bicicletta ma gli elementi comuni sono che gli utenti possono usare le bici per i loro spostamenti da semplici utilizzatori e non da proprietari del mezzo e che non è previsto un contratto da stipulare ogni volta che l'utente usufruisce del servizio, come invece avviene nel noleggio bici. I servizi di bike sharing sono caratterizzati generalmente da una fitta rete di stazioni con distanza media di 300 mt, bici progettate in modo tale da essere comode per l'utente e con sistemi di bloccaggio per scoraggiare furti, un sistema di prelievo e consegna facile per l'utente, un sistema di tracciamento per rilevare la posizione, monitoraggio in real time del tasso di occupazione di ogni stazione, informazione all'utenza in tempo reale attraverso smartphone e terminali nella stazione, struttura del prezzo che incentiva gli usi di breve durata per massimizzare la produttività di ogni bici. È un servizio particolarmente indicato in zone urbane di difficile accesso come centri storici, ZTL e in zone con tariffazione di sosta elevata o con scarsa disponibilità di parcheggi.

Biocarburanti

I biocarburanti sono carburanti liquidi o gassosi per i trasporti ricavati dalla biomassa che è la parte biodegradabile dei prodotti provenienti dall'agricoltura e dei rifiuti industriali ed urbani. Sono pertanto fonti di energia non fossili impiegabili nell'autotrazione in sostituzione di diesel e benzina.

Dissuasori

I dissuasori sono dei dispositivi fisici di solito a scomparsa nella pavimentazione posizionati ai varchi che delimitano le zone a traffico limitato con l'obiettivo di impedire l'accesso ai veicoli non autorizzati. Sono attivabili/disattivabili tramite radiocomando, tessera magnetica, telepass, codice numerico o chiamata dal cellulare abilitato. Il vantaggio di questo tipo di dispositivi è di non avere ingombri quando sono inutilizzati mentre un limite è che non sono efficaci per impedire l'accesso a ciclomotori e motocicli.

Gas naturale (metano)

Il gas naturale o metano è un combustibile fossile costituito da una miscela di idrocarburi tra i quali prevale il metano e comprende anche azoto, anidride carbonica, etano ed idrocarburi superiori. È una fonte energetica a basso impatto ambientale idoneo ad essere utilizzato nei campi più svariati (settore domestico, terziario, industria, produzione di energia elettrica, autotrazione).

Gas propano liquido (GPL)

Il Gas Propano Liquido (GPL) è una fonte energetica a basso impatto ambientale impiegata principalmente nel settore residenziale ed in quello dei trasporti. Si tratta di un combustibile ecocompatibile in quanto il contenuto di sostanze inquinanti e di gas ad effetto serra immesse in atmosfera durante la combustione è percentualmente inferiore rispetto a quello dei combustibili liquidi tradizionali (Eni, 2010). Tecnologie di alimentazione a metano e GPL sono in Italia realtà già importanti; la loro principale criticità è la mancanza di una copertura capillare a livello di distribuzione.

Sistemi di controllo del traffico urbano

Sono sistemi che regolano gli impianti semaforici, agendo direttamente sui dispositivi di attuazione, per coordinare tra di loro le intersezioni adiacenti e rendere il traffico maggiormente scorrevole.

Di seguito si descrivono alcune tipologie di sistemi di controllo utilizzati in ambito urbano:

- Sistema a piani fissi coordinati, si impostano piani semaforici predefiniti che non variano al variare delle condizioni di traffico nella rete. La successione e la durata delle diverse fasi è predeterminata in funzione di osservazioni statistiche dei flussi di traffico delle diverse correnti. È il sistema più semplice per la gestione del traffico urbano ma ha il limite di non essere in grado di reagire ad eventi imprevisti come ad esempio congestioni dovute ad incidenti.
- Sistema UTC a selezione di piano, anche in questo caso i piani sono predefiniti ma essi, a differenza del sistema a piani fissi, corrispondono a profili di dati di traffico diversi nell'area gestita. Una serie di sensori raccoglie questi dati e quando essi corrispondono ad un profilo predefinito allora viene attuato il piano corrispondente che avrà parametri diversi (durata del ciclo, tempi di verde, etc.) a seconda della situazione specifica.
- Sistemi UTC attuati dal traffico, in questo caso la successione delle fasi, la durata del ciclo ed i tempi di verde sono determinati in funzione dei flussi veicolari e pedonali. In questo tipo di regolazione è presente un sistema di acquisizione dati in tempo reale sulle condizioni del traffico che prevede l'uso di rilevatori opportunamente installati agli accessi dell'intersezione.

