

Il dimensionamento e posizionamento ottimale delle infrastrutture di ricarica delle auto elettriche: Cosa può imparare l'Italia dall'esperienza norvegese?

Romeo Danielis^{1*}, Mariangela Scorrano¹, Terje Andreas Mathisen²

¹ *Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche "Bruno de Finetti", Università degli Studi di Trieste, Via Valerio, 4/1, 34127 – Trieste (Italia)*

² *Nord University Business School, NO-8049, Bodø, Norway*

L'auto elettrica, come ogni altro tipo di alimentazione, richiede una adeguata infrastruttura di ricarica. Essendo una tipologia nuova, che progressivamente conquista quote di mercato rilevanti, le infrastrutture di ricarica sono ancora in fase di formazione. Definire il dimensionamento e posizionamento ottimale delle infrastrutture di ricarica delle auto elettriche è un problema ancora più cruciale e complesso di quello affrontato e risolto nel corso del '900 per le auto a combustione interna. Dopo aver esaminato i trend in atto in Norvegia e in Italia sulla diffusione dei veicoli elettrici e delle infrastrutture di ricarica installate, questo articolo passa in rassegna le evidenze empiriche rispetto alle caratteristiche dei proprietari di auto elettriche in Norvegia, alle loro abitudini di ricarica, al loro grado di soddisfazione ed alle politiche che la Norvegia ha promosso per sviluppare la rete di punti di ricarica privati e pubblici. Nel caso della Norvegia, il quadro informativo è particolarmente ricco perché abbiamo avuto accesso alle indagini tramite questionari informatici effettuate annualmente dalla Norwegian Electric Vehicle Association (ELBIL) negli ultimi 7 anni. Per il 2022, il campione comprende 16.581 possessori di auto elettriche pure (BEV). I dati relativi alla Norvegia ed il loro confronto con quelli disponibili per l'Italia ci permettono di trarre alcune conclusioni e fornire indicazioni per un efficace ed efficiente sviluppo delle infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici in Italia.

Parole Chiave: Auto elettriche, stazioni di ricarica, punti di ricarica, Norvegia, infrastrutture.

1 Introduzione

L'auto elettrica, come ogni altro tipo di alimentazione, richiede adeguate infrastrutture di ricarica. Essendo una tipologia nuova, che progressivamente conquista quote di mercato rilevanti, la rete delle infrastrutture di ricarica è ancora in fase di costruzione. Definire il dimensionamento e posizionamento ottimale delle infrastrutture di ricarica delle auto elettriche è un problema ancora più cruciale e complesso di quello affrontato e risolto nel corso del '900 per le auto a combustione interna.

* Corresponding author: romeo.danielis@deams.units.it

La crucialità deriva dal fatto che le batterie, almeno fino ad ora, consentono una autonomia più limitata rispetto alle auto tradizionali per la minore densità energetica (in volume ed in peso) rispetto alla benzina/diesel. Pertanto, un'adeguata e capillare infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici è comunemente ritenuta un presupposto per la loro accettazione da parte degli automobilisti (Brückmann & Bernauer, 2023).

La complessità deriva dal fatto che la ricarica delle batterie può avvenire in molti luoghi e con tempi diversi: a casa, al lavoro, mentre si fa la spesa, durante la sosta notturna nei parcheggi pubblici o durante il viaggio. Il possessore di un'auto elettrica sceglierà tra queste modalità in relazione al tipo di residenza in cui vive, a come usa l'auto, all'offerta di ricarica disponibile e, ovviamente, ai prezzi corrispondenti a ciascuna tipologia e tempo di ricarica.

Pianificare, dimensionare e realizzare le infrastrutture di ricarica è quindi un problema difficile, in cui non è facile evitare decisioni sbagliate quali:

- un numero eccessivo di stazioni di ricarica (SR) o punti di ricarica (PR) rispetto alle necessità attuali e/o future;
- un dimensionamento sbagliato rispetto alla localizzazione e/o potenze delle SR\PR, ad esempio, un eccesso di SR veloci che sono inerentemente costose e difficili da inserire all'interno della rete elettrica esistente (Jochem et al., 2022);
- un ritmo di sviluppo scorretto, eccessivo o insufficiente, delle SR\PR che, come spesso citato, possono soffrire del noto problema dell'uovo e della gallina: gli automobilisti sono riluttanti ad acquistare un veicolo elettrico senza infrastrutture adeguate, mentre gli operatori si rifiuteranno di investire in infrastrutture fino a quando non ci sarà una domanda sufficiente per renderlo redditizio.

Nel quadro attuale di abbondante sostegno pubblico con fondi nazionali ed europei alla mobilità elettrica (Programma europeo "Fit for 55", Fondi PNRR) ai fini della riduzione delle emissioni di CO₂ ciò potrebbe portare ad uno spreco di risorse pubbliche.

