



Politecnico di Torino

Facoltà di Architettura

Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

# **E – Mobility e sostenibilità urbana**

## **Integrazione delle infrastrutture di ricarica nello spazio urbano**

Daniele Meneghetti

Relatore: Luca Staricco

Correlatore: Mario Artuso

Luglio 2018





## INDICE

---

INTRODUZIONE .....	1
1 Verso una decarbonizzazione della mobilità .....	3
1.1 Clima – Energia: strategie a confronto.....	5
1.2 Smart City – Smart mobility .....	8
1.3 Una nuova cultura della mobilità urbana .....	12
2 Scenari di riferimento e prospettive di evoluzione .....	17
2.1 Caratteristiche del settore dei trasporti.....	17
2.2 Consumi energetici.....	21
2.3 Emissioni di inquinanti atmosferici .....	23
3 E-mobility: le forme di mobilità elettrica .....	25
3.1 L’auto .....	25
3.1.1 Cenni storici.....	26
3.1.2 Le differenti tipologie .....	29
3.2 Il trasporto pubblico .....	34
3.3 Bike sharing .....	36
3.4 Car sharing .....	39
3.5 Altre tipologie .....	40
4 Infrastrutture e tecnologie di ricarica.....	42
4.1 Ricarica conduttiva.....	43
4.2 Caratteristiche del processo di ricarica conduttiva: modi e sistemi di connessione .....	47
4.3 Ricarica induttiva .....	50
4.4 Battery swapping.....	53
5 Contesto normativo di riferimento per le infrastrutture di ricarica.....	56



5.1	In Europa.....	57
5.2	In Italia .....	58
6	Verso una trasformazione urbanistica.....	62
6.1	Pianificare la posizione dell’infrastruttura di ricarica sulla macro scala	66
6.2	Gli strumenti di pianificazione per governare la mobilità elettrica nel territorio .....	74
6.3	Progettare e pianificare l’infrastruttura di ricarica sulla micro scala .....	78
6.3.1	Configurazioni tipologiche per diversi ambiti .....	86
6.4	Differenti modi di ricarica per una migliore integrazione nel paesaggio urbano .....	89
6.5	Best practices e leve per la diffusione della mobilità elettrica in ambito urbano .....	93
7	Il rapporto con l’architettura .....	99
7.1	Progettare l’infrastruttura di ricarica in ambito privato .....	102
7.2	Sinergia edificio – auto elettrica .....	106
CONCLUSIONI .....		111
INDICE DELLE FIGURE.....		111
INDICE DELLE TABELLE .....		119
INDICE DEI GRAFICI .....		120
BIBLIOGRAFIA .....		121



## INTRODUZIONE

---

Oggi di E-Mobility si parla parecchio, soprattutto per quanto riguarda i benefici diffusi in termini di efficienza energetica, sostenibilità ambientale e sicurezza. L'incredibile progresso tecnologico in atto, potrebbe rivoluzionare in qualche modo la percezione che abbiamo delle città, nello specifico come le viviamo e come ci spostiamo. Tuttavia, il termine rivoluzione è più che appropriato, perchè in latino "revolutio" significava ritorno, volgere indietro. Infatti, l'auto elettrica è tra i primi tipi di automobile ad essere stata inventata agli inizi dell'Ottocento e, successivamente, nel Novecento ad essere stata sostituita da quella a combustione.

Il fine di questa tesi, quindi, è quello di valutare l'integrazione delle infrastrutture di ricarica sia in ambito urbano che architettonico, considerando l'impatto ambientale, economico e sociale che queste potrebbero avere e definire degli elementi di supporto per una corretta pianificazione e progettazione degli spazi (l'obiettivo è anche quello di aprire la strada ad ulteriori studi per approfondire nello specifico ogni tema con dei veri e propri casi studio).

L'argomento di tesi, pone le sue basi proprio sul contributo della mobilità elettrica alla sostenibilità e al cambiamento radicale nella cultura e nelle abitudini relative ai trasporti. I primi due capitoli, infatti, mettono a confronto scenari differenti: il primo, valuta le strategie e le politiche messe in pratica per il raggiungimento di una forte riduzione della dipendenza del petrolio nel sistema dei trasporti; mentre nel secondo, si analizza nello specifico alcuni dati relativi alla situazione attuale dei veicoli elettrici. A completamento di una più approfondita conoscenza del mondo dell'elettrico, i capitoli tre e quattro analizzano lo stato dell'arte dei mezzi e delle tecnologie a disposizione, con particolare riferimento all'applicazione e alla progettazione urbana. Parlando proprio di progettazione dello spazio pubblico o di architettura, in questi capitoli si capisce infatti che uno dei principali elementi che potrebbero impattare in modo negativo sulle città, sono proprio le infrastrutture di



ricarica. Queste, richiedono una particolare attenzione, poichè attraverso l'uso di dispositivi come le colonnine sarà necessario creare una rete di rifornimento dei veicoli che dovrà inserirsi in modo omogeneo nel contesto urbano. I capitoli cinque, sei e sette approfondiscono proprio queste tematiche. Nel quinto, si identificano i riferimenti normativi relativi alle infrastrutture; nel sesto, vengono analizzati i criteri e gli strumenti progettuali per la localizzazione e la pianificazione delle infrastrutture nel contesto urbano; infine, nell'ultimo capitolo si tratta del rapporto che queste hanno con l'architettura.

Questa tesi nasce grazie alla collaborazione con lo studio di architettura "PTFV architetti", di Paola Tagliabue e Fabrizio Vallero a cui rivolgo un particolare ringraziamento. Infatti, il loro spirito innovativo e la loro attenzione alle dinamiche dell'oggi, li ha portati a stringere una partnership con la crescente startup di "evway", che offre un servizio completo a coloro che decidono di passare alla guida in elettrico. Questo ha subito portato alla luce delle riflessioni legate alla progettazione dello spazio pubblico, all'impatto paesaggistico ed economico dell'installazione delle colonnine di ricarica in ambito urbano e la relativa pianificazione, al contributo della mobilità elettrica alla sostenibilità e al rapporto con l'architettura.



## 1 Verso una decarbonizzazione della mobilità

---

Oggi la domanda di trasporto in Europa sta crescendo significativamente e secondo le stime della Commissione europea, entro il 2050 il trasporto passeggeri crescerà di oltre il 50% e il trasporto merci dell'80% rispetto ai livelli del 2013.<sup>1</sup> Ad oggi il sistema dei trasporti ha un notevole impatto negativo sull'ambiente e sulla salute umana poichè dipende in larga misura dal petrolio il cui consumo non rilascia solo gas serra e inquinanti ambientali nell'atmosfera e contribuisce ai cambiamenti climatici, ma a livello mondiale rende le economie più vulnerabili alle fluttuazioni dei prezzi e delle risorse energetiche.

E' quindi necessario un cambio radicale di prospettiva verso un modello "low carbon", che compatibilmente soddisfi la domanda di mobilità della popolazione e delle attività economiche (che si basano in modo predominante sui modi privati di mobilità e trasporto dipendenti da combustibili fossili) e dall'altra che riduca le emissioni di gas climalteranti. La transizione opera quindi nella direzione di un sistema di mobilità sostenibile in termini ambientali, sociali ed economici mettendo in campo un approccio di "policy" integrato capace di agire in maniera coordinata su più fronti.<sup>2</sup>

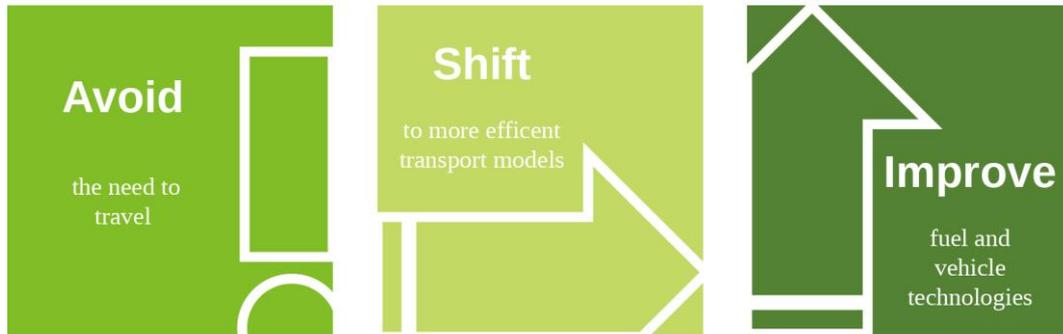
A questo proposito l'EEA (European Environmental Agency) ha fatto propria una strategia di intervento olistica che si basa su tre pilastri principali, la strategia ASI (Avoid, Shift, Improve).<sup>3</sup> Questa strategia mette in discussione l'attuale sistema dei trasporti, definendo necessaria la sua semplificazione e rendendolo più sicuro ed efficiente.

---

<sup>1</sup> The European Environment Agency (EEA). (2016). *EEA Signals 2016. Toward clean and smart mobility*. Copenhagen: Publications Office of the European Union.

<sup>2</sup> The European Environment Agency (EEA). (2016). *Transition towards a more sustainable system. TERM 2016: Transport indicators tracking progress toward environmental targets in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

<sup>3</sup> Per maggiori dettagli sulla strategia si veda: Dalkmann, H., Brannigan, C. (2007). *Sustainable Transport. A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. Module 5e: Transport and Climate Change*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.



**Figure 1. I tre pilastri della strategia ASI**

Il primo pilastro ***Avoid***, “ridurre il bisogno di mobilità”, si riferisce a tutte le azioni tese a migliorare l’efficienza complessiva del sistema di trasporto, per evitare o ridurre la formazione della domanda di trasporto passeggeri e merci attraverso l’uso di tecnologie “smart” quali le ICT (Information and Communications Technology) e ITS (Intelligent Transport System). Quindi attraverso la pianificazione integrata sull’uso del territorio e la gestione della domanda di mobilità, in particolare quella privata, potrebbe sicuramente indurre effetti positivi su differenti sistemi, come quello ambientale, territoriale ed economico.

Il secondo pilastro ***Shift***, “passare a un modello di trasporto più efficiente”, si riferisce a tutte le azioni tese a migliorare l’efficienza del viaggio attraverso la diversione modale, da un modo di trasporto ad un altro più efficiente energeticamente, meno emissivo, meno insicuro. Ad esempio, in ambito urbano, la promozione verso modi a basso o nullo impatto, come la ciclabilità o la pedonalità, o il sostegno al trasporto pubblico e alla “sharing mobility”.

Il terzo pilastro ***Improve*** si riferisce a tutte le azioni tese a migliorare l’efficienza del veicolo e dei combustibili, attraverso lo sviluppo tecnologico o anche semplicemente migliorando gli stili di guida. L’utilizzo di combustibili alternativi (come i biocarburanti e l’elettricità), dovrebbero essere i principali vettori energetici per la riduzione delle emissioni di gas serra nel settore dei trasporti.



## 1.1 Clima – Energia: strategie a confronto

Per operare questa transizione verso un modello più sostenibile e a basse emissioni, in ambito europeo e anche internazionale, si stanno facendo numerosi passi avanti. A questo proposito, sono state attivate numerose strategie in riferimento al pacchetto clima-energia, che si prefiggono target ambiziosi (ridurre sia le emissioni di CO<sub>2</sub> che la dipendenza da combustibili fossili). Il settore dei trasporti avrà un ruolo fondamentale prevedendo appunto:

- la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili e fonti energetiche di tipo convenzionale (petrolio, gas metano e GPL);
- introduzione di veicoli tecnologicamente avanzati per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> (ad esempio dal 2015 il limite imposto dalla Commissione europea per le nuove auto è di 95 g CO<sub>2</sub>/km contro i 130 g CO<sub>2</sub>/km precedenti<sup>4</sup>).

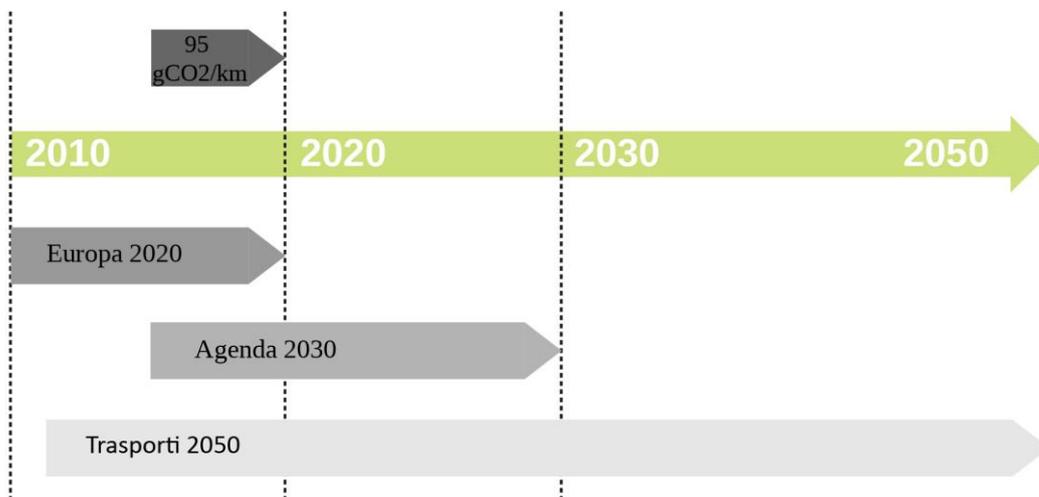


Figure 2. Timeline

<sup>4</sup> Regolamento 2014/333/UE dell'11 marzo 2014



Di seguito vengono sintetizzate le principali strategie:

- Strategia europea “*Europa 2020*”, del marzo 2010

Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, che mira a promuovere veicoli “verdi” incentivando la ricerca, fissando standard comuni e sviluppando l’infrastruttura necessaria. Nello specifico la Commissione ha fissato degli obiettivi da raggiungere entro il 2020 proponendo i traguardi “20-20-20” in materia di clima ed energia.

- Ridurre le emissioni di gas effetto serra del 20% rispetto ai livelli del 1990
- Coprire il 20% del fabbisogno di energia con fonti rinnovabili
- Aumentare del 20% l’efficienza energetica

- Strategia europea “*Trasporti 2050*”, marzo 2011

Questa strategia mira sicuramente a ridurre la dipendenza dalle importazioni di petrolio, portando una significativa riduzione delle emissioni nel settore dei trasporti fino al 60% (rispetto al 1990) entro la metà del secolo. Per quanto riguarda il trasporto urbano, in particolare, la tabella di marcia prevede una progressiva transizione verso auto e carburanti più puliti; entro il 2030 con un ordine del 50%, l’abbandono delle auto ad alimentazione convenzionale, fino ad escluderle gradualmente dalle città entro il 2050.

- “*Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*”<sup>5</sup>, a settembre 2015

E’ un piano d’azione sottoscritto da 193 Paesi membri dell’Organizzazione delle Nazioni Unite, che ingloba 17 obiettivi – Sustainable Development Goals, SDGs – in un ambizioso programma di 169 “target” o traguardi, che i Paesi membri si sono impegnati a perseguire entro il 2030. La mobilità intelligente e sostenibile diventa un indice importante per lo sviluppo di ogni paese, ed è per questo che investe un ruolo di rilievo per il raggiungimento di questi obiettivi.

---

<sup>5</sup> <https://sustainabledevelopment.un.org>



Figure 3. Agenda 2030: gli obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile

**Goal 3.6.** *“Entro il 2020, dimezzare il numero di decessi a livello mondiale e le lesioni da incidenti stradali.”*

**Goal 9.1.** *“Sviluppare infrastrutture di qualità, affidabili, sostenibili e resilienti, comprese le infrastrutture regionali e transfrontaliere, per sostenere lo sviluppo economico e il benessere umano, con particolare attenzione alla possibilità di accesso equo a tutti.”*

**Goal 11.2.** *“Entro il 2030, fornire l’accesso a sistemi di trasporto sicuri, sostenibili, e convenienti per tutti, migliorare la sicurezza stradale, in particolare ampliando i mezzi pubblici, con particolare attenzione alle esigenze di chi è in situazioni vulnerabili, alle donne, ai bambini, alle persone con disabilità e agli anziani.”*

**Goal 11.6.** *“Entro il 2030, ridurre l’impatto ambientale negativo pro capite delle città, in particolare riguardo alla qualità dell’aria e alla gestione dei rifiuti.”*



- Per ultimo, ma non meno importante, è l'accordo raggiunto nel dicembre 2015, durante la conferenza sul clima "COP 21 di Parigi", dove 195 paesi hanno adottato il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sul clima mondiale. Nel giugno del 2017, gli Stati Uniti annunciano il loro ritiro, senza però causare l'indietreggiamento degli altri Stati firmatari che confermano il loro impegno preso.

L'accordo definisce un piano d'azione globale per mantenere l'innalzamento della temperatura sotto i 2° C e, se possibile, anche sotto 1,5° C. La sfida per raggiungere gli obiettivi prefissati si giocherà in particolare nelle città, a mostrarlo è un rapporto dell'International Energy Agency (IEA) "Energy Technology Perspectives"<sup>6</sup>, in cui si mostra che, proprio le aree urbane avranno un ruolo fondamentale nella riduzione delle emissioni, dove edifici e settore dei trasporti saranno i protagonisti.

## 1.2 Smart City – Smart mobility

Come visto nel precedente paragrafo, le città avranno un ruolo fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi prefissati in tema di clima e energia.

La sfida non sarà facile, perchè secondo uno studio delle Nazioni Unite il trend di urbanizzazione è in rapida crescita, soprattutto per i paesi in via di sviluppo come Asia e Africa. Ad oggi, infatti, il 54% della popolazione mondiale (circa quattro miliardi di persone) vive in città<sup>7</sup>, mentre si prevede che entro il 2030 saranno in totale cinque miliardi le persone che risiederanno in agglomerati urbani, fino ad aumentare al 66% entro il 2050.<sup>8</sup> Le città, in particolare, sono essenziali per il benessere e la qualità della vita, in quanto servono da traino per lo sviluppo economico, sociale e l'innovazione. Al contrario, questa grande concentrazione di persone, può portare una serie di effetti negativi, come ad esempio un alto tasso di

---

<sup>6</sup> <http://www.iea.org/newsroom/news/2016/june/etp2016-cities-are-in-the-frontline-for-cutting-carbon-emissions.html>

<sup>7</sup> Per la prima volta nella storia, nel 2007, la popolazione urbana ha superato quella rurale.

<sup>8</sup> United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2015). *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision*. New York.



inquinamento (principale problematica ambientale), causato in particolar modo dal settore dei trasporti con l'emissione di gas serra, gas climalteranti e i particolati che vengono emessi in aria rendendo la vita in città difficile e poco sana, per via della salubrità e della pulizia dell'aria.

In Europa, secondo le stime più recenti fornite dal rapporto dell'European Environment Agency (EEA) *“Air quality in Europe – 2017 report”*<sup>9</sup>, tra i maggiori responsabili delle emissioni inquinanti atmosferici, responsabili della morte di più di 400.000 europei l'anno, sono stati indicati il settore dei trasporti su strada, l'agricoltura, le centrali elettriche, l'industria e i nuclei domestici. Tutto sommato, alcuni dati rilevati, risultano migliorati rispetto ad anni precedenti.

In un contesto di questo tipo, in cui non solo la qualità dell'aria, ma anche ad esempio la produzione di rifiuti e dei consumi energetici che coinvolgono a pieno il benessere dei cittadini, viene naturale pensare ad una gestione più “intelligente” delle città, delle loro risorse e dei loro abitanti.

A questo proposito, subentra il concetto di smart city che si basa, in primo luogo, sull'uso intelligente delle infrastrutture materiali delle città, in relazione al *“capitale umano, intellettuale e sociale di chi le abita”*<sup>10</sup> e in secondo luogo, dall'utilizzo diffuso delle nuove tecnologie di comunicazione ICT (Information and Communication Technologies). Questo concetto posa le basi sulla fondativa ricerca condotta dalle università di Vienna, Delft e Lubiana, in cui vengono delineati sei assi principali e i sottostanti parametri e indicatori, lungo il quale è possibile valutare il grado di smartness (economia, ambiente, persone, stili di vita, amministrazione ed infine la mobilità).<sup>11</sup>

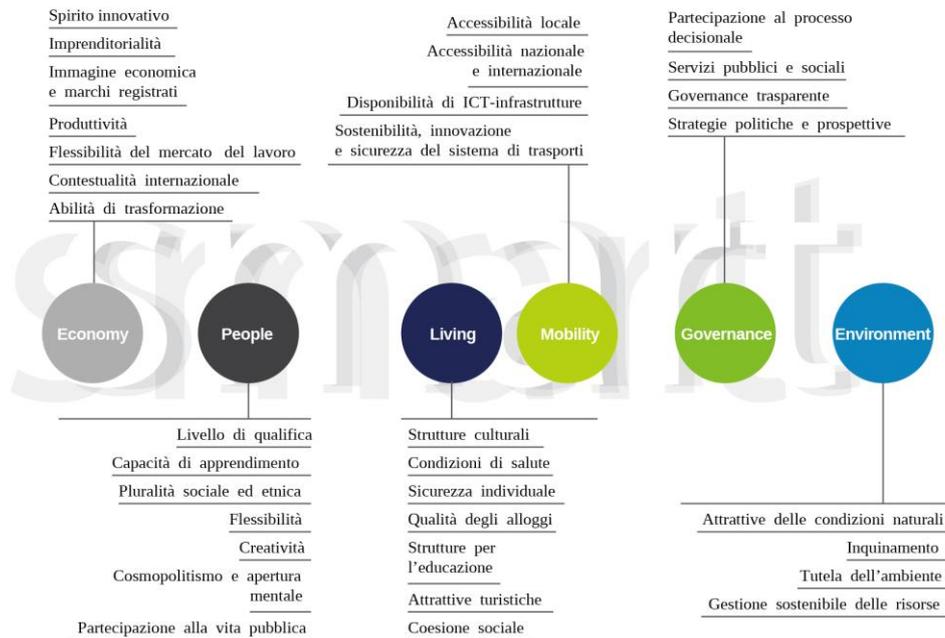
Rispetto alla letteratura e agli approcci in uso, è interessante come il tema della partecipazione ai processi decisionali e di innovazione da parte dei cittadini sia molto rilevante, affinché questi siano coinvolti e possano confrontarsi direttamente

---

<sup>9</sup> <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

<sup>10</sup> Definizione di smart city dall'Enciclopedia Treccani

<sup>11</sup> Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities. Ranking of European medium-sized cities*. Vienna: Centre of Regional Science.



**Figure 4. I sei assi delle smart city secondo l'approccio europeo e le loro declinazioni. Fonte: RSE**

con le pubbliche amministrazioni. Proprio a livello di Pubblica Amministrazione, sono le iniziative che vogliono promuovere il concetto di smart city, come ad esempio: **Il Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia**.

Si tratta di un'iniziativa autonoma, dei Comuni europei, che vuole implementare gli obiettivi comunitari su clima ed energia. Dal 2017 questo patto si è esteso a livello globale, in cui si sono istituiti uffici anche in Nord America, America Latina, Cina, India e Giappone. L'iniziativa si basa ormai su un'esperienza maturata negli anni, che include fattori chiave come: governance bottom-up, un modello di cooperazione multilivello e di azione guidata dai diversi contesti territoriali.

I firmatari intendono così accelerare il processo di decarbonizzazione dei loro territori, in una visione condivisa al 2050, attraverso l'efficienza energetica e l'energia rinnovabile. Si impegnano così a ridurre del 40% le emissioni di CO<sub>2</sub> entro



il 2030 e a presentare un Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile e il Clima (PAESC).<sup>12</sup>

In questa visione, il tema della mobilità urbana diventa centrale e ad oggi è assolutamente fondamentale per uno sviluppo di un discorso sulle città, mentre il concetto di smart mobility, diventa una componente indispensabile nella transizione smart delle città.

Questa centralità dipende da almeno due fattori. Il primo, si basa fondamentalmente su una dimensione ambientale, dove è ormai noto che il settore dei trasporti è uno tra i principali problemi dell’inquinamento dell’aria, ed influisce direttamente sulla qualità della vita della popolazione. Inoltre, ha un ruolo significativo nei consumi energetici. Il secondo, si basa su una dimensione tecnologica in cui le applicazioni innovative legate alle ICT, e allo sviluppo dei cosiddetti Intelligent Transportation System (ITS), sono volte alla ricerca e al raggiungimento di una maggiore smartness nella mobilità.<sup>13</sup>

Dunque, parlando di smart mobility, possiamo fare riferimento alla strategia ASI già citata in precedenza, le cui principali caratteristiche sono espresse in:

- un sistema di mobilità efficace ed efficiente;
- un sistema di mobilità caratterizzato da un uso sistematico di innovazioni tecnologiche quali ICT (per la gestione dei flussi del traffico, per le flotte del trasporto pubblico e per l’infomobilità) e mezzi di spostamento (mobilità lenta e condivisa come bike e car sharing, bus on demand e mobilità elettrica).

Queste soluzioni, promosse dalle Pubbliche Amministrazioni e dalle aziende del trasporto pubblico locale, offrono sicuramente una possibile strada verso un modello di mobilità più sostenibile.

---

<sup>12</sup> <https://www.pattodeisindaci.eu/en/>

<sup>13</sup> Staricco, L. (2013). Smart Mobility. Opportunità e condizioni. *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*, Vol. 6 (3), 341-354.



### 1.3 Una nuova cultura della mobilità urbana

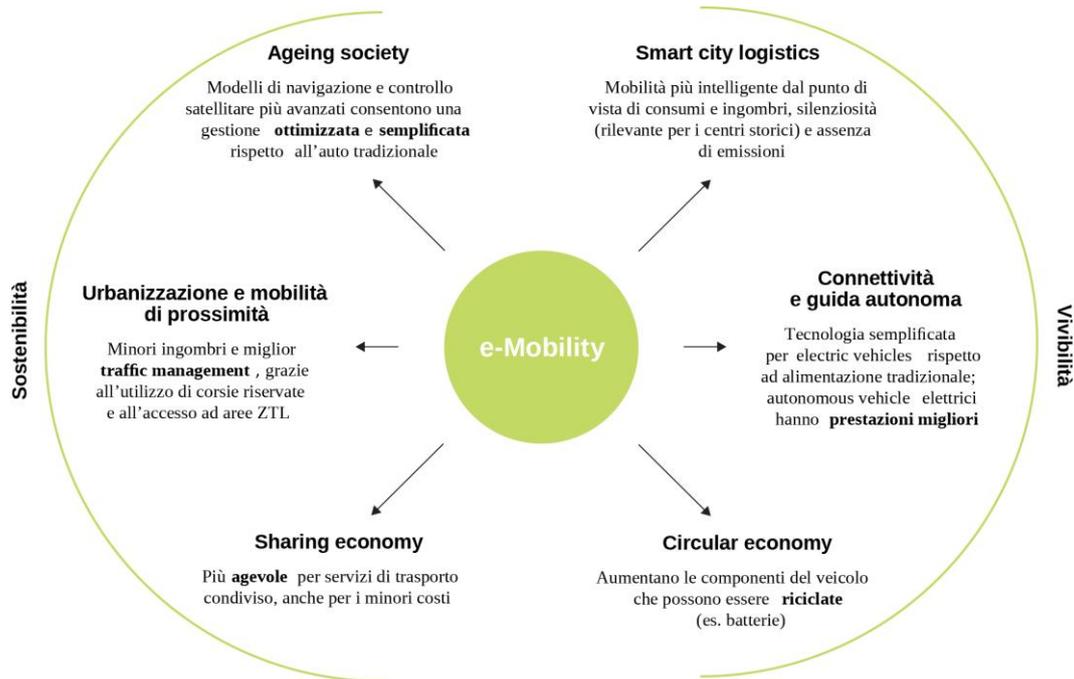
*“Le città europee sono diverse l’una dall’altra, ma si trovano tutte di fronte alle stesse sfide e sono alla ricerca di soluzioni condivise”.* Partendo da questo assunto, la Commissione Europea pubblica il Libro Verde il 25 settembre 2007 (*“Verso una nuova cultura della mobilità urbana”*), dove si mette in luce l’importanza del tema della mobilità urbana, per favorire un nuovo sviluppo economico, una migliore accessibilità e il miglioramento della qualità della vita, perseguendo approcci innovativi per un cambiamento radicale nella cultura e nelle abitudini relative ai trasporti. Il titolo di questo paragrafo, prende infatti spunto da questo assunto, con la sostanziale differenza che oggi, la strada verso questo cambiamento è già ben delineata (come abbiamo visto in precedenza con le diverse strategie e approcci per una mobilità più sostenibile), si tratterebbe quindi solo di prendere delle decisioni forti in termini di policy per favorire questa transizione e velocizzare questo processo.

Una possibile soluzione a questo cambiamento (a fronte degli obiettivi di decarbonizzazione stabiliti a livello nazionale e internazionale, e della situazione della mobilità urbana e dei suoi possibili sviluppi, sulla quale stanno convergendo sempre più studi ponendo l’attenzione e l’interesse dei Governi) è la mobilità elettrica che oggi potrebbe giocare un ruolo di fondamentale importanza, o meglio, essere un *“game changer per il futuro”*<sup>14</sup>, che rappresenterebbe un’opzione tecnologica che consentirebbe di generare benefici diffusi su più ambiti.

Infatti da un punto di vista dello sviluppo delle tecnologie a trazione elettrica (grazie ai vantaggi legati all’efficienza energetica, alla sostenibilità ambientale, alla sicurezza e all’elevato contenuto innovativo), sembra non si possa fare più a meno di una progressiva elettrificazione dei veicoli, che da ibridi diventano

---

<sup>14</sup> Enel S.p.A. e The European House - Ambrosetti S.p.A. (2017). *E-MOBILITY. Gli impatti sulle filiere industriali e sul sistema-Paese: quale Agenda per l’Italia.*



**Figure 5. Il contributo della e-Mobility ed alcuni megatrend dei prossimi anni. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti, 2017**

successivamente elettrici. Questo vale per tutti i settori del trasporto, dalla ciclabilità, alle auto, ai mezzi di trasporto pubblico ecc.

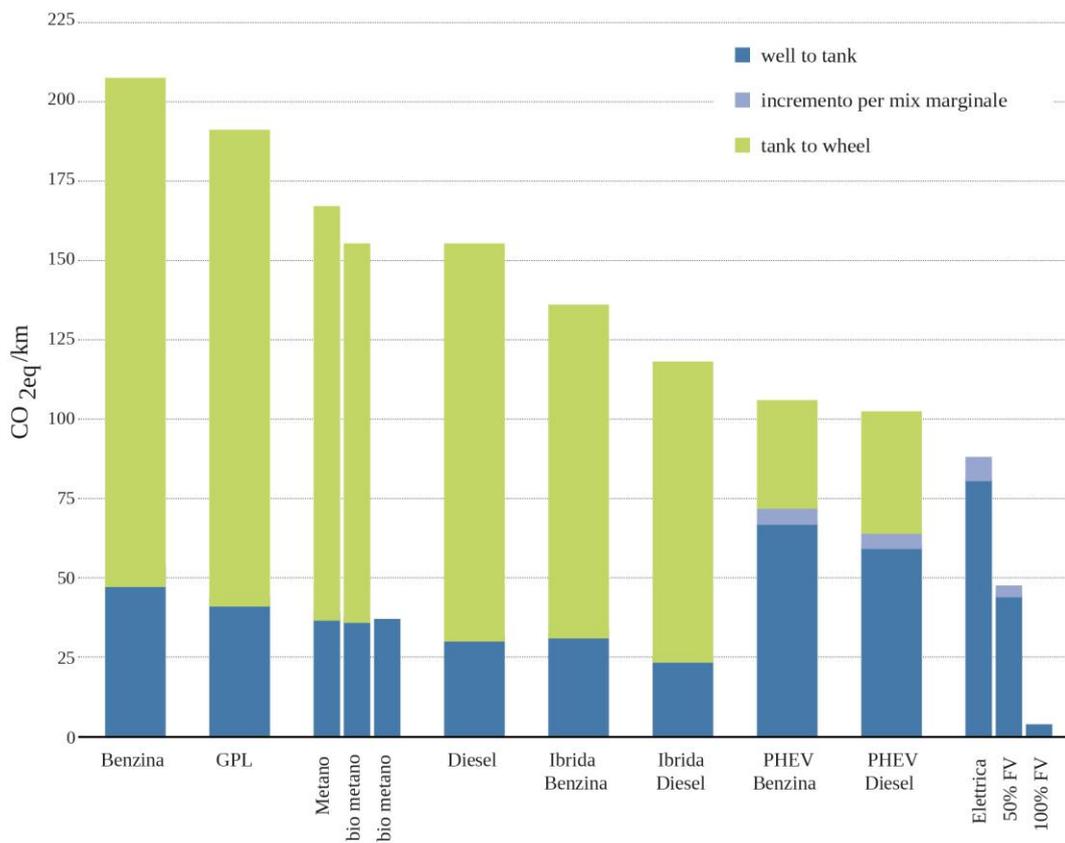
I vantaggi, da un punto di vista ambientale, garantiscono sicuramente maggiori benefici rispetto ai mezzi convenzionali se si considera l'intero ciclo di produzione e utilizzo (*"well – to – wheel"*<sup>15</sup>). Nella figura 6 sono rappresentate le emissioni climalteranti nella attuale situazione italiana e si vede come il contributo della fase *"well – to – tank"* sia abbastanza rilevante per tutte le tecnologie, in particolar modo, per i veicoli elettrici e ibridi plug-in, le cui emissioni totali però, rimangono lo stesso ben al di sotto delle tecnologie tradizionali. Risulta inoltre fondamentale, considerare il mix energetico utilizzato per la produzione dell'energia elettrica di ricarica: il blu scuro rappresenta la media nazionale (comprese le fonti rinnovabili),

<sup>15</sup> *"Dal pozzo alla ruota"* è un indice per valutare l'impatto ambientale e il consumo energetico. Si divide in due sotto-indici: *"well – to – tank"* (dal pozzo al serbatoio) e *"tank – to – wheel"* (dal serbatoio alla ruota). Il primo considera i costi energetici legati alla lavorazione della fonte primaria (estrazione, trattamento, trasporto), mentre il secondo è legato ai costi energetici della tecnologia di propulsione considerata.



mentre il blu chiaro, indica una richiesta aggiuntiva di energia per la ricarica del veicolo elettrico, dove questa energia generalmente risulta essere diversa rispetto alla media nazionale. Infine, sono riportati anche due scenari, in cui si ipotizza prima, una penetrazione del 50% di produzione di energia da fotovoltaico e poi con utilizzo esclusivo al 100%.<sup>16</sup>

La propulsione elettrica può quindi offrire un'importante contributo agli obiettivi Comunitari di decarbonizzazione, mentre può sussistere ancora un problema per quanto riguarda la stabilità della rete energetica a fronte di un incremento della domanda di energia elettrica. A questo proposito, le batterie dei veicoli potrebbero



**Grafico 1. Emissioni climalteranti well - to - wheel: un confronto per l'Italia. Fonte: ISPRA, RSE, 2017**

<sup>16</sup> Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, RSE. (2017). *Elementi per una roadmap della mobilità sostenibile*. Milano: Editrice Alkes.



giocare un ruolo chiave attraverso lo sviluppo della tecnologia Vehicle – to – Grid (V2G) grazie alla gestione bidirezionale della carica.

Di fronte a questi scenari, le città in concomitanza con governi e case automobilistiche si stanno muovendo verso questo cambiamento culturale incentivando chi appunto possiede un mezzo elettrico.

I vantaggi sono difatti numerosi. Ad esempio zone di sosta dedicate e vigilate come nel servizio di car sharing del gruppo Bollorè, presente sul territorio francese come Autolib', con una flotta di circa 4000 veicoli esclusivamente elettrici che ha riscosso un notevole successo. Nel 2016 il gruppo ha annunciato il suo arrivo anche in Italia. Prima Roma, prevedendo 1000 veicoli e 500 stazioni, e poi Torino con 400 veicoli e 200 stazioni entro la fine del 2018.