Sistemi UTC adattativi

I sistemi di controllo del traffico urbano e quelli che offrono i migliori risultati per quanto riguarda il risparmio energetico. Essi migliorano le condizioni globali del traffico urbano, minimizzano il tempo totale di viaggio del traffico privato e contemporaneamente privilegiano i mezzi pubblici. Attraverso l'utilizzo di algoritmi adattativi si definisce dinamicamente la miglior politica di gestione semaforica, in base ai dati di traffico rilevati dai sensori di incrocio, alle decisioni e ai dati ricevuti dalle intersezioni circostanti e alle politiche impostate dal centro di gestione della mobilità. Inoltre, questi sistemi sono in grado di assegnare la priorità ai mezzi di trasporto pubblico in transito dai semafori controllati.

Stakeholder

Letteralmente "portatore d'interesse". Tutti i soggetti, individui od organizzazioni, che hanno un interesse nel sistema dei trasporti

Telecamere per il controllo degli accessi alle ZTL

I dispositivi più utilizzati per verificare gli accessi alle ZTL sono quelli che si basano sull'utilizzo di telecamere poste ad ogni ingresso dell'area soggetta a controllo. Questi sistemi verificano se le targhe dei veicoli che transitano sono nella lista di quelle autorizzate e segnalano all'autorità di controllo preposta eventuali trasgressioni commesse dai mezzi non autorizzati.

In generale, il sistema "varco" può essere costituito da un classificatore che individua i veicoli e ne determina la tipologia, da una telecamera, con illuminatore ad infrarossi integrato, dotata di un software OCR (Optical Characters Recognition) di riconoscimento targhe e da un controller che verifica l'autorizzazione al transito confrontando la targa con il database dei veicoli autorizzati.



Fig. 4.14: Sequenza logica operativa dell'OCR per targhe di veicoli.

La centrale operativa ha gli strumenti per monitorare e gestire i varchi, acquisire transiti e violazioni e memorizzare i dati di traffico per eventuali statistiche. Questi dati possono anche essere utilizzati dagli organi tecnici delle amministrazioni per avere un quadro conoscitivo degli spostamenti in città e quindi poter essere utili per la pianificazione di interventi sul sistema dei trasporti dell'area.

Anche per il controllo delle zone soggette a pedaggio (road pricing - vedi paragrafo A.2) vengono utilizzate telecamere e la procedura automatica che va dal riconoscimento della

targa del veicolo fino alla emissione della sanzione è del tutto simile a quella descritta in precedenza.

Veicolo a idrogeno

I veicoli ad idrogeno sono veicoli a celle di combustibile, dove il "motore" elettrochimico produce energia elettrica che va ad alimentare le batterie che a loro volta danno energia a un motore elettrico. I rendimenti per veicoli con celle a combustibile sono sensibilmente superiori a quelli dei motori a combustione interna. L'efficienza energetica è tre volte quella di un'auto a benzina, per cui si raggiungono valori fino al 45-50%, contro rendimenti medi del 16-18% e del 20-24% misurati rispettivamente per i veicoli a benzina e diesel, nel ciclo urbano. Efficienze maggiori si traducono, a parità di energia prodotta, in una riduzione della quantità di anidride carbonica emessa. Attualmente le criticità sono lo stoccaggio e il trasporto che richiedono un ingente investimento in infrastrutture per la distribuzione.