Il problema del dimensionamento e posizionamento ottimale delle infrastrutture di ricarica ha le seguenti caratteristiche:

- Non è un semplice problema tecnico, ma ha rilevanti dimensioni economiche (prezzi, concorrenza, competitività) e sociali (accettazione, disparità regionali e di reddito).
- È l'esito delle decisioni di molti operatori privati che scelgono dove, quando e quali SR\PR offrire e quale modello di business adottare (Tesla rete proprietaria vs Enel X non proprietaria). Nel prendere le loro decisioni di investimento, gli operatori privati si interfacciano con l'operatore pubblico (Stato, regioni, comuni) che si preoccupa della copertura delle aree a domanda debole, dell'interoperabilità e della concorrenza tra operatori (per evitare monopoli locali).
- Un'offerta adeguata si deve basare su una solida comprensione delle scelte degli automobilisti (Chakraborty et al., 2019) e disegnare una infrastruttura di ricarica adeguata ed economicamente sostenibile (Metais et al., 2022).
- Ci sono importanti vincoli di rete elettrica, sui quali può\deve intervenire il gestore (pubblico) della rete elettrica.
- A causa dei vincoli imposti dalla rete elettrica, il problema non deve essere risolto con riferimento ad una sola modalità di trasporto ma deve tener conto dei vincoli e delle aspettative delle altre modalità trasporto terrestre (auto, taxi, moto e scooter, furgoni\camion, autobus).
- La tecnologia altera costantemente l'insieme delle possibilità e le scelte degli automobilisti.
- La soluzione ottimale varia in relazione alle caratteristiche degli insediamenti (densità abitativa, numero di parcheggi privati, aree destinate a parcheggio, ecc..).

È quindi utile ragionare sulle infrastrutture sia dal punto di vista teorico che da quello empirico, approfondendo la comprensione delle esigenze di ricarica degli utenti di veicoli elettrici per arrivare a progettare le SR e i PR nei luoghi giusti e con le capacità corrette.

La letteratura scientifica contribuisce alla ricerca delle soluzioni più efficaci ed efficienti in diversi modi. In particolare, a) elaborando modelli di posizionamento e dimensionamento ottimale in relazione ai molteplici obiettivi e immaginando possibili scenari futuri e b) analizzando le tendenze in corso riguardo la penetrazione dei veicoli elettrici, le abitudini di consumo, l'uso delle infrastrutture di ricarica in paesi con diverse fasi di sviluppo.

Al primo filone appartengono una serie crescenti di articoli tra i quali citiamo solo alcuni più recenti. Metais et al. (2022), ad esempio, analizza i modelli di ottimizzazione distinguendo tra approcci basati

sui nodi della rete, sui percorsi, sui viaggi o sulle attività, mentre Liao et al. (2023) simula scenari futuri di penetrazione per la Svezia.

Al secondo filone appartengono contributi come quello di Borlaug et al. (2023) per gli Stati Uniti, Mortimer et al., (2022) per la Germania, Gellrich et al. (2022) per la Svizzera e Li et al. (2023) per la Cina. Questi studi sono per la gran parte basati su dati geografici di utilizzo delle infrastrutture di ricarica, cercando di capire come il tasso di utilizzo varia nel tempo e in relazione alle variabili di contesto.

In questo articolo, l'attenzione è posta più sulle abitudini di ricarica e sul grado di soddisfazione dei possessori di auto elettriche (d'ora in poi indicate con l'acronimo internazionale EV) che sull'utilizzo dei SR/PR. Esamineremo innanzitutto le evidenze empiriche relative alla Norvegia, paese leader in Europa per quota di mercato di EV. Discuteremo il tasso di diffusione dei veicoli elettrici e delle SR/PR installate, considerando le caratteristiche dei proprietari di auto elettriche, le loro abitudini di ricarica, il loro grado di soddisfazione e le politiche che la Norvegia ha promosso per sviluppare la rete di SR/PR privati e pubblici. A questo scopo, abbiamo potuto utilizzare i dati raccolti negli ultimi 7 anni dalla Norwegian Electric Vehicle Association (ELBIL) tramite indagini online. Il quadro informativo che emerge è pertanto particolarmente ricco. Per il 2022, il campione comprende 16.581 possessori di auto elettriche pure (BEV). Confronteremo poi i dati relativi alla Norvegia con quelli disponibili per l'Italia, un paese molto più indietro nell'adozione di veicoli elettrici. Questo confronto ci permetterà di trarre alcune conclusioni e fornire alcune indicazioni per un efficace ed efficiente sviluppo delle infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici in Italia.

2 Evoluzione delle quote di mercato e del parco elettrico in Norvegia e in Italia

Iniziata nel 2011, la penetrazione delle EV in Norvegia ha raggiunto quote di mercato pari all' 87.8%, mentre l'Italia è ancora ferma all' 8.6%, in calo nel 2022 rispetto al 2021 (Figura 1).