Paesi come la Norvegia (dove già nel 2017, un terzo delle nuove auto vendute sono ibride o elettriche<sup>17</sup>) e il Giappone (dove il numero di punti di ricarica superano i distributori di carburante<sup>18</sup>), incentivano e offrono vantaggi per superare quella soglia psicologica che blocca oggi paesi come il nostro (dove il numero di immatricolazioni rimane sotto lo 0,2%), con ad esempio l'esenzione da tutte le tasse, il parcheggio gratuito, l'accesso riservato alle corsie degli autobus e la libera circolazione sulle autostrade.

Il trasporto pubblico potrebbe dare un altro grande contributo a questa trasformazione. Autobus elettrici sono già in circolazione da molti anni, essi sono di piccole dimensioni e limitati a percorsi di brevi distanze nei centri storici per via del sistema di accumulo. La ricerca sta puntando a delle soluzioni innovative per risolvere questa problematica, in cui si sfrutterebbe la vicinanza delle diverse soste per ricaricare in maniera rapida le batterie a bordo, così da poter mantenere una dimensione standard del mezzo e risolvere il problema delle distanze percorribili.

---

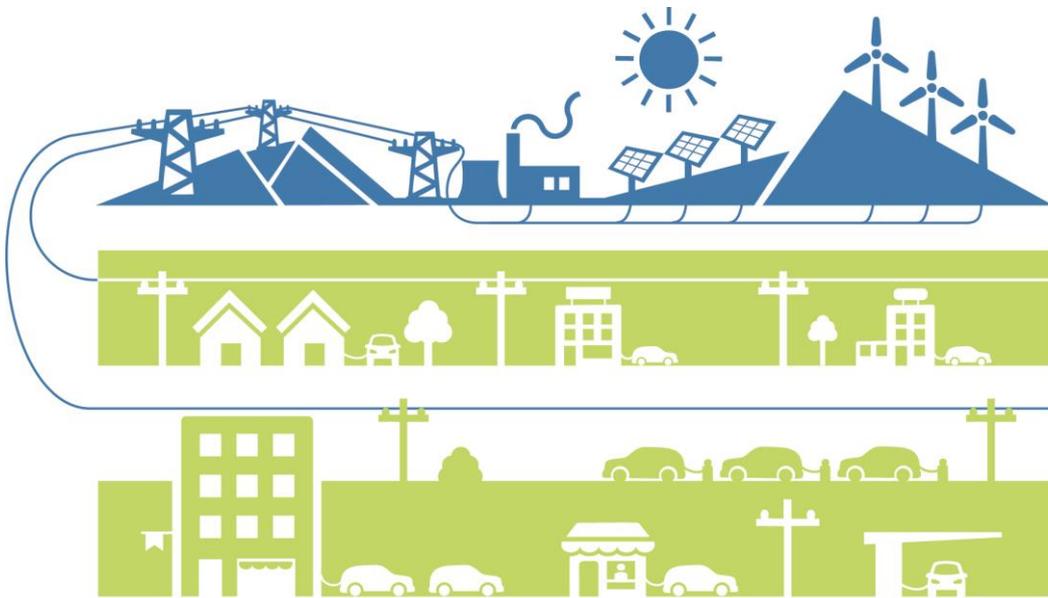
<sup>17</sup> Vaughan, A. (2017). *Norway leads way on electric cars: it's part of a green taxation shift*. Tratto da The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/25/norway-leads-way-electric-cars-green-taxation-shift>

<sup>18</sup> McCurry, J. (2016). *Japan now has more electric car charge points than petrol station*. Tratto da The Guardian: <https://www.theguardian.com/world/2016/may/10/japan-electric-car-charge-points-petrol-stations>



Questo comporterebbe anche una sostanziale trasformazione nel progettare le fermate e i percorsi all'interno della città (nei capitoli successivi, sulle forme della mobilità e sulle tecnologie, verrà approfondito l'argomento).

Un caso emblematico, è quello di Shenzhen, metropoli cinese nella provincia del Guangdong, che nel giro di un paio di anni (2016 – 2017) è riuscita a convertire totalmente in elettrico la propria flotta di autobus, circa 16 000 mezzi. Inoltre, ha messo in pratica un sistema di minibus elettrici “a chiamata”, per far fronte alle esigenze di “mobilità dell'ultimo miglio” dei cittadini. Quest'ultimi creano una rete di collegamento tra le principali fermate degli autobus e le abitazioni.<sup>19</sup>



---

<sup>19</sup> Poon, L. (2018). *How China Took Charge of the Electric Bus Revolution*. Tratto da CityLab: <https://www.citylab.com/transportation/2018/05/how-china-charged-into-the-electric-bus-revolution/559571/>



## 2 Scenari di riferimento e prospettive di evoluzione

---

Nel capitolo precedente, si è visto come la mobilità elettrica potrebbe giocare un ruolo fondamentale per un cambio di direzione della mobilità verso modelli più sostenibili in termini ambientali, economici e sociali. In questo capitolo si pone così un'attenzione ad alcuni indicatori del sistema della mobilità, in particolare in ambito nazionale, cercando di rapportarli con degli scenari di penetrazione della mobilità elettrica per capire l'influenza che questa può avere.<sup>20</sup>

Tre elementi principali sono considerati:

- caratteristiche del settore dei trasporti (ripartizione modale, tasso di motorizzazione, caratteristiche del parco circolante)
- consumi energetici rispetto ad altri settori
- emissioni di inquinanti atmosferici

### 2.1 Caratteristiche del settore dei trasporti

#### Ripartizione modale

L'autoveicolo privato, ad oggi, rimane ancora il mezzo di riferimento nel settore dei trasporti. Molte fonti sono disponibili e confermano tutto il dominio assoluto dell'auto nel soddisfare la domanda di mobilità passeggeri, con un calo e un'evidente marginalità del trasporto collettivo.

Per il nostro paese il principale riferimento sono i Rapporti annuali Isfort, che forniscono dati storici fino al 1999 creando così un ampio profilo della domanda di

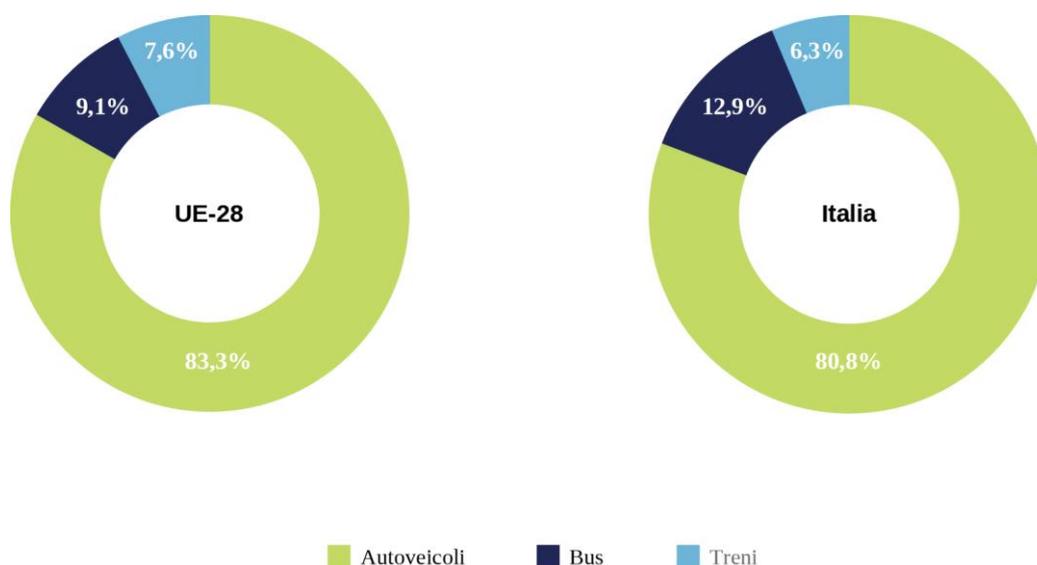
---

<sup>20</sup> TRT Trasporti e Territorio. (2017). *Il contributo della E-Mobility alla sostenibilità. Sfide e opportunità per il nostro paese.*



mobilità e delle sue caratteristiche. Nel rapporto dell'aprile 2017, 14° Rapporto sulla mobilità in Italia, viene riportata questa descrizione:

*“L'automobile, non è una novità, tende a monopolizzare le scelte dei mezzi di trasporto degli italiani. Nel complesso, circa 2 spostamenti su 3 si effettuano in auto (in gran parte come conducente); una incidenza che è cresciuta di quasi 8 punti negli ultimi 15 anni e che la crisi economica non sembra aver intaccato.”*

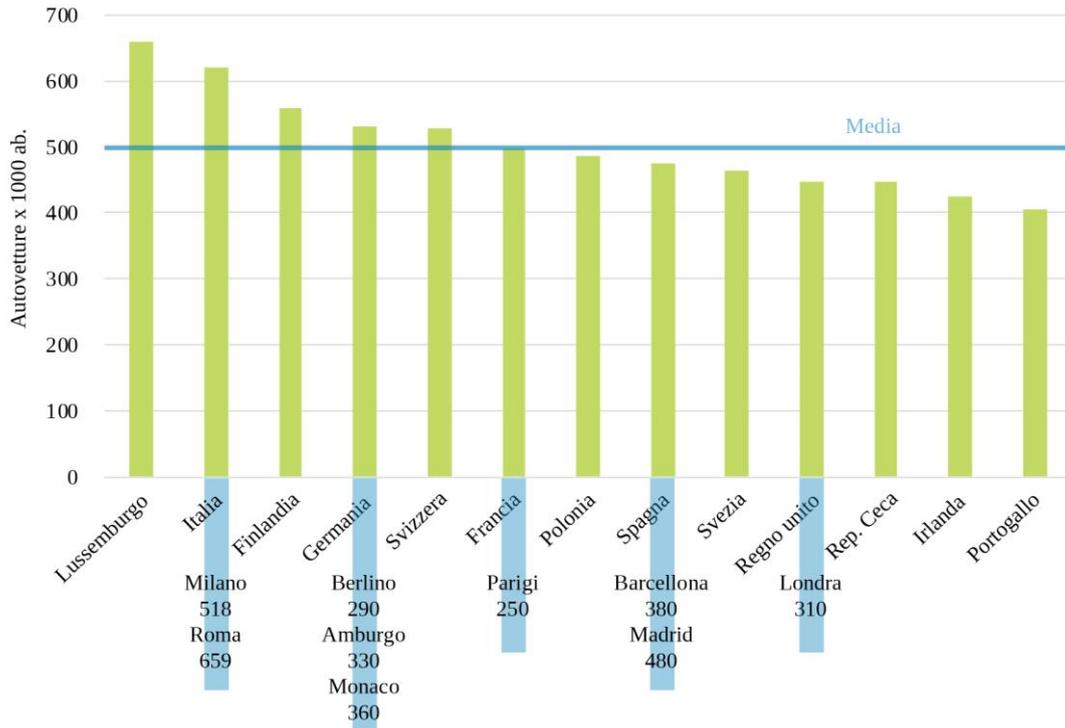


**Grafico 2. Split modale del trasporto passeggeri via terra nell'Unione Europea e in Italia, 2015. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Eurostat, 2017**

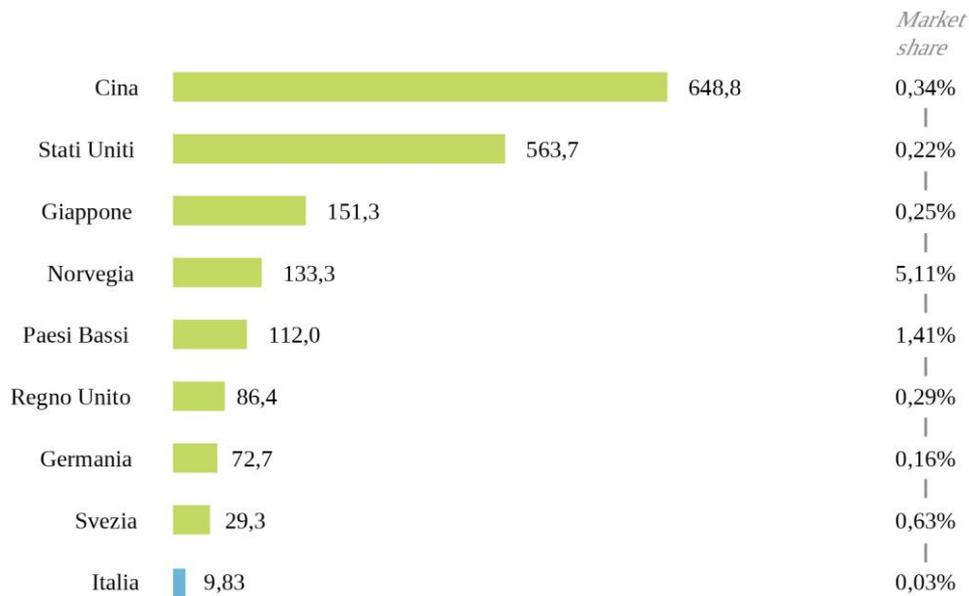
### **Tasso di motorizzazione**

Questo modello di mobilità è dunque fortemente sostenuto dall'auto, dove il mercato mantiene tassi di crescita consistenti.

Nel nostro Paese, i livelli di motorizzazione sono noti come i più elevati, non solo in Europa, ma nel mondo. Infatti l'Italia si presenta con la più alta densità di autovetture, trovandosi in cima alle classifiche per tassi di motorizzazione, che confrontati con il mercato elettrico, mostrano sicuramente una controtendenza, trovandosi in fondo alle classifiche per numero di autoveicoli elettrici rispetto al parco circolante.



**Grafico 3. Tassi di motorizzazione - confronto tra dati nazionali e città europee. Fonte: elaborazione TRT su dati Eurostat, 2015**



**Grafico 4. Numero di autoveicoli e market share (BEV e PHEV, migliaia e incidenza percentuale su parco circolante), 2016. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati IEA, 2017**



## Caratteristiche del parco auto circolante

Il parco auto nazionale è tra i più obsoleti d'Europa<sup>21</sup> con un conseguente impatto ambientale superiore ai parametri medi.

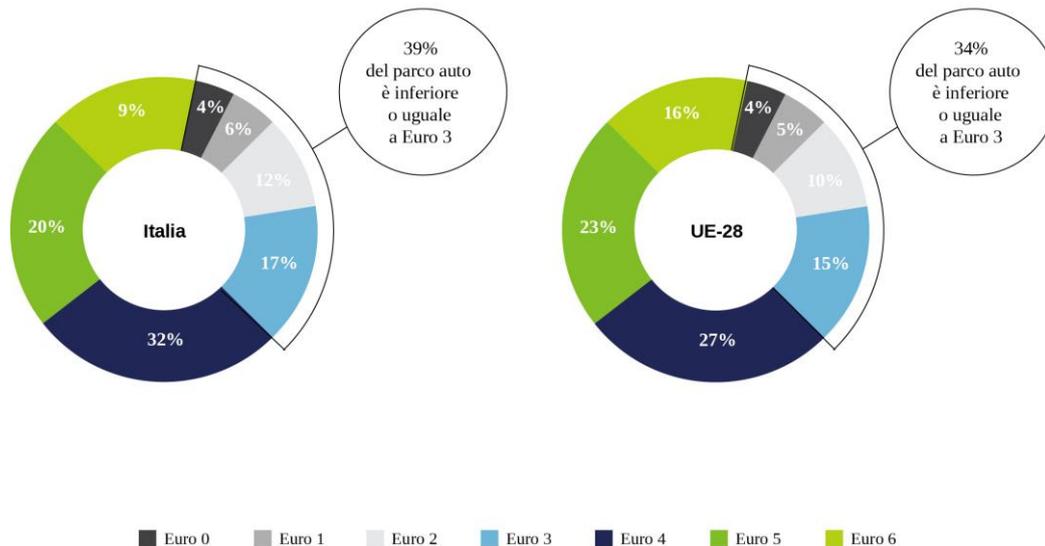


Grafico 5. Autoveicoli per categoria di emissioni, Italia e UE-28. Fonte: The European House – Ambrosetti su dati EEA, 2017

I dati sulle immatricolazioni mostrano anche come il nostro Paese rimanga ancora molto indietro sul tema dell'elettrico, con una crescita dello 0,1 % all'anno, mentre è ancora in crescita il mercato del diesel. Tuttavia si vede un progressivo incremento dei veicoli ibridi, in particolare Plug-in e Extended\_Range.

Secondo le scienze sociali queste transizioni arrivano con dei passaggi intermedi, in modo tale che le persone siano in grado di adattarsi meglio.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Secondo stime effettuate dall'ACI (Automobile Club d'Italia), l'età mediana nel 2016 per le autovetture a benzina è di 13 anni e 9 mesi, per quelle a gasolio è di 9 anni e 3 mesi, per le autovetture nel complesso è di 10 anni e 8 mesi.

<sup>22</sup> Ad esempio, William Thomas, noto esponente della scuola di Chicago, formulò un celebre teorema: "Se gli uomini definiscono reali le situazioni, esse saranno reali nelle loro conseguenze." Ciò è la situazione sociale è il risultato di un processo graduale tramite cui i soggetti coinvolti in un'interazione 'costruiscono' la propria comprensione dell'interazione stessa e del suo contesto.



**Table 1. Immatricolazioni autoveicoli. Fonte: ANFIA**

	<b>Tot. 2014</b>	<b>%</b>	<b>Tot. 2015</b>	<b>%</b>	<b>Tot. 2016</b>	<b>%</b>	<b>Tot. 2017</b>	<b>%</b>
Diesel	747.194	54,9	872.853	55,4	1.040.299	57	1.112.959	56,5
Benzina	394.801	29,0	492.050	31,2	599.495	32,8	628.446	31,9
Bz + GPL	123.851	9,1	120.542	7,6	101.682	5,6	129.056	6,5
Bz + Metano	72.367	5,3	62.935	4,0	43.779	2,4	32.751	1,7
Elettrica	1.107	0,1	1.452	0,1	1.375	0,1	2.015	0,1
Ibride	21.473	1,6	26.122	1,7	38.580	2,1	66.347	3,4
Totale	1.360.793	100	1.575.954	100	1.825.210	100	1.971.574	100

## 2.2 Consumi energetici

Da un punto di vista energetico, l'incidenza del settore dei trasporti sui consumi energetici nazionali complessivi ha un peso del 34 % (dati del 2015).

Tuttavia, come si vede dalle figure 13 e 14, è vero che è stato registrata una significativa riduzione dei consumi energetici nel settore negli ultimi anni, ma rimane comunque inferiore rispetto ai consumi finali dell'intera economia. Se poi si va a considerare la percentuale dei consumi finali da prodotti petroliferi, si evidenzia in modo particolare l'elevata dipendenza dai combustibili fossili. Di questi, circa l'87 %, è assorbito tutto dai trasporti stradali.

La mobilità elettrica, potrebbe a questo punto, dare veramente un forte contributo al processo di decarbonizzazione, ma molte questioni rimangono ancora aperte.

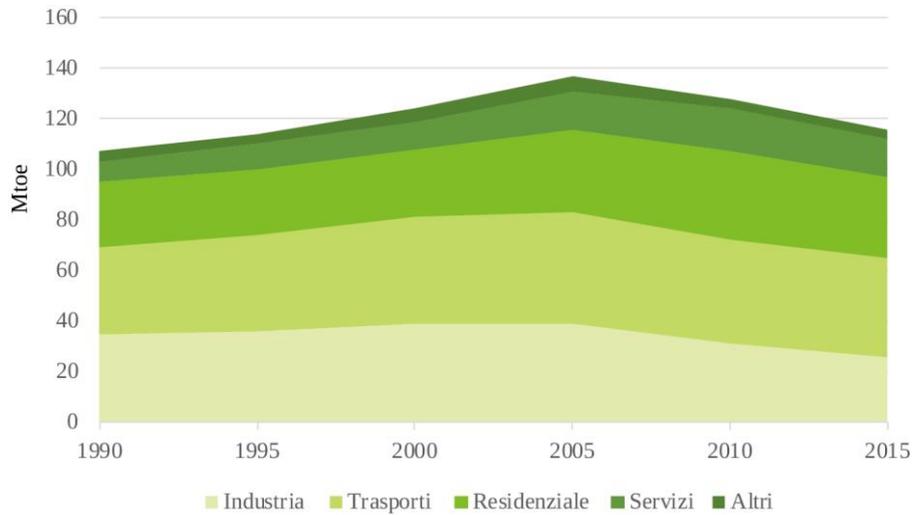


Grafico 6. Consumi finali di energia in Italia. Fonte: Eurostat Energy Balances, 2017

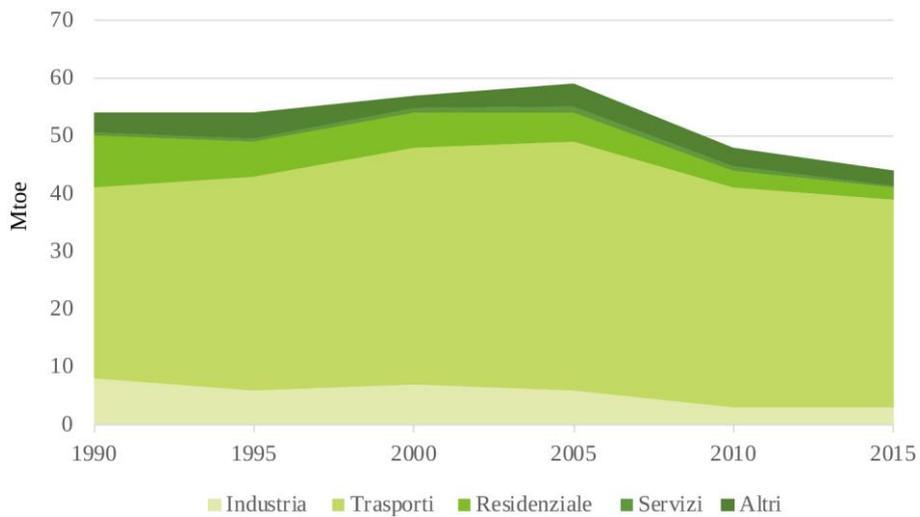


Grafico 7. Consumo finale di energia da prodotti petroliferi in Italia. Fonte: Eurostat Energy Balances, 2017



**Table 2. Distribuzione % di consumo di combustibili fossili per modo di trasporto. Fonte: Eurostat Energy Balances, 2017**

<b>Modo di trasporto</b>	<b>Valore %</b>
Stradale	86,7
Aereo	10,6
Marittimo	2,6
Altri modi	0,1
Totale	100

Ad esempio, ipotizzando una forte penetrazione della mobilità elettrica, rispetto all'attuale domanda di energia elettrica, quale incremento e quale impatto avrà sul sistema elettrico nazionale? Alcune risposte possono essere date, ad esempio, incrementando la produzione di energia da fonti rinnovabili o digitalizzando la rete in modo tale da ridurre le dispersioni.<sup>23</sup> Quindi, bisognerà prepararsi a questo cambiamento, poichè il divario tra gli altri paesi è già abbastanza ampio.

## **2.3 Emissioni di inquinanti atmosferici**

Visto il peso che il sistema dei trasporti ha sui consumi energetici, viene naturale osservare come questo settore sia di rilievo rispetto alle emissioni climalteranti.

Secondo dati forniti dall'European Environment Agency<sup>24</sup>, nel 2014 le emissioni complessive dell'UE legate ai trasporti, sono state più elevate del 20% rispetto ai livelli del 1990 e rappresentano circa un quarto di quelle totali. Secondo questi dati,

---

<sup>23</sup> Secondo un'intervista fatta al direttore della divisione globale e-Solution di ENEL in un report della RAI. <http://www.report.rai.it/dj/auto-elettriche-mercato-futuro/>

<sup>24</sup> The European Environment Agency (EEA). (2016). *EEA Signals 2016. Toward clean and smart mobility*. Copenhagen: Publications Office of the European Union.



le auto avrebbero contribuito per il 44% alle emissioni del settore, contro un 18% dei veicoli commerciali pesanti e gli autobus.

Il trasporto su strada rappresenta quindi la fonte più significativa di inquinamento atmosferico. Ogni veicolo, infatti, rilascia molteplici sostanze inquinanti da diversi componenti.

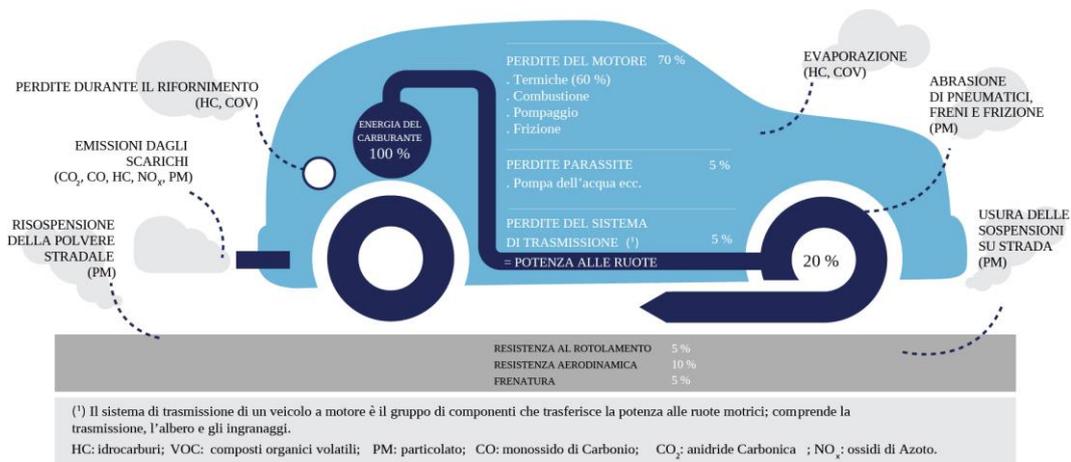


Figure 6. Efficienza ed emissioni dei veicoli. Fonte: European Environmental Agency (EEA)

In questi termini, i veicoli elettrici hanno diversi vantaggi che potrebbero aiutare al miglioramento della qualità dell'aria nelle nostre città. Molti studi sono stati fatti su questi temi: ad esempio, l'efficienza si aggira intorno al 90%, grazie soprattutto ai sistemi di recupero dell'energia cinetica in fase di frenata, o del bilancio ambientale (figura 6 nel capitolo 1 mostra infatti le emissioni rispetto al ciclo di vita well-to-wheel) che rispetto alla marcia del veicolo, mostrerebbe delle significative riduzioni soprattutto nei livelli degli ossidi di azoto e dei particolati.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Ricerca sul Sistema Energetico (RSE). (2013). *E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema*. Milano: Editrice Alkes.



### 3 E-mobility: le forme di mobilità elettrica

---

Nei capitoli precedenti si è visto come la mobilità elettrica potrebbe dare un forte contributo alla sostenibilità. E' necessario quindi capire anche le diverse soluzioni offerte, poichè mobilità elettrica non significa solo auto elettrica, ma soprattutto, non può e non deve essere intesa unicamente come mezzo privato. Una vera trasformazione culturale impone una visione a 360° di quest'ultima, dove ci si può avvalere appunto di mezzi pubblici, moto, bici ecc. Ad esempio il car sharing e il bike sharing elettrico potrebbero essere uno dei modi ideali per far conoscere ai più i mezzi elettrici, favorire la diffusione della E-mobility e ridurre l'impatto che l'infrastruttura di ricarica potrebbe avere sulle città.<sup>26</sup> Vengono di seguito presentate le caratteristiche di alcune forme principali.

#### 3.1 L'auto

Fondamentalmente dall'esterno l'auto elettrica è come un'auto tradizionale ma le componenti e il funzionamento sono completamente differenti, nel senso che si basano più sull'elettronica e meno sulla meccanica.

I principali componenti di un veicolo elettrico sono: la batteria (che influisce di circa il 50% sul costo del veicolo<sup>27</sup>), un motore elettrico, un controller per motore e dei freni rigenerativi. I veicoli "ibridi" comprendono tutti gli stessi componenti principali di un veicolo elettrico a batteria, oltre ad avere un motore a combustione principale o ausiliario e il relativo serbatoio del carburante.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> START Magazine, CEI CIVES. (2017). *Libro bianco sull'auto elettrica. Facciamo la E-Mobility.*

<sup>27</sup> Kochhan, R.; Fuchs, S.; Reuter, B.; Burda, P.; Matz, S.; Lienkamp, M. (2014). *An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels and Greenhouse Gas Emissions.*

<sup>28</sup> The European Environment Agency (EEA). (2016). *Electric vehicles in Europe.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.

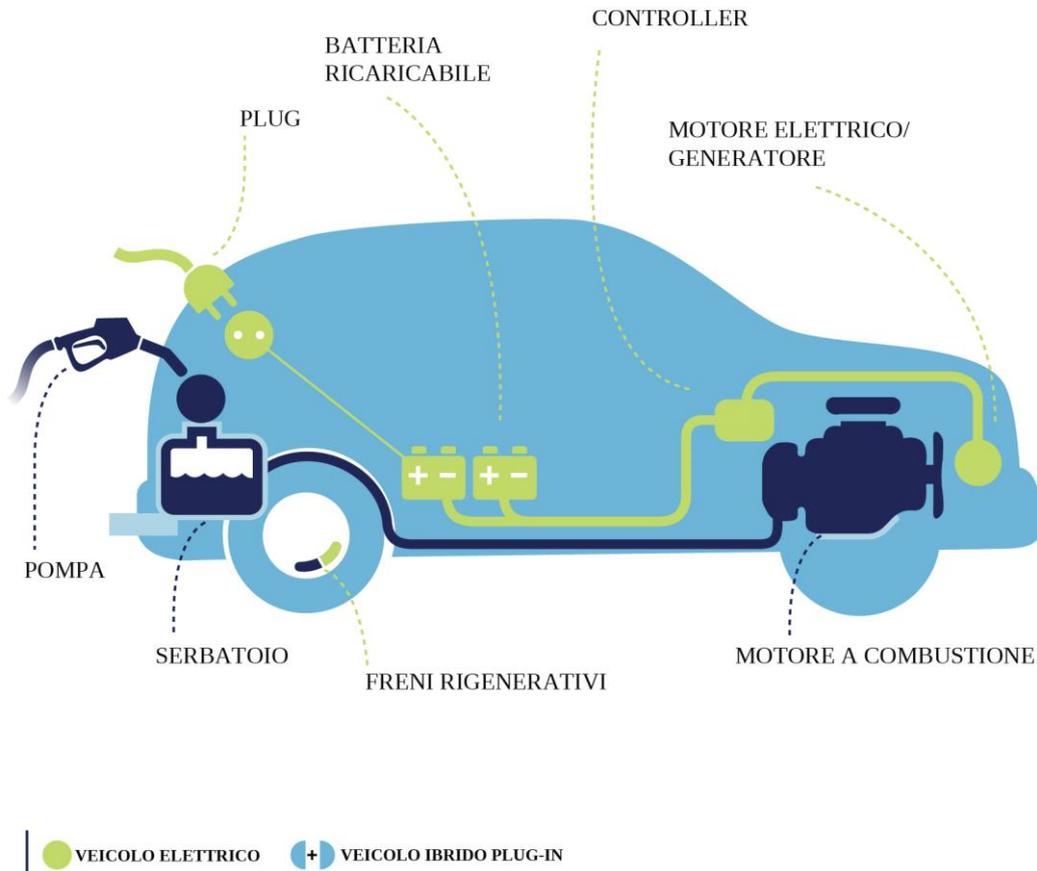


Figure 7. Componenti di un veicolo elettrico. Fonte: European Environmental Agency (EEA)

Dell'importanza dell'autoveicolo elettrico è già stato ampiamente discusso, ma due differenti aspetti caratterizzano ulteriormente questo mezzo:

- 1) la lunga storia che esso ha alle spalle
- 2) le differenti tipologie di veicoli che offre oggi il mercato

### 3.1.1 Cenni storici

La sua origine risale tra il 1832 e il 1839 quando un'imprenditore scozzese inventò il primo rudimentale modello di carrozza elettrica.

La Francia e la Gran Bretagna furono le prime nazioni europee ad avere una diffusione significativa di veicoli elettrici a partire dalla fine del XIX secolo. In particolare la sperimentazione sulle batterie portata avanti da due ingegneri francesi



Gaston Plante e Camille Faure, tra gli anni Sessanta e Ottanta, permisero una reale diffusione delle vetture elettriche che, a cavallo tra l'Ottocento e il Novecento, si mostrarono particolarmente competitive nei confronti dei modelli a vapore e a benzina. All'inizio il motore a combustione era sporco, rumoroso e difficile da far funzionare, mentre le auto a vapore richiedevano lunghi tempi di avviamento, le auto elettriche si mostravano invece pratiche, semplici da guidare, silenziose, prive di vibrazioni e di facile manutenzione.

Seguirono subito dopo gli Stati Uniti, che a fine del XIX secolo sperimentarono un'applicazione commerciale su larga scala, trasformando l'intera flotta dei taxi di New York in elettrici, dimostrando così la propria fiducia verso questa tecnologia che prometteva importanti sviluppi. All'inizio del Novecento furono sperimentate anche forme di "mobilità intelligente", poiché le vetture elettriche furono protagoniste di un primordiale servizio di car-sharing in città, grazie al quale potevano essere condivise e noleggiate per poche ore, settimane o mesi.



**Figure 8. Thomas Edison ed un'auto elettrica nel 1913**



A partire dal 1920, una serie di fattori economico-ambientali segnarono un cambio di tendenza a favore dell'auto a benzina, eclissando il successo dell'auto elettrica. Un primo fattore, fu la scoperta di grandi giacimenti di petrolio in Texas, che aumentò la disponibilità del carburante e ne diminuì drasticamente il prezzo di mercato. Poi, l'introduzione di importanti innovazioni come la catena di montaggio dell'industriale Henry Ford, il motorino di avviamento e i silenziatori posti sulle marmitte, segnarono una svolta decisiva. Queste nuove invenzioni permisero infatti di ridurre i costi di produzione e di imporre l'automobile come prodotto destinato al mercato di massa. Inoltre, la buona autonomia delle auto a benzina permetteva di soddisfare anche la crescente necessità di percorrere sempre più lunghe distanze. Alcune teorie sostengono anche come le innovazioni tecnologiche siano soggette all'influenza di fattori socio-culturali irrazionali. In pratica, il successo delle auto a benzina, a scapito di quelle elettriche, non sarebbe stato decretato da condizioni oggettive, ma dai condizionamenti delle lobby industriali.<sup>29</sup>

L'interesse sulle auto elettriche si ripresentò solamente negli anni Sessanta-Settanta, grazie alle nascenti battaglie dei movimenti ecologisti, contro l'aggravarsi del quadro ambientale legato all'uso eccessivo dei combustibili fossili e con l'avvento della crisi petrolifera connessa alle vicende mediorientali.

Un vero cambiamento si è finalmente raggiunto tra il 2000-2010, dopo molti investimenti fatti sulla filiera delle batterie, con la comparsa di accumulatori agli litio/ioni, che offrono livelli di autonomia proponibili per un uso reale. Da quel periodo, praticamente tutte le grandi case automobilistiche hanno promosso nuovi programmi di ricerca e sviluppo per la realizzazione di veicoli ecologici ibridi o elettrici in linea con i nuovi modelli di mobilità e sviluppo sostenibile.<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> Kirsch, David A. (2000). *The Electric Vehicle and the Burden of History*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

Secondo questo autore, il rilancio dell'auto elettrica sarà difficile che avvenga come un "salto" completo al 100%. La via più efficace è quella di avvicinare i consumatori alle nuove tecnologie rendendole sempre più simili a quanto di consuetudinario, cioè sarà molto più semplice avvicinare il pubblico alle auto ibride, che nell'accezione comune si presentano a tutti gli effetti come auto tradizionali.