Veicolo elettrico

I veicoli elettrici utilizzano un pacco batterie ed un motore a zero emissioni. Hanno consumi in fase d'uso inferiori a quelli dei veicoli con motore a combustione interna: la trazione elettrica infatti ha un'efficienza 3-4 volte superiore a quella del motore termico. Il vantaggio è tale da compensare largamente le perdite che avvengono in fase di produzione e distribuzione dell'energia elettrica, che sono maggiori di quelle che si hanno nella raffinazione e distribuzione dei combustibili liquidi e gassosi, ma che si sono molto ridotte, nell'ultimo decennio, per la migliore efficienza del sistema elettrico nazionale (ENEA, 2011). Le loro criticità sono: sistema di batterie che non assicura grande autonomia ed elevata potenza, notevoli costi d'acquisto, lunghi tempi di ricarica, mancanza di una rete di ricarica diffusa sul territorio (in Italia sono presenti circa 700 colonnine a uso pubblico e/o semipubblico ma il numero è in continua espansione)

Veicolo ibrido

I veicoli ibridi sono definiti tali in quanto utilizzano un sistema di propulsore ibrido, composto cioè da un motore termico (benzina o diesel) e da un motore elettrico. Il successo di tali modelli è determinato dalla minor richiesta di carburante, dovuta all'intervento del modulo elettrico. Il sistema elettrico/termico prevede che il veicolo sia dotato di un sistema per recuperare parte dell'energia cinetica persa durante la frenata; un generatore di corrente sfrutta la velocità del veicolo (decelerandolo) per ricaricare le batterie. Alternando ed integrando in funzione delle diverse esigenze le due tipologie di trazione, i veicoli ibridi riescono ad avere un'ottima efficienza energetica accompagnata a minori consumi ed emissioni.

Riferimenti bibliografici e Sitografia

- City Ports (2005). Progetto City Port – Rapporto Intermedio. Quaderni del Servizio Pianificazione dei Trasporti e Logistica 5. *Regione Emilia Romagna - Assessorato Mobilità e Trasporti, Bologna*. Available at: <http://mobilita.regione.emilia-romagna.it/entra-in-regione/Pubblicazioni/quaderni-servizio-pianificazione/i-quaderni-del-servizio-pianificazione-dei-trasporti-e-logistica>.
- Civitas (2009). Clean bus procurement in Bremen as part of a wider strategy on sustainable urban mobility and energy efficiency. Workshop on Clean Vehicles and restricted access, Rotterdam 4.-5.11.2009.
- Comi A., Delle Site P., Filippi F., Marcucci E. e Nuzzolo A. (2008). Differentiated regulation of urban freight traffic: conceptual framework and examples from Italy. *Proceedings of 13th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies*, Hong Kong, Cina. Available at: <https://iris.uniroma3.it/handle/11590/160101#.WUuQpOvyiJA>.
- Commissione Europea (2010). Momo Car-Sharing More options for energy efficient mobility through Car-Sharing. *Grant agreement No.: IEE/07/696/SI2.499387 Deliverable 5.3. Guideline for municipalities and governments*. Available at: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/momo-car-sharing>.
- EEA (2009). Final energy consumption by sector in EU-27. European Environmental Agency (EEA). Available at: <http://www.eea.eu>.
- ENEA (2011). Quaderno "L'efficienza energetica nei trasporti". Available at: <http://www.enea.it/it/comunicare-la-ricerca/documenti/quaderni-energia/trasporti.pdf>.
- ENEA (2014). L'ottenimento dei Certificati Bianchi – Trasporto Pubblico Locale. <http://www.studiosalvatore.com/wp-content/uploads/2014/02/Lottenimento-dei-Certificati-Bianchi-Mobility-Management.pdf>.
- Ericson J. (2013). Bus experiences from Stockholm. Workshop "Clean Bus Procurement", Bremen. 12 Dicembre 2013.
- Gargiulo C. (2014). Integrazione trasporti-territorio: strumenti, interventi e best practices verso la Smart City. *CLEAN*, Napoli.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., Meijers, E. (2007). Smart Cities: Ranking of European medium-size cities", Vienna: Centre of Regional Science, TU WIEN. Available at: <http://www.smart-cities.eu>.
- Glötz-Richter M. (2012). Car-Sharing – "Car-on-call" for reclaiming street space. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 48 (2012): 1454-1463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1121>.
- ISFORT (2011). Rapporto OPMUS - Osservatorio sulle politiche per la mobilità urbana sostenibile, n.14, gennaio 2011. Available at: <http://www.isfortopmus.it/>.
- Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pederson, J. K., Thaarup, R. K., & Kotterink, B. (2014). Mapping smart cities in the EU. Available at: http://www.rand.org/pubs/external_publications/EP50486.html.