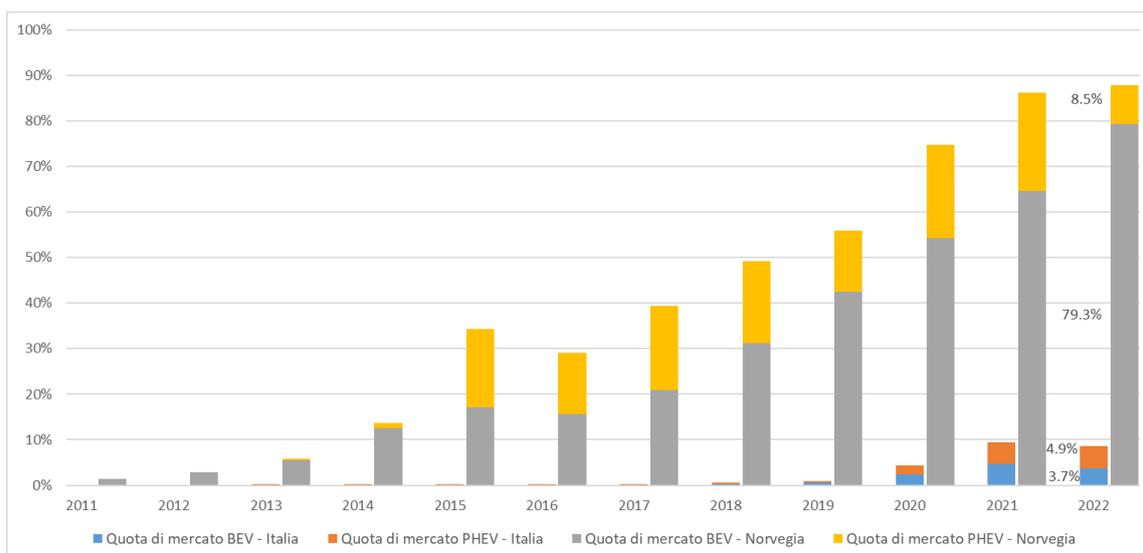


Figura 1 – Quote di mercato di EV (BEV e PHEV) in Norvegia ed in Italia. Fonte: Nobil, Unrae,

In termini di immatricolazioni complessive, in Norvegia le EV (BEV + PHEV) hanno raggiunto ormai il 27.5% del parco circolante alla fine del 2022, andando a raggiungere le auto a benzina (Figura 2), mentre in Italia siamo ancora al di sotto dell'1%¹.

¹ Benzina: 43.9%, diesel: 43.6%, HEV: 4%, BEV: 0.4%, PHEV: 0.4%, LPG: 5.3%, CNG: 2.4% (Unrae, 2022).

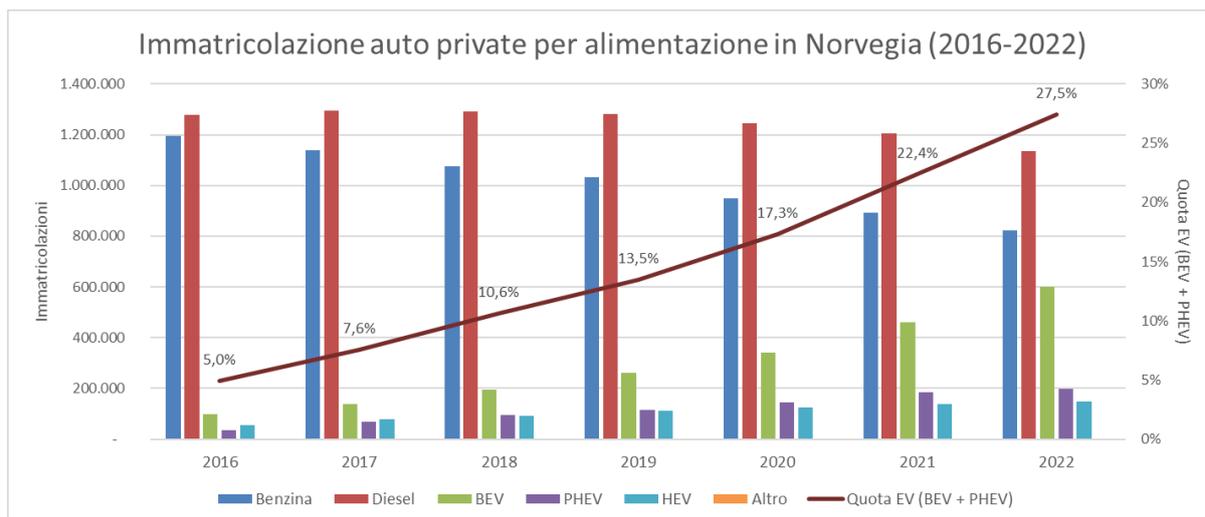


Figura 2 - Fonte: Statistics Norway

(<https://www.ssb.no/en/statbank/table/11823/tableViewLayout1/>)

In questo articolo non ci soffermiamo sui motivi che hanno portato a questo diverso grado di sviluppo, documentato ed analizzato in un elevato numero di articoli. Per la Norvegia, si veda Fevang et al. (2021), Fridstrøm e Østli (2017, 2022), Clark e Mathisen (2020), Figenbaum et al. (2015). Per l'Italia, si veda Scorrano e Danielis (2022), Scorrano e Rotaris (2022), Rotaris et al. (2021), Scorrano et al. (2020). Per un confronto tra la Norvegia e l'Italia, si veda Scorrano et al. (2019).