<sup>30</sup> Rogliatti, G. (2018). *Un pò di storia*. Tratto da CEI CIVES: <https://cives.ceinorme.it/it/pagina-tecnica.html#storia>



### 3.1.2 Le differenti tipologie

Attualmente, le grandi case automobilistiche hanno a disposizione cinque principali tipi di tecnologia per veicoli elettrici, che si differenziano in: veicoli ibridi elettrici (HEV), veicoli elettrici a batteria (BEV), veicoli ibridi Plug-in (PHEV), veicoli ibridi Range-Extended (REEV) e veicoli a Fuel-cell a idrogeno (FCEV). La vasta gamma di veicoli offre differenti vantaggi e svantaggi tra le diverse opzioni di scelta, tra cui la capacità della batteria, capacità di carico, complessità tecnologica e disponibilità di rifornimento.<sup>31</sup>

#### Veicoli convenzionali – motore endotermico

I veicoli convenzionali utilizzano combustibili fossili, che sono immessi in un impianto di alimentazione e trasformati in energia termica per mezzo della combustione. Questi sono i principali responsabili dell'inquinamento sonoro e dell'aria. Sono inefficienti perchè solo il 18-25% dell'energia disponibile dal carburante, viene utilizzato per l'effettivo spostamento del veicolo. Sono comunque i veicoli più accessibili, perchè hanno sviluppato un'importante infrastruttura di supporto che comprende impianti di produzione, riparazione e rifornimento.

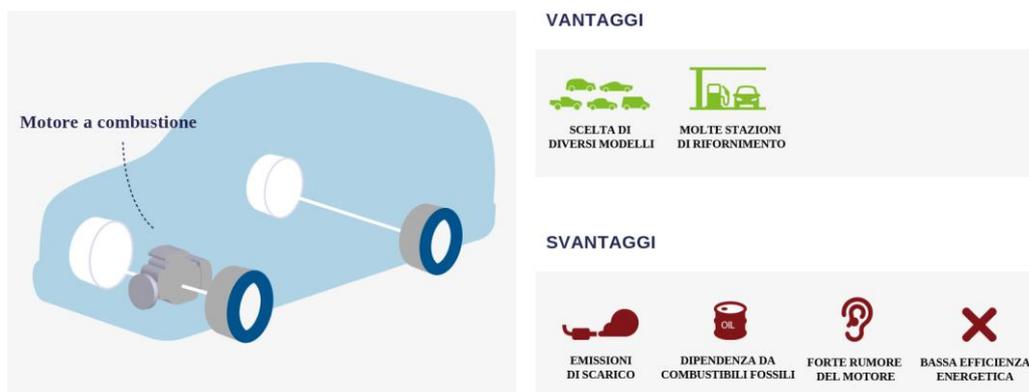


Figure 9. Veicoli convenzionali. Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA)

<sup>31</sup> The European Environment Agency (EEA). (2016). *Electric vehicles in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.



## Veicoli ibridi Plug-in (PHEV)

I PHEV sono veicoli azionati da un motore elettrico e un motore a combustione interna, in grado di funzionare insieme o separatamente. La sostanziale differenza tra queste e le ibride (HEV), è che la batteria di bordo può essere caricata dalla rete elettrica domestica o pubblica e il motore a combustione supporta quello elettrico quando è richiesta una maggiore potenza operativa, o quando lo stato di carica della batteria è basso. In questo modo, l'automobilista non è più preoccupato di esaurire la carica quando percorre tragitti lunghi. Le batterie ad ogni modo possono avere una capacità di accumolo minore, poiché il veicolo non si basa solo sull'energia elettrica, infatti, questa tipologia è stata pensata per i viaggi brevi in città o per i pendolari. L'autonomia può variare dai 20 agli 85 km in base al dimensionamento delle batterie.

Il veicolo in modalità completamente elettrico comporta emissioni di scarico pari a zero, tuttavia, affidarsi unicamente alla modalità endogena, comporterebbe emissioni e consumi addirittura maggiori dei veicoli convenzionali, poiché la massa del veicolo risulta essere maggiore per via del peso delle batterie.

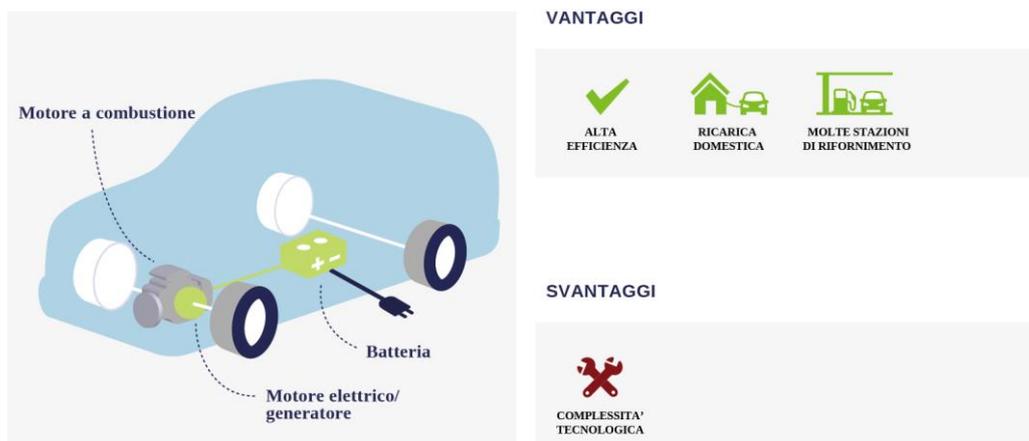


Figure 10. Veicoli ibridi Plug-in (PHEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA)



## Veicoli ibridi elettrici (HEV)

Il sistema ibrido HEV sfrutta la presenza di due motori al suo interno. Il motore a combustione interna è supportato dall'elettrico, infatti l'ibridazione può essere considerata una tecnologia aggiunta ai veicoli convenzionali con l'obiettivo di aumentare l'efficienza del carburante, riducendo così le emissioni di inquinanti e di CO<sub>2</sub>.

La batteria non può essere ricaricata dalla rete elettrica, ma in genere viene caricata durante la frenata rigenerativa o mentre il veicolo è in decelerazione, recuperando in questo modo l'energia cinetica rilasciata. Tendenzialmente sono più costose rispetto ai veicoli elettrici a batteria (BEV), poiché richiedono prestazioni di potenza-energia maggiori. I due motori ad ogni modo sono del tutto indipendenti e il guidatore può decidere in qualsiasi momento di viaggiare in modalità esclusivamente elettrica. Esistono diversi tipi di modelli che vanno da "Micro-HEV", in grado di percorrere piccole distanze in solo elettrico, fino ai "Full-HEV", in cui la tecnologia elettrica diventa prevalente a basse velocità, ed il motore a combustione entra in azione solo quando è necessaria una potenza maggiore.

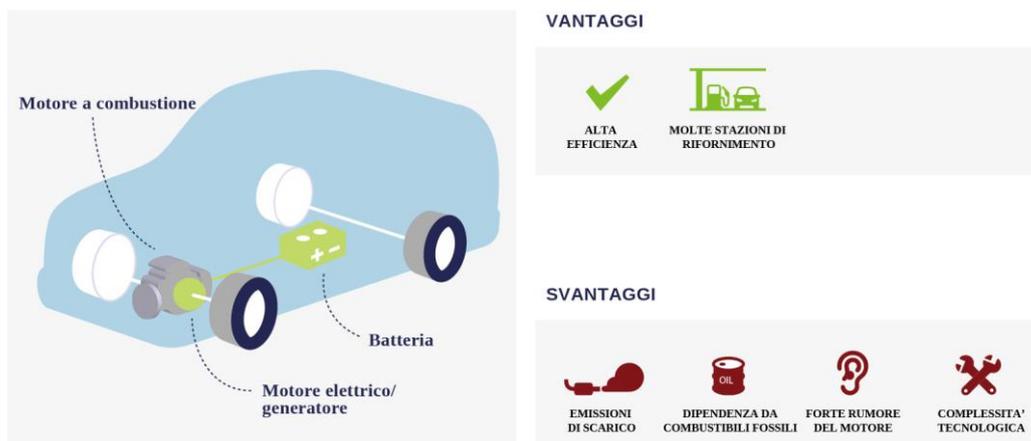


Figure 11. Veicoli ibridi elettrici (HEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA)



## Veicoli ibridi Range-Extended (REEV)

Anche i REEV sono veicoli che sfruttano la presenza di due motori. In questo caso il motore a combustione interna non ha alcun collegamento con la trazione delle ruote, ma bensì agisce come un generatore di elettricità che alimenta il motore elettrico, o ricarica la batteria quando è scarica; il motore elettrico è quindi l'unico responsabile dell'alimentazione diretta del veicolo. La batteria deve essere quindi ricaricata dalla rete elettrica.

Un vantaggio di REEV è che il motore endotermico può essere più piccolo, così da ridurre sufficientemente il peso e di conseguenza anche le emissioni, poichè il carburante di bordo serve semplicemente a reintegrare il livello della batteria. Questo aiuta anche a superare il problema legato alla distanza percorribile, perchè il rifornimento può avvenire anche nelle stazioni convenzionali. Indicativamente l'autonomia varia dai 70 ai 150 km in funzionamento elettrico.

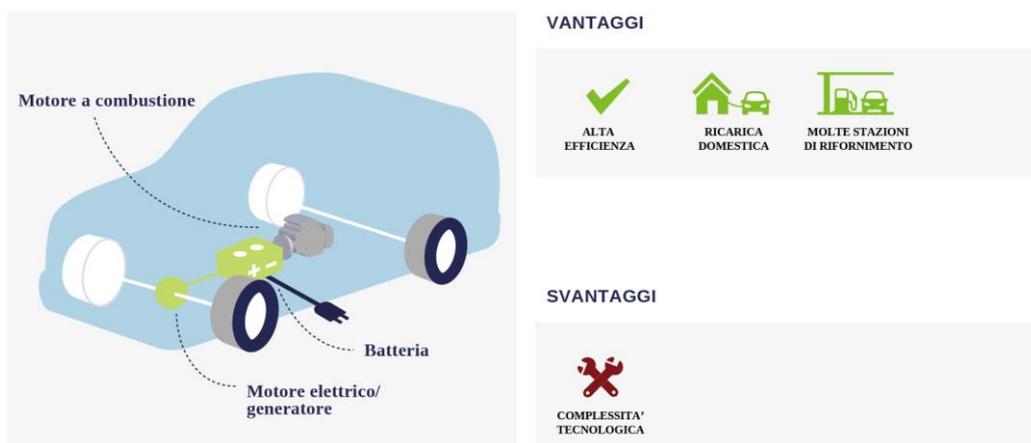


Figure 12. Veicoli ibridi Range-Extended (REEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA)



## Veicoli elettrici a batteria (BEV)

I BEV sono veicoli che sfruttano il solo motore elettrico e vengono alimentati dall'elettricità immagazzinata in una batteria di bordo, che può essere ricaricata attraverso la rete elettrica. Le batterie tendenzialmente sono molto grandi per massimizzare la capacità di accumulo dell'energia e per consentire intervalli di guida più lunghi; in genere costano di più di quelle utilizzate negli ibridi, ma hanno la più alta efficienza, poichè convertono circa l'80% dell'energia immagazzinata in movimento. Ulteriori vantaggi arrivano anche dal sistema di frenata, che utilizza il sistema rigenerativo, aiutando così a mantenere carica la batteria. Non ci sono emissioni allo scarico, ciò potrebbe contribuire significativamente a migliorare la qualità dell'aria, mentre il contributo delle fonti rinnovabili, per la ricarica della batteria, porterà maggiori benefici per l'ambiente in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Tuttavia, ci sono alcuni svantaggi legati per lo più a questioni tecnologiche e sociali. Primi tra questi, è il costo elevato della batteria, si prevede però che nell'arco di pochi anni il prezzo diminuisca grazie alla diffusione dei veicoli elettrici e alle innovazioni tecnologiche in atto. In secondo luogo, i lunghi tempi di ricarica e la scarsa diffusione delle infrastrutture di ricarica fanno sì che ci siano ancora parecchie perplessità a passare ad un veicolo completamente elettrico.

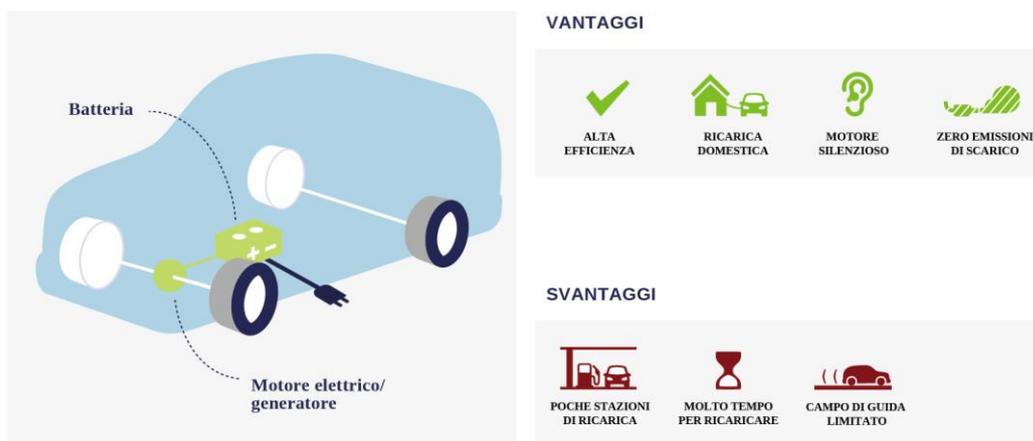


Figure 13. Veicoli elettrici a batteria (BEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA)



## Veicoli a Fuel-cell a idrogeno (FCEV)

I FCEV sono veicoli che sfruttano il solo motore elettrico, ma invece di un sistema a batterie, l'energia per la propulsione è fornita da una pila di celle a combustibile che utilizza l'idrogeno combinato con l'ossigeno dell'aria. I principali vantaggi sono dovuti ai tempi di rifornimento più brevi (simili a quelli di un veicolo convenzionale), e ad intervalli di guida più lunghi rispetto ai BEV. Questa tecnologia, tuttavia, presenta ancora molti limiti, principalmente per l'assenza di un'infrastruttura di rifornimento e per gli elevati costi dovuti alla complessità tecnologica.



Figure 14. Veicoli a Fuel-cell a idrogeno (FCEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA)

## 3.2 Il trasporto pubblico

Il mercato degli autobus elettrici sta cambiando rapidamente e molte città stanno prendendo impegni sempre più ambiziosi sulla elettrificazione delle proprie flotte. Nell'ottobre del 2017, 12 città hanno firmato la dichiarazione "C40 Fossil-Fuel-Free Street Declaration", in cui si impegnano, per ridurre l'uso dei combustibili fossili, a procurarsi solo autobus a zero emissioni dal 2025 e ad assicurare che



un'area della propria città sia a zero emissioni entro il 2030.<sup>32</sup> Ad ogni modo autobus elettrici sono in circolazione già da molto tempo, ma negli ultimi anni lo stock globale è praticamente raddoppiato raggiungendo circa le 400.000 unità alla fine del 2017. Circa il 99% di questi si trova in Cina, mentre in Europa il numero raggiungeva circa i 2.000 mezzi con il Regno Unito in cima alla classifica.<sup>33</sup>

La scelta di adottare autobus elettrici potrebbe portare anche diversi vantaggi sul piano della localizzazione delle infrastrutture: ad esempio, il fatto che i bus percorrano sempre lo stesso percorso, quindi un numero di chilometri fissi e dei consumi controllabili, facilita la programmazione delle ricariche con delle eventuali soste intermedie.

Infatti, proprio su questo stanno puntando le diverse compagnie. E' stato sviluppato infatti un sistema di ricarica veloce che permette ai bus di restare in servizio 24 ore su 24, 7 giorni su 7. Questo, si basa su un sistema di collegamento automatico che utilizza un classico pantografo, come quelli tradizionalmente installati sui treni, tram e metropolitane, montato però in posizione rovescia su un palo. Quando l'autobus arriva alla stazione di ricarica, il veicolo comunica via wireless con l'unità di ricarica e il pantografo viene abbassato automaticamente nella posizione richiesta. Per una ricarica completa ci vogliono dai sei agli otto minuti, in base alla potenza erogata che va dai 150 kW, 300 kW o 400 kW.<sup>34</sup>

Questa forma di mobilità rappresenterebbe una grande opportunità per migliorare la qualità di vita nelle città, oltre che a ridurre i costi di gestione del servizio, senza impattare in modo negativo sull'ambiente circostante poiché questi sistemi sono facilmente integrabili nelle linee urbane esistenti, installando le unità di ricarica presso stazioni di capolinea, depositi e se necessario nelle fermate intermedie.

---

<sup>32</sup> <https://www.c40.org/other/fossil-fuel-free-streets-declaration>

<sup>33</sup> Bloomberg New Energy Finance. (2018). *Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO2.*

<sup>34</sup> ABB. (2015). *ABB presenta il sistema di ricarica veloce automatico per autobus elettrici.* Tratto da ABB in Italia: <http://www.abb.it/cawp/seitp202/ee397a584f78c786c1257ee50039ab12.aspx>



Figure 15. Stazione di ricarica wireless per autobus elettrici ad Amburgo

### 3.3 Bike sharing

Spesso, poca attenzione viene dedicata a questa forma di mobilità elettrica leggera. La bicicletta a pedalata assistita (EPAC – Electric Pedal Assisted Cycle) è una bici a tutti gli effetti, è dotata però di un motore elettrico ausiliario che aiuta il ciclista nei momenti di maggiore difficoltà. Questa, in ambito urbano offre sicuramente una valida alternativa di mobilità sostenibile, non solo a livello ambientale, ma anche per quanto riguarda i problemi relativi al traffico.<sup>35</sup>

Per la ricarica pubblica non ci si deve attenere alla normative vigenti, poichè il mezzo non è classificato come veicolo motorizzato. Infatti, le batterie, spesso sono estraibili e ricaricabili mediante apposito caricabatteria e possono raggiungere un range che varia dai 30 ai 90 chilometri. Tuttavia, in un servizio di sharing elettrico

---

<sup>35</sup> START Magazine, CEI CIVES. (2017). *Libro bianco sull'auto elettrica. Facciamo la E-Mobility.*



è necessario organizzare le biciclette su degli stalli per far sì, che chi deve utilizzare la bicicletta non si ritrovi con la batteria scarica. Il problema a questo punto diventa semplicemente dove posizionare queste stazioni.

Un esempio arriva dalla città di Parigi, dove hanno studiato una rete di 1450 stazioni per il servizio di bike-sharing Velib'.<sup>36</sup> Per la localizzazione delle stazioni sono state svolte delle analisi attraverso i sistemi di geo-informazione (GIS), in cui il territorio è stato suddiviso in una maglia regolare e a ogni settore corrispondevano delle differenti caratteristiche urbane (densità della popolazione, individuazione delle stazioni dei trasporti, aree commerciali, densità occupazionali, dati sul traffico ecc.). Integrare queste stazioni nel paesaggio urbano suppone, infatti, un'approfondita conoscenza del territorio e di tutti i suoi componenti, in modo da capire chi utilizza le biciclette, dove localizzarle per garantire un servizio efficiente e come integrare il servizio rispetto a determinati vincoli (i percorsi pedonali o la prossimità dei monumenti storici). Da questi studi, successivamente, si è passati alla localizzazione delle stazioni nel paesaggio parigino, dove sono stati utilizzati alcuni criteri: le stazioni della metro e il servizio RER (Réseau Express Régional) sono stati i punti di riferimento per la localizzazione delle stazioni, per favorire l'intermodalità e collegare meglio le aree periferiche di Parigi; evitare gli assi principali e la prossimità ai monumenti storici (con un design in linea con l'eleganza parigina) sono stati gli espedienti per non impattare in modo negativo sull'ambiente circostante, implementandole così, nelle vie laterali e sui bordi del marciapiede. Dalla primavera del 2018, con il cambio di gestione dell'operatore, nel servizio saranno inserite anche le biciclette a pedalata assistita.

Lo studio sopra citato, fornisce anche degli elementi progettuali interessanti che introducono il tema della localizzazione delle infrastrutture di ricarica per le auto elettriche. Oltre agli studi socio-demografici, vengono mostrate delle schede realizzate per ogni stallo, in cui si mostra una mappa con i dintorni, un fotoinserimento nel contesto e le caratteristiche dello spazio urbano.

---

<sup>36</sup> Atelier Parisien d'Urbanisme. (2007). *Implanter 1451 Station Velib' dans Paris*. Parigi.



Figure 17. Stazione di bike-sharing Velib', Parigi

Figure 16. Modello utilizzato per la pianificazione del bike-sharing a Parigi





### 3.4 Car sharing

Il car sharing elettrico è un'altra soluzione ideale di mobilità, poichè unisce la condivisione dei mezzi con veicoli a zero emissioni aiutando così lo snellimento del traffico e conseguentemente riducendo l'inquinamento dell'aria. Questo fenomeno ha già preso piede nelle nostre città, anche se molti operatori continuano ad usare mezzi a benzina.

Una soluzione interessante parlando di car sharing, è un'altra applicazione: si tratta della condivisione di un'auto elettrica presso il proprio condominio, l'idea arriva dal Giappone, dalle periferie di Tokyo. Questo aprirebbe diversi scenari, come ad esempio ridurre al minimo la propensione verso il possesso di un'auto di proprietà, o ancora, per incrementare il mercato delle autovetture aiutando di conseguenza la localizzazione dell'infrastruttura di ricarica (considerata appunto come servizio di pubblica utilità). Altri scenari si aprono nel settore immobiliare, dove si dovrebbero progettare edifici già predisposti in questo senso, con aree dedicate e impianti sufficienti ad integrare i sistemi di ricarica.<sup>37</sup>

**Figure 18. Parcheggi su strada per car-sharing condominiale, San Diego**



---

<sup>37</sup> START Magazine, CEI CIVIS. (2017). *Libro bianco sull'auto elettrica. Facciamo la E-Mobility.*



### 3.5 Altre tipologie

L'elettrificazione della mobilità si è diffusa ormai su una scala ben più ampia di quelle che potrebbero essere delle applicazioni su due (motocicli o biciclette) o quattro ruote (autobus, furgoni, veicoli commerciali o quadricicli) offrendo delle importanti opportunità anche al trasporto navale e aereo, anche se ancora in fase di sperimentazione.

Tuttavia, stanno avanzando diverse innovazioni tecnologiche che potrebbero avere un forte impatto nella configurazione delle città. Secondo alcuni studi il futuro della mobilità dipenderà infatti da tre fattori: veicoli connessi a guida autonoma, elettrici e condivisi.<sup>38</sup> Gli attori del settore automotive dovranno infatti iniziare ad adattarsi ai nuovi paradigmi di mobilità, in cui si potrà prenotare un'auto parcheggiata in una stazione di ricarica attraverso il proprio smartphone (decidendo di viaggiare da solo o condividerla risparmiando sui costi), impostare la propria direzione e viaggiare su corsie preferenziali senza doversi preoccupare del traffico o degli incroci poiché l'auto calcolerà da sola il percorso migliore e la velocità di viaggio.



Figure 19. Renault EZ-GO. Concept car del futuro presentata al Salone di Ginevra 2018

---

<sup>38</sup> The Boston Consulting Group. (2017). *The reimagined Car. Shared, Autonomous, and Electric.*



Una volta arrivati a destinazione, l'auto tornerà alla sua stazione per ricaricare la batteria e caricare successivamente nuovi passeggeri. In questo contesto, un ruolo importante lo avranno anche le amministrazioni cittadine, che dovranno affrontare un numero sempre crescente di sfide legate alla pianificazione urbana.

In Svezia, ad esempio, stanno già sperimentando delle applicazioni per il servizio pubblico, con veicoli per la raccolta dei rifiuti urbani. La guida autonoma viene attivata dall'operatore nel momento in cui scende in strada per la raccolta casa per casa, il camion così lo segue nei suoi spostamenti secondo un itinerario predefinito, e grazie a dei sensori che monitorano l'ambiente circostante, permette il blocco del veicolo in caso di pericoli o ostacoli.<sup>39</sup>



**Figure 20. Progetto "Autonomus refuse truck" di Volvo, 2017**

---

<sup>39</sup> AB Volvo. (2017). *Volvo pioneers autonomous, self-driving refuse truck in the urban environment*. Tratto da Volvo Group: <https://www.volvogroup.com/en-en/news/2017/may/news-2561936.html>



## 4 Infrastrutture e tecnologie di ricarica

---

Le tecnologie di ricarica dei veicoli elettrici si suddividono in tre macrogruppi: conduttiva, induttiva e battery swap.<sup>40</sup>

La prima, la ricarica conduttiva, avviene attraverso il collegamento del veicolo (con il caricabatterie di bordo) alla rete di alimentazione in corrente alternata (AC). In alternativa, si può utilizzare un caricabatterie esterno che fornisce corrente continua (DC) al veicolo. Entrambi i metodi di ricarica sono caratterizzati da un collegamento fisico (attraverso il cavo di alimentazione) tra veicolo e infrastruttura di ricarica. All'interno di questo tipo di tecnologia troviamo una suddivisione abbastanza complessa tra ricarica lenta (monofase o trifase) e veloce (in AC o in DC), strettamente legate alle evoluzioni tecnologiche che stanno caratterizzando questo ambito. Un'ulteriore sviluppo di questa tecnologia è la ricarica dinamica, dove il collegamento fisico con il sistema di ricarica, avviene grazie l'utilizzo di bracci meccanici che scorrono su delle linee elettrificate durante la marcia.

La seconda, la ricarica induttiva, è caratterizzata proprio dal fatto che non c'è un collegamento fisico con l'infrastruttura. Il trasferimento di energia alla batteria avviene attraverso l'accoppiamento elettromagnetico tra due bobine. Questa tecnologia si suddivide in stazionaria, che può essere attivata automaticamente nel momento della sosta, oppure dinamica, in cui la ricarica avviene durante la marcia del veicolo. Quest'ultima, tuttavia, è ancora in fase di sperimentazione.

Infine, alle prime due tipologie di ricarica si affianca la tecnica del battery swapping, che non è propriamente una tecnologia di ricarica, ma può essere considerata tale, perchè si basa fondamentalmente sulla sostituzione della batteria. Questo avviene in un tempo molto breve ma i costi sono molto elevati, infatti ad oggi non è molto praticata come tecnica.

---

<sup>40</sup> Ricerca sul Sistema Energetico (RSE). (2013). *E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema*. Milano: Editrice Alkes.

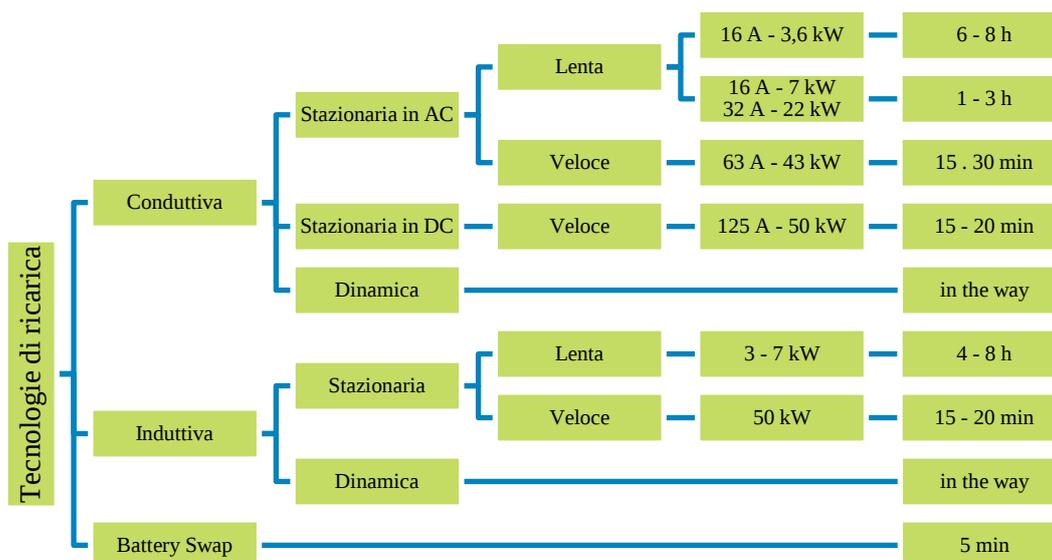


Figure 21. Schematizzazione grafica delle tecnologie di ricarica. Fonte: rielaborazione personale su dati RSE

## 4.1 Ricarica conduttiva

Abbiamo visto che la ricarica conduttiva avviene attraverso un collegamento fisico tra veicolo e infrastruttura e si divide in tre categorie: la prima in stazionaria in corrente alternata (AC) e la seconda in stazionaria in corrente continua (DC). Queste due categorie si differenziano principalmente da come viene erogata l'energia e dalle potenze in kW disponibili, di conseguenza, maggiore sarà la potenza, minore sarà il tempo di ricarica del veicolo. La terza è la ricarica dinamica.

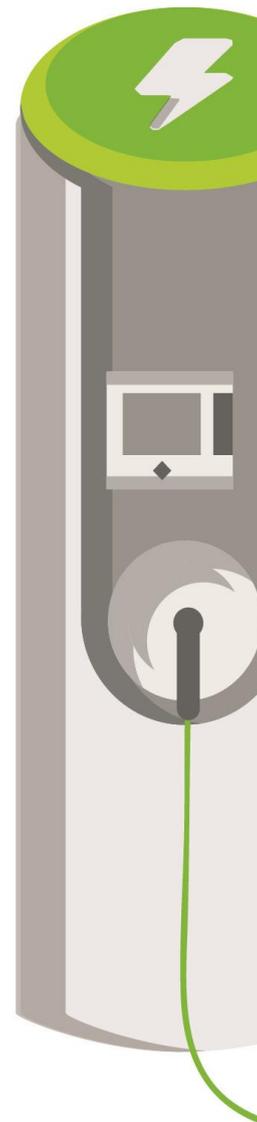
### Ricarica stazionaria.

Negli usi domestici solitamente viene utilizzata un tipo di ricarica lenta; per lenta si intende una ricarica in corrente alternata monofase a 16 A, che può richiedere un tempo che va dalle 6 alle 8 ore, per una potenza di 3 kW, mentre nel caso di ricarica trifase a 7 kW il tempo può ridursi a 1 - 3 ore. Il tempo è anche dipendente dalla capacità di accumulo della batteria dell'auto. Di ricarica lenta ci sono applicazioni anche in ambito pubblico, tuttavia il termine "lento" è propriamente sbagliato, in



questo caso è più corretto parlare di “accelerata”, poiché la ricarica viene eseguita alla potenza di 22 kW (32 A trifase) e i tempi possono ridursi fino a 1 ora per una batteria con una capacità di 20-24 kWh.

Un fattore limitante e il principale punto debole di queste tecnologie (forse anche un’ostacolo per la diffusione della mobilità elettrica), sono appunto i lunghi tempi di ricarica, che confrontati con i tempi di rifornimento di un veicolo convenzionale, che sono nell’ordine di minuti, anche solo un’ora diventa eccessiva. Tuttavia, per placare l’ansia legata all’attesa, nuove tecnologie si stanno affermando per ridurre i tempi, consentendo una ricarica completa in circa 15/30 minuti con una potenza di 43 kW (63 A trifase) per una ricarica in AC e dai 50 kW in su per una ricarica in DC ed è denominata infatti “veloce”.<sup>41</sup> Queste applicazioni sono particolarmente indicate in situazioni in cui gli utenti devono percorrere delle distanze medio-lunghe su percorsi sia urbani che misti urbani/extraurbani, quindi è facile pensare che queste infrastrutture siano facilmente localizzabili nelle attuali stazioni di rifornimento di carburante (anche autostrade e superstrade), riconvertendole in stazioni ibride. Questi tempi sono infatti paragonabili a delle normali soste presso delle stazioni di servizio, dove oltre a fare il rifornimento, ci si ferma per una breve pausa in cui si consuma un pasto o ci si prende semplicemente un caffè.<sup>42</sup>



---

<sup>41</sup> Uno studio dell’ENEA, *Effetti della carica rapida sui sistemi di accumulo elettrochimici*, smentisce il fatto che la ricarica veloce influisca sulla durata della batteria. Dalle prove effettuate in laboratorio, risulta che, “hanno consentito l’esecuzione di circa 1000 cicli senza provocare un degrado significativo delle prestazioni.” Tuttavia, le batterie al litio, quelle più usate oggi, hanno una perdita di efficienza già da primo utilizzo arrivando a circa il 30% dopo otto anni.

<sup>42</sup> Ricerca sul Sistema Energetico (RSE). (2013). *E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema*. Milano: Editrice Alkes.



La procedura di ricarica presso una colonnina pubblica è molto semplice: il conducente arriva in una piazzola predisposta, parcheggia la sua auto, la autentica attraverso un RFID (Radio Frequency Identification) e la collega infine alla struttura con i cavi in dotazione. La struttura, a questo punto, fornisce l'energia necessaria all'auto, che contabilizza il rifornimento e invierà alla fine i dati di fatturazione ai fornitori di energia. Un problema però può sorgere nel momento in cui, ad esempio, un conducente di un veicolo elettrico si sposta verso un'altra regione/stato e deve ricaricare la sua auto su un'infrastruttura fondamentalmente diversa dalle solite su cui ricarica, cioè con proprietari differenti, modalità di accesso e pagamento differenti e operatori/gestori differenti. Questo scenario presuppone che il conducente sia in possesso di un numero indefinibile di carte identificative, che attivino un numero limitato di punti di ricarica; esistono invece soluzioni che rendono interoperabile l'infrastruttura come ad esempio il roaming, cioè quando operatori diversi stipulano un accordo commerciale e realizzano un'integrazione delle proprie piattaforme per la condivisione dei dati. Quindi, il conducente, pagherà sempre il suo fornitore, ma sarà quest'ultimo a pagare la sessione di ricarica all'altro operatore. Il concetto dell'interoperabilità è un tema fondamentale per la diffusione di una rete infrastrutturale accessibile a tutti.<sup>43</sup>

### **Ricarica dinamica.**

Un'altra tecnologia si sta affermando negli ultimi anni, si tratta della ricarica conduttiva dinamica. Questa, potrebbe risolvere in parte il problema dell'accessibilità, ma le applicazioni sono ancora limitate e in fase di studio. Siemens, ad esempio, con il progetto “*eHighway*” ha studiato un sistema autostradale per i mezzi pesanti che si basa sul classico pantografo; lungo il tratto di strada viene installata una linea aerea di contatto, così quando il veicolo necessita di ricaricare la batteria, estrae il suo pantografo e si collega automaticamente.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Un esempio virtuoso è la piattaforma tedesca Hubeject, che conta oltre 300 partner (tra fornitori di energia, operatori di punti di ricarica, società di car sharing ecc.) connettendo più di 55.000 punti di ricarica su tre continenti (Europa, Asia, Oceania)

<sup>44</sup> Siemens AG / Mobility. (2017). *eHighway – Solutions for electrified road freight transport*. Tratto da Siemens: <https://www.siemens.com/press/en/feature/2015/mobility/2015-06-ehighway.php#event-toc-2>



Un'alternativa a questa soluzione, più idonea ad una applicazione urbana poiché meno impattante (ad esempio le linee tramviarie classiche impattano in modo sensibile nei centri urbani, infatti, la tendenza è di cercare di superare questi vincoli estetici, architettonici e urbanistici con sistemi privi di linee aeree, cioè con sistemi induttivi), è invece il sistema di Elways, che sfrutta dei binari metallici affondati nell'asfalto di una carreggiata per trasmettere l'elettricità al veicolo, il quale è munito di un pattino posto su un braccio metallico retrattile.<sup>45</sup> La Svezia è la prima ad avere adottato questa tecnologia con il progetto “*eRoadArlanda*”, inaugurando agli inizi del 2018 un primo tratto di strada (lungo 2 km) che collega l'aeroporto di Stoccolma-Arlanda, con l'intenzione di estendere il percorso per tutto il Paese, in vista del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione prefissati.<sup>46</sup>



**Figure 22. Progetto eRoadArlanda. Binari per la ricarica dei veicoli elettrici.**

---

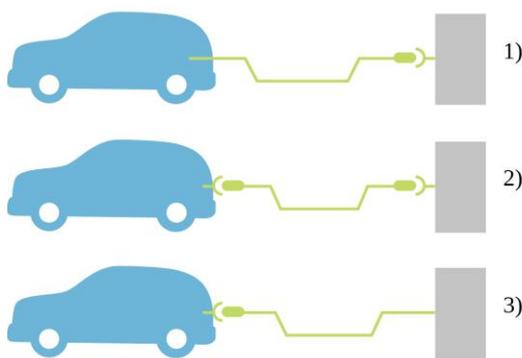
<sup>45</sup> Elways. (2011). *Charging Technology*. Tratto da Elways: <http://elways.se/charging-technology/?lang=en>

<sup>46</sup> <https://erodarlanda.com/>



## 4.2 Caratteristiche del processo di ricarica conduttiva: modi e sistemi di connessione

Nei principali dibattiti a livello internazionale, rientra la standardizzazione del processo di ricarica conduttiva. Al momento le normative (standard IEC – International Electrotechnical Commission) indicano tre tipi di connessione e quattro possibili modi di ricarica. Questi, si differenziano in funzione del regime (AC, DC), della corrente massima, del tipo di connettore (presa/spina) e delle caratteristiche dell'eventuale comunicazione/controllo tra veicolo e stazione di ricarica.<sup>47</sup>



Tipi di connessione (norma IEC 61851-1):

- nel primo caso il cavo è collegato in modo fisso al veicolo;
- nel secondo caso il cavo è scollegato sia dal veicolo che dalla colonnina;
- infine il cavo è fisso sulla colonnina.