- MIT (2012). "Piano Nazionale della Logistica 2012-2020", Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma, Italia. Available at: http://www.mit.gov.it/mit/mop_all.php?p_id=12956.
- Morana, J. (2014). Sustainable supply chain management in urban logistics. In *Sustainable urban logistics: Concepts, methods and information systems* (pp. 21-35). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-31788-0_2.
- Niglio, R., & Comitale, P. (2015). Sustainable Urban Mobility Towards Smart Mobility: the Case Study of Bari Area, Italy. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 8(2), 219-234. doi: <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/3009>.
- OBIS (2011). Ottimizzare i sistemi di bike sharing nelle città europee. *Progetto OBIS*, Programma IEE. Available at: <http://www.ricerchetrasporti.it/ottimizzare-i-sistemi-di-car-sharing-nelle-citta-europee>.
- Papa R. (2008). Il governo delle trasformazioni urbane e territoriali. Franco Angeli, Milano. ISBN: 9788856811476.
- Papa, R. (2009). Politiche della sosta e città. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 2(1). doi:<http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/62>.
- Schoemaker J., Allen J., Huschebeck M. e Monigl J. (2004). Quantification of Urban Freight Transport Effects. Consorzio Bestufs. Available at: http://www.bestufs.net/download/BESTUFS_II/key_issuesII/BESTUF_Quantification_of_effects.pdf.
- Staricco, L. (2013). Smart Mobility: opportunità e condizioni. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 6(3), 342-354. doi:<http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/1933>.
- Stefan, W. (2008). Cityporto Padova. Proceedings of H2 Rome - Mobilità sostenibile delle merci nelle aree urbane, Roma.
- TTS Italia (2007). I Sistemi ITS: proposte per una nuova mobilità del Paese. TTS Italia, Roma. Available at: <http://www.ttsitalia.it/file/Pubblicazioni%20TTS/ISistemiITS-ProposteperunanuovamobilitadelPaese.pdf>.
- TTS Italia (2009). Gli ITS per la gestione della mobilità. Innovazione al servizio dell'utente. TTS Italia, Roma. Available at: <http://www.ttsitalia.it/file/Pubblicazioni%20TTS/Gestione%20Mobilit%C3%A0.pdf>.

<http://www.interportopd.it/cityporto/>
<http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/mobilita/AreaC>
<https://www.bicing.cat/>
<http://www.comune.torino.it/trasporti/>
<http://www.energiaenergetica.enea.it/t:trasporti/politiche-e-misure/>
[http://www.comune.meda.mb.it/cittadino/car pooling](http://www.comune.meda.mb.it/cittadino/car_pooling)