Il diverso grado di diffusione delle EV si è accompagnato ad un diverso grado di sviluppo delle infrastrutture di ricarica.

3 Infrastrutture di ricarica in Norvegia e in Italia

I PR in Norvegia hanno avuto, e stanno avendo, un continuo sviluppo e hanno superato a fine Aprile 2023 le 25 mila unità (Figura 3). La progressione coinvolge tutte le tipologie di stazioni, ma con queste precisazioni. I PR standard, intendendo quelli con una potenza inferiore ai 50kW, sono in crescita costante. I PR con connettori Chademo ed una potenza superiore a 50kW sono anche in crescita, più lenta. I PR con connettori Tesla sono diminuiti tra il 2021 ed il 2023, ma la diminuzione è dovuta ad una riclassificazione degli stessi. Da quando la Tesla Motors ha aperto alcuni suoi Superchargers alle auto non-Tesla, questi sono classificati nel gruppo dei CCS, che infatti ha avuto un incremento molto significativo. I Tesla Superchargers (in viola nel grafico) sono quindi i soli Superchargers ad esclusivo uso delle auto Tesla.

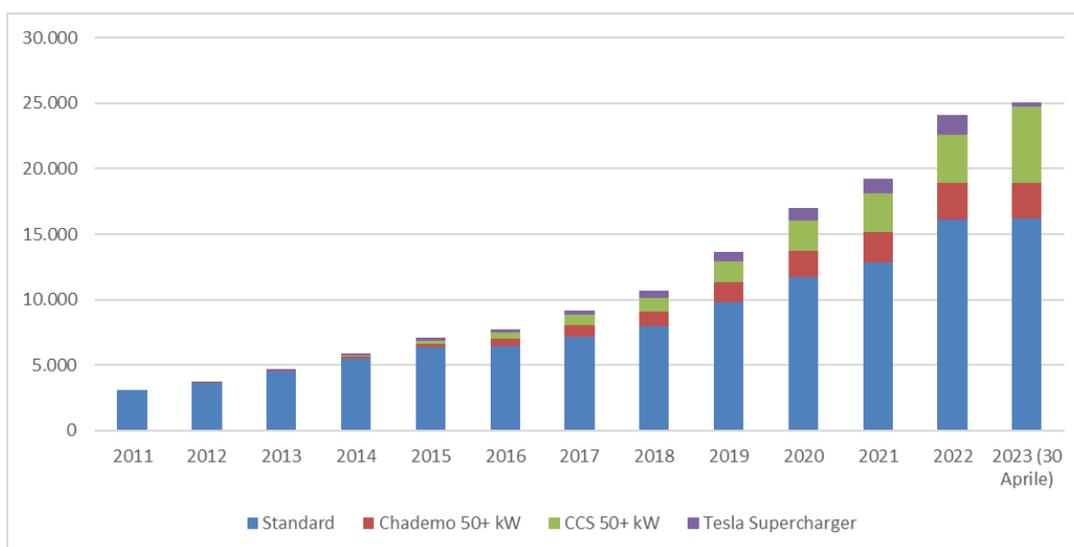


Figura 3 – Punti di ricarica in Norvegia per tipologia. Fonte: Statista e Nobil

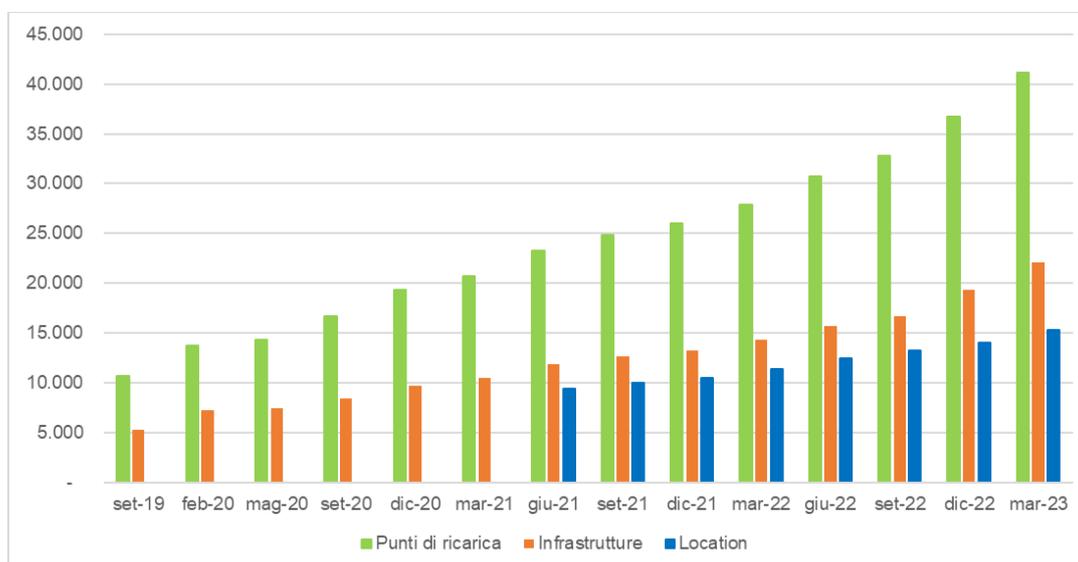


Figura 4 – Infrastrutture di ricarica in Italia. Fonte: Motus-E

Anche in Italia le infrastrutture di ricarica sono in costante crescita (Figura 4), sia in termini di PR, che di stazioni che di luoghi in cui sono posizionate le stazioni di ricarica. La progressione risulta in rapido aumento, in particolare nell'ultimo semestre. Motus-E presenta nel suo rapporto i dati regionali che mostrano una particolare concentrazione nel Nord Italia (57% del totale), con il Centro al 22% ed il Sud Italia e le Isole al 21%.

La Tabella 1 propone un confronto tra Norvegia e Italia a livello aggregato. Come era logico attendersi, la Norvegia ha più di 6 volte il numero di PR dell'Italia. Rapportato al numero di EV, invece, l'Italia ha un numero di PR a disposizione di ogni EV quattro volte maggiore della Norvegia.

Tabella 1 – Un confronto in termini aggregati

	Norvegia	Italia
<i>Totale PR (NO: 30 Aprile 2023; IT: 31 Marzo 2023)</i>	25.091	41.173
<i>Popolazione (2021)</i>	5.408.000	59.110.000