Modi di ricarica:

### Modo 1

La ricarica in modo 1 è un sistema di ricarica lento, consentito solo in ambiente domestico non accessibile a terzi. Il veicolo viene collegato alla rete di alimentazione AC utilizzando prese e spine normate fino 16 A (ordinarie per l'uso domestico). Il vantaggio di questo tipo di ricarica sta appunto nella disponibilità nelle abitazioni di un attacco diretto, senza impattare relativamente sulla rete di alimentazione. Sono però necessarie delle adeguate protezioni di sicurezza dal lato

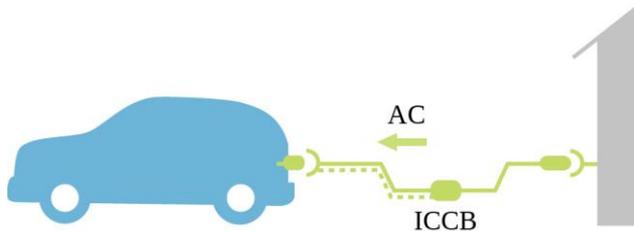
---

<sup>47</sup> CEI magazine. (2017). *La ricarica dei veicoli elettrici: interoperabilità e sicurezza*. Tratto da CEI: <https://ceimagazine.ceinorme.it/ceifocus/la-ricarica-dei-veicoli-elettrici-interoperabilita-sicurezza/>



impianto. Ad esempio, anche se resi obbligatori, gli interruttori differenziali (i cosiddetti Salvavita) in molti vecchi impianti non sono stati ancora installati, diventa quindi difficile capire se il livello di sicurezza sia adeguato.

### **Modo 2**



La ricarica in modo 2 è simile al modo 1 (ricarica domestica) con la differenza che può raggiungere una corrente massima a 32 A grazie a un dispositivo di sicurezza collocato sul cavo.

### **Modo 3**



La ricarica in modo 3 è il sistema reso obbligatorio in ambiente pubblico e in ambienti privati accessibili al pubblico. Questo, prevede un collegamento diretto del veicolo alla rete di alimentazione, utilizzando apparecchiature dedicate; può raggiungere una corrente massima di 63 A con potenze fino a 43 kW.

### **Modo 4**



La ricarica in modo 4 è un sistema di ricarica veloce in corrente continua (fast DC). Sono previste potenze più elevate rispetto a quelle in alternata (ad oggi hanno una



potenza di 50 kW), prevedendo che il caricabatteria (il convertitore da AC a DC) si trovi all'interno della stazione di ricarica e non sul veicolo. Il vantaggio di questa tecnologia è sicuramente il tempo di ricarica, consentendo una ricarica completa in brevi pause.<sup>48</sup>

Modi di ricarica e sistemi di connessione:

**Table 3. Modi di ricarica e sistemi di connessione. Fonte: IEC 62196-1e2, RSE**

<b>Modi di ricarica</b>	<b>Tipo di presa-spina</b>	<b>Descrizione</b>
Modo 1	Schuko/Industriale (IEC60309)	Tipo domestico. Non consentito nelle infrastrutture pubbliche.
Modo 2	Schuko/Industriale (IEC60309)	Tipo domestico. Il cavo è dotato di un dispositivo di controllo.
Modo 3	Tipo 1	Connettore solo per lato veicolo.
	Tipo 2	Connettore sia lato veicolo che infrastruttura. Conforme agli standard nazionali.
	Tipo 3a	Utilizzata per la ricarica dei veicoli leggeri e scooter.
	Tipo 3c	Utilizzata in ambito pubblico.
Modo 4	Combo 2	Consente sia la ricarica in AC che in DC.
	CHAdeMO	Nome commerciale di un sistema di ricarica in DC.

<sup>48</sup> Celaschi, S. (2012). *Evoluzione normativa relativa alla mobilità elettrica a livello italiano ed europeo*. Milano: RSE.



### 4.3 Ricarica induttiva

Una modalità di ricarica, che si potrebbe configurare come una possibile soluzione al superamento del problema di standardizzare il sistema di connessione e che consenta quindi l'interoperabilità, è la ricarica induttiva.

Questa tecnologia si basa, fondamentalmente, sul trasferimento di energia attraverso l'accoppiamento elettromagnetico di un circuito composto da due bobine: una di trasmissione (posizionata sul terreno), che invia l'energia attraverso onde radio ad un'altra di ricezione (posizionata sul veicolo). Possiamo parlare, di ricarica "wireless" che consentirebbe di ricaricare i veicoli elettrici sia quando sono parcheggiati, sia quando sono in movimento.<sup>49</sup>

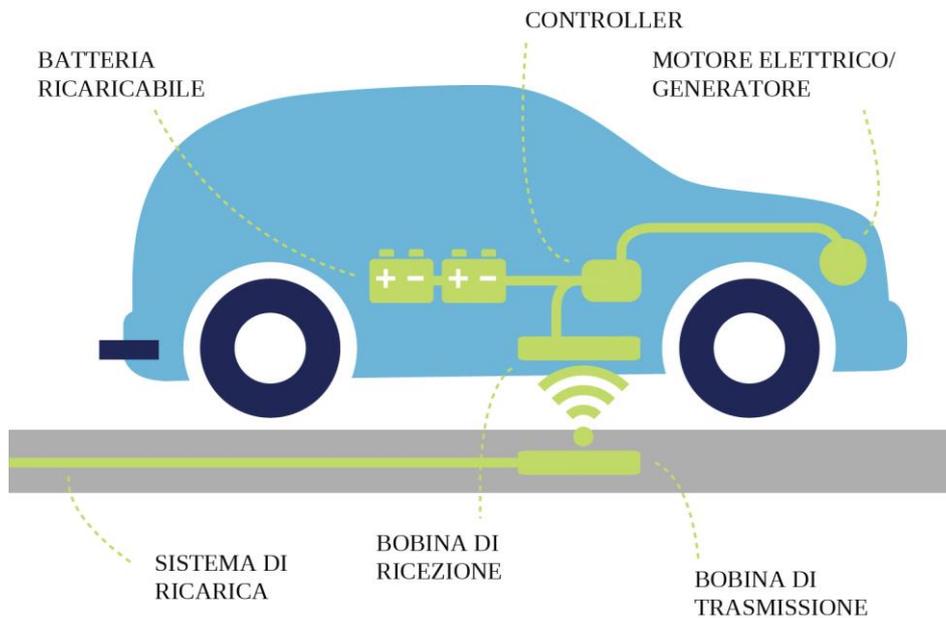


Figure 23. Componenti principali di un sistema di ricarica wireless in un veicolo elettrico.

<sup>49</sup> Ibidem



I vantaggi di questa tecnologia potrebbero essere molteplici, soprattutto per quanto riguarda l'impatto che avrebbe in ambito urbano, poichè eliminerebbe la necessità di inserire delle installazioni esterne come le colonnine di ricarica. Non è necessario nessun contatto elettrico, di conseguenza ne facilita l'utilizzo e aumenta la sicurezza, per non parlare poi della riduzione della necessità di manutenzione (spesso le colonnine sono soggette ad incidenti o vandalismi). Questo è quanto affermano i ricercatori del Politecnico di Torino, autori del primo prototipo italiano per un sistema di ricarica wireless per autostrade (ricarica dinamica). Si tratta del progetto *“Charge While Driving”* che si inserisce nelle iniziative di ricerca europee (progetto FABRIC - Feasibility analysis and development of on-road charging solutions for future electric vehicles), e che si basa sulla tecnologia IPT (Inductive Power Transfer), il cui principio è simile a quello che permette di cucinare sulle piastre ad induzione.<sup>50</sup>

Questa tecnologia, tuttavia, è ancora agli albori con dei costi di investimento molto elevati, tanto che nel 2015 la società Highway England aveva annunciato i primi test sulle autostrade inglesi, facendo alla fine un dietrofront per aspettare maggiori sviluppi tecnologici.<sup>51</sup>

Sul fronte della ricarica stazionaria, ci sono invece già diverse applicazioni che entro pochi anni potrebbero diffondersi. La multinazionale Americana Qualcomm ha svolto le prime prove pre-commerciali su vasta scala a Londra con il suo prodotto Qualcomm Halo WEVC.<sup>52</sup> Si tratta di una semplice piastra posta sul terreno, collegata ad un controller, che trasferisce l'energia sfruttando la risonanza creata dalle variazioni di intensità del campo magnetico. Il conducente quando arriva con la sua auto, parcheggia e attraverso il proprio smartphone verifica soltanto l'allineamento delle due bobine. Un sistema semplice, accessibile e di minore impatto rispetto alle colonnine, ma che non elimina però il problema della

---

<sup>50</sup> Poliflash. (2017). *Arriva l'autostrada che ricarica le auto elettriche*. Tratto da Politecnico di Torino Magazine: [https://poliflash.polito.it/ricerca\\_e\\_innovazione/arriva\\_l\\_autostrada\\_che\\_ricarica\\_le\\_auto\\_elettriche](https://poliflash.polito.it/ricerca_e_innovazione/arriva_l_autostrada_che_ricarica_le_auto_elettriche)

<sup>51</sup> Highways England; Jones MP, A. (2015). *Off road trials for “electric highways” technology*. Tratto da GOV. UK: <https://www.gov.uk/government/news/off-road-trials-for-electric-highways-technology>

<sup>52</sup> [www.qualcomm.com/products/halo](http://www.qualcomm.com/products/halo)



localizzazione. Un altro modo di integrare questa tecnologia in ambito urbano, facilitandone la localizzazione, è legata al trasporto pubblico. Rispetto a quanto detto nel capitolo 3 paragrafo 2, la localizzazione può avvenire sulle linee esistenti ma si differenzia per un impatto visivo nullo, poichè è possibile integrarle nel manto stradale. Torino, ad esempio, si trova in prima linea sullo sviluppo del suo trasporto pubblico, facendo da esempio “pilota” italiano per l’integrazione di questo sistema di ricarica.<sup>53</sup>

La prima installazione avviene già nel 2003, dove viene lanciata la prima linea urbana (STAR 1) che collega importanti punti nel centro città come gli ospedali, le università e poli attrattivi di interesse turistico. Il successo di questa ha permesso il lancio di una seconda linea nel 2007 (STAR 2), che coprirà altri importanti punti strategici, come il centro storico, la stazione di Porta Susa e i collegamenti con la metropolitana. I mezzi circolanti, rispettivamente, erano otto per la prima linea e sette per la seconda.

Infine, le batterie da 18 Ah venivano alimentate a 336 V producendo una potenza di 65kW e consentendo un funzionamento di 13 ore al giorno. Ad ogni linea, infatti, sono stati installati solo due punti di ricarica sulle fermate di capolinea (Corso Bolzano e Via Giovanni Carlo Cavalli), permettendo una ricarica in 10 - 15 minuti.<sup>54</sup> Le due linee sono attive ancora oggi, mentre la città sta promuovendo nuove strategie per il rinnovo dei propri mezzi pubblici circolanti, puntando sempre su veicoli elettrici.<sup>55</sup>

---

<sup>53</sup> Conductix Wampfler. (2012). *10 years of electric buses with IPT® Charge. Wireless Charging for Electric Vehicles*. Tratto da Conductix: <https://www.conductix.com/en/news/2012-05-31/10-years-electric-buses-iptr-charge>

<sup>54</sup> News Editor. (2015). *Wireless charging for quiet and clean public transport in Torino (Italy)*. Tratto da ELTIS. The urban mobility observatory: <http://www.eltis.org/discover/case-studies/wireless-charging-quiet-and-clean-public-transport-torino-italy>

<sup>55</sup> Minello, B. (2017). *Torino ha la prima flotta di bus elettrici: sono cinesi*. Tratto da La Stampa Torino: <http://www.lastampa.it/2017/09/18/cronaca/torino-ha-la-prima-flotta-di-bus-elettrici-sono-cinesi-57kascg1dKOAGc08t9BP6N/pagina.html>



Figure 24. Sistema di ricarica induttivo per autobus elettrici. Torino

## 4.4 Battery swapping

Il concetto dell'intercambiabilità della batteria è stato proposto per la prima volta nel 1896, al fine di superare la limitata operatività delle macchine e dei camion elettrici. Fu messo in pratica dalla Hartford Electric Light Company agli inizi del Novecento, come servizio per i camion (i camion venivano comprati senza batteria e la compagnia offriva il servizio di fornitura e sostituzione). Lo stesso avvenne anche a Chicago, nel 1917, dove i proprietari delle auto Milburn Light Electric potevano comprare gli autoveicoli sprovvisti di batterie.<sup>56</sup>

L'idea è stata ripresa poi nel 2008, dalla compagnia Better Place, che iniziò la sua attività nel 2012, a Tel Aviv (Israele), con 21 stazioni attive. Già nel 2013 l'azienda dichiarò fallimento, per ragioni legate principalmente agli elevati costi di

---

<sup>56</sup> Kirsch, David A. (2000). *The Electric Vehicle and the Burden of History*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.



investimento, alle difficoltà nello sviluppo delle infrastrutture e da previsioni sbagliate sulla penetrazione nel mercato dei veicoli elettrici.

Il funzionamento era molto semplice: l'auto entrava nel box, si posizionava sopra a un carrello meccanico, e quest'ultimo, attraverso un sistema robotizzato, estraeva la batteria scarica e la sostituiva con una carica; il conducente non doveva nemmeno scendere dal veicolo e i tempi erano decisamente brevi (paragonabili ad un rifornimento in una stazione di carburante). Tuttavia, la compagnia aveva scommesso in modo azzardato che tutti i guidatori di un veicolo elettrico avrebbero preferito scambiare le batterie invece di caricarle, puntando così su una politica espansionistica e andando a collocare le proprie stazioni in alcune importanti città del mondo (in Australia, Giappone, Danimarca e California). Due problemi sorsero in quel momento. Prima, lo sviluppo della ricarica rapida fece di questa tecnologia la meno conveniente, soprattutto per chi viaggiava in città e doveva percorrere brevi distanze. In seguito, le batterie non erano standardizzate, ogni casa automobilistica utilizzava diversi tipi (dalla chimica alla forma), quindi, diventava molto difficile definire un inventario adeguato alle esigenze degli utenti.

Da questa esperienza, nel 2015, la Tesla lancia una propria linea di battery swapping. In questo caso è interessante come la compagnia abbia localizzato l'infrastruttura. In primo luogo, il servizio è dedicato esclusivamente ai possessori di un veicolo Tesla, quindi il problema delle batterie viene meno, e in secondo luogo, questa tecnologia viene integrata insieme alle stazioni di ricarica rapida (posizionate lungo le autostrade), in modo tale da dare una scelta agli utenti. Questi ultimi possono decidere se attendere il tempo necessario per effettuare la ricarica presso una colonnina, oppure, pagare un pò di più e avere un servizio più rapido per non perdere ulteriore tempo durante il viaggio. Questo sistema viene appunto visto come uno scenario di emergenza, cioè per coloro che sono disposti a pagare per la comodità.<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> Inbar, M. (2015). *How To Develop Battery Swapping Stations*. Tratto da Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2015/01/08/battery-swapping-can-now-scaled/>



Date le evidenti difficoltà di sviluppo di questo tipo di infrastruttura, ad oggi, non viene utilizzata se non in alcuni casi più semplici. Ad esempio, la Kymco, la nota società produttrice di scooter, ha proposto un sistema di distribuzione delle batterie per i propri veicoli attraverso delle “macchinette” (tipo quelle per gli snack) dove i proprietari possono prelevare quelle cariche e posare quelle scariche.



**Figure 25. Stazione di sostituzione batterie di Better Place.**

**Figure 26. Battery Swap.  
Distributore della Kymco.**





## 5 Contesto normativo di riferimento per le infrastrutture di ricarica

Con il riconoscimento dell'enorme potenzialità che la mobilità elettrica ha in sé, come uno dei possibili mezzi per il raggiungimento delle strategie descritte nel capitolo 1, paragrafo 1.1 in tema di clima – energia, è ormai al centro del dibattito internazionale la standardizzazione delle norme, per armonizzare la diffusione di massa dei veicoli elettrici.

Table 4. Struttura normativa Nazionale, Europea e Internazionale. Fonte: RSE

	Struttura Normativa			Regolamenti
	Generale	Elettrotecnica/Elettronica	Telecomunicazioni	
Internazionale				
Europea				
Nazionale (Italia)			CONCIT	Legislazione Nazionale

La tabella riporta i principali organismi coinvolti in questo processo di standardizzazione. All'interno di questa struttura, troviamo anche delle misure specifiche volte ad assicurare una diffusione omogenea nel territorio dell'infrastruttura di ricarica.



## 5.1 In Europa

Di seguito sono riportate le principali Direttive, Regolamenti e Comunicazioni che la Commissione Europea, ad oggi, ha realizzato per regolare lo sviluppo del settore.

- Direttiva 2009/33/CE del 23 aprile 2009

Promuove l'adozione di veicoli puliti e a basso consumo energetico nel trasporto stradale, in particolare rivolto ad enti o operatori che assolvono obblighi di servizio pubblico. La stessa Direttiva fissa un obiettivo del 10% sulla quota di mercato delle energie rinnovabili presenti nei combustibili per il trasporto.

- “Una strategia europea per i veicoli puliti ed efficienti sul piano energetico” del 28 aprile del 2010

Questa strategia definisce delle linee d'azione per lo sviluppo di veicoli “verdi”:

- sostegno alla ricerca
- incentivi finanziari per l'acquisto dei veicoli
- standardizzazione dell'interfaccia veicolo/rete
- potenziamento dell'infrastruttura di ricarica

- Libro Bianco *“Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti. Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile”* del 28 marzo 2011

Questo documento incentiva la riduzione della dipendenza dei trasporti dal petrolio. Spinge quindi ad adottare combustibili alternativi e sviluppare le relative infrastrutture. L'obiettivo è una graduale riduzione delle emissioni di CO2 ed una riduzione, fino al 60%, delle emissioni di gas effetto serra nel settore dei trasporti, entro il 2050.

- Direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014 (Alternative Fuels Infrastructure Directive – AFID)



Questo documento tratta le varie opzioni riguardo i combustibili alternativi, come ad esempio l'elettricità, l'idrogeno, i biocarburanti e il gas naturale. In particolare, individua nell'assenza di un'infrastruttura adeguata e di specifiche tecniche il principale ostacolo alla diffusione dei veicoli elettrici. Definisce quindi necessaria, la costruzione di nuove reti infrastrutturali, puntando nello specifico sulla mobilità elettrica.

Per un'ideale rete infrastrutturale bisognerà puntare soprattutto sulle colonnine di ricarica per auto elettriche, ed è con questo obiettivo che la Direttiva stabilisce un quadro comune con dei requisiti minimi per la costruzione dei punti di ricarica, da attuarsi mediante piani strategici nazionali degli Stati membri.

Ai fini dell'interoperabilità, gli Stati, devono assicurare che tutti i punti di ricarica di potenza standard in AC siano muniti di prese fisse o connettori del tipo 2, mentre per i punti di ricarica di potenza elevata in DC siano muniti del sistema Combo 2.

Gli Stati devono garantire la creazione, entro il 31 dicembre 2020, di un numero adeguato di punti di ricarica accessibili al pubblico, affinché i veicoli possano circolare negli agglomerati urbani/suburbani e in altre zone densamente popolate (oltre che nelle reti degli altri Stati). Possono inoltre incoraggiare e incentivare la realizzazione di punti di ricarica non accessibili al pubblico.

Nei piani strategici si dovrebbe prevedere anche la realizzazione dell'infrastruttura per i trasporti pubblici.<sup>58</sup>

## 5.2 In Italia

A livello nazionale, in Italia, sono stati recepiti i diversi documenti europei con la pubblicazione di leggi e decreti sul tema dei combustibili alternativi e delle infrastrutture. Di seguito sono esposti.

---

<sup>58</sup> Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2015). *Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (PNIRE)*.



- Legge 7 agosto 2012, n. 134: Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 22 giugno 2012, n.83, recante misure urgenti per la crescita del paese.

La legge ha dedicato un capo specifico (Capo IV bis) che cita: *“Il presente capo e' finalizzato allo sviluppo della mobilita' sostenibile, attraverso misure volte a favorire la realizzazione di reti infrastrutturali per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica e la sperimentazione e la diffusione di flotte pubbliche e private di veicoli a basse emissioni complessive, con particolare riguardo al contesto urbano, nonche' l'acquisto di veicoli a trazione elettrica o ibrida.”*

Introduce poi (articolo 17 quinquies), disposizioni sulla semplificazione dell'attività edilizia e il diritto ai punti di ricarica e disposizioni in materia urbanistica (articolo 17 sexsies). Infine, introduce (articolo 17 septies) il piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica.

- Decreto Legislativo 16 dicembre 2016, n. 257. Decreto DAFI (Directive Alternative Fuel Initiative) che disciplina e attua la direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi.

Il provvedimento ha l'obiettivo di *“ridurre la dipendenza dal petrolio e attenuare l'impatto ambientale nel settore dei trasporti”* e *“stabilisce requisiti minimi per la costruzione di infrastrutture per i combustibili alternativi, inclusi i punti di ricarica per i veicoli elettrici.”*

Stabilisce che, *“entro il 31 dicembre 2020, è realizzato un numero adeguato di punti di ricarica accessibili al pubblico per garantire l'interoperabilità tra punti già presenti e da installare, e, a seconda delle esigenze del mercato, che i veicoli elettrici circolino almeno negli agglomerati urbani e suburbani.”* La quantità è fissata *“tenendo conto anche del numero stimato di veicoli elettrici che sono immatricolati entro la fine del 2020.”*

Il decreto sostituisce l'articolo 17 quinquies della legge 7 agosto 2012, dove stabilisce che entro il 31 dicembre 2017 i comuni adeguino i propri regolamenti



edilizi, *“ai fini del conseguimento del titolo abilitativo edilizio sia obbligatoriamente prevista, per gli edifici di nuova costruzione ad uso diverso da quello residenziale con superficie utile superiore a 500 metri quadrati e per i relativi interventi di ristrutturazione edilizia di primo livello di cui all’allegato 1, punto 1.4.1 del decreto del Ministero dello sviluppo economico 26 giugno 2015<sup>59</sup>, nonché per gli edifici residenziali di nuova costruzione con almeno 10 unità abitative e per i relativi interventi di ristrutturazione edilizia di primo livello di cui all’allegato 1, punto 1.4.1 del decreto del Ministero dello sviluppo economico 26 giugno 2015, la predisposizione all’allaccio per la possibile installazione di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli idonee a permettere la connessione di una vettura da ciascuno spazio a parcheggio coperto o scoperto e da ciascun box per auto, siano essi pertinenziali o no, in conformità alle disposizioni edilizie di dettaglio fissate nel regolamento stesso e, relativamente ai soli edifici residenziali di nuova costruzione con almeno 10 unità abitative, per un numero di spazi a parcheggio e box auto non inferiore al 20 per cento di quelli totali.”*

Le regioni, inoltre, *“nel caso di autorizzazione alla realizzazione di nuovi impianti di distribuzione carburanti e di ristrutturazione totale degli impianti di distribuzione carburanti esistenti, prevedono l’obbligo di dotarsi di infrastrutture di ricarica elettrica di potenza elevata almeno veloce.”*

Infine, *“le pubbliche amministrazioni, gli enti e le istituzioni da esse dipendenti o controllate, le regioni, gli enti locali e i gestori di servizi di pubblica utilità per le attività svolte nelle province ad alto inquinamento di particolato PM<sub>10</sub>, al momento della sostituzione del rispettivo parco autovetture, autobus e mezzi di servizio di pubblica utilità, ivi compresi quelli per la raccolta dei rifiuti urbani, sono obbligati all’acquisto di almeno il 25 per cento di veicoli a GNC, GNL e veicoli elettrici e veicoli a funzionamento ibrido bimodale e a funzionamento ibrido multimodale entrambi con ricarica esterna, nonché ibridi nel caso degli autobus.”*

---

<sup>59</sup> Decreto interministeriale 26 giugno 2015. *Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.*



- PNIRE – Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (aggiornamento GU – Serie Generale n.151 del 20/06/2016)

E' un documento di programmazione per lo sviluppo di una rete infrastrutturale adeguata per la ricarica dei veicoli elettrici su tutto il territorio nazionale.

Il piano specifica fundamentalmente tre macro-categorie per lo sviluppo di una rete di ricarica elettrica nazionale: pubblica (accessibile a tutti), privato accessibile al pubblico (accessibile solo in determinate ore, ad esempio nei centri commerciali) e privata (accessibile solo ai privati).

Suggerisce, infatti, *“l’importanza di dotare la Grande Distribuzione Organizzata (GDO), Centri Commerciali e Cinema di infrastrutture di ricarica”* e indica come strategica, *“la predisposizione all’allaccio di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli per le autorimesse ed i parcheggi multipiano.”* Di questi ultimi, si dovrà garantire, in caso di nuova costruzione, *“una percentuale dei posti dedicati ai veicoli elettrici pari almeno al 5% del numero complessivo dei posti messi a disposizione.”*

Poi, *“al fine di minimizzare l’impatto sull’utilizzo del suolo pubblico ogni infrastruttura di ricarica, fatte salve le capacità della rete elettrica presente, dovrà permettere la ricarica simultanea di almeno due veicoli.”*

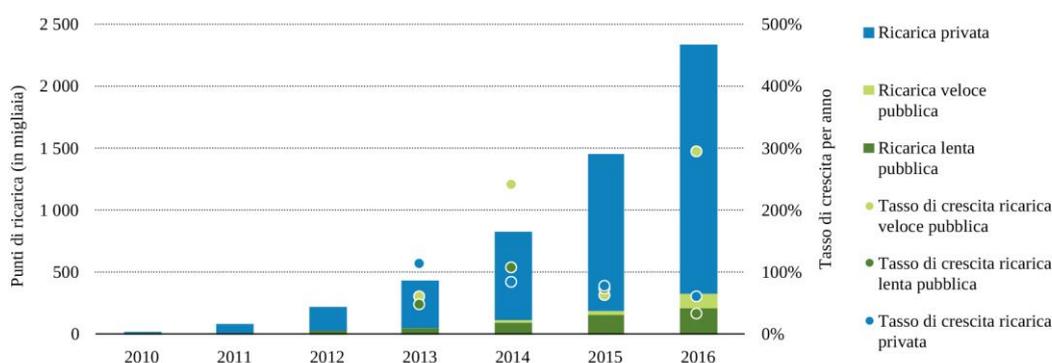
Il Piano fissa dei target al 2020 per la ricarica pubblica: 4.500 – 13.000 punti di ricarica lenta/accelerata più 2.000 – 6.000 stazioni di ricarica veloce, definendo, inoltre, dei criteri sulla distribuzione territoriale e delle specifiche tecniche dei singoli punti.

Per concludere, il Piano include l’istituzione di una Piattaforma Unica Nazionale (PUN), per raccogliere le informazioni sulle infrastrutture pubbliche presenti e fornire servizi informativi ai cittadini e agli operatori del settore, e impone per ultimo, la redazione, da parte di Regioni/Province Autonome, di un Piano della Mobilità Elettrica (PME).



## 6 Verso una trasformazione urbanistica

A fine 2016, nel mondo, lo stock di auto elettriche ha superato i 2 milioni di unità. Allo stesso modo, anche i punti di ricarica sono stimati a poco più di 2 milioni (grafico 8<sup>60</sup>) con USA, Cina e Giappone che guidano la classifica.<sup>61</sup> Questo settore è suddiviso in pubblico e privato: queste ultime, cioè i punti di ricarica non aperti a terzi, rappresentano la fetta più grossa di questo settore a discapito di quella pubblica che copre circa il 15% del totale (320 mila unità). Se si mette in relazione il numero di punti di ricarica e il numero di veicoli circolanti, il rapporto medio è di circa 0,86 veicoli per singola colonnina. Solo paesi come la Cina e la Svezia dimostrano la loro sensibilità e impegno verso questo settore, stimando un valore di tale rapporto uguale a 1. In Europa sono stati installati circa 70.000 punti di ricarica pubblici contro i circa 400.000 punti di ricarica privati, mentre in Italia si stimano circa 9.000 colonnine delle quali 7.000 – 7.500 private e 1.750 pubbliche, con un rapporto numero di punti e veicoli circolanti pari a 0,66. Il nostro paese si trova molto indietro rispetto ad altri, come ad esempio la Francia e la Germania dove si stimano rispettivamente circa 16.000 e 25.000 colonnine pubbliche.<sup>62</sup>

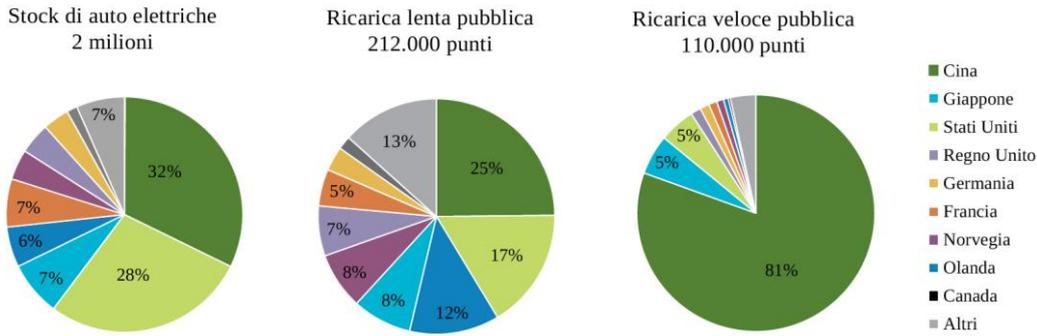


**Grafico 8. Punti di ricarica globali, 2010-2016. Fonte: elaborazione IEA (International Energy Agency) su dati EAFO, 2017**

<sup>60</sup> Il numero di punti di ricarica privati è stato stimato supponendo che ogni auto elettrica sia accoppiata ad un punto di ricarica.

<sup>61</sup> International Energy Agency (IEA). (2017). *Global EV Outlook 2017. Two million and counting.*

<sup>62</sup> Politecnico di Milano; MIP. (2017). *E-MOBILITY REPORT. Le opportunità e i modelli di business per lo sviluppo della mobilità elettrica in Italia.*



**Grafico 9. Stock di auto elettriche e punti ricarica accessibili al pubblico, per paese e per tipo, 2016.**  
**Fonte: elaborazione IEA (International Energy Agency) su dati EAFO, 2017**

Per l’IEA, un punto chiave di svolta, è l’installazione delle infrastrutture di ricarica accessibili al pubblico, in modo da supportare l’evidente crescita del mercato dei veicoli elettrici. Il rapporto fra queste, ad oggi, è di circa sei a uno, con una distribuzione non uniforme tra i vari mercati (grafico 9) e un forte aumento delle stazioni di ricarica veloci (attribuibili in gran parte alla Cina grazie probabilmente allo sviluppo delle flotte di autobus).

Le ricerche condotte su questo tema confermano comunque che il mercato avrà una rapida crescita nel momento in cui, la diffusione delle infrastrutture di ricarica soddisferà le esigenze dei conducenti per superare quella che chiamano la “range anxiety”, cioè l’ansia di rimanere senza energia nel proprio veicolo a causa della scarsa diffusione delle colonnine. Alcuni paesi, stanno puntando proprio alla elettrificazione del loro parco auto circolante, integrando i punti di ricarica pubblici per superare questa paura e passare ad un sistema di mobilità più sostenibile.<sup>63</sup>

<sup>63</sup> La Norvegia in questo senso è un caso a sé, poiché è uno dei paesi con una penetrazione dei veicoli elettrici ben superiore a qualsiasi altro paese, tuttavia, la domanda media di ricarica per veicolo elettrico è minore rispetto ad altri, questo, riflette infatti una maggiore capacità di utilizzo delle infrastrutture.

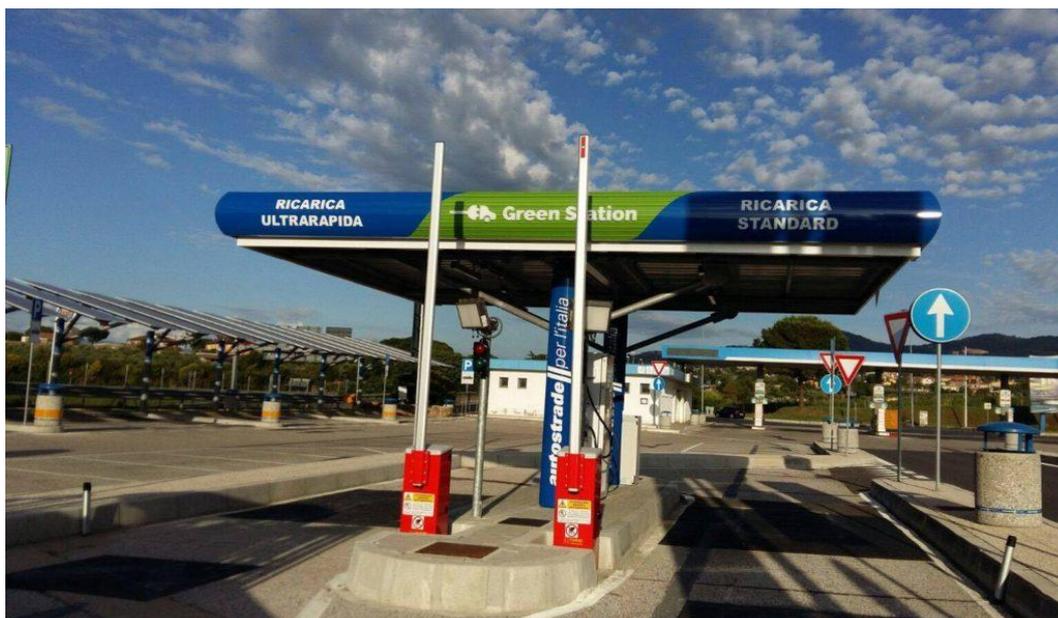


Figure 27. Stazioni di ricarica di Frascati Est e Ovest di Autostrade per l'Italia

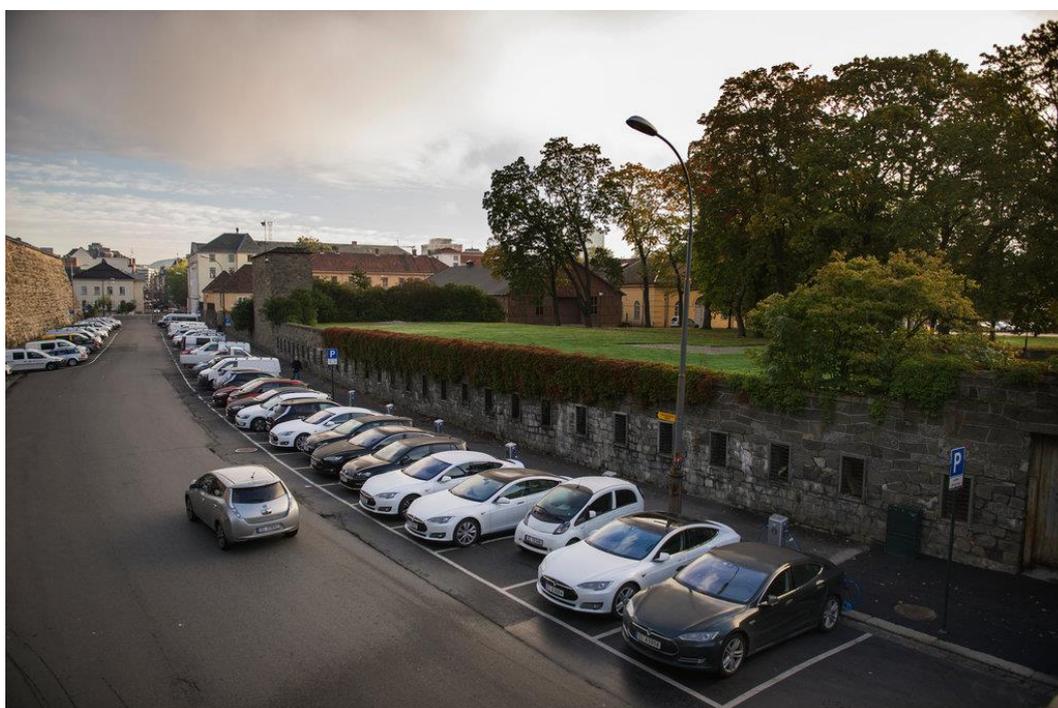


Figure 28. Parcheggio gratuito e stazioni di ricarica per auto elettriche ad Oslo



Questi scenari, porteranno sicuramente una sostanziale trasformazione delle nostre abitudini e dei nostri modi di pensare gli spazi pubblici. Aumenteranno ad esempio i posti auto attrezzati con le colonnine di ricarica nei parcheggi pubblici e privati, nei centri commerciali o nei luoghi di particolare attrazione, con flussi di persone molto elevati; si integreranno le colonnine nella rete di distribuzione del carburante già esistente, in particolare nella rete autostradale con punti di ricarica veloce.