Sistema Urbano, Consumi Energetici e Mobilità Sostenibile	7
Città e Consumi Energetici: variabili, tecniche e modelli	13
2.1 <i>Mobilità urbana e risparmio energetico</i>	13
2.2 <i>Le variabili interpretative</i>	15
2.3 <i>I modelli di riferimento</i>	18
2.4 <i>I fattori significativi</i>	22
2.5 <i>Insedimenti urbani e risparmio energetico</i>	25
2.6 <i>I modelli di stima</i>	26
2.7 <i>I modelli interpretativi</i>	28
2.8 <i>Città, Trasporti e Energia</i>	46
<i>Riferimenti bibliografici</i>	52
Città e Consumi Energetici: gli spazi e le attività urbane	57
3.1 <i>I dati e le variabili interpretative</i>	57
3.2 <i>L'organizzazione e l'elaborazione dei risultati</i>	61
3.3 <i>La rappresentazione in ambiente GIS</i>	61
3.4 <i>Un'applicazione al territorio comunale di Napoli</i>	63
3.5 <i>I consumi energetici nel territorio comunale di Napoli</i>	67
3.6 <i>Validazione e analisi dei risultati</i>	71
3.7 <i>Conclusioni e sviluppi futuri</i>	78
<i>Riferimenti bibliografici</i>	81
Strumenti, Azioni e Best Practices per la riduzione dei consumi energetici nella mobilità urbana sostenibile	83
4.1 <i>Strumenti di governo della mobilità alla scala urbana</i>	83
4.2 <i>Azioni per la riduzione dei consumi energetici alla scala urbana: verso la smart mobility</i>	91
4.3 <i>Best practices</i>	127
4.4 <i>Glossario</i>	136
<i>Riferimenti bibliografici e Sitografia</i>	140

Fig. 2.1: Articolazione dei principali modelli top-down e bottom-up utilizzati per la stima del consumo energetico residenziale a livello regionale o nazionale (Swan et al., 2009).	27
Fig. 2.2: Sistema di indicatori utilizzati per l'impegno del neural network.	29
Fig. 2.3: Suddivisione dei quesiti proposti nel sondaggio tra le quattro macro categorie.	31
Fig. 2.4: Classificazione del patrimonio edilizio residenziale esistente.	32
Fig. 2.5: Scheda tecnica sintetica per edificio-tipo.	33
Fig. 2.6: Schermata del sito dell'Istituto Nazionale di Statistica (Istat) dove è possibile accedere e fare il download dei dati.	46
Fig. 3.1: Struttura del Model Builder del GIS Energy Urban Tool.	62
Fig. 3.2: Confronto tra gli indirizzi Prima (a sinistra) e dopo la correzione (a destra).	65
Fig. 3.3: Schermata con L'Applicazione GIS Energy Urban Tool al territorio comunale di Napoli.	66
Fig. 3.4: Mappa dei consumi elettrici in kW per le utenze domestiche.	68
Fig. 3.5: Consumi elettrici per le utenze domestiche suddivisi per i quartieri di Napoli.	69
Fig. 3.6: Mappa dei consumi elettrici in kW per le utenze non domestiche.	70
Fig. 3.7: Consumi elettrici per le utenze non domestiche suddivisi per i quartieri di Napoli.	71
Fig. 3.8: Curva relativa ai valori dello z-scores e della p-values.	73
Fig. 3.9: Analisi hot spot relativa ai consumi elettrici domestici (2011).	74
Fig. 3.10: Analisi hot spot relativa ai consumi elettrici non domestici (2011).	75
Fig. 3.11: Analisi cluster dei consumi elettrici domestici (Anselin Local Moran's I).	76
Fig. 3.12: Analisi cluster dei consumi elettrici non domestici (Anselin Local Moran's I).	77
Fig. 4.1: study Energie 2000/Muheim Svizzera, 1998.	99
Fig. 4.2: portale web del servizio di car pooling del comune di Meda (MB).	100
Fig. 4.3: Esempi di interventi di promozione della mobilità pedonale e ciclabile nelle aree urbane.	105
Fig. 4.4: Pannello a messaggio variabile in Scozia.	108
Fig. 4.5: Trip planner, progetto IRMA, Pavia.	108
Fig. 4.6: Sistema di indirizzamento ai parcheggi a Ravenna.	109
Fig. 4.7: Esempio di telecamere per il controllo degli accessi e di dissuasori a scomparsa.	125