<i>EV=BEV+PHEV (2022)</i>	798.010	332.000
<i>PR/1000 Popolazione</i>	4,64	0,70
<i>PR/100 EV</i>	3,14	12,40
<i>EV/PR</i>	32	8

Per poter avere un quadro più analitico, ci siamo avvalsi dei dati forniti dal database NOBIL (scaricati il 31 marzo 2023) e dei dati pubblicati da Motus-E. Abbiamo quindi aggregato i dati di dettaglio, riportando nella Tabella 2 il numero di PR suddivisi per potenza sulla base della classificazione utilizzata da Motus-E. Per la Norvegia, il database NOBIL mette a disposizione i dati a livello nazionale e per città, mentre per l'Italia disponiamo solo dei dati a livello nazionale. Grazie alla Tabella 2, possiamo confrontare il dimensionamento per potenza realizzato in Norvegia ed in Italia.

Tabella 2 – Un confronto in termini disaggregati. Fonte: database NOBIL (31 Marzo 2023) e Motus-E

	NOR	Oslo	Bergen	Bodø	Rana	Vestvågøy	ITA
<i>Slow ($P \leq 7.4$)</i>	8.490	2.339	374	67	15	4	4.473
<i>Quick ($7.4 < P \leq 43$)</i>	7.568	815	202	76	35	1	31.507
<i>Fast ($43 < P \leq 149$)</i>	4.555	263	168	18	26	9	3.530
<i>SuperFast ($150 < P \leq 300$)</i>	4.213	200	80	14	26	4	1.230
<i>HPC ($P > 300$)</i>	252	0	12	0	0	2	
<i>Totale</i>	25.078	3.617	836	175	102	20	40.740
	NOR	Oslo	Bergen	Bodo	Rana	Vestvågøy	ITA
<i>Slow ($P \leq 7.4$)</i>	34%	65%	45%	38%	15%	20%	11,0%
<i>Quick ($7.4 < P \leq 43$)</i>	30%	23%	24%	43%	34%	5%	77,3%
<i>Fast ($43 < P \leq 149$)</i>	18%	7%	20%	10%	25%	45%	8,7%
<i>SuperFast ($150 < P \leq 300$)</i>	17%	6%	10%	8%	25%	20%	3,0%
<i>HPC ($P > 300$)</i>	1%	0%	1%	0%	0%	10%	

Si evidenzia come in Norvegia i PR con potenze fino a 43 kW (Slow e Quick) siano il 64% del totale, percentualmente di meno rispetto all'Italia (88.3%). Molto diversa è anche la suddivisione tra Slow e Quick: in Norvegia la percentuale di Slow è leggermente inferiore alla percentuale di Quick, mentre in Italia prevalgono di gran lunga le Quick. Relativamente ai punti di ricarica con più di 43 kW, percentualmente più numerose in Norvegia (35% vs. 11.7%), si può notare anche come in Norvegia quasi la metà abbia potenze superiori ai 150 kW, con ben 252 PR con più di 300 kW. In Italia prevalgono le Fast rispetto alle SuperFast, mentre il numero di HPC non è disponibile.