Diventa quindi fondamentale progettare una rete infrastrutturale di ricarica che soddisfi le esigenze degli utenti, ma che non vada ad impattare in modo negativo sulle città. Questo comporta principalmente un problema di pianificazione legato alla posizione dei punti: Dove dovrebbero essere? Quanti punti di ricarica devono essere posizionati e di quale tipo?

Questo capitolo, quindi, intende esplorare i diversi modi/metodi di integrare l'infrastruttura di ricarica nello spazio urbano, in particolare, con riferimento ad una ricerca effettuata nel 2016 (che esamina in modo molto dettagliato lo stato dell'arte della mobilità elettrica, con particolare riferimento alla pianificazione delle infrastrutture), che suddivide, per una migliore gestione del problema, in due sottosistemi la progettazione.<sup>64</sup>

- innanzitutto, le posizioni devono essere decise su una “**macro**” scala, cioè a livello di provincia/città/quartieri o individuando specifici punti di interesse, in modo da uniformare la distribuzione, in coerenza con gli specifici strumenti di pianificazione di ogni città;
- successivamente si passa alle singole posizioni sulla “**micro**” scala, cioè andando a considerare le specifiche caratteristiche degli spazi urbani, dai parcheggi alla singola strada.

---

<sup>64</sup> Wirges, J. (2016). *Infrastructure. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Region*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.



## 6.1 Pianificare la posizione dell'infrastruttura di ricarica sulla macro scala

Garantire che la rete infrastrutturale per la ricarica dei veicoli elettrici funzioni in modo efficiente e soddisfi le esigenze dei conducenti, può essere fondamentale sotto diversi punti di vista: delineare i giusti investimenti delle municipalità, massimizzarne l'uso collocandole in posti ottimali con particolare attenzione all'utilizzo del suolo pubblico (evitando i problemi legati al traffico e al parcheggio) e infine minimizzare l'impatto sulla rete elettrica.<sup>65</sup>

La letteratura a riguardo presenta svariate pubblicazioni in cui è stato affrontato a fondo questo problema, e che mettono a punto diversi approcci metodologici per la progettazione della infrastruttura, sia in contesti urbani, regionali e nazionali.

Uno studio realizzato dal Politecnico di Milano e da Enel Foundation sviluppa un metodo che mira a dimensionare l'infrastruttura di ricarica su tutto il territorio nazionale, con eventuali applicazioni anche a livello comunale. Questo studio però, determina semplicemente il numero di colonnine senza andare a individuare delle possibili posizioni.<sup>66</sup> In altri casi invece, si va a guardare più nello specifico, come ad esempio uno studio sull'ottimizzazione dell'infrastruttura per la flotta dei taxi di Pechino, attraverso l'analisi dei dati sui viaggi percorsi.<sup>67</sup> O ancora, pianificare la distribuzione sulla rete autostradale.<sup>68</sup> Sono stati fatti molti altri studi, ma la maggior parte di questi si basano sulla definizione di algoritmi o modelli matematici, che identificano le soluzioni più vantaggiose nel posizionare i punti di ricarica, senza tenere conto però delle caratteristiche dello spazio urbano. In questo

---

<sup>65</sup> Hall, D.; Lutsey, N. (2017). *Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure*. Washington: International Council on Clean Transportation.

<sup>66</sup> Politecnico di Milano; Enel Foundation. (2016). *Apriamo la strada al trasporto elettrico nazionale*. (A cura di G. Azzone, P. Secchi, & D. Zaninelli)

<sup>67</sup> Hua, C., Xiaoping, J., Chiu, A., Hu, X., & Xu, M. (2014). Siting public electric vehicle charging stations in Beijing using big-data informed travel patterns of the taxi fleet. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 33, 39-46.

<sup>68</sup> Micari, S., Polimeni, A., Napoli, G., Andalaro, L., & Antonucci, V. (2017). Electric vehicle charging infrastructure planning in a road network. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 80, 98-108.



senso, forse, le metodologie più sensibili e dirette (cioè quelle su cui si può avere un riscontro effettivo sulla dimensione spaziale, quindi con mappe, schemi ecc.) su questo tema, sono le analisi fatte con i sistemi di geo-informazione (GIS). Un esempio arriva dalla California, in cui hanno studiato una rete infrastrutturale su dieci città, fornendo le informazioni di come sono stati selezionati i punti, le fonti utilizzate per condurre l'analisi e infine le mappe mostrano i risultati.<sup>69</sup>

Sebbene tutti questi studi varino nel loro approccio e nei fattori che essi considerano, vi sono però degli elementi comuni che li contraddistinguono e che consentirebbero ai governi, agli enti pubblici o ai privati di creare delle linee guida per massimizzare l'utilità dell'infrastruttura. A livello italiano, la Regione Lombardia è stata l'unica a creare un documento, in linea con le direttive del PNIRE, che illustri dei principi generali utili alla progettazione delle reti di infrastrutturazione per la mobilità elettrica, dando indicazioni sulle metodologie, le priorità da considerare e sui requisiti tecnici da rispettare.<sup>70</sup>

Quindi, per poter procedere alla fase di infrastrutturazione, è fondamentale, prima di tutto, effettuare delle analisi a livello territoriale, per andare ad identificare i potenziali fruitori, definire degli scenari d'uso e le corrispondenti esigenze di ricarica. In questo caso, uno studio di architettura newyorkese ha svolto delle importanti ricerche sul proprio territorio, dove è stata analizzata la correlazione che c'era tra le posizioni dell'infrastruttura, i dati geografici e demografici, e le policy in atto. Questo ha permesso di mettere in evidenza quali sono state le principali tendenze nella localizzazione, definire delle raccomandazioni per massimizzare l'uso delle installazioni e indicare delle ulteriori aree di studio.<sup>71</sup> A questo studio si associa un'altro report, che adotta però un approccio qualitativo (basandosi sui dati quantitativi del precedente), che va ad analizzare e descrivere la natura di potenziali

---

<sup>69</sup> California Center for Sustainable Energy; San Joaquin Valley Air Pollution Control District. (2014). *Charging Roadmap: siting optimal locations for public charging stations in the San Joaquin Valley. Preparing the San Joaquin Valley for Plug-in Electric Vehicles.*

<sup>70</sup> Regione Lombardia. (2015). *Linee guida per l'infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici.*

<sup>71</sup> WXY Architecture + Urban design. (2012). *Assessment of current EVSE and EV deployment. Electric vehicle supply equipment support study.* New York State Energy Research, Development Authority, Transportation and Climate Initiative.



Figure 29. Analisi cluster. Nell’analisi citata vengono individuati 9 principali cluster all’interno del territorio analizzato. Tra cui: Downtown, Retail, Workplace, Higher education, Fleet and freight, Leisure destination, Regional transit, Medical campus, Multi-family housing.

“cluster” che rappresenterebbero delle forti opportunità nella pianificazione e nell’investimento delle infrastrutture.<sup>72</sup>

Da questi studi si capiscono due cose importanti da attuare in fase di progettazione:

1) prima di tutto è necessario procedere con un’attenta analisi territoriale, andando ad identificare degli indicatori più appropriati. Con il termine indicatore si intende, *“un parametro, o un valore derivato da parametri, capace di fornire un’informazione sintetica relativa ad uno specifico fenomeno, che possa risultare utile alla diagnosi e alla soluzione di specifici problemi.”*<sup>73</sup> Alcuni tra questi possono essere la densità abitativa, numero di auto immatricolate o circolanti, indici macroeconomici come il reddito medio pro capite, tipologia d’uso del suolo ecc.

---

<sup>72</sup> WXY Architecture + Urban design. (2013). *EVSE Cluster Analysis. Electric vehicle supply equipment support study*. New York State Energy Research, Development Authority, Transportation and Climate Initiative.

<sup>73</sup> Regione Lombardia. (2015). *Linee guida per l’infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici*.



2) l'individuazione di potenziali “cluster” come ad esempio: i condomini per l'uso residenziale, punti intermodali importanti, i luoghi del lavoro, centri commerciali, flotte aziendali ecc. Ogni territorio è specifico, con esigenze e modi d'uso diversi.

Una volta svolte queste analisi, è necessaria l'elaborazione dei dati. Ogni approccio è diverso, ma di seguito presenterò un esempio in un contesto europeo, svolto da un ricercatore Tedesco già citato in precedenza (J. Wirges, *Infrastructure. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Region*), che ha messo a punto un metodo applicabile sia alla scala regionale ma anche ad una scala di città o di quartiere, e che potrebbe essere di supporto nelle decisioni sulla pianificazione delle infrastrutture e sul loro investimento. L'autore ha testato questo metodo su diverse realtà urbane, come Stoccarda, Karlsruhe e Kehl in Germania, Nizza in Francia e infine la provincia di Liège in Belgio in cui ha dedicato un particolare approfondimento.

### **Il metodo e il caso di Liège**

Il metodo studiato, si struttura in 5 step:

- Viene stabilito il contatto con le amministrazioni pubbliche e spiegata la base del metodo. Viene inoltre richiesta la disponibilità dei dati geografici.
- Vengono raccolti i dati necessari e organizzati nel sistema di geo-informazione.
- Viene organizzato un secondo incontro per decidere i parametri da utilizzare negli scenari. Questi, vengono decisi attraverso la compilazione di un questionario da parte degli stakeholder.
- Vengono elaborati i dati e rappresentati gli scenari attraverso mappe o elenchi.
- Presentazione dei risultati.

Il principio di questo metodo, si basa fundamentalmente sull'individuazione esplicita di possibili posizioni delle infrastrutture di ricarica sul territorio, attraverso la suddivisione dei dati in categorie specifiche. Il numero di punti vengono poi distribuiti, nelle diverse categorie, in modo proporzionale rispetto ad indicatori di importanza stabiliti con l'ausilio dei questionari.



L'elaborazione dei dati è una fase molto importante, ed è anche quella più dispendiosa. In questo caso, per l'individuazione delle posizioni vengono utilizzati due tipi di dati: zone e punti. Questo perché i dati descrivono in modo sistematico la popolazione di un quartiere o di un comune (numero di famiglie, redditi o numero di automobili ecc.). Poi, come si è visto precedentemente, è importante anche individuare degli specifici cluster territoriali di forte interesse, come ad esempio dei nodi intermodali (stazioni di trasporto pubblico o grandi parcheggi). Può essere anche necessario combinare queste due entità, per modellare ad esempio la distribuzione geografica di un'attività; il numero di lavoratori in una certa zona e la posizione di grandi aziende possono offrire una buona rappresentazione della distribuzione geografica dei luoghi del lavoro. Inoltre, per i punti specifici si devono definire alcuni requisiti: per gli spazi commerciali si può considerare la dimensione (200-300 mq), o il numero di parcheggi (almeno 50), o ancora il numero di dipendenti (50-100); per i luoghi dello sport e della cultura si può considerare il numero di visitatori l'anno (10.000-20.000); per i grandi parcheggi il numero minimo di posti auto (almeno 50).

La scelta dei dati da utilizzare può variare in base al contesto di applicazione. Ad esempio, l'area rappresentata dal numero dei viaggi delle famiglie, spesso non corrisponde ad una specifica area censuaria ed è quindi necessario considerare una zona più ampia; nei luoghi dove il turismo ha un ruolo importante, l'individuazione degli hotel potrebbe essere rilevante; gli edifici pubblici potrebbero essere un'altro potenziale luogo per collocare i punti di ricarica, infatti, la loro distribuzione uniforme all'interno di un territorio li renderebbe un elemento di particolare interesse; il numero delle famiglie senza un parcheggio privato può essere usato per stimare i parcheggi pubblici sulla strada ecc. Nel caso di Liège, invece, è stata individuata una particolare categoria, le così dette "EcoVoiturage stations" cioè delle stazioni dove le persone possono parcheggiare e formare un "carpool" (cioè un'auto condivisa).

Infine, il numero totale dei punti di ricarica viene stimato, per comodità, attraverso un documento della Commissione Europea, "*Clean fuel strategy*", che propone dei target, per ogni paese membro, delle infrastrutture accessibili al pubblico al 2020

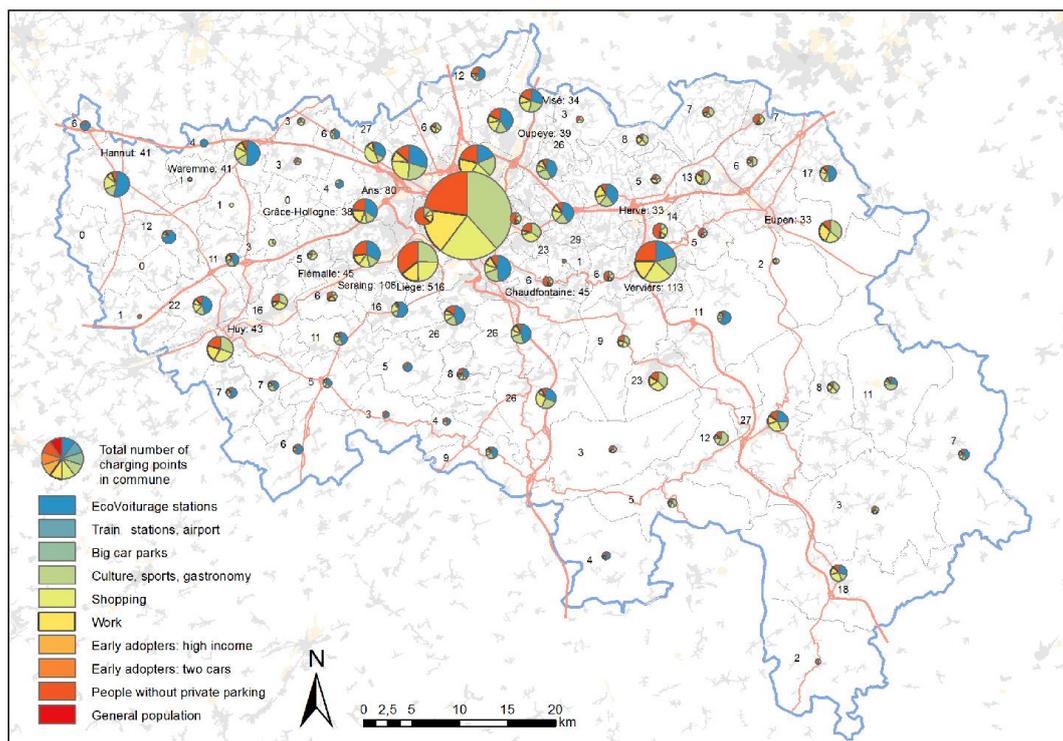


(per l'Italia ad esempio è di 125.000).<sup>74</sup> Questo numero viene poi suddiviso nelle diverse categorie, sulla base delle priorità espresse dagli stakeholder nei questionari.

Uno dei vantaggi di questo metodo, è sicuramente la possibilità di creare diversi scenari invece di un singolo risultato ottimale, questo permette una valutazione più ampia grazie anche alla partecipazione delle autorità locali. Lo sviluppo dell'infrastruttura, infatti, dovrebbe essere in linea con le politiche locali e uniforme rispetto alle infrastrutture esistenti.

Nel caso di Liège, sono stati costruiti 3 scenari differenti:

**Scenario 1:** viene rappresentata una situazione pessimistica, in cui le parti private non contribuiscono nel collocamento dei punti di ricarica e la gestione è tutta a



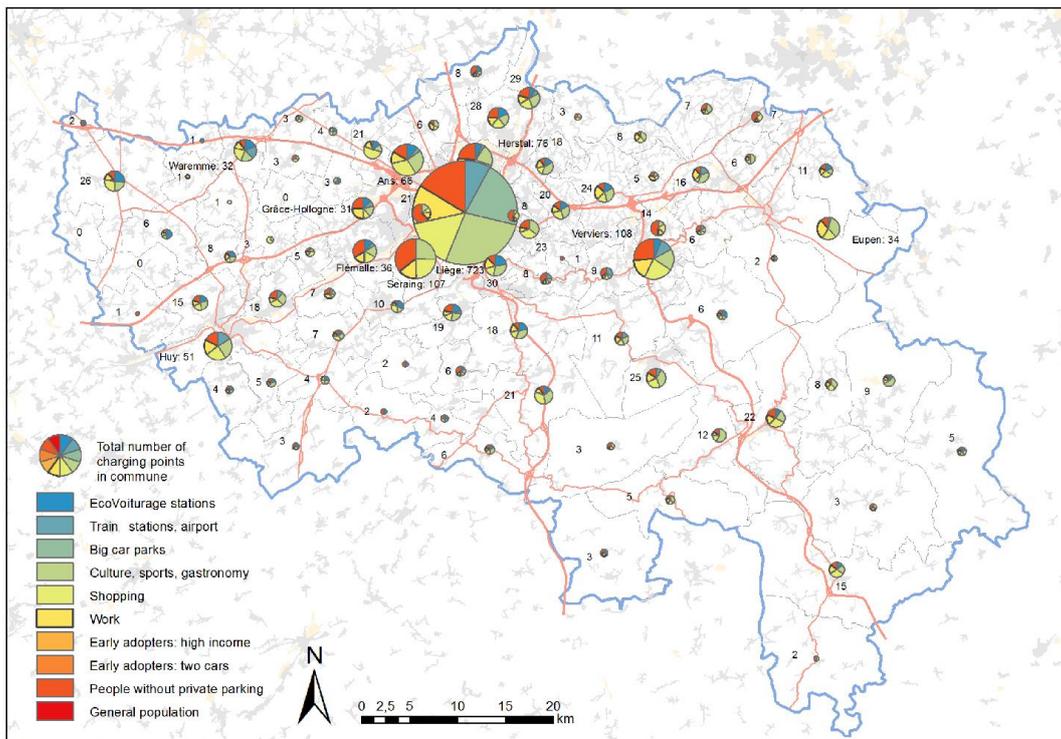
**Figure 30. Scenario 1: infrastrutture pubbliche sotto gestione pubblica. Numero di punti di ricarica per comune.**

<sup>74</sup> Questi numeri si basano sul numero dei veicoli elettrici previsti dagli Stati Membri. Come visto precedentemente, ad ogni veicolo è stato associato un punto di ricarica, di questi, il 10% dovrebbe essere accessibile al pubblico.



carico degli enti pubblici. Quindi, i punti si localizzano principalmente a bordo strada. Sono così state individuate zone di particolare interesse culturale, sportivo, gastronomico, shopping e le così dette stazioni EcoVoiturage.

**Scenario 2:** viene rappresentata una situazione in cui la rete è creata in collaborazione con dei partner privati, come ad esempio i gestori di parcheggi, le stazioni ferroviarie e gli aeroporti. Rimangono invece invariati gli altri aspetti, cioè il ruolo pubblico ha una parte fondamentale nel localizzare i punti nei parcheggi su bordo strada, per coloro che non dispongono di un garage privato.



**Figure 31. Scenario 2: infrastrutture fornite da soggetti pubblici e privati. Numero di punti di ricarica per comune.**

**Scenario 3:** in questo scenario viene rappresentata una situazione analoga a quella precedente, con la differenza che viene considerato il numero totale dei punti di ricarica, cioè pubblici più privati. Il numero di quelli accessibili al pubblico sono il 10% del totale, mentre gli altri sono dei proprietari di auto elettriche o delle grandi aziende che hanno elettrificato la loro flotta.

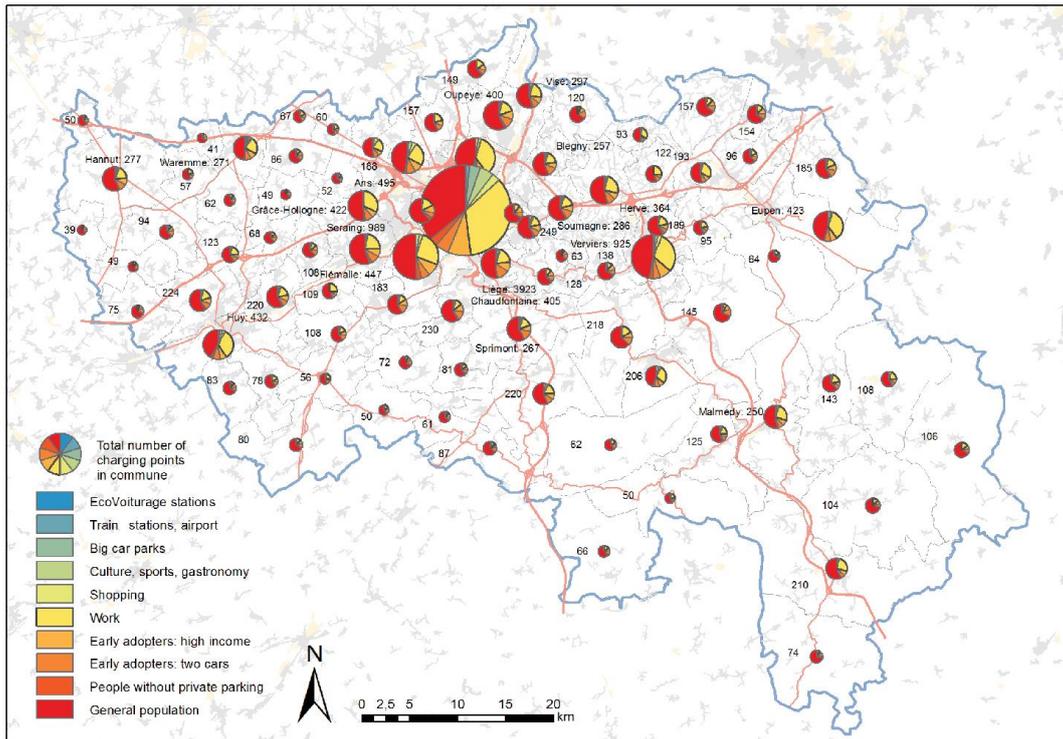


Figure 33. Scenario 3: infrastruttura che copre tutti i contesti (pubblico, lavorativo e residenziale). Numero di punti di ricarica per comune.

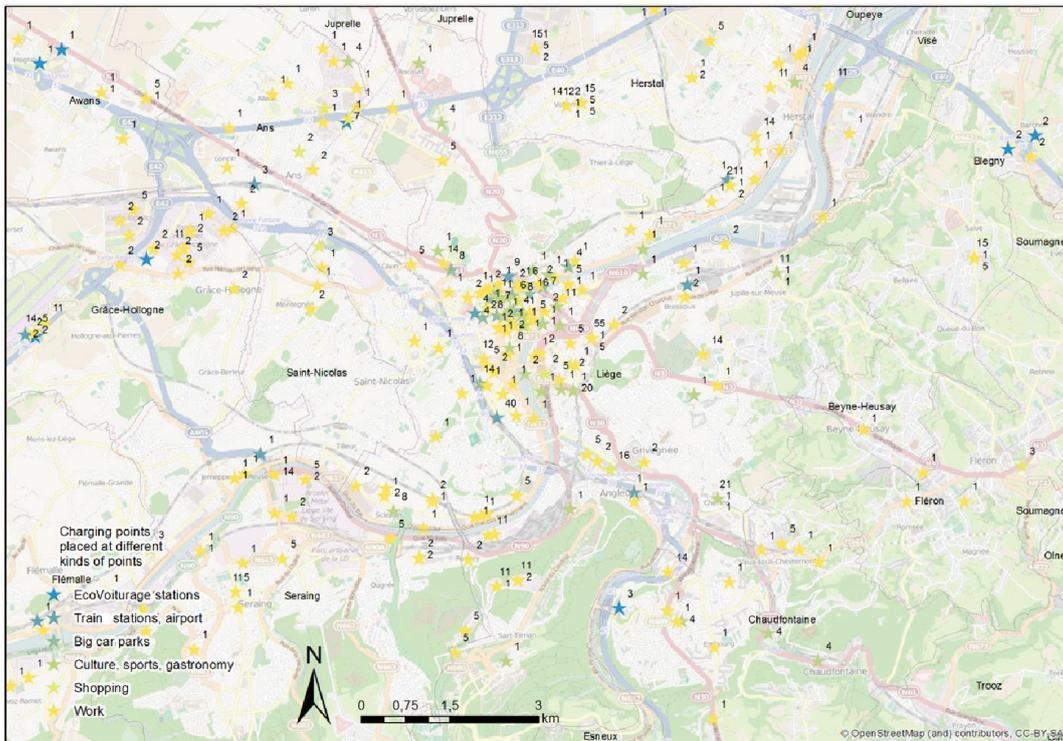


Figure 32. Scenario 3: punti di ricarica situati nella città di Liège e nei comuni circostanti.



Infine, viene rappresentata una mappa che mostra un ingrandimento dei dintorni della città di Liège, in cui sono indicati degli specifici punti di ricarica.

Quest'ultimo passaggio, accentua la necessità e il bisogno di effettuare una transizione dal livello macro al livello micro. Nel metodo, infatti, si identificano per diverse categorie delle posizioni specifiche dei punti di ricarica o si individuano, invece, semplicemente delle aree o delle possibili posizioni che l'infrastruttura potrebbe occupare, come i grandi parcheggi o i principali punti intermodali, i luoghi della cultura e dello sport, importanti centri gastronomici o i principali luoghi del lavoro. Diventa difficile però individuare delle specifiche posizioni per altre categorie, come ad esempio le persone che non possiedono un garage privato e devono quindi parcheggiare sul bordo strada. Questo richiede infatti un'ulteriore grado di pianificazione, in modo più specifico da parte di urbanisti e architetti, per studiare dettagliatamente le caratteristiche spaziali dell'ambiente urbano.

## **6.2 Gli strumenti di pianificazione per governare la mobilità elettrica nel territorio**

Della ricerca mostrata in precedenza, appare fondamentale uno sviluppo di una rete di ricarica privata oltre a quella pubblica, intervenendo appunto sulle regolamentazioni edilizie e incentivando la realizzazione di punti di ricarica per edifici di nuova costruzione. Invece, per quanto riguarda la realizzazione delle ricariche pubbliche, si deve sicuramente pensare ad un contesto di pianificazione urbana su un'ampia scala (nella quale gli Enti locali svolgeranno un ruolo fondamentale), ma che allo stesso tempo fornisca ai progettisti anche degli strumenti per implementare nel migliore dei modi l'infrastruttura su una scala urbana più piccola.

La sfida a livello nazionale, a questo punto, è un rispettivo adeguamento degli strumenti di pianificazione del settore della mobilità rispetto alla complessità del territorio. Questi dovrebbero essere in grado di dialogare con le dinamiche di medio



e lungo termine e di prefigurare una visione condivisa delle politiche di mobilità per il prossimo futuro.<sup>75</sup>

Da questo punto di vista il DL 257/2016 e il PNIRE forniscono un contributo interessante. Nel primo caso, a sostegno degli obiettivi del Quadro Strategico Nazionale, il DL stabilisce che siano adottate delle specifiche misure, tra cui l'adozione di linee guida per la redazione dei Piani Urbani per la Mobilità Sostenibile (PUMS). L'Art. 3 comma 7 cita:

*“[...] che possono promuovere la realizzazione dell’infrastruttura per i combustibili alternativi nei servizi di trasporto pubblico. Con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, previo parere della Conferenza unificata, sono adottate le linee guida per la redazione dei piani urbani per la mobilità sostenibile - PUMS - tenendo conto dei principi previsti nel presente decreto.”*

I PUMS, già introdotti dalla Commissione Europea nel Libro Bianco dei Trasporti del 2011, sono piani strategici con un'orizzonte temporale di medio-lungo periodo (10 anni) che sviluppano una visione di sistema della mobilità e si correlano e coordinano con i piani settoriali ed urbanistici a scala sovraordinata e comunale.

I principi ispiratori dell'approccio PUMS sono:

- mettere i cittadini al centro dell'attenzione delle politiche pubbliche, “Planning for people”
- la partecipazione come strumento centrale per la costruzione del piano
- monitoraggio dell'efficacia delle proposte del piano
- integrazione di politiche orientate verso modalità di trasporto a basso impatto ambientale, sociale ed economico.

Ad ottobre 2017, vengono così pubblicate le linee guida per la redazione del piano, per promuovere una visione unitaria e sistematica, in coerenza con i macro obiettivi europei, per realizzare uno sviluppo equilibrato e sostenibile. Questo strumento

---

<sup>75</sup> TRT Trasporti e Territorio. (2017). *Il contributo della E-Mobility alla sostenibilità. Sfide e opportunità per il nostro paese.*



deve essere adottato da tutte le città metropolitane, gli enti di area vasta, i comuni e le associazioni di comuni con popolazione superiore a 100.000 abitanti, entro 24 mesi dall'entrata in vigore del decreto.<sup>76</sup>

Il piano dovrebbe essere strutturato per macro-obiettivi, per i quali è necessario, al fine di perseguirli, definire delle strategie e delle relative azioni che costituiscono la base di partenza per la costruzione di scenari alternativi. Ogni strategia può essere costituita da una o più azioni, per raggiungere uno o più obiettivi e dare quindi delle risposte a delle criticità evidenziate in una prima fase di analisi territoriale. I risultati attesi devono essere valutati ex-ante ed ex-post in modo da poterli confrontare e verificarne l'efficacia degli interventi previsti, nel caso i risultati siano al di sotto delle attese sarà necessario riconsiderare gli interventi.

Si nota, in questo caso, la stretta correlazione tra la realizzazione delle infrastrutture di ricarica e gli strumenti di pianificazione della mobilità sostenibile, in quanto il ruolo della mobilità elettrica sarà fondamentale nel raggiungimento di determinati obiettivi.

Ulteriori elementi di supporto alla pianificazione delle infrastrutture vengono raccomandati dal PNIRE: l'istituzione di una Piattaforma Unica Nazionale (PUN), gestita direttamente dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, per garantire l'uniformità e l'omogeneità delle informazioni rivolte ai cittadini e agli operatori di settore; l'inserimento nei piani di Mobilità e Logistica a livello locale e regionale, di uno specifico Piano della Mobilità Elettrica (PME). Quest'ultimo diventa molto importante per la realizzazione dell'infrastruttura di ricarica a livello locale poiché dovrà riportare le indicazioni presenti nel PNIRE e analogamente le disposizioni a livello regionale, in modo da garantire uno sviluppo coordinato a livello comunale e regionale. In base alle necessità locali possono essere date delle disposizioni sulla configurazione spaziale e l'inserimento dell'infrastruttura.

---

<sup>76</sup> Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2017). *Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile*, ai sensi dell'articolo 3, comma 7, del decreto legislativo 16/12/2016 n. 257. Roma.



Infine, un'ultimo strumento, sono le concessioni di occupazione del suolo pubblico. Queste disciplinano il diritto ad occupare il suolo (incluso il relativo soprasuolo e sottosuolo), lo spazio pubblico e le aree private soggette a servitù di pubblico. Vengono rilasciate dai Municipi competenti e servono ad individuare delle forme d'uso omogenee degli spazi pubblici da parte di operatori privati, con l'obiettivo di garantire la tutela del patrimonio storico, culturale, artistico ed ambientale.

Le colonnine di ricarica dei veicoli elettrici possono essere considerate come dei veri e propri arredi urbani, per questo è necessario predisporre delle rispettive regolamentazioni, poichè, una scorretta disposizione di queste potrebbe impattare negativamente sull'ambiente circostante ed evitare che gli operatori del settore possano lucrare su questo nuovo business danneggiando i beni comuni. Il Comune di Milano, a questo proposito ha dedicato una sezione specifica alla colonnine di ricarica nei protocolli di richiesta di occupazione del suolo, questo, sia per facilitare l'iter procedurale che per delineare delle specifiche tecniche sul loro inserimento.<sup>77</sup>



**Figure 34. Scorretto inserimento dell'infrastruttura e conseguente uso sbagliato del modo di ricaricare.**

---

<sup>77</sup> Comune di Milano, *“Disciplina del diritto ad occupare il suolo, lo spazio pubblico o aree private soggette a servitù di pubblico passo mediante strutture di ricarica dei veicoli elettrici”*, [http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/tributi/Occupazione\\_suolo\\_pubblico/OccupazioneSuolo\\_colonnine\\_di\\_ricarica\\_VeicoliElettrici](http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/tributi/Occupazione_suolo_pubblico/OccupazioneSuolo_colonnine_di_ricarica_VeicoliElettrici)



## 6.3 Progettare e pianificare l'infrastruttura di ricarica sulla micro scala

Nel paragrafo 6.1 si è illustrato un metodo per la pianificazione della infrastruttura di ricarica alla scala di regione/città/quartiere, con l'individuazione di aree o specifici punti di interesse. Si è visto, inoltre, come molti altri metodi siano stati sperimentati dai ricercatori, e come la maggior parte di essi, si basano fondamentalmente su applicazioni matematiche in cui elaborano una serie di dati con passaggi formalizzati volti all'individuazione di posizioni ottimali per l'infrastruttura di ricarica. Tuttavia, come visto nel paragrafo 6.2, le colonnine possono essere considerate anche dei veri e propri arredi urbani, e come tali è necessario integrarli in modo coerente all'interno del paesaggio urbano, andando a studiare in modo specifico le caratteristiche del luogo. Ogni sito, tuttavia, è unico, con esigenze e priorità diverse, caratteristiche spaziali diverse, modi d'uso differenti, non è quindi possibile studiare un metodo già strutturato e applicabile universalmente per la progettazione e l'inserimento dell'infrastruttura di ricarica sulla micro scala, esistono però diversi fattori che possono essere presi in considerazione, in modo da “semi-formalizzare” un metodo a supporto dei progettisti. Di seguito si cercherà di definire alcuni di questi fattori.

### **Requisiti tecnici**

Tra i diversi aspetti da tenere in considerazione, in primo luogo, è necessario selezionare un sito dove il numero di parcheggi sia sufficiente anche per i veicoli convenzionali, se no questi ultimi inizierebbero a parcheggiare negli spazi appositamente dedicati a quelli elettrici. Questo elemento, probabilmente, rientra ancora nell'elaborazione dei dati precedentemente discussa, da fare sulla macro scala ma da applicare alla micro zona in questione, in cui ad esempio, si può analizzare il numero di famiglie senza un posto auto privato rispetto al numero totale di posti su strada.