Fig. 4.8 - Dispositivo mobile per il controllo della sosta "Street Control" a Roma.	126
Fig. 4.9: Veicolo utilizzato per il trasporto delle merci in ambito urbano.	128
Fig. 4.10: Esempio di Segnaletica stradale Verticale.	129
Fig. 4.11: Postazione bikesharing Bicing Barcellona.	131
Fig. 4.12: Mezzi di trasporto Pubblico e auto della flotta "Cambio".	133
Fig. 4.13: Autobus a Biogas nella città di Stoccolma.	134
Fig. 4.14: Sequenza logica operativa dell'OCR per targhe di veicoli.	138

Tab. 2.1: Esempio di “common activities” (rielaborazione di Saunders et al., 2008).	19
Tab. 2.2: Fattori, variabili e unità di misura.	24
Tab. 2.3: Schema sintetico dei modelli conoscitivi analizzati.	36
Tab. 2.4: Principali variabili che incidono sui consumi energetici degli edifici residenziali.	37
Tab. 2.5: Variabili e fonte dei dati.	48
Tab. 2.6: Software utilizzati per il calcolo delle variabili.	49
Tab. 3.1: Elenco dei dati raccolti per l’applicazione al caso studio di Napoli.	63
Tab. 3.2: Dati dei quartieri con elevato numero di abitanti.	69
Tab. 3.3: Consumi energetici elettrici medi relativi ad alcuni quartieri del Comune di Napoli.	72
Tab. 4.1: Indirizzi e criteri di azione.	92
Tab. 4.2: Costi esterni dovuti al trasporto urbano delle merci in Italia nel 2009 (fonte: Uniontrasporti).	111
Tab. 4.3: Classificazione degli interventi di logistica urbana finalizzati al risparmio energetico.	112
Tab. 4.4: Sistema di informazione presso fermata bus a Dublino, Irlanda.	121
Tab. 4.5: Sistemi ITS per il TPL.	121
Tab. 4.6: Benefici apportati dagli ITS per il TPL.	122
Tab. 4.7: Benefici E-Ticketing.	122
Tab. 4.8: Schema teleprenotazione piazzole di carico/scarico a Bologna.	124

Rocco Papa, professore Ordinario di Tecnica Urbanistica presso la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università degli Studi di Napoli Federico. L'attività di ricerca fa riferimento alle seguenti tematiche: studio e sperimentazione di nuovi protocolli per gli strumenti urbanistici connessi all'aggiornamento di tecniche, metodi e modelli di analisi, di interpretazione, di pianificazione e di governo del territorio; gestione e governo delle aree urbane e metropolitane; qualità ambientale nelle aree a forte antropizzazione. L'attività didattica è svolta sia in riferimento ai corsi universitari, sia attraverso lezioni, relazioni e comunicazioni per corsi di formazione post-universitaria. Dal 2007 è direttore responsabile della rivista *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*. È autore di oltre 130 pubblicazioni.

Gennaro Angiello, ingegnere e dottore di ricerca in Ingegneria dei sistemi Civili. Si occupa di mobilità sostenibile, accessibilità e modelli di interazione trasporti-territorio. Da marzo 2012 è membro dello staff editoriale della rivista scientifica *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*. Da maggio 2012 a novembre 2014 partecipa all'Azione COST Accessibility Instruments for Planning Practices in Europe. Nel giugno 2013 è vincitore di una borsa di studio post-laurea all'interno del progetto di ricerca PRIN 2009 "Linee guida per la Mobilità Sostenibile". Da marzo 2014 a gennaio 2016 ha collaborato al progetto di ricerca "Smart Energy Master".

Gerardo Carpentieri, ingegnere e dottore di ricerca in Ingegneria dei sistemi Civili. Si occupa di mobilità sostenibile, interazione trasporti-territorio e risparmio energetico. Da gennaio 2013 è membro dello staff editoriale della rivista scientifica *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*. Da maggio 2012 a novembre 2014 partecipa all'Azione COST Accessibility Instruments for Planning Practices in Europe. Nel giugno 2013 è vincitore di una borsa di studio post-laurea all'interno del progetto di ricerca PRIN 2009 "Linee guida per la Mobilità Sostenibile". Da marzo 2014 a gennaio 2016 ha collaborato al progetto di ricerca "Smart Energy Master".