Informazioni interessanti vengono anche dal confronto tra i dati relativi a città con un diverso numero di abitanti e densità abitativa. Per le città, abbiamo preso in considerazione Oslo (702.543 ab.; 1.547,45 ab./km²); Bergen (contea di Vestland, 271.949 ab.; 584,84 ab./km²); Bodø (44.992 ab.; 37,76 ab./km²); Rana (25.355 ab.; 5,85 ab./km²); Vestvågøy (10.797 ab.; 28,4/km²). Le ultime tre città si trovano nella contea di Nordland.

Si può osservare quanto segue. Ad Oslo, prevalgono di gran lunga le Slow (65%), seguite dalle Quick (23%). Al diminuire della densità, la percentuale di Slow cala, fino a ridursi a poco più del 15%, molto probabilmente in relazione al fatto che il numero di case isolate è progressivamente predominante rispetto alle persone che vivono in appartamento con una conseguente diversa necessità di ricarica.

4 I possessori di automobili elettriche nel campione ELBIL

In questa sezione, rispondiamo alla domanda chi sono i possessori di auto elettriche in Norvegia. Lo facciamo sulla base dei dati raccolti ogni anno dalla Norwegian Electric Vehicle Association (ELBIL), un'associazione fondata nel 1995 per la promozione della mobilità elettrica che conta più di 120 mila membri. L'associazione ci ha gentilmente messo a disposizione alcuni anni di questa indagine: dal 2016 al 2022. Nel 2022, il numero di proprietari di un'auto elettrica che hanno risposto al questionario è stato pari a 16.581, l'87% dei quali iscritti all'associazione. Tenuto conto che nel 2022 erano immatricolate 600.000 BEV, il campione, pur essendo numeroso, rappresenta solo una piccola parte dei possessori di auto elettriche.

4.1 Reddito

Un primo interrogativo che ci si potrebbe porre è se i proprietari di auto elettriche appartengano prevalentemente ai ceti più abbienti. Il reddito familiare lordo dei rispondenti è illustrato nella Figura 5. Per valutare questo risultato, possiamo avvalerci di queste indicazioni. È stato stimato che nel 2021 il reddito familiare medio (PPP) in Norvegia era di \$ 76.852², ovvero 825.568 corone norvegesi (NOK). Tradotto in reddito lordo applicando un'imposta sul reddito del 32,8%³, il reddito familiare lordo medio (PPP) in Norvegia può essere stimato in 1.228.523 corone norvegesi. Naturalmente, è bene essere consapevoli di due aspetti: a) il reddito familiare varia in modo importante a seconda della composizione familiare; e b) nelle indagini con questionari, c'è una naturale tendenza all'under-reporting alla domanda riguardante il reddito. Al netto di queste incertezze, dalla Figura 5 sembrerebbe comunque di poter concludere che i rispondenti non appartengano prevalentemente alla fascia di popolazione abbiente. A supporto di questa conclusione, viene anche la considerazione che, per effetto della tassazione sull'acquisto di automobili, in Norvegia le auto elettriche finiscono per costare meno delle corrispondenti automobili termiche (Scorrano et al., 2019).

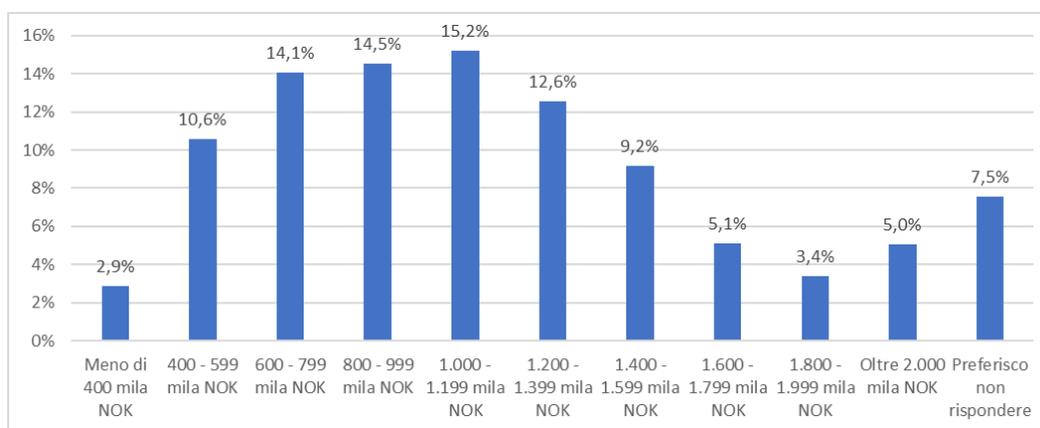


Figura 5 – Il reddito familiare lordo del campione. Fonte: ELBIL (2021)