Nel paragrafo precedente si è visto anche come siano indispensabili i permessi di utilizzo del suolo pubblico. Ogni comune dovrebbe infatti dotarsi di una specifica



sezione dedicata all'installazione delle colonnine per facilitare il processo di richiesta. Torino ad esempio, non ha ancora redatto un proprio piano sulla mobilità elettrica, ma ha installato già parecchi punti di ricarica: 10 colonnine di nuova generazione, per un totale di 20 stalli di ricarica, grazie al servizio di evway (il processo di occupazione del suolo in questo caso è stato molto semplice, poiché le nuove colonnine andavano a sostituire gli stalli già esistenti del servizio di car sharing “Io Guido”)<sup>78</sup> e 230 colonnine del servizio di car-sharing Bluetorino (la richiesta in questo caso viene fatta di volta in volta senza una specifica programmazione, inoltre, le colonnine ricaricano un veicolo alla volta necessitando di più spazio pubblico da destinare).

Altro elemento indispensabile è la connessione alla rete elettrica. La scelta del sito, per il collocamento della colonnina, dovrebbe essere fatta in base alla possibilità di allacciarsi in modo semplice alla rete, ed è anche consigliabile la costruzione di un nuovo circuito dedicato, poiché allacciandosi alla rete su strutture esistenti, l'energia erogata su quest'ultime potrebbe non essere sufficiente. Quindi, è necessaria anche una particolare attenzione alla distanza dalla rete esistente, perché i costi dell'installazione saranno proporzionali alla lunghezza dei nuovi condotti da installare, dagli scavi e dalla costruzione.<sup>79</sup>

Un'ulteriore elemento, che oggi preoccupa un pò meno ma è comunque importante, è la capacità di connessione alla rete locale poiché le colonnine comunicano con un sistema in back-end e digitalizzano i consumi erogati per le fatturazioni. Attraverso la rete è anche possibile individuare una colonnina all'interno del contesto urbano, cioè il conducente del veicolo, con il suo smartphone, può rintracciare la colonnina geo-localizzata su un'apposita app, controllare le specifiche tecniche del dispositivo (l'operatore, tipi di prese usati, kW erogati), vedere il percorso più breve per raggiungerla e rispettivamente vedere se è libera.

---

<sup>78</sup> evway by Route 220 è una start up nata nel 2014 la cui mission principale è la promozione del turismo sostenibile grazie ad una piattaforma interoperabile che integra i network europei.

<sup>79</sup> WXY Architecture + Urban Design. (2012). *Siting and design guidelines for electric vehicle supply equipment*. New York State Energy Research, Development Authority, Transportation and Climate Initiative.



Figure 35. Ricerca della colonnina attraverso app predisposte. Fonte: WXY Architecture + Urban Design

Infine, vanno prese specifiche precauzioni sulla sicurezza antincendio. Avendo a che fare con grandi quantità di energia elettrica, ad esempio, è di buon senso non installare i punti di ricarica vicino a distributori di gas.

### Configurazione spaziale dei parcheggi

Esistono molteplici modi e “best practies” sulla progettazione di strade e l’integrazione dell’arredo urbano, tuttavia non esiste ancora qualcosa che tratti in modo specifico le colonnine di ricarica. Per questo, è necessario prendere in considerazione anche la configurazione spaziale dei parcheggi, poichè aggiungere un dispositivo come la colonnina di ricarica può influenzare sensibilmente il tipico approccio di progettazione, andando ad occupare preziosi metri quadrati in più sulla sezione stradale.

Ad esempio, per la maggior parte degli operatori, è di pratica inserire la colonnina sul marciapiede, ma questa finirà solo per togliere dello spazio ai pedoni ostacolando il passaggio e non permettendo un’accessibilità comoda e sicura. In questo caso è di buon senso almeno prendere alcune precauzioni, come inserire dei

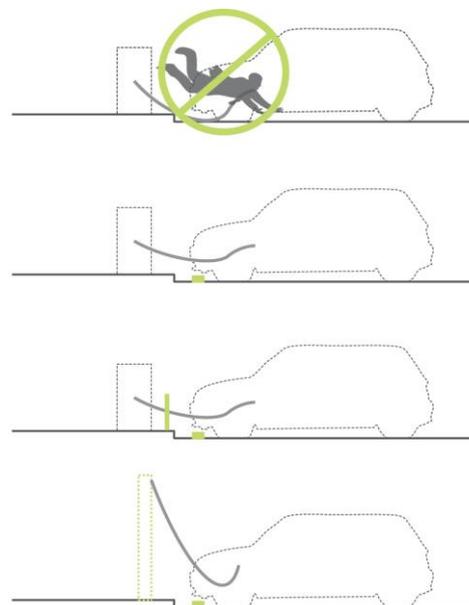
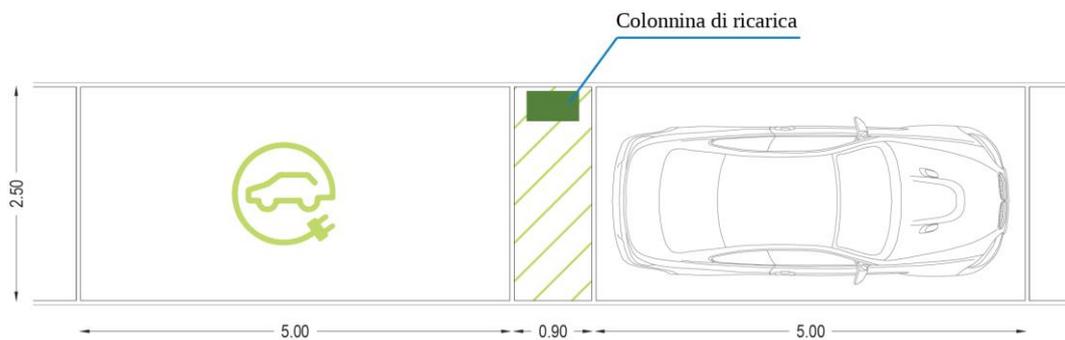


Figure 36. Protezione della colonnina e del passaggio pedonale. Fonte: WXY Architecture + Urban design

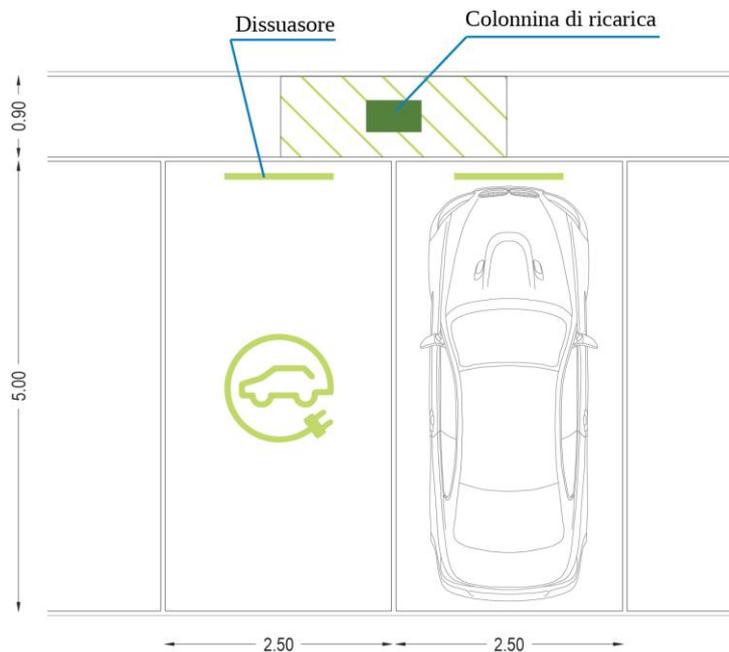


dissuasori, dei blocchi per le route o rendere maggiormente visibile la colonnina e i cavi, in modo di evitare che gli utenti possano inciampare su questi ultimi e che le auto possano danneggiare il dispositivo.

Un fattore che può influenzare la configurazione spaziale del parcheggio é anche la posizione dell' "ingresso" di ricarica del veicolo che può variare in base al modello di auto, ad esempio ci sono veicoli che ricaricano da davanti, sul cofano, altri posteriormente, o sul lato sinistro o sul lato destro. Di seguito sono riportati degli esempi di possibili configurazioni.



**Figure 37. Layout per parcheggi a nastro.**

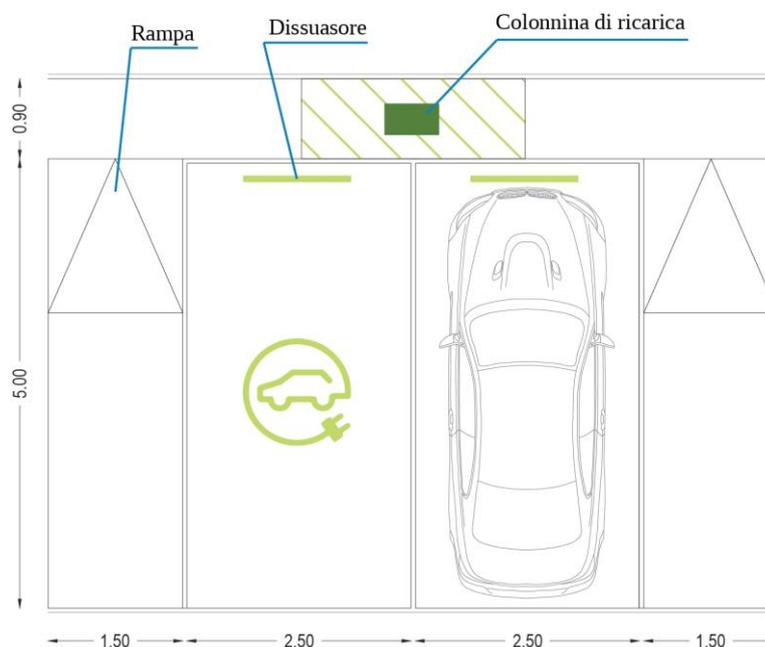


**Figure 38. Layout per parcheggi a pettine.**

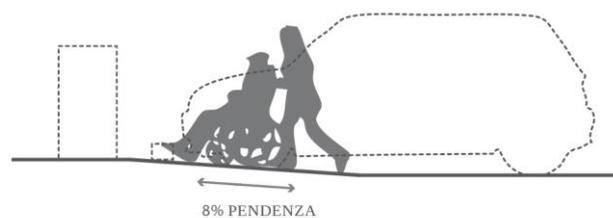


Esistono altre possibili configurazioni, come i parcheggi a spina di pesce (questi sono sconsigliati perchè presentano alcune criticità, come ad esempio un maggiore ingombro e di conseguenza servirebbero cavi più lunghi per poter ricaricare), o ancora, nei grandi parcheggi a blocco la colonnina può essere inserita centralmente, in modo da servire più di due veicoli.

Inoltre, è necessario tenere in considerazione anche l'accessibilità per i disabili, prevedendo lo spazio di manovra della carrozzella, e nel caso del rialzamento del cordolo, una rampa per superare la barriera architettonica.



**Figure 39. Layout per parcheggi a pettine accessibili ai disabili.**



**Figure 40. Accessibilità ai disabili. Pendenza rampa.**



## Regolamentazioni del parcheggio e segnaletica

Un'altro fattore per la regolamentazione della mobilità elettrica è la gestione della sosta presso i punti di ricarica. Infatti, è molto frequente il fenomeno della sosta selvaggia negli spazi di ricarica da parte dei veicoli tradizionali, questo è dovuto in parte all'assenza di segnali stradali con indicazioni precise. Tuttavia, il problema può anche ricorrere nei veicoli elettrici che approfittano dell'occupazione del posto anche se hanno già fatto il pieno di energia.

A questo problema il DL 257/2016 mette un pò di ordine a livello normativo anche se non in modo esaustivo, infatti, nell'articolo 17 vengono riportate delle misure per promuovere la realizzazione di punti di ricarica accessibili al pubblico e in cui si riporta:

*“All'articolo 158, comma 1, del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 recante nuovo codice della strada, dopo la lettera h), è inserita la seguente: «h -bis) negli spazi riservati alla fermata e alla sosta dei veicoli elettrici in ricarica».”*

Quindi, viene introdotta una sanzione per coloro che posteggiano in modo abusivo nei posti dedicati ai veicoli elettrici, ma non viene specificato come dovrebbe essere regolamentata la segnaletica. Questa, infatti, potrebbe impattare in modo sensibile rispetto ad una visione uniforme del paesaggio urbano. Rimane allora una questione aperta la standardizzazione a livello nazionale di una segnaletica verticale e della marcatura dei posti a terra.

Ad esempio, un modo per ridurre al minimo l'ingombro visivo, potrebbe essere quella di integrare una nuova segnaletica informativa con quella già esistente, oppure definire uno standard per una nuova segnaletica, e rispetto alla configurazione dei parcheggi inserirla in modo uniforme.<sup>80</sup>



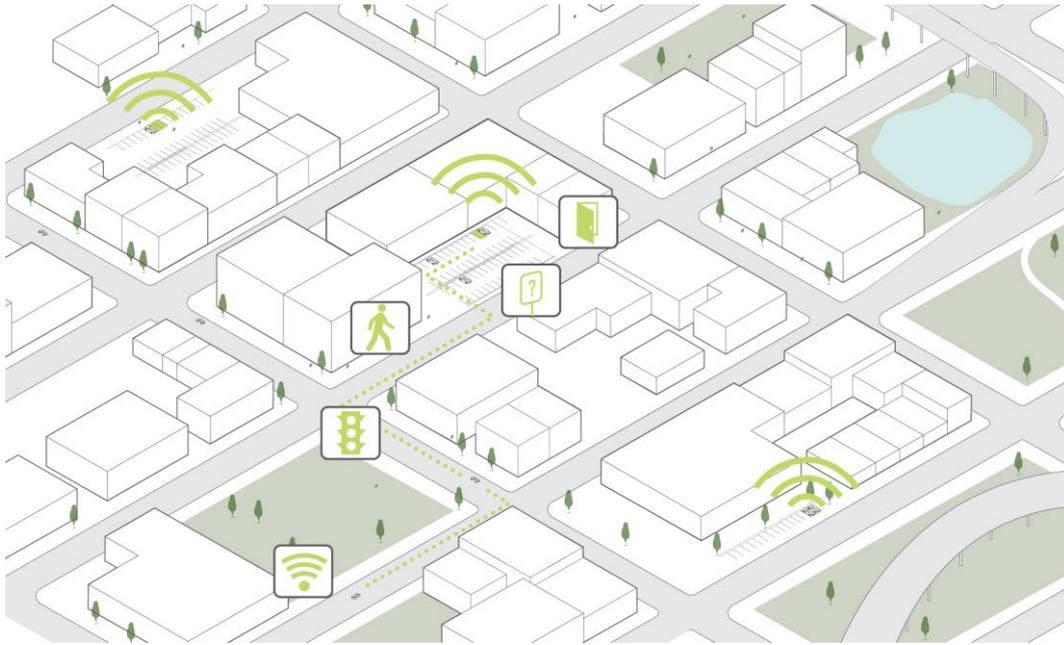
<sup>80</sup> Wirges, J. (2016). *Infrastructure. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Region*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.



**Figure 41. Occupazione dei posti per la ricarica dei veicoli elettrici dovuta allo scorretto inserimento della colonnina e alla totale assenza di segnaletica.**

### **Urban design**

Si è visto fino ad ora come l'assetto urbano influisca in modo rilevante sulla progettazione delle infrastrutture di ricarica per i veicoli elettrici, sia su un livello ad ampia scala, come ad esempio la vicinanza a strade trafficate o l'individuazione di grandi poli attrattori, sia su una scala più piccola, determinando la sua accessibilità o la configurazione spaziale. Ulteriori aspetti sono invece legati al rapporto che l'infrastruttura ha a livello paesaggistico. Ad esempio il colore e il modello della colonnina possono influenzare l'ambiente circostante, oppure la posizione e l'uso determinano la percezione delle utenze e dei cittadini di quella specifica area. E' fondamentale quindi tenere in considerazione l'impatto che queste possono avere. Può diventare utile a questo punto, lo studio fatto per l'implementazione degli stalli del bike-sharing Velib' citato nel capitolo 3, in cui per ognuno, hanno individuato delle specifiche caratteristiche urbane, evitando i viali principali e i monumenti storici e studiando un design in linea con il "brand" visivo della città.



**Figure 42. Interfaccia urbana. Fonte: WXY Architecture + Urban design**

Molte città, infatti, si sono munite di specifici manuali e cataloghi sull'arredo urbano proprio per creare un'immagine coordinata e uniforme di esse. Anche Torino si è munita di questi strumenti, in cui, attraverso la suddivisione delle circoscrizioni e dei quartieri, ha individuato gli elementi identificativi che caratterizzano la riconoscibilità di ogni singolo ambito urbano (la riconoscibilità e il senso di appartenenza di un luogo sono elementi fondamentali per poter interpretare l'immagine di una città) classificandoli in degli abachi morfologici. Infine, ha sviluppato delle configurazioni tipologiche urbane ricorrenti e ha georeferenziato il corredo urbano per una migliore gestione delle informazioni, questi, servono da supporto per i progettisti del settore.<sup>81</sup>

Tuttavia, la città non ha ancora sviluppato una propria linea di intervento sulla mobilità elettrica, non includendo quindi, neanche le colonnine di ricarica in questi strumenti.

---

<sup>81</sup> Divisione Vice Direzione Generale Servizi Amministrativi e Legali Settore Arredo Urbano. (2015). *L'arredo urbano e la pianificazione degli interventi sul territorio*. Tratto da Città di Torino: [http://www.comune.torino.it/arredourbano/bm~doc/01\\_presentazione.pdf](http://www.comune.torino.it/arredourbano/bm~doc/01_presentazione.pdf)



### 6.3.1 Configurazioni tipologiche per diversi ambiti

Di seguito sono presentate alcune esemplificazioni dell'inserimento delle infrastrutture di ricarica per i veicoli elettrici all'interno di un contesto urbano. Questi, non riportano dei casi specifici ma vogliono semplicemente generalizzare delle possibili buone pratiche per uniformare l'inserimento delle strutture nel contesto, infatti, come abbiamo visto fino ad ora, ogni caso studio è unico e necessita di un adeguato approfondimento.

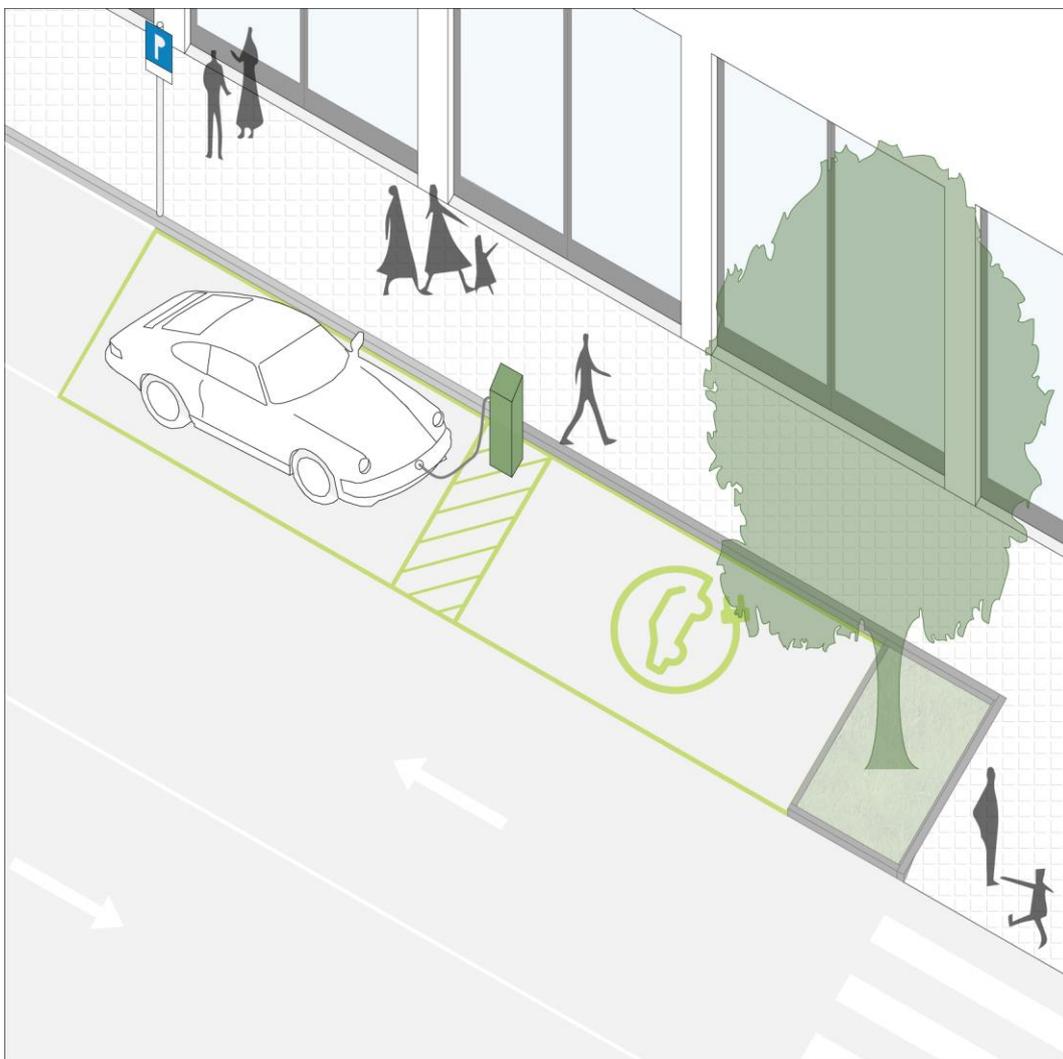
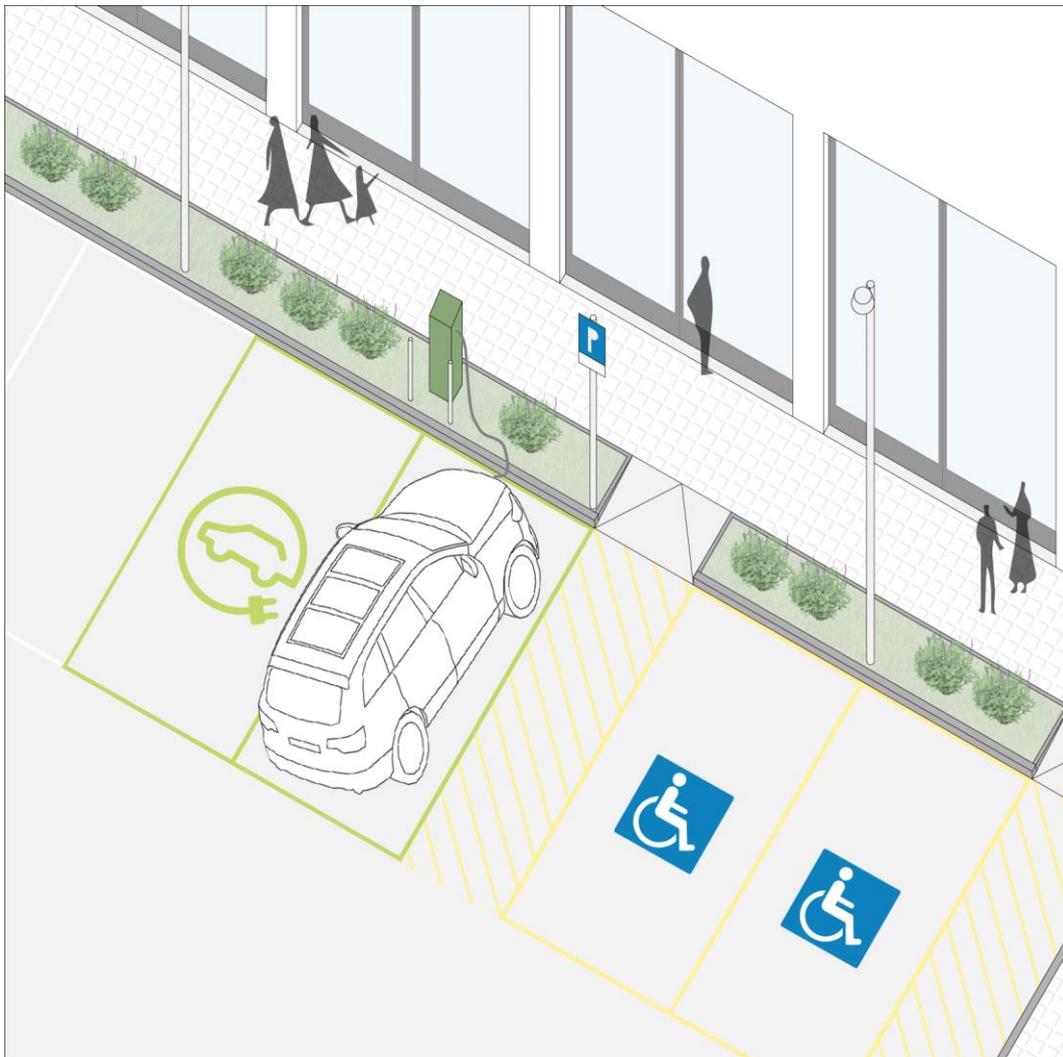


Figure 43. Tipo 1: Parcheggio su strada. Lungo gli assi viarii è frequente l'uso dei parcheggi a spina di pesce, tuttavia, si è visto che questi sono sconsigliati per via della lunghezza dei cavi per la ricarica. Quindi, quando è possibile, è consigliato utilizzare i parcheggi a nastro.



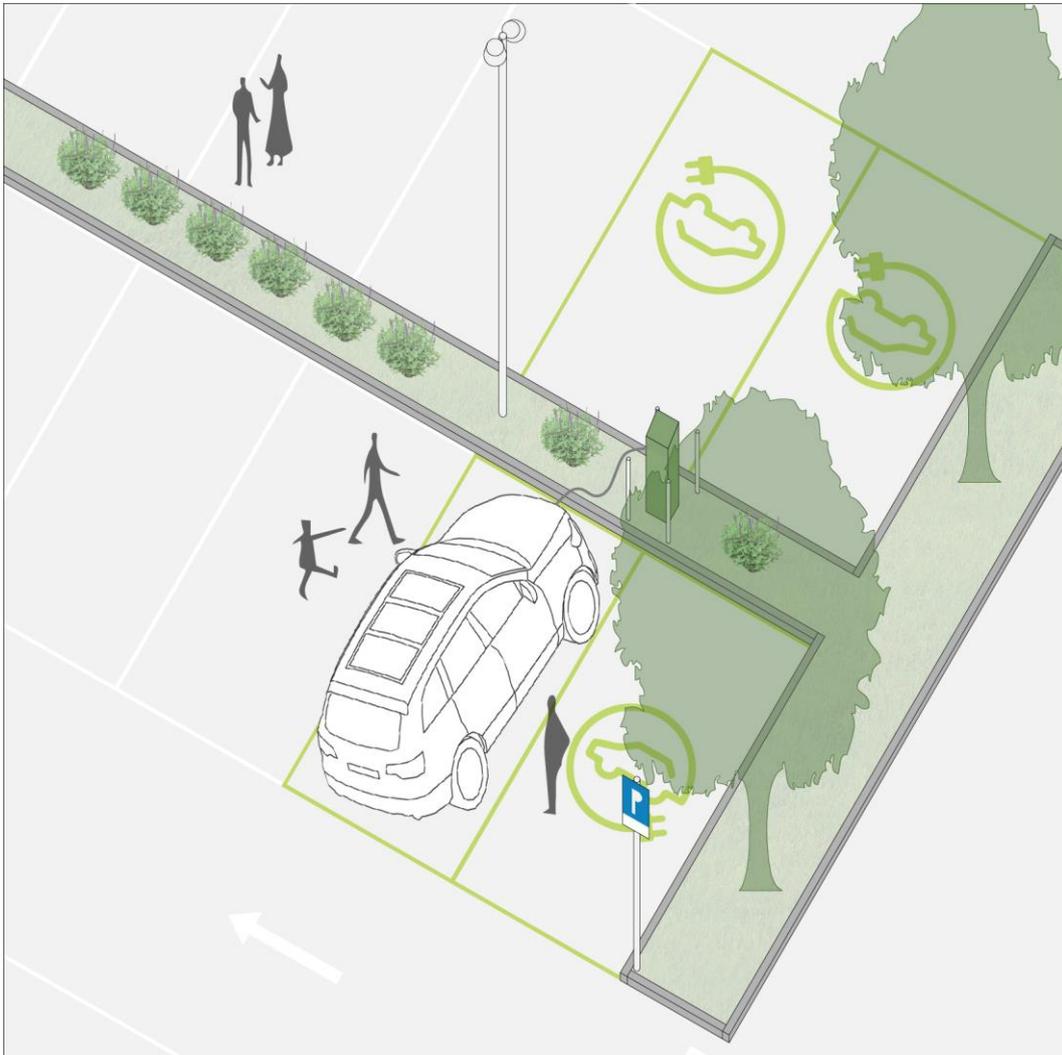
La complessità nel collocare queste infrastrutture, sta nel fatto di riuscire a combinare i diversi fattori descritti precedentemente con le componenti proprie del contesto urbano, come ad esempio le aree verdi, l'illuminazione, la segnaletica esistente, gli stili architettonici e le dimensioni standard dei vari elementi.



**Figure 44. Tipo 2: parcheggio su strada o parcheggi privati ad uso pubblico come centri commerciali, strutture ricettive, sportive ecc. Si può vedere come l'uso di aree permeabili verdi può aiutare nel collocare i diversi elementi come l'illuminazione, la segnaletica, le colonnine di ricarica o anche intervallare delle panchine per riposare o altri elementi di arredo. Questo permette anche un minore ingombro nel passaggio pedonale.**



E' importante quindi tenere in considerazione l'impatto che queste infrastrutture hanno nel paesaggio urbano. L'uniformità e la standardizzazione sono quindi elementi fondamentali nella progettazione, tuttavia, è necessaria anche la distinzione, in modo che i conducenti dei veicoli elettrici possano facilmente localizzare le aree attrezzate.



**Figure 45. Tipo 3: parcheggi privati ad uso pubblico o le grandi aree dedicate a parcheggio. Questo è un caso molto vantaggioso, poiché è possibile destinare più posti e collegare più veicoli contemporaneamente. Spesso, però, i posti non sono divisi da un'area verde, quindi sarà necessario prendere maggiori precauzioni per la protezione del dispositivo.**



## 6.4 Differenti modi di ricarica per una migliore integrazione nel paesaggio urbano

Si è visto fino ad ora come integrare le classiche colonnine di ricarica all'interno del paesaggio urbano, esistono però anche tecnologie in grado di combinarsi con diversi tipi di arredi urbani, in modo da ridurre al minimo l'impatto che questi hanno nel contesto locale. Tali combinazioni sono possibili sia per sistemi conduttivi che induttivi. Ad esempio, per i sistemi conduttivi, le tecnologie sono state combinate con tabelloni, dissuasori<sup>82</sup> o parcometri<sup>83</sup>.



Figure 46. Sistemi di ricarica conduttiva integrati con arredi urbani esistenti.



<sup>82</sup> DBT La Douaisienne de Basse Tension. (2012). *Au coeur de la recharge des véhicules électriques: Bornes et systèmes de recharges pour V.E.* Tratto da DBT: <http://www.dbt.fr/wp-content/uploads/2012/01/TEQCO109.pdf>

<sup>83</sup> Stadtraum - Gesellschaft für Raumplanung, Städtebau & Verkehrstechnik mbH. (2012). *eMobility: Parken + Laden.* Tratto da stadtraum: <http://www.stadtraum.com/stadtraum/ParkenLaden.pdf>



Un'altra soluzione particolarmente interessante potrebbe essere invece la ricarica integrata nei lampioni dell'illuminazione. Nel 2014 BMW lancia un progetto pilota nella città di Monaco, questo è denominato *“Light and Charge”* e prevede la sostituzione dei lampioni o l'integrazione in quelli esistenti di punti di ricarica per i veicoli elettrici. Questi monteranno degli apparecchi a LED che sono più efficienti da un punto di vista energetico e più adattabili in base alle diverse posizioni, mentre il dispositivo di ricarica sarà provvisto di tutte le caratteristiche presenti nella colonnina come ad esempio la connessione alla rete (in questo caso i punti si appoggiano alla piattaforma di Hubeject per le tariffazioni, questo permette l'interoperabilità con differenti gestori).<sup>84</sup> Una soluzione analoga arriva da un'altra compagnia tedesca, Ubitricity<sup>85</sup>, che con il suo dispositivo *“SimpleSocket”* ha conquistato la fiducia della città di Londra. Il Royal Borough Kensington e Chelsea Council (due quartieri centrali della città) hanno stipulato infatti un'accordo per l'installazione di 50 dispositivi per gli inizi del 2018.



**Figure 47. Dispositivo SimpleSocket di Ubitricity.**



**Figure 48. Progetto Light and Charge di BMW**

<sup>84</sup> BMW Group. (2014). *BMW Group presents pioneering street lighting system with integrated EV charging station.* Tratto da BMW: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0195902EN/bmw-group-presents-pioneering-street-lighting-system-with-integrated-ev-charging-station?language=en>

<sup>85</sup> <https://www.ubitricity.com/en/>



Per i sistemi induttivi non ci sono particolari modi di integrazione con altri arredi, poiché questi sono già inseriti invisibilmente sul manto stradale oppure come delle semplici piastre messe a terra. Tuttavia, in un progetto della città di New York sono state sperimentate delle stazioni di ricarica integrate nei tombini. Tradizionalmente, si è visto che il sistema induttivo sfrutta la presenza di una bobina primaria che genera un campo elettromagnetico, questo viene prelevato da una seconda bobina montata sotto il veicolo. Il progetto, per ridurre le perdite di energia in questo passaggio tra le due bobine, sfrutta invece un sistema basato sulla risonanza, cioè le due bobine sono collegate a dei condensatori che risuonano ad una frequenza specifica. Questo è quanto afferma il fondatore di HEVO, l'ideatore del progetto.<sup>86</sup>



**Figure 49. Disposizione dei parcheggi per la ricarica wireless fatta dai tombini.**

I vantaggi di questi sistemi, sono sicuramente una migliore integrazione nel paesaggio urbano perchè eliminerebbero ulteriori ingombri visivi, questi potrebbero essere causati dall'aggiunta di nuove strutture di ricarica oltre all'arredo stradale già installato (questi elementi infatti sono già presenti all'interno delle città). Infine, l'installazione potrebbe essere molto più economica perchè non sono necessarie strutture aggiuntive ma il semplice allacciamento alla rete elettrica (bisogna però tenere in considerazione che le strutture di ricarica possono richiedere potenze più elevate di quelle per l'arredo urbano). Uno svantaggio invece, di cui si

---

<sup>86</sup> Lavrinc, D. (2013). *New York City is getting wireless EV chargers disguised as manholes*. Tratto da Wired: <https://www.wired.com/2013/10/hevo-power-manholes/>



è parlato precedentemente, è la difficile distinzione di tali strutture e quindi localizzarle, da parte delle utenze, potrebbe essere molto più complicato.<sup>87</sup>

Altre tipologie di ricarica sono state sperimentate in Giappone e successivamente arrivate anche in Italia, dove hanno testato un servizio di ricarica mobile integrata in veicoli di soccorso, questi hanno il compito di intervenire nel momento in cui i conducenti di veicoli elettrici rimangono bloccati per strada per via delle batterie scariche.<sup>88</sup>

Altri sistemi, invece, potrebbero essere delle pensiline fotovoltaiche autosufficienti, queste risulterebbero molto più efficienti poichè avrebbero un’impatto minore sulla rete elettrica, tuttavia, lo svantaggio è un maggiore impatto visivo, quindi le applicazioni sono molto più ristrette.

**Figure 50. Servizio stradale mobile per veicoli elettrici in panne.**



**Figure 51. Pensilina fotovoltaica per veicoli elettrici.**



---

<sup>87</sup> Wirges, J. (2016). *Infrastructure. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Region*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

<sup>88</sup> Nissan Motor Co. (2011). *Nissan and JAF to Test Roadside Service Vehicle With EV Charger*. Tratto da Global Newsroom Nissan: <https://newsroom.nissan-global.com/releases/release-a5388cac0fe82834118693fb87d2357f>



## 6.5 Best practices e leve per la diffusione della mobilità elettrica in ambito urbano

Nel maggio del 2017 si è tenuta a Milano “e\_mob2017 – Conferenza Nazionale sulla Mobilità Elettrica”, in cui si è discusso gli obiettivi per lo sviluppo della e-mobility in Italia e dove è stata presentata la “Carta Metropolitana sull’Elettromobilità”<sup>89</sup>, questa contiene una serie di azioni (sperimentate da altre nazioni) volte a promuovere la diffusione della mobilità elettrica in ambito urbano. Di seguito sono riportate.