² <https://www.globaldata.com/data-insights/macroeconomic/median-household-income-in-norway/>

³ <https://no.talent.com/en/tax-calculator?salary=1000000&from=year®ion=Norway>

4.2 Tipo di residenza

Dato l'oggetto di questo articolo, prestiamo particolare attenzione al tipo di residenza, perché vogliamo capire se la disponibilità di un posto auto sia una condizione importante per l'acquisto di una BEV. Il questionario utilizza le seguenti definizioni.

- Casa unifamiliare isolata\Detached house (Enebolig): casa privata, villa, circondata spesso da un giardino.
- Casa a schiera\Semi-detached house (Rekkehus): casa connessa ad un'altra disposta lungo una fila con separazione di tipo verticale. Spesso di dimensioni più piccole della villa "enebolig", con un giardino più piccolo e minor area di parcheggio, posseduta privatamente.
- Casa bifamiliare\Bi-family house (Tomannsbolig): casa isolata appartenente a due famiglie. Può essere separata verticalmente o orizzontalmente (su due piani).
- Appartamento in una casa popolare\Apartment in a public housing (Leilighet i borettslag): appartamento in una casa che beneficia di sostegno pubblico. Spesso suddivisa in più parti in modo che l'appartamento sia più economico da acquistare.
- Appartamento in un condominio di proprietà privata\Apartment (Leilighet i sameie).

La Figura 6 ci segnala che la maggior parte dei possessori di BEV che hanno partecipato all'indagine abita in una casa isolata, una casa a schiera o una casa bifamiliare. Ma è interessante anche osservare che il numero di quelli che abitano in appartamento è cresciuto dal 18,9% del campione nel 2019 al 26,1% del campione nel 2022.

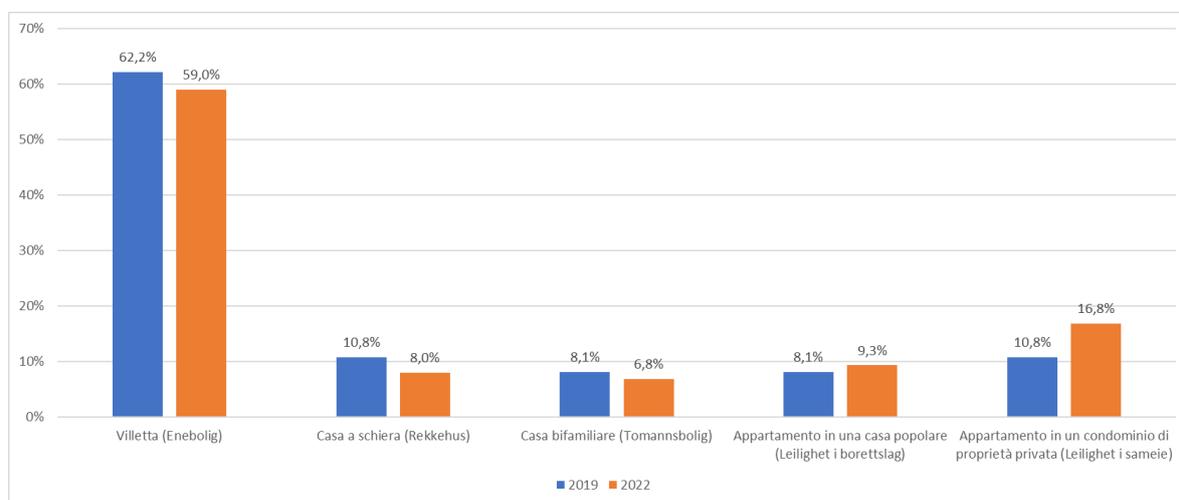


Figura 6 – La distribuzione per tipo di residenza. Fonte: ELBIL (2022)

4.3 Disponibilità di un posto auto

Diversi studi hanno sottolineato che la disponibilità di un posto auto, privato o condominiale, renda più agevole il passaggio da un'auto termica ad un'auto elettrica (Figenbaum et al., 2015; Hardman et al., 2018; Klein et al., 2020; Brückmann e Bernauer, 2023). I dati a nostra disposizione confermano questa conclusione: quasi tutti (più del 97%) i possessori di BEV in Norvegia che hanno partecipato all'indagine nel 2022 hanno un proprio posto auto (Tabella 3).