- Offrire al consumatore valide motivazioni per il cambiamento culturale;
- Accelerare lo sviluppo di una rete di ricarica accessibile al pubblico;
- Ampliare la possibilità di ricarica negli immobili residenziali e aziendali;
- Dare un forte impulso al car sharing con veicoli elettrici così da ridurre le emissioni inquinanti oltre che la congestione del traffico, sia per le autovetture che per i veicoli leggeri;
- Stimolare l’introduzione di mezzi elettrici nei segmenti di mobilità con maggior efficacia e praticabilità.

Si vede in questo caso come localizzare e distribuire i punti di ricarica sul territorio, è una condizione necessaria ma non sufficiente per determinare il successo di una politica a favore della mobilità elettrica. Quindi, per definire l’emergere di specifiche “best practices” a supporto della diffusione del veicolo elettrico, è necessario considerare molteplici aspetti. In particolare, una ricerca svolta dall’ICCT<sup>90</sup>, va ad individuare quelle che potrebbero essere delle città “capitali dei veicoli elettrici”, cioè quelle città che dimostrano di avere un ruolo di avanguardia nello sviluppo, nell’attuazione e nella sperimentazione di azioni e politiche innovative prima di un’adozione più diffusa delle migliori pratiche. Queste,

---

<sup>89</sup> <http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/2e76b5b5-4318-4452-b8ff-4ccbddb34160/Carta+Metropolitana+sull%27Elettromobilit%C3%A0.pdf?MOD=AJPERES&CA-CHEID=2e76b5b5-4318-4452-b8ff-4ccbddb34160>

<sup>90</sup> Hall, D., Moulak, M., & Lutsey, N. (2017). *Electric vehicle capitals of the world. Demonstrating the path to electric drive*. Washington DC: International Council on Clean Transportation.



dovrebbero servire da esempio per facilitare la diffusione dei veicoli elettrici su scala mondiale. Vengono individuati, così, 5 principali “drivers” che hanno permesso a queste città di emergere e di essere prese in considerazione.

### 1) Incentivi finanziari

Gli incentivi finanziari sono considerati fondamentali e sono presenti ormai in quasi tutti i mercati internazionali. Ad esempio, la Francia, ha messo in atto già dal 2009 una ecotassa o bonus ambientale basato sul meccanismo “bonus-malus” che viene applicato sul prezzo di acquisto delle nuove auto, in modo da penalizzare i veicoli con alte emissioni di CO2. Anche la Svezia dal 2017 ha introdotto un sistema di bonus basato sulle emissioni di CO2 per disincentivare l’acquisto dei veicoli più inquinanti. I Paesi Bassi e la Norvegia hanno messo in pratica invece incentivi diretti sull’acquisto dei veicoli elettrici, prevedendo anche l’esonero dalle tasse di circolazione e registrazione.



**Figure 52. Colonnine di ricarica ad Oslo. Nell’immagine si vede come nella cultura norvegese sia ormai noto lo sviluppo della mobilità elettrica poiché non è presente né una particolare segnaletica identificativa né una protezione per i dispositivi. Le colonnine sono parte integrante del paesaggio urbano.**



## 2) Incentivi non finanziari

Oltre agli incentivi finanziari, vengono messe in pratica ulteriori azioni a livello urbano per la circolazione dei veicoli elettrici (circolazione sulle corsie preferenziali, parcheggio gratuito, accesso nelle zone a traffico limitato, ecc.). Queste sono molto importanti, perchè in qualche modo potrebbero cambiare l’assetto urbanistico di una città, vanno però valutate in base al contesto fisico e politico di ciascuna di essa. Ad esempio, la conformazione morfologica della Norvegia, ha consentito l’esonazione dei pedaggi dalle gallerie e dei traghetti.

## 3) Infrastruttura di ricarica

Si è visto fino ad ora l’importanza che questo aspetto può avere sull’utilizzo dei veicoli elettrici, in modo particolare legato alla così detta “range anxiety”, una delle principali barriere dei consumatori, e sull’impatto paesaggistico nelle città. Tuttavia, alcuni studi confermano anche che la disponibilità delle infrastrutture di ricarica a domicilio possono aumentare l’interesse verso i veicoli elettrici.<sup>91</sup>



**Figure 53. Colonnina di ricarica su bordo strada ad Oslo. La larghezza del passaggio pedonale è sufficiente per permettere l’integrazione delle colonnine, della segnaletica, dell’illuminazione e del verde urbano.**

<sup>91</sup> Bailey, J., Miele, A., & Axsen, J. (2015). Is awareness of public charging associated with consumer interest in plug-in electric vehicles? *Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 36*, 1-9.



Figure 55. Stazione di ricarica per taxi elettrici. Amsterdam.



Figure 54. Servizio di car-sharing Car2Go. Copenhagen.



Comunque, molti governi hanno sovvenzionato e incoraggiato la costruzione di infrastruttura di ricariche pubbliche da parte di società private e servizi di pubblica utilità. Infatti, le città si stanno ormai muovendo per creare un'adeguata rete infrastrutturale, che permetta di aumentare la fiducia degli utenti e la visibilità di questo nuovo modo di muoversi. Ad oggi, però, non esistono degli studi che correlino lo sviluppo promozionale della rete infrastrutturale rispetto agli strumenti di progettazione e pianificazione urbana, valutandone il relativo impatto (l'obiettivo di questa tesi è di mettere in evidenza proprio questi aspetti). Per l'Italia, questo discorso potrebbe avere una valenza maggiore, proprio perchè è presente una percentuale molto elevata di monumenti storici, artistici, architettonici e naturali. In questo senso, è necessario quindi trovare delle soluzioni di continuità che preservino l'integrità del paesaggio.

#### 4) Ricerca e sviluppo



**Figure 56. Stazioni di ricarica per la flotta di una nota azienda californiana.**



Si è visto, nell’arco di queste pagine, come le tecnologie siano in veloce evoluzione, pertanto i governi avranno un ruolo centrale nel guidare le ricerche condotte su questi temi. Molte città, infatti, si sono promosse come esempi pilota per testare nuove soluzioni, si pensi ad esempio alla ricarica induttiva dinamica, alla ricarica intelligente (“smart charging”) o anche al V2G (Vehicle-to-Grid). Inoltre, risulta importante lo studio del comportamento dei consumatori e dei conducenti, o degli studi su nuove soluzioni urbane per una migliore integrazione rispetto alle reti veicolari. Non meno importante, invece, è una campagna informativa rivolta ai cittadini, questa permetterebbe sicuramente una maggiore sensibilizzazione verso questi temi.

#### 5) Transito e flotte aziendali

Un’ultimo aspetto in cui i veicoli elettrici potrebbero avere una forte influenza e una maggiore visibilità, sono le flotte aziendali e il trasporto pubblico. Negli ultimi anni l’interesse per gli autobus elettrici è cresciuto molto, si è visto infatti, nei capitoli precedenti, come questi siano facilmente integrabili nelle linee esistenti e quali benefici potrebbero portare. Oppure, nell’elettrificazione dei taxi (Amsterdam ad esempio sta lavorando per sostituire l’intera flotta) o nella mobilità condivisa.

Per concludere, quindi, si è visto come siano necessarie un mix di azioni e il coinvolgimento di più attori per sviluppare al meglio la diffusione dei veicoli elettrici in ambito urbano. Potrebbe diventare interessante, allora, capire come queste capitali dell’elettrico, citate in precedenza, abbiano coordinato queste azioni e quali ripercussioni hanno avuto sulla città (modi di comportarsi, gestione dello spazio, ecc.). Il capitolo 6, “Verso una trasformazione urbanistica”, è inteso proprio in questo senso, tuttavia, è vero che le infrastrutture di ricarica sono l’intervento fisico più compromettente, ma non è sufficiente nel determinare questa trasformazione in atto.



## 7 Il rapporto con l'architettura

---

Architettura e sostenibilità urbana, ad oggi, sono due concetti che non possono più viaggiare separatamente. Progettare e costruire edifici sostenibili, infatti, significa porre particolare attenzione alle tematiche ambientali, ponendosi come fine l'efficienza energetica dell'edificio, migliorando la salute, il comfort e la qualità dell'aria per chi lo deve abitare. Questi obiettivi sono raggiungibili attraverso l'integrazione di strutture e tecnologie appropriate (si pensi ad esempio all'uso di energie rinnovabili, materiali ecocompatibili, ecc.). La mobilità sostenibile potrebbe diventare un'ulteriore elemento che si integra nel sistema edificio.

La Commissione Europea, a questo proposito, ha delineato la strada (attraverso l'emanazione di diverse direttive) che i Paesi membri dovrebbero percorrere per portare alla decarbonizzazione degli edifici. In particolare, diventa importante citare la direttiva 2002/91/CE sulla "prestazione energetica nell'edilizia" detta anche EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), questa, successivamente viene aggiornata con la Direttiva 2010/31/UE, detta EPBD recast che introduce il concetto di "edificio ad energia quasi zero" (NZEB – Nearly Zero Energy Building) e prevede l'istituzione di un sistema di certificazione energetica degli edifici (APE - Attestato di Prestazione Energetica). Infine, prevede che, a partire dal 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere NZEB e dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi dovranno essere NZEB. L'Italia, sempre in forte ritardo, ha recepito il provvedimento nel 2013 con il Decreto Legge 4 giugno 2013, n. 63.<sup>92</sup>

Tuttavia, l'Unione Europea è determinata nell'impegno per lo sviluppo di un sistema energetico sostenibile, competitivo, sicuro e decarbonizzato. Per questo, ha fissato obiettivi sempre più ambiziosi per ridurre ulteriormente le emissioni di gas effetto serra (di almeno il 40% entro il 2030 e dell'80-95% entro il 2050 rispetto ai

---

<sup>92</sup> <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2013/06/05/130/sg/pdf>



livelli del 1990) e di aumentare la quota di consumo di energia da fonti rinnovabili. Per raggiungere tali obiettivi, nel 2016 è stato valutato un riesame dei testi legislativi in tema di efficienza energetica, compresa la sopracitata EPBD.

Il 19 giugno 2018, sulla gazzetta ufficiale dell'Unione europea, è stata pubblicata la Direttiva UE 30 maggio 2018/844 che modifica la 2010/31/UE. L'entrata in vigore avverrà *“il ventesimo giorno successivo alla pubblicazione”* e gli Stati membri dovranno mettere *“in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il 10 marzo 2020.”* I principali obiettivi della direttiva sono:

- Rendere più efficienti le strategie di ristrutturazione degli immobili, per un parco edifici decarbonizzato ed NZEB al 2050;
- Promuovere la componente finanziaria per il recupero del patrimonio edilizio esistente;
- Innalzare le soglie per l'obbligo delle ispezioni degli impianti di riscaldamento e di condizionamento per l'aria, confidando nell'apporto di sistemi automatici di monitoraggio e controllo;
- Incoraggiare l'uso delle tecnologie informatiche per migliorare l'efficienza (smart building);
- Migliorare la trasparenza delle metodologie di calcolo della prestazione energetica definite dagli stati membri;
- Sostenere lo sviluppo delle infrastrutture per la mobilità elettrica.

*“La lotta contro il cambiamento climatico inizia “a casa”, dato che oltre un terzo delle emissioni dell'UE è prodotto dagli edifici. Rinnovando e rendendoli intelligenti, stiamo catturando numerosi uccelli con una pietra: le bollette energetiche, la salute delle persone e l'ambiente, e poiché la tecnologia ha offuscato la distinzione tra i settori, stiamo anche stabilendo un collegamento tra edifici e infrastrutture per la mobilità elettrica e contribuendo a stabilizzare la rete elettrica”*, questo, è quanto ha dichiarato Maroš Šefčovič, vicepresidente responsabile per l'Unione dell'energia. La mobilità elettrica diventa quindi un'elemento chiave anche nell'architettura.



In particolare, l'articolo 8 (che viene integralmente sostituito nella precedente direttiva) definisce alcuni criteri in merito ad *“Impianti tecnici per l'edilizia, la mobilità elettrica e l'indicatore di predisposizione degli edifici all'intelligenza.”* Per quello che riguarda *“gli edifici non residenziali di nuova costruzione e gli edifici non residenziali sottoposti a ristrutturazioni importanti, con più di dieci posti auto, gli Stati membri provvedono all'installazione di almeno un punto di ricarica ai sensi della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio e di infrastrutture di canalizzazione, vale a dire condotti per cavi elettrici, per almeno un posto auto su cinque, per consentire in una fase successiva di installare punti di ricarica per veicoli elettrici, qualora: a) il parcheggio sia situato all'interno dell'edificio e, nel caso di ristrutturazioni importanti, le misure di ristrutturazione riguardino il parcheggio o le infrastrutture elettriche dell'edificio; o b) il parcheggio sia adiacente all'edificio e, nel caso di ristrutturazioni importanti, le misure di ristrutturazione riguardino il parcheggio o le infrastrutture elettriche del parcheggio.”* Mentre per *“gli edifici residenziali di nuova costruzione e gli edifici residenziali sottoposti a ristrutturazioni importanti con più di dieci posti auto, gli Stati membri assicurano nei seguenti casi l'installazione, in ogni posto auto, di infrastrutture di canalizzazione, segnatamente condotti per cavi elettrici, per consentire l'installazione in una fase successiva di punti di ricarica per i veicoli elettrici: a) il parcheggio è situato all'interno dell'edificio e, nel caso di ristrutturazioni importanti, le misure di ristrutturazione comprendono il parcheggio o le infrastrutture elettriche dell'edificio; o b) il parcheggio è adiacente all'edificio e, nel caso di ristrutturazioni importanti, le misure di ristrutturazione comprendono il parcheggio o le infrastrutture elettriche del parcheggio.”*

Infine, prevede che gli Stati considerino la necessità di attuare politiche coerenti per gli edifici, la mobilità dolce e verde e la pianificazione urbana. Questo, implica avere una visione olistica di tutti i sistemi, in modo da sfruttare al meglio le potenzialità di ognuno di essi. Quindi, in attesa del recepimento di questa direttiva, in Italia rimane in vigore la DAFI di cui si è parlato nei capitoli precedenti, tuttavia, anticipare i tempi prevedendo già queste disposizioni permetterebbe al nostro Paese di recuperare in qualche modo l'arretratezza accumulata in questi anni.



## 7.1 Progettare l'infrastruttura di ricarica in ambito privato

Come visto già nel capitolo 6, le stime presumono che ogni veicolo elettrico dovrebbe essere accoppiato ad un punto di ricarica privato. Alcuni dati relativi a delle esperienze estere, riferiscono proprio la preferenza e l'importanza da parte delle utenze, di uno sviluppo di una rete infrastrutturale privata. In Norvegia, ad esempio, il 93% delle auto elettriche vengono ricaricate da casa. In altri casi, invece, il 39% viene effettuate in azienda, 15% in punti di ricarica rapida e un'altro 15% nei punti di ricarica lenta nei centri commerciali. I francesi preferiscono la ricarica domestica per il 75-80% dei casi.<sup>93</sup>

Le principali problematiche, a questo punto, derivano dal fatto che non tutti hanno la possibilità di ricaricare presso un punto privato, proprio perchè non dispongono di un garage, e quindi, sono costretti ad effettuare la ricarica presso un punto pubblico. Il capitolo precedente esplora appunto anche come questo target di utenti possa accedere a questo servizio, tuttavia, nella fase di programmazione è necessario considerare con attenzione i dati a disposizione, poichè questo fattore potrebbe essere rilevante nell'integrazione delle colonnine in ambito urbano. Risulterebbe interessante svolgere delle analisi specifiche su questo tema.<sup>94</sup>

Tuttavia, questo capitolo è rivolto a coloro che dispongono di un posto auto e vogliono installare un punto di ricarica presso la propria abitazione. Le modalità di parcheggio residenziale variano ampiamente, includendo quello superficiale su strada, presso un box auto o in parcheggi coperti multilivello. Dalle normative si capisce l'importanza di prevedere, già in fase di progetto preliminare, dove questi posti dovrebbero collocarsi e il tipo di impianto da installare. Infatti, i criteri per la progettazione rimangono simili all'ambito urbano dove fondamentalmente non vi è

---

<sup>93</sup> START Magazine, CEI CIVES. (2017). *Libro bianco sull'auto elettrica. Facciamo la E-Mobility.*

<sup>94</sup> Si veda ad esempio: WXY Architecture + Urban Design. (2015). *Accommodating garage orphans in Boston, Cambridge, and Somerville.* (A cura di P. Salama, G. Hadidi, R. Dottle, & A. Lubinsky)



più un’impatto visivo che potrebbe compromettere la continuità dell’ambiente, ma prevale l’impatto sulla rete domestica e i costi relativi al tipo di installazione.

Nel primo caso, se ci si ritrova nell’ambito di una ristrutturazione importante o di una costruzione ex-novo, il problema può venire meno, poichè basterà pensare ad un impianto di potenza sufficiente a ricaricare il proprio veicolo contemporaneamente all’utilizzo degli elettrodomestici. Se invece la condizione è quella di adeguare l’abitazione alla predisposizione della ricarica del veicolo elettrico, le strade possono essere differenti: in primo luogo, gli utenti nella maggior



**Figure 57. Tipo 4: Parcheggio privato in box auto. La “Wall Box” dovrebbe essere a lato per semplificare la ricarica di tutti i tipi di veicoli.**



parte dei casi decidono di effettuare la ricarica durante le ore serali<sup>95</sup>, questo gli permetterebbe di mantenere un’impianto di potenza ridotta (ad esempio di 3 kW), ma gli svantaggi risultano essere i tempi molto lunghi e il limitato uso di altri elettrodomestici poichè si rischierebbe il sovraccarico del sistema (esiste la possibilità di regolare l’erogazione di energia nel veicolo, sia in modo statico che dinamico). Un’altra possibilità è quella di richiedere un’aumento di potenza del proprio impianto (ad esempio da 3 a 4,5/6 kW). In secondo luogo, grazie alla Deliberazione ARG/elt 56/10 del 2010, l’ARERA (Autorità di Regolazione per l’Energia Reti e Ambiente) che ha eliminato i vincoli normativi che ostacolavano la predisposizione di punti di ricarica nei luoghi privati, i consumatori possono richiedere un punto addizionale di fornitura dell’energia, cioè un contatore destinato espressamente per l’alimentazione dei veicoli elettrici.<sup>96</sup> Questo richiederebbe sicuramente un costo maggiore e più spazio nei locali destinati agli impianti.

Nel secondo caso, la localizzazione della “Wall Box” (dispositivo per la ricarica privata) potrebbe essere determinata riguardo ai costi di installazione. Questo caso, è facile che si verifichi nei parcheggi coperti o nei multilivello condominiali. Il principale problema, infatti, sta nella possibilità di posizionare il punto di ricarica in prossimità del locale impianti, poichè si è visto nei capitoli precedenti come la maggiore distanza dall’allacciamento alla rete comporta un maggiore costo, il quale è legato alla lunghezza dei condotti, agli scavi e alla costruzione. Tuttavia, in un parcheggio coperto, il cablaggio e la montatura dei condotti in superficie potrebbe risultare meno costoso e visivamente accettabile.<sup>97</sup>

Si capisce quindi, come anche in questo caso prevedere anticipatamente la localizzazione dei posti destinati ai veicoli elettrici, potrebbe agevolare la progettazione e gli effettivi costi di installazione. Diventa particolarmente significativo anche per quanto riguarda l’assegnazione dei parcheggi (ad esempio

---

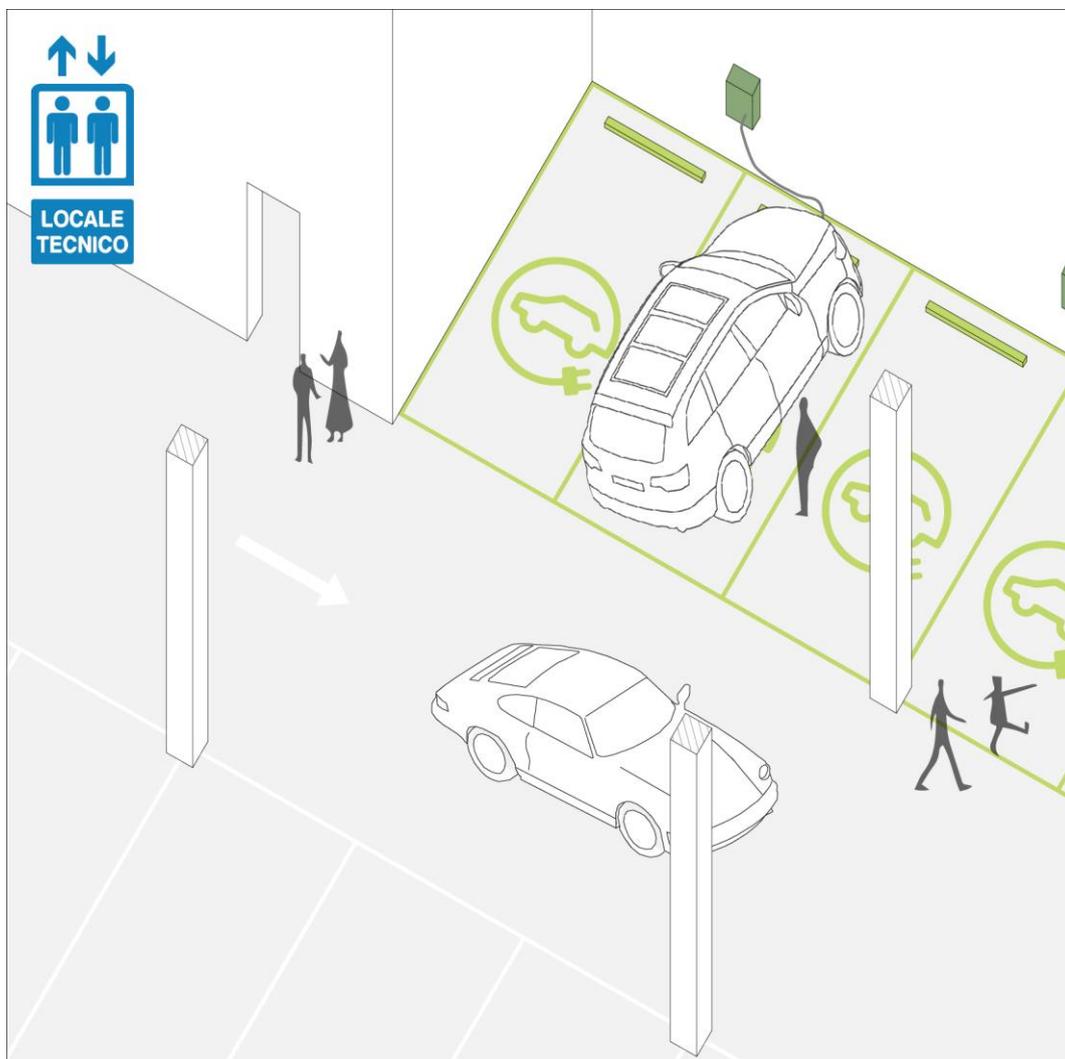
<sup>95</sup> Mayfield, D. (2012). *Siting electric vehicle charging station*. Sustainable Transportation Strategies: Carlotta Collette.

<sup>96</sup> ARERA. (2011). *Energia: interventi a favore dell’auto elettrica senza aggravii in bolletta*. Tratto da ARERA, Comunicati stampa: [https://www.arera.it/it/com\\_stampa/11/110122.htm](https://www.arera.it/it/com_stampa/11/110122.htm)

<sup>97</sup> Peterman, C., & Kehoe, C. (2013). *Plug-in Electric Vehicle Charging Infrastructure Guidelines for Multi-unit Dwellings*. Sacramento: California Plug-In Electric Vehicle Collaborative.



il possessore del veicolo elettrico necessita dello spazio vicino agli impianti/ascensore, tuttavia il posto potrebbe essere già stato assegnato e quindi significherebbe contrattare con il possessore di quel posto) e la tariffazione delle bollette (le spese condominiali di luce e ascensore sono solitamente suddivise, significa allora che la ricarica del veicolo impatterà in modo negativo su tutti, quindi, è necessario un sistema che quantifichi quello specifico consumo per essere poi sostenuto dal proprietario).



**Figure 58. Tipo 5: Parcheggio privato coperto. Questo caso potrebbe verificarsi ad esempio nei condomini o nei parcheggi coperti.**



## 7.2 Sinergia edificio – auto elettrica

Un tema particolarmente interessante parlando di mobilità elettrica è sicuramente la possibilità di interazione bidirezionale tra veicolo elettrico e altri sistemi, da cui appunto deriva il nome “Vehicle-to-Everything” (V2X). Questa tecnologia si basa sulla comunicazione intelligente del veicolo con ad esempio altri veicoli, pedoni, rete elettrica e edifici. Questo, permetterebbe sicuramente un incremento della sicurezza nelle strade (in modalità wireless il veicolo controlla la sua posizione e quella degli altri, comunicando al conducente le distanze di sicurezza, la velocità, il traffico, la presenza di attraversamenti pedonali, ecc.) e un migliore controllo dei consumi energetici. A questo proposito, una tecnologia che sta facendo molto discutere in questi anni, è quella del “Vehicle-to-Grid”<sup>98</sup> (già citata nei capitoli precedenti), infatti, questa sfrutta la capacità di accumulo delle batterie per fornire un servizio di supporto alla rete elettrica. In media, le autovetture trascorrono la maggior parte del tempo ferme, si può ipotizzare allora uno scenario in cui le auto

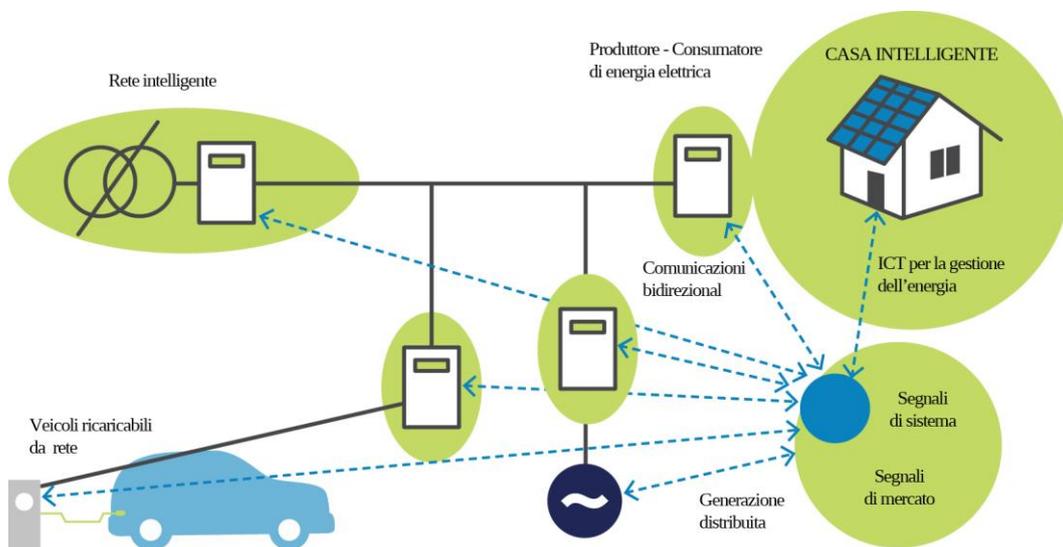


Figure 59. Sistema di comunicazione bidirezionale per la gestione di una rete intelligente in Bassa Tensione e dei punti di ricarica dei veicoli elettrici. Fonte: RSE

<sup>98</sup> Lo standard normativo di riferimento è la ISO 15118 “Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface”



parcheeggiate siano connesse alla rete, pronte ad assorbire o cedere energia nei periodi di maggiore domanda. Questo sistema potrebbe aiutare a stabilizzare le reti soprattutto nelle ore serali quando entrano in gioco anche le utenze domestiche, oppure, con l'utilizzo delle fonti rinnovabili assorbire l'energia in eccesso o, viceversa, funzionare da generatori nelle giornate di scarsa produzione.<sup>99</sup> Nel 2016 ENEL e Nissan hanno lanciato un loro progetto nel Regno Unito, testando un centinaio di autovetture della casa automobilistica (la Nissan LEAF è tra le auto elettriche più vendute al mondo) e offrendo la possibilità ai proprietari di vendere l'energia immagazzinata alla National Grid. Altre sperimentazioni stanno avvenendo anche in altri paesi come Danimarca, Germania e Olanda.<sup>100</sup>

Si capisce, a questo punto, i benefici che si potrebbero trarre da una applicazione architettonica, in questo caso il sistema di interazione avverrebbe tra veicolo e edificio e si potrebbe parlare di “Vehicle-to-Building” (V2B) e “Vehicle-to-Home” (V2H). Due esempi pilota arrivano dal Giappone: il primo avvenuto nel centro direzionale di Nissan e il secondo promosso da Honda.

Nel primo caso, nel 2012, la casa automobilistica aveva esordito presentando un progetto chiamato “LEAF to Home”, in cui le batterie agli ioni di litio installate sul veicolo, fornivano energia elettrica alla casa riducendo i carichi sulla rete, mentre la ricarica del veicolo avveniva durante la notte, cioè il periodo in cui l'energia costa meno. Successivamente, nel 2013, vengono effettuati i primi test sul V2B presso il NATC (Nissan Advanced Technology Center) di Atsugi, dove hanno installato un sistema di connessione tra le batterie della flotta aziendale e le utenze elettriche dell'edificio, in modo che nei periodi di alto prezzo dell'energia, siano proprio le batterie delle auto a fornire il fabbisogno energetico. Unico prerequisito necessario, era che a fine giornata le batterie risultassero cariche al 100%. In questo caso, un software di gestione dell'energia ne verificava lo stato e determinava i flussi

---

<sup>99</sup> Ricerca sul Sistema Energetico (RSE). (2013). *E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema*. Milano: Editrice Alkes.

<sup>100</sup> Nissan. (2016). *Nissan and Enel launch groundbreaking vehicle-to-grid project in the UK*. Tratto da Nissan GB: <https://newsroom.nissan-europe.com/uk/en-gb/media/pressreleases/145248>



**Figure 60. Vehicle-to-Building presso gli uffici del NATC. Lo scambio di energia avviene grazie al collegamento di sei Nissan LEAF elettriche.**

energetici da e verso le batterie. I risultati di questi test, hanno prodotto un risparmio di circa il 2,5 % del consumo di energia elettrica nelle ore di punta.<sup>101</sup>

Il secondo caso, è il progetto “Honda Smart Home US”<sup>102</sup>, in cui la casa automobilistica ha messo a punto un sistema integrato casa-automobile, orientato alla massimizzazione dei risparmi energetici. Infatti, con l’incremento della domanda richiesta dal veicolo elettrico, l’obiettivo è quello di ridurre l’impatto della casa sulla rete elettrica (Home-to-Grid). In questo caso, per il conseguimento di quest’ultimo, l’elemento innovativo è la presenza di una batteria agli ioni di litio da 10 kWh nel garage, che sfrutta le sue capacità di accumulo per bilanciare, spostare e tamponare i carichi. Il tutto, viene controllato da un sistema di gestione dell’energia (HEMS – Home Energy Management System) che monitora, controlla

---

<sup>101</sup> Nissan. (2013). *Zero-Emission Mobility Enhancement*. Tratto da Nissan Motor Corporation: [https://www.nissan-global.com/EN/ENVIRONMENT/CAR/FUEL\\_BATTERY/DEVELOPMENT/](https://www.nissan-global.com/EN/ENVIRONMENT/CAR/FUEL_BATTERY/DEVELOPMENT/)

<sup>102</sup> Dal sito è possibile scaricare il progetto e tutti i dati sul monitoraggio dell’edificio: <http://www.hondasmarthome.com/>



e ottimizza la generazione (l'energia viene prodotta dai pannelli fotovoltaici posizionati in copertura e da un impianto geotermico) e il consumo di energia elettrica attraverso la microrete domestica. Nei periodi di scarsa produzione, invece, questo sistema va a prelevare l'energia dal veicolo, rendendo l'automobile parte integrante dell'abitazione.

L'utilizzo della batteria come accumulatore, permette a Honda di prendere in considerazione anche la seconda vita o il riuso delle batterie dei veicoli, un problema che oggi è di grande attualità. Le case automobilistiche garantiscono una vita media di circa 10 anni, periodo in cui si perde il 20-25 % dell'efficienza e, di conseguenza, la capacità di trazione del veicolo ne risentirebbe significativamente. Il successivo utilizzo come accumulatore stazionario aumenterebbe quindi la durata della vita di 2-3 volte, permettendo alla tecnologia di evolversi e studiare altri sistemi in grado di essere smaltiti o riciclati (la Cina è tra i principali promotori di questi studi, obbligando già il riuso di queste).



**Figure 61. Garage Honda Smart Home. In primo piano la Honda Fit EV e sulla parte è visibile il cavo di ricarica del veicolo e il sistema HEMS con a fianco la batteria.**



Infine, viste le possibili applicazioni in architettura e i requisiti richiesti dalla normativa EPBD sulle prestazioni energetiche in edilizia, sarebbe interessante capire quale potrebbe essere l'incidenza della tecnologia V2H per il raggiungimento degli standard NZEB. Uno studio dell'Università della Florida Centrale, ha provato proprio ad investigare alcune regole applicative di questa tecnologia, al fine del raggiungimento di elevati standard qualitativi. I risultati ottenuti hanno dato esiti molto positivi, infatti, risulta che (grazie all'utilizzo dei pannelli fotovoltaici), *“it is possible to not only lower the monetary value of the required grid electricity for such a building to zero in certain months of the year but also to earn money to compensate for the installation costs of solar panels and other technologies necessary for a net zero energy building, while grid electricity consumption for the rest of the year can still be effectively reduced by up to 68% compared to that of a conventional building design.”*<sup>103</sup> Quindi, oltre ad una consistente riduzione della richiesta di energia dalla rete e dell'abbassamento dei costi in bolletta, è anche possibile “guadagnare”, compensando i costi di installazione dei pannelli fotovoltaici. Inoltre, sulla base di un fattore di emissione, è stato fatto un calcolo approssimativo sulla riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>, prevedendo 3,56 tonnellate in meno in un dato anno. Questa ricerca, in ogni caso, non vuole essere un elemento definitivo fine a se stesso, ma l'obiettivo principale è quello di aprire nuovi orizzonti nella progettazione e di incentivare ulteriori studi al fine di migliorare l'efficienza delle nostre abitazioni e sensibilizzare alle tematiche sulla sostenibilità.

Si capisce allora come i veicoli elettrici avranno un ruolo di rilievo nella progettazione, sia nell'ambito urbano che architettonico, poichè potrebbero dare un importante contributo nel raggiungimento degli obiettivi per la lotta ai cambiamenti climatici, nel miglioramento dell'efficienza e della gestione dell'energia, e nel cambiamento radicale della nostra cultura sulla mobilità e sull'abitare, in modo da definire un vero e proprio sistema sostenibile.

---

<sup>103</sup> Alirezaei, M., Noori, M., & Tatari, O. (2016). Getting to net zero energy building: Investigating the role of vehicle to home technology. *Energy and Buildings, Vol. 130*, 465–476.



## CONCLUSIONI

---

Per concludere, nell'arco di queste pagine si è visto quali benefici la mobilità elettrica potrebbe portare a livello ambientale, sociale ed economico con particolare riferimento all'ambito urbano. Difatti, considerando gli sviluppi futuri nel settore dei trasporti (descritti nel capitolo 1) i vantaggi sono numerosi: si pensi agli incentivi fiscali, all'accesso agevolato in certe aree urbane, alla riduzione dell'inquinamento acustico e ambientale con un rispettivo miglioramento della qualità dell'aria. Rispetto a quest'ultimo aspetto si è visto come l'analisi well – to – wheel (cioè dalla produzione all'uso del vettore energetico) i risparmi in termini di CO2 potrebbero essere considerevoli, tuttavia, si potrebbe pensare a questo punto come effettivamente il problema verrebbe spostato dall'ambiente urbano alle centrali di produzione poichè questa analisi non prende in considerazione alcuni aspetti molto rilevati, cioè i carichi ambientali che derivano dalla produzione delle altre componenti del veicolo come ad esempio la batteria. Spostare spazialmente il problema non equivale, quindi, a risolverlo, tanto meno se l'energia elettrica è prodotta con il carbone, come avviene attualmente in molti paesi anche sviluppati, ma soprattutto in paesi il cui tasso di motorizzazione sta rapidamente crescendo come l'India e la Cina.<sup>104</sup>

Diversi studi, anche se relativamente datati e discordanti nei risultati ottenuti, hanno messo a punto un'analisi LCA (Life Cycle Assessment), più completa di quella precedente poichè considera l'intero ciclo di vita del veicolo. Infatti, secondo questi studi, il mix di fonti energetiche e il tipo di batterie utilizzate diventano decisivi nel confronto tra veicoli BEV e ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle). Ad esempio, una valutazione a livello mondiale in cui il mix di fonti utilizzate è

---

<sup>104</sup> Danielis, R. (2015). Inquinano maggiormente le auto elettriche o le auto convenzionali? Stime recenti, variabili determinanti e suggerimenti di politica dei trasporti. *RIVISTA DI ECONOMIA E POLITICA DEI TRASPORTI*, n°3, articolo 1.



sbilanciata sul carbone, rende i BEV peggiori degli ICEV.<sup>105</sup> Oppure, a livello europeo, un altro studio non trova una differenza così netta.<sup>106</sup> In ogni caso questi aspetti, diversamente dal fatto di essere di tipo fisico o tecnologico, hanno importanti determinanti economico-sociali: essi sono principalmente il frutto di investimenti pubblici, privati e di scelte aziendali e statali, il che significa che l'efficienza ambientale dei veicoli non è un dato esclusivamente tecnico, come potrebbe apparire a prima vista, ma rispecchia una natura economico-sociale che è la conseguenza di scelte e valutazioni pubbliche e private.

Quindi, come visto nel capitolo 6, per sostenere la diffusione dei veicoli elettrici sono necessarie una serie di azioni/policy che coprendono il coinvolgimento di più attori. Queste, dovranno essere sicuramente di natura finanziaria e non, per incentivare l'utilizzo di questa tecnologia e favorirne lo sviluppo (dati dell'UNRAE - Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri - nel mese di giugno 2018 mostrano un'evidente crescita nelle immatricolazioni nel nostro paese, passando da uno 0,1 % a uno 0,3 % rispetto a giugno 2017), tuttavia, in una visione ambientalmente sostenibile che si sviluppa sul lungo periodo, saranno invece molto più importanti strategie volte al miglioramento della produzione di energia, puntando prevalentemente sulle rinnovabili, migliorare la produzione, il rendimento e il riuso/riciclaggio delle batterie ed infine pianificare e costruire una rete infrastrutturale di ricarica equivalente alle stazioni di servizio delle auto convenzionali.<sup>107</sup>

Di queste ultime si è discusso prevalentemente in questa tesi. Si è visto, infatti, come negli ultimi anni il numero di infrastrutture a livello globale stia crescendo esponenzialmente (i grafici 10 e 11 mostrano i dati aggiornati a fine 2017<sup>108</sup>) e come

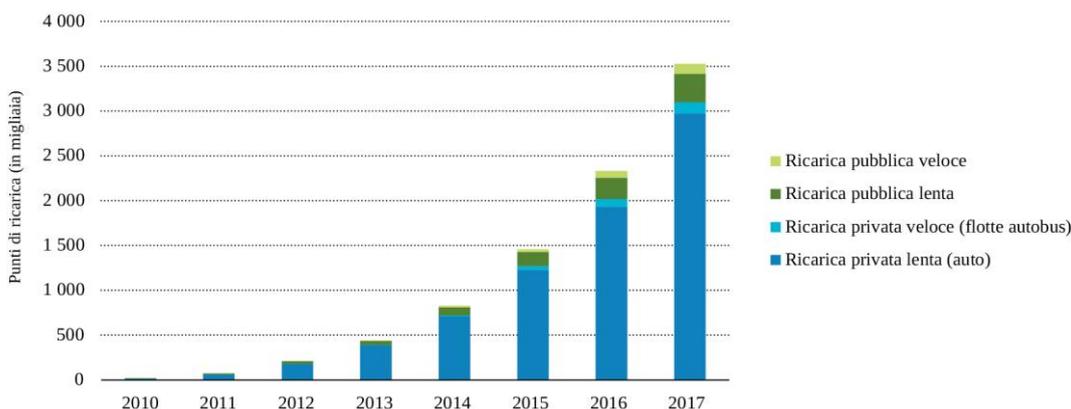
---

<sup>105</sup> Abdul-Manan, A. F. (2015). Uncertainty and differences in GHG emissions between electric and conventional gasoline vehicles with implications for transport policy making. *Energy Policy*, Vol. 87, 1-7.

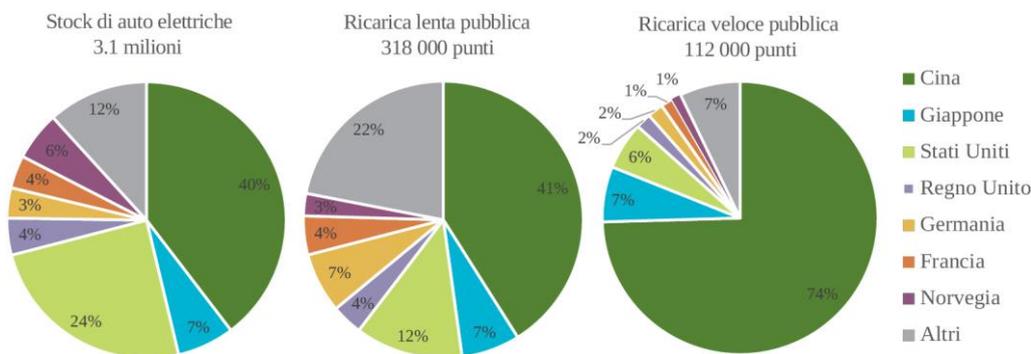
<sup>106</sup> Messagie, M., Boureima, F. S., Coosemans, T., Macharis, C., & Mierlo, J. V. (2014). A range-based vehicle life cycle assessment incorporating variability in the environmental assessment of different vehicle technologies and fuels. *Energies*, Vol. 7, 1467-1482.

<sup>107</sup> Nealer, R., Reichmuth, D., & Anair, D. (2015). *Cleaner Cars from Cradle to Grave. How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions*. Union of Concerned Scientists.

<sup>108</sup> International Energy Agency (IEA). (2018). *Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification*.



**Grafico 11. Punti di ricarica globali, 2010-2017. Fonte: IEA**



**Grafico 10. Stock di auto elettriche e punti ricarica accessibili al pubblico, per paese e per tipo, 2017. Fonte: IEA**

questa crescita porterà una sostanziale trasformazione urbana. A fronte di questa trasformazione, sarà necessario quindi munirsi di specifici strumenti volti non solo alla promozione e allo sviluppo della mobilità elettrica, ma anche alla progettazione e alla pianificazione urbana, con particolare attenzione a quelle che sono le caratteristiche spaziali del contesto in cui si vanno ad inserire. L'analisi svolta, definisce uno stato dell'arte delle principali tecnologie a disposizione del progettista e delle linee guida da seguire per una corretta integrazione delle infrastrutture di ricarica. Queste, potrebbero essere una base di partenza per l'impostazione di comportamenti e modus operandi condivisi, al fine di creare delle buone pratiche operative e ridurre l'impatto ambientale, economico, sociale e anche visivo nelle città.



Per concludere, a seguito delle ricerche effettuate durante questi mesi su questo tema, ritengo che ci siano fondamentalmente due aspetti decisivi da considerare: il primo, riguarda proprio la necessità di creare una rete infrastrutturale adeguata per far fronte alle paure delle utenze, considerando anche l'effettivo impatto urbanistico che ne consegue; il secondo, invece, è il livello di informazione rivolta alle persone. Per quanto riguarda il primo, si è capito in queste pagine come la figura dell'architetto possa diventare importante se non anche decisiva (pensando sempre a Torino, la città è stata tra le prime a redigere il PUMS, tuttavia, a livello di piano non è previsto uno sviluppo di una rete di colonnine, ma come visto nelle pagine precedenti la città ha fatto già le sue prime installazioni in modo assolutamente random). Il secondo dovrebbe invece mirare a eliminare la diffidenza che si è instaurata nella società odierna nei confronti della mobilità elettrica (si pensi proprio ai costi, alla disponibilità di una infrastruttura o anche ai costi ambientali).

Questa tecnologia sta avendo il suo boom proprio in questi anni, sarà quindi necessario un lavoro sinergico di tutti, affinché si riesca a trovare uno sviluppo o una soluzione che possa prima di tutto migliorare le condizioni della nostra vita, ma che sia anche attenta alle tematiche ambientali in modo da lasciare ai nostri posteri un pianeta vivibile e ricco di risorse.



**Figure 62.** A febbraio 2018 Elon Musk, proprietario di Space X e Tesla, ha raggiunto un'importante traguardo nel progresso tecnologico riguardo i viaggi spaziali, mandando un'auto elettrica nello spazio. Tuttavia, questa immagine diventa significativa grazie al messaggio presente nell'auto: don't panic! Questo, vuole in qualche modo rassicurare le persone, poiché il progresso non spaventi ma diventi un'opportunità per migliorare le nostre condizioni.



## INDICE DELLE FIGURE

---

Figure 1. I tre pilastri della strategia ASI.....	4
Figure 2. Timeline.....	5
Figure 3. Agenda 2030: gli obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile .....	7
Figure 4. I sei assi delle smart city secondo l'approccio europeo e le loro declinazioni. Fonte: RSE .....	10
Figure 5. Il contributo della e-Mobility ed alcuni megatrend dei prossimi anni. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti, 2017.....	13
Figure 6. Efficienza ed emissioni dei veicoli. Fonte: European Environmental Agency (EEA).....	24
Figure 7. Componenti di un veicolo elettrico. Fonte: European Environmental Agency (EEA).....	26
Figure 8. Thomas Edison ed un'auto elettrica nel 1913.....	27
Figure 9. Veicoli convenzionali. Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA).....	29
Figure 10. Veicoli ibridi Plug-in (PHEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA).....	30
Figure 11. Veicoli ibridi elettrici (HEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA).....	31
Figure 12. Veicoli ibridi Range-Extended (REEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA) .....	32
Figure 13. Veicoli elettrici a batteria (BEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA).....	33
Figure 14. Veicoli a Fuel-cell a idrogeno (FCEV). Vantaggi e svantaggi. Fonte: European Environmental Agency (EEA) .....	34
Figure 15. Stazione di ricarica wireless per autobus elettrici ad Amburgo .....	36
Figure 16. Modello utilizzato per la pianificazione del bike-sharing a Parigi.....	38
Figure 17. Stazione di bike-sharing Velib', Parigi .....	38
Figure 18. Parcheggi su strada per car-sharing condominiale, San Diego .....	39



Figure 19. Renault EZ-GO. Concept car del futuro presentata al Salone di Ginevra 2018 .....	40
Figure 20. Progetto "Autonomus refuse truck" di Volvo, 2017 .....	41
Figure 21. Schematizzazione grafica delle tecnologie di ricarica. Fonte: rielaborazione personale su dati RSE .....	43
Figure 22. Progetto eRoadArlanda. Binari per la ricarica dei veicoli elettrici.....	46
Figure 23. Componenti principali di un sistema di ricarica wireless in un veicolo elettrico. ....	50
Figure 24. Sistema di ricarica induttivo per autobus elettrici. Torino .....	53
Figure 25. Stazione di sostituzione batterie di Better Place. ....	55
Figure 26. Battery Swap. Distributore della Kymco.....	55
Figure 27. Stazioni di ricarica di Frascati Est e Ovest di Autostrade per l'Italia ..	64
Figure 28. Parcheggio gratuito e stazioni di ricarica per auto elettriche ad Oslo ..	64
Figure 29. Analisi cluster. Nell'analisi citata vengono individuati 9 principali cluster all'interno del territorio analizzato. Tra cui: Downtown, Retail, Workplace, Higher education, Fleet and freight, Leisure destination, Regional transit, Medical campus, Multi-family housing. ....	68
Figure 30. Scenario 1: infrastrutture pubbliche sotto gestione pubblica. Numero di punti di ricarica per comune. ....	71
Figure 31. Scenario 2: infrastrutture fornite da soggetti pubblici e privati. Numero di punti di ricarica per comune. ....	72
Figure 32. Scenario 3: punti di ricarica situati nella città di Liège e nei comuni circostanti.....	73
Figure 33. Scenario 3: infrastruttura che copre tutti i contesti (pubblico, lavorativo e residenziale). Numero di punti di ricarica per comune.....	73
Figure 34. Scorretto inserimento dell'infrastruttura e conseguente uso sbagliato del modo di ricaricare. ....	77
Figure 35. Ricerca della colonnina attraverso app predisposte. Fonte: WXY Architecture + Urban Design.....	80
Figure 36. Protezione della colonnina e del passaggio pedonale. Fonte: WXY Architecture + Urban design.....	80
Figure 37. Layout per parcheggi a nastro. ....	81



Figure 38. Layout per parcheggi a pettine. ....	81
Figure 39. Layout per parcheggi a pettine accessibili ai disabili. ....	82
Figure 40. Accessibilità ai disabili. Pendenza rampa. ....	82
Figure 41. Occupazione dei posti per la ricarica dei veicoli elettrici dovuta allo scorretto inserimento della colonnina e alla totale assenza di segnaletica. ....	84
Figure 42. Interfaccia urbana. Fonte: WXY Architecture + Urban design.....	85
Figure 43. Tipo 1: Parcheggio su strada. Lungo gli assi viarii è frequente l'uso dei parcheggi a spina di pesce, tuttavia, si è visto che questi sono sconsigliati per via della lunghezza dei cavi per la ricarica. Quindi, quando è possibile, è consigliato utilizzare i parcheggi a nastro. ....	86
Figure 44. Tipo 2: parcheggio su strada o parcheggi privati ad uso pubblico come centri commerciali, strutture ricettive, sportive ecc. Si può vedere come l'uso di aree permeabili verdi può aiutare nel collocare i diversi elementi come l'illuminazione, la segnaletica, le colonnine di ricarica o anche intervallare delle panchine per riposare o altri elementi di arredo. Questo permette anche un minore ingombro nel passaggio pedonale.....	87
Figure 45. Tipo 3: parcheggi privati ad uso pubblico o le grandi aree dedicate a parcheggio. Questo è un caso molto vantaggioso, poichè è possibile destinare più posti e collegare più veicoli contemporaneamente. Spesso, però, i posti non sono divisi da un'area verde, quindi sarà necessario prendere maggiori precauzioni per la protezione del dispositivo. ....	88
Figure 46. Sistemi di ricarica conduttiva integrati con arredi urbani esistenti. ....	89
Figure 47. Dispositivo SimpleSocket di Ubitricity.....	90
Figure 48. Progetto Light and Charge di BMW .....	90
Figure 49. Disposizione dei parcheggi per la ricarica wireless fatta dai tombini. .	91
Figure 50. Servizio stradale mobile per veicoli elettrici in panne. ....	92
Figure 51. Pensilina fotovoltaica per veicoli elettrici. ....	92
Figure 52. Colonnine di ricarica ad Oslo. Nell'immagine si vede come nella cultura norvegese sia ormai noto lo sviluppo della mobilità elettrica poichè non è presente nè una particolare segnaletica identificativa nè una protezione per i dispositivi. Le colonnine sono parte integrante del paesaggio urbano. ....	94



Figure 53. Colonnina di ricarica su bordo strada ad Oslo. La larghezza del passaggio pedonale è sufficiente per permettere l'integrazione delle colonnine, della segnaletica, dell'illuminazione e del verde urbano. ....	95
Figure 54. Servizio di car-sharing Car2Go. Copenhagen. ....	96
Figure 55. Stazione di ricarica per taxi elettrici. Amsterdam. ....	96
Figure 56. Stazioni di ricarica per la flotta di una nota azienda californiana. ....	97
Figure 57. Tipo 4: Parcheggio privato in box auto. La “Wall Box” dovrebbe essere a lato per semplificare la ricarica di tutti i tipi di veicoli. ....	103
Figure 58. Tipo 5: Parcheggio privato coperto. Questo caso potrebbe verificarsi ad esempio nei condomini o nei parcheggi coperti. ....	105
Figure 59. Sistema di comunicazione bidirezionale per la gestione di una rete intelligente in Bassa Tensione e dei punti di ricarica dei veicoli elettrici. Fonte: RSE .....	106
Figure 60. Vehicle-to-Building presso gli uffici del NATC. Lo scambio di energia avviene grazie al collegamento di sei Nissan LEAF elettriche. ....	108
Figure 61. Garage Honda Smart Home. In primo piano la Honda Fit EV e sulla parte è visibile il cavo di ricarica del veicolo e il sistema HEMS con a fianco la batteria. ....	109
Figure 62. A febbraio 2018 Elon Musk, proprietario di Space X e Tesla, ha raggiunto un'importante traguardo nel progresso tecnologico riguardo i viaggi spaziali, mandando un'auto elettrica nello spazio. Tuttavia, questa immagine diventa significativa grazie al messaggio presente nell'auto: don't panic! Questo, vuole in qualche modo rassicurare le persone, poichè il progresso non spaventi ma diventi un'opportunità per migliorare le nostre condizioni. ....	114



## INDICE DELLE TABELLE

---

Table 1. Immatricolazioni autoveicoli. Fonte: ANFIA.....	21
Table 2. Distribuzione % di consumo di combustibili fossili per modo di trasporto. Fonte: Eurostat Energy Balances, 2017 .....	23
Table 3. Modi di ricarica e sistemi di connessione. Fonte: IEC 62196-1e2, RSE.	49
Table 4. Struttura normativa Nazionale, Europea e Internazionale. Fonte: RSE ..	56



## INDICE DEI GRAFICI

---

Grafico 1. Emissioni climalteranti well - to - wheel: un confronto per l'Italia. Fonte: ISPRA, RSE, 2017.....	14
Grafico 2. Split modale del trasporto passeggeri via terra nell'Unione Europea e in Italia, 2015. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Eurostat, 2017 .....	18
Grafico 3. Tassi di motorizzazione - confronto tra dati nazionali e città europee. Fonte: elaborazione TRT su dati Eurostat, 2015 .....	19
Grafico 4. Numero di autoveicoli e market share (BEV e PHEV, migliaia e incidenza percentuale su parco circolante), 2016. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati IEA, 2017 .....	19
Grafico 5. Autoveicoli per categoria di emissioni, Italia e UE-28. Fonte: The European House – Ambrosetti su dati EEA, 2017.....	20
Grafico 6. Consumi finali di energia in Italia. Fonte: Eurostat Energy Balances, 2017 .....	22
Grafico 7. Consumo finale di energia da prodotti petroliferi in Italia. Fonte: Eurostat Energy Balances, 2017 .....	22
Grafico 8. Punti di ricarica globali, 2010-2016. Fonte: elaborazione IEA (International Energy Agency) su dati EAFO, 2017 .....	62
Grafico 9. Stock di auto elettriche e punti ricarica accessibili al pubblico, per paese e per tipo, 2016. Fonte: elaborazione IEA (International Energy Agency) su dati EAFO, 2017 .....	63
Grafico 10. Stock di auto elettriche e punti ricarica accessibili al pubblico, per paese e per tipo, 2017. Fonte: IEA .....	113
Grafico 11. Punti di ricarica globali, 2010-2017. Fonte: IEA .....	113



## BIBLIOGRAFIA

---

- AB Volvo. (2017). *Volvo pioneers autonomous, self-driving refuse truck in the urban environment*. Tratto da Volvo Group: <https://www.volvogroup.com/en-en/news/2017/may/news-2561936.html>
- ABB. (2015). *ABB presenta il sistema di ricarica veloce automatico per autobus elettrici*. Tratto da ABB in Italia: <http://www.abb.it/cawp/seitp202/ee397a584f78c786c1257ee50039ab12.aspx>
- Abdul-Manan, A. F. (2015). Uncertainty and differences in GHG emissions between electric and conventional gasoline vehicles with implications for transport policy making. *Energy Policy*, Vol. 87, 1-7.
- Alirezaei, M., Noori, M., & Tatari, O. (2016). Getting to net zero energy building: Investigating the role of vehicle to home technology. *Energy and Buildings*, Vol. 130, 465–476. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.044>
- ARERA. (2011). *Energia: interventi a favore dell'auto elettrica senza aggravii in bolletta*. Tratto da ARERA, Comunicati stampa: [https://www.arera.it/it/com\\_stamp/11/110122.htm](https://www.arera.it/it/com_stamp/11/110122.htm)
- Atelier Parisien d'Urbanisme. (2007). *Implanter 1451 Station Velib' dans Paris*. Parigi. Tratto da <https://www.apur.org/sites/default/files/documents/4P27.pdf>
- Bailey, J., Miele, A., & Axsen, J. (2015). Is awareness of public charging associated with consumer interest in plug-in electric vehicles? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 36, 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.001>
- Bloomberg New Energy Finance. (2018). *Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO2*. Tratto da



<https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2018/05/Electric-Buses-in-Cities-Report-BNEF-C40-Citi.pdf>

BMW Group. (2014). *BMW Group presents pioneering street lighting system with integrated EV charging station*. Tratto da BMW: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0195902EN/bmw-group-presents-pioneering-street-lighting-system-with-integrated-ev-charging-station?language=en>

California Center for Sustainable Energy; San Joaquin Valley Air Pollution Control District. (2014). *Charging Roadmap: siting optimal locations for public charging stations in the San Joaquin Valley. Preparing the San Joaquin Valley for Plug-in Electric Vehicles*. Tratto da [https://energycenter.org/sites/default/files/docs/nav/programs/pev-planning/san-joaquin/san\\_joaquin\\_valley\\_siting\\_analysis-web.pdf](https://energycenter.org/sites/default/files/docs/nav/programs/pev-planning/san-joaquin/san_joaquin_valley_siting_analysis-web.pdf)

CEI magazine. (2017). *La ricarica dei veicoli elettrici: interoperabilità e sicurezza*. Tratto da CEI: <https://ceimagazine.ceinorme.it/ceifocus/la-ricarica-dei-veicoli-elettrici-interoperabilita-sicurezza/>

Celaschi, S. (2012). *Evoluzione normativa relativa alla mobilità elettrica a livello italiano ed europeo*. Milano: RSE. Tratto da [http://www.rse-web.it/documenti.page?RSE\\_manipulatePath=yes&RSE\\_originalURI=/documenti/documento/314753&country=ita](http://www.rse-web.it/documenti.page?RSE_manipulatePath=yes&RSE_originalURI=/documenti/documento/314753&country=ita)

Conductix Wampfler. (2012). *10 years of electric buses with IPT® Charge. Wireless Charging for Electric Vehicles*. Tratto da Conductix: <https://www.conductix.com/en/news/2012-05-31/10-years-electric-buses-iptr-charge>

Dalkmann, H., Brannigan, C. (2007). *Sustainable Transport. A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. Module 5e: Transport and Climate Change*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Tratto da <http://lib.icimod.org/record/13155/files/5302.pdf>



- Danielis, R. (2015). Inquinano maggiormente le auto elettriche o le auto convenzionali? Stime recenti, variabili determinanti e suggerimenti di politica dei trasporti. *RIVISTA DI ECONOMIA E POLITICA DEI TRASPORTI*, n°3, articolo 1.
- DBT La Douaisienne de Basse Tension. (2012). *Au coeur de la recharge des véhicules électriques: Bornes et systèmes de recharges pour V.E.* Tratto da DBT: <http://www.dbt.fr/wp-content/uploads/2012/01/TEQCO109.pdf>
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2017). *Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile”, ai sensi dell’articolo 3, comma 7, del decreto legislativo 16/12/2016 n. 257.* Roma. Tratto da <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2017/10/05/233/sg/pdf>
- DECRETO LEGISLATIVO 16 dicembre 2016, n. 257. (2017). *Disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi.* Roma. Tratto da <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2017/01/13/10/so/3/sg/pdf>
- Divisione Vice Direzione Generale Servizi Amministrativi e Legali Settore Arredo Urbano. (2015). *L’arredo urbano e la pianificazione degli interventi sul territorio.* Tratto da Città di Torino: [http://www.comune.torino.it/arredourbano/bm~doc/01\\_presentazione.pdf](http://www.comune.torino.it/arredourbano/bm~doc/01_presentazione.pdf)
- Elways. (2011). *Charging Technology.* Tratto da Elways: <http://elways.se/charging-technology/?lang=en>
- Enel S.p.A. e The European House - Ambrosetti S.p.A. (2017). *E-MOBILITY. Gli impatti sulle filiere industriali e sul sistema-Paese: quale Agenda per l’Italia.* Tratto da [https://www.ambrosetti.eu/wp-content/uploads/ENEL\\_e-Mobility-Revolution\\_Ricerca-2017\\_ITA.pdf](https://www.ambrosetti.eu/wp-content/uploads/ENEL_e-Mobility-Revolution_Ricerca-2017_ITA.pdf)
- Giffinger, R.; Fertner, C.; Kramar, H.; Kalasek, R.; Pichler-Milanovic, N.; Meijers, E. (2007). *Smart cities. Ranking of European medium-sized cities.* Vienna: Centre of Regional Science.



- Hall, D., Moultak, M., & Lutsey, N. (2017). *Electric vehicle capitals of the world. Demonstrating the path to electric drive*. Washington DC: International Council on Clean Transportation. Tratto da [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-EV-Capitals\\_White-Paper\\_06032017\\_vF.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-EV-Capitals_White-Paper_06032017_vF.pdf)
- Hall, D.; Lutsey, N. (2017). *Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure*. Washington: International Council on Clean Transportation. Tratto da [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EV-charging-best-practices\\_ICCT-white-paper\\_04102017\\_vF.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EV-charging-best-practices_ICCT-white-paper_04102017_vF.pdf)
- Highways England; Jones MP, A. (2015). *Off road trials for “electric highways” technology*. Tratto da GOV. UK: <https://www.gov.uk/government/news/off-road-trials-for-electric-highways-technology>
- Hua, C., Xiaoping, J., Chiu, A., Hu, X., & Xu, M. (2014). Siting public electric vehicle charging stations in Beijing using big-data informed travel patterns of the taxi fleet. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 33*, 39-46. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.09.003>
- Inbar, M. (2015). *How To Develop Battery Swapping Stations*. Tratto da Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2015/01/08/battery-swapping-can-now-scaled/>
- International Energy Agency (IEA). (2017). *Global EV Outlook 2017. Two million and counting*. Tratto da <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>
- International Energy Agency (IEA). (2018). *Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification*. Tratto da <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>
- Kirsch, David A. (2000). *The Electric Vehicle and the Burden of History*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.



- Kochhan, R.; Fuchs, S.; Reuter, B.; Burda, P.; Matz, S.; Lienkamp, M. (2014). *An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels and Greenhouse Gas Emissions*. Tratto da [https://www.researchgate.net/publication/260339436\\_An\\_Overview\\_of\\_Costs\\_for\\_Vehicle\\_Components\\_Fuels\\_and\\_Greenhouse\\_Gas\\_Emissions](https://www.researchgate.net/publication/260339436_An_Overview_of_Costs_for_Vehicle_Components_Fuels_and_Greenhouse_Gas_Emissions)
- Lavrinc, D. (2013). *New York City is getting wireless EV chargers disguised as manholes*. Tratto da Wired: <https://www.wired.com/2013/10/hevo-power-manholes/>
- Mayfield, D. (2012). *Siting electric vehicle charging station*. Sustainable Transportation Strategies: Carlotta Collette. Tratto da [http://raqc.org/postfiles/clean\\_air\\_fleets/documents/Site-Design-for-EV-Charging-Stations\\_7%2019%2012.pdf](http://raqc.org/postfiles/clean_air_fleets/documents/Site-Design-for-EV-Charging-Stations_7%2019%2012.pdf)
- McCurry, J. (2016). *Japan now has more electric car charge points than petrol station*. Tratto da The Guardian: <https://www.theguardian.com/world/2016/may/10/japan-electric-car-charge-points-petrol-stations>
- Messagie, M., Boureima, F. S., Coosemans, T., Macharis, C., & Mierlo, J. V. (2014). A range-based vehicle life cycle assessment incorporating variability in the environmental assessment of different vehicle technologies and fuels. *Energies, Vol. 7*, 1467-1482. doi: doi:10.3390/en7031467
- Micari, S., Polimeni, A., Napoli, G., Andalaro, L., & Antonucci, V. (2017). Electric vehicle charging infrastructure planning in a road network. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 80*, 98-108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.022>
- Minello, B. (2017). *Torino ha la prima flotta di bus elettrici: sono cinesi*. Tratto da La Stampa Torino: <http://www.lastampa.it/2017/09/18/cronaca/torino-ha-la-prima-flotta-di-bus-elettrici-sono-cinesi-57kascg1dKOAGc08t9BP6N/pagina.html>



Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio e del mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, RSE. (2017). *Elementi per una roadmap della mobilità sostenibile*. Milano: Editrice Alkes. Tratto da [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio\\_immagini/comunicati/roadmap\\_della\\_mobilita\\_sostenibile\\_v5\\_interno.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/comunicati/roadmap_della_mobilita_sostenibile_v5_interno.pdf)

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2015). *Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei alimentati ad energia Elettrica (PNIRE)*. Tratto da <http://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNire.pdf>

Nealer, R., Reichmuth, D., & Anair, D. (2015). *Cleaner Cars from Cradle to Grave. How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions*. Union of Concerned Scientists. Tratto da [www.ucsusa.org/EVlifecycle](http://www.ucsusa.org/EVlifecycle)

News Editor. (2015). *Wireless charging for quiet and clean public transport in Torino (Italy)*. Tratto da ELTIS. The urban mobility observatory: <http://www.eltis.org/discover/case-studies/wireless-charging-quiet-and-clean-public-transport-torino-italy>

Nissan. (2013). *Zero-Emission Mobility Enhancement*. Tratto da Nissan Motor Corporation: [https://www.nissan-global.com/EN/ENVIRONMENT/CAR/FUEL\\_BATTERY/DEVELOPMENT/](https://www.nissan-global.com/EN/ENVIRONMENT/CAR/FUEL_BATTERY/DEVELOPMENT/)

Nissan. (2016). *Nissan and Enel launch groundbreaking vehicle-to-grid project in the UK*. Tratto da Nissan GB: <https://newsroom.nissan-europe.com/uk/en-gb/media/pressreleases/145248>

Nissan Motor Co. (2011). *Nissan and JAF to Test Roadside Service Vehicle With EV Charger*. Tratto da Global Newsroom Nissan: <https://newsroom.nissan-global.com/releases/release-a5388cac0fe82834118693fb87d2357f>

Peterman, C., & Kehoe, C. (2013). *Plug-in Electric Vehicle Charging Infrastructure Guidelines for Multi-unit Dwellings*. Sacramento: California Plug-In



Electric Vehicle Collaborative. Tratto da  
[http://www.pevcollaborative.org/sites/all/themes/pev/files/docs/MUD\\_Guidelines4web.pdf](http://www.pevcollaborative.org/sites/all/themes/pev/files/docs/MUD_Guidelines4web.pdf)

Poliflash. (2017). *Arriva l'autostrada che ricarica le auto elettriche*. Tratto da Politecnico di Torino Magazine:  
[https://poliflash.polito.it/ricerca\\_e\\_innovazione/arriva\\_l\\_autostrada\\_che\\_ricarica\\_le\\_auto\\_elettriche](https://poliflash.polito.it/ricerca_e_innovazione/arriva_l_autostrada_che_ricarica_le_auto_elettriche)

Politecnico di Milano; Enel Foundation. (2016). *Apriamo la strada al trasporto elettrico nazionale*. (G. Azzone, P. Secchi, & D. Zaninelli, A cura di) Tratto da  
<https://www.enelfoundation.org/content/dam/enel-foundation/download/Libro-e-mobility-PoliMi-EF.pdf>

Politecnico di Milano; MIP. (2017). *E-MOBILITY REPORT. Le opportunità e i modelli di business per lo sviluppo della mobilità elettrica in Italia*.

Poon, L. (2018). *How China Took Charge of the Electric Bus Revolution*. Tratto da CityLab:  
<https://www.citylab.com/transportation/2018/05/how-china-charged-into-the-electric-bus-revolution/559571/>

Regione Lombardia. (2015). *Linee guida per l'infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici*. Tratto da  
<http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/c77e3dbb-4486-4ce5-868a-ed7f1e9ee90/Linee+guida+per+la+ricarica+elettrica.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=c77e3dbb-4486-4ce5-868a-ed7f1e9ee90>

Ricerca sul Sistema Energetico (RSE). (2013). *E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema*. Milano: Editrice Alkes.

Rogliatti, G. (2018). *Un pò di storia*. Tratto da CEI CIVES:  
<https://cives.ceinorme.it/it/pagina-tecnica.html#storia>

Siemens AG / Mobility. (2017). *eHighway – Solutions for electrified road freight transport*. Tratto da Siemens:



<https://www.siemens.com/press/en/feature/2015/mobility/2015-06-ehighway.php#event-toc-2>

Stadtraum - Gesellschaft für Raumplanung, Städtebau & Verkehrstechnik mbH. (2012). *eMobility: Parken + Laden*. Tratto da stadtraum: <http://www.stadtraum.com/stadtraum/ParkenLaden.pdf>

Staricco, L. (2013). Smart Mobility. Opportunità e condizioni. *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*, Vol. 6(3), 341-354. doi:<http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/1933>

START Magazine, CEI CIVES. (2017). *Libro bianco sull'auto elettrica. Facciamo la E-Mobility*.

The Boston Consulting Group. (2017). *The reimagined Car. Shared, Autonomous, and Electric*. Tratto da [http://image-src.bcg.com/Images/BCG-The-Reimagined-Car-Dec-2017\\_tcm9-179717.pdf](http://image-src.bcg.com/Images/BCG-The-Reimagined-Car-Dec-2017_tcm9-179717.pdf)

The European Environment Agency (EEA). (2016). *Electric vehicles in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Tratto da <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe>

The European Environment Agency (EEA). (2016). *Transition towards a more sustainable system. TERM 2016: Transport indicators tracking progress toward environmental targets in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Tratto da <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c276880f-9c1a-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>

The European Environment Agency (EEA). (2016). *EEA Signals 2016. Toward clean and smart mobility*. Copenhagen: Publications Office of the European Union. Tratto da <https://www.eea.europa.eu/highlights/towards-clean-and-smart-mobility>



- TRT Trasporti e Territorio. (2017). *Il contributo della E-Mobility alla sostenibilità. Sfide e opportunità per il nostro paese*. Tratto da <http://www.trt.it/paper-emobility>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2015). *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision*. New York. Tratto da <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>
- Vaughan, A. (2017). *Norway leads way on electric cars: it's part of a green taxation shift*. Tratto da The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/25/norway-leads-way-electric-cars-green-taxation-shift>
- Wirges, J. (2016). *Infrastructure. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Region*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. Tratto da <https://www.ksp.kit.edu/9783731505013>
- WXY Architecture + Urban design. (2012). *Assessment of current EVSE and EV deployment. Electric vehicle supply equipment support study*. New York State Energy Research, Development Authority, Transportation and Climate Initiative.
- WXY Architecture + Urban Design. (2012). *Siting and design guidelines for electric vehicle supply equipment*. New York State Energy Research, Development Authority, Transportation and Climate Initiative.
- WXY Architecture + Urban design. (2013). *EVSE Cluster Analysis. Electric vehicle supply equipment support study*. New York State Energy Research, Development Authority, Transportation and Climate Initiative.
- WXY Architecture + Urban Design. (2015). *Accommodating garage orphans in Boston, Cambridge, and Somerville*. (P. Salama, G. Hadidi, R. Dottle, & A. Lubinsky, A cura di)