Tabella 3 – La distribuzione del campione 2022 per tipo di residenza e per disponibilità di un posto auto. Fonte: ELBIL (2022)

<i>Tipo di residenza</i>	<i>Posto auto: sì</i>	<i>Posto auto: no</i>
<i>Casa unifamiliare isolata (Enebolig)</i>	97.4%	2.6%
<i>Casa a schiera (Rekkehus)</i>	97.9%	2.1%
<i>Casa bi-familiare (Tomannsbolig)</i>	96.2%	3.8%
<i>Appartamento in un condominio di proprietà privata (Leilighet i sameie)</i>	93.3%	6.7%
<i>Appartamento in una casa popolare (Leilighet i borettslag)</i>	97.6%	2.4%
<i>Totale</i>	97.1%	2.9%

Distinguendo per situazione abitativa, è interessante osservare che in Norvegia il posto auto privato non è ad appannaggio solo di chi vive in una casa (unifamiliare isolata, semi-isolata o bi-familiare), ma anche di chi abita in un appartamento (in un condominio o in una casa popolare). Disporre di un posto auto proprio non significa necessariamente che il posto auto sia attrezzato per la ricarica notturna, ma è assai probabile che sia così nella gran maggioranza dei casi, anche se il questionario diffuso nel 2022 non contiene questa specificazione.

A questo punto le domande diventano le seguenti. Cosa ci dice questo dato sulla decisione/possibilità di comprare una EV? La disponibilità di un posto auto privato è una condizione *sine qua non* per passare all'auto elettrica? Quanto è importante questo requisito nella scelta di un'auto elettrica? Cosa decideranno di fare i non possessori di un parcheggio privato? Quale modello di sviluppo per le infrastrutture di ricarica? Potranno le EV diventare l'unica alimentazione scelta dagli automobilisti norvegesi? E che implicazioni ha questo per la diffusione delle EV in Italia?

Al momento attuale non è possibile rispondere a tutti questi interrogativi. Sappiamo solo che certamente gli attuali possessori hanno sfruttato la possibilità di dotarsi di una ricarica casalinga. I nostri studi precedenti (Scorrano e Danielis, 2022; Scorrano e Rotaris, 2022; Rotaris et al., 2021; Scorrano et al., 2020) sulle determinanti di scelta degli automobilisti tra alimentazioni alternative ci permettono di affermare che il possesso di un posto auto privato è una determinante significativa, ma non che sia una condizione *sine qua non*.

4.4 BEV come unico veicolo

L'indagine ELBIL (2022) ci permette anche di sapere quanti rispondenti si sono affidati completamente alle BEV.

Tabella 4 – Famiglie con auto esclusivamente elettriche. Fonte: ELBIL (2022)

Disponibilità di auto in famiglia	N°	%
<i>Solo 1 auto: elettrica</i>	6.564	39.6%
<i>2 auto: entrambe elettriche</i>	2.051	12.4%
<i>3 auto: tutte elettriche</i>	84	0.5%
<i>Totale rispondenti 2022</i>	16.581	

Sulla base dell'indagine del 2022, più del 50% dei rispondenti ha scelto di possedere solo BEV (Tabella 4). Il resto sono automobilisti che in famiglia possiedono, in aggiunta ad una BEV, anche auto termiche o ibride, incluse le PHEV. Un valore così elevato, e crescente rispetto agli anni precedenti, indica che per i norvegesi le BEV sono affidabili sia in termini di utilizzo per tutti i tipi di viaggio sia in termini di ricarica.

5 Tipologie di residenza: un confronto tra la Norvegia e l'Italia.

Al fine di valutare se la condizione abitativa in Italia sia simile o diversa rispetto a quella norvegese, abbiamo interrogato il database messo a disposizione da Eurostat.

Tabella 5 – Distribuzione abitativa in Norvegia ed in Italia. Fonte: Eurostat⁴

	Abitazione	Totale	Casa	di cui: unifamiliare	di cui: a schiera	Appartamento	di cui in edificio con meno di 10 unità abitative	di cui in edificio con 10 o più unità abitative	Altro
Norvegia	Totale	100%	77%	74%	26%	23%	30%	70%	0.2%
	Cities	30.8%	54%	52%	48%	46%	23%	77%	0.3%
	Towns and suburbs	40.8%	83%	74%	26%	17%	38%	61%	0.2%
	Rural areas	28.4%	92%	88%	12%	8%	45%	55%	0.4%
Italia	Totale	100%	47%	53%	47%	53%	50%	50%	0.3%
	Cities	35.7%	25%	57%	43%	75%	35%	65%	0.0%
	Towns and suburbs	46.1%	53%	49%	51%	47%	62%	38%	0.2%
	Rural areas	18.3%	72%	56%	44%	27%	84%	18%	1.1%

Troviamo che in Norvegia la percentuale di persone che vivono in una casa è del 77%, mentre il resto vive in un appartamento (a parte un residuale 0.2% che vive in un altro tipo di abitazione) (Tabella 5). Tra quelli che vivono in una casa, ben il 74% vive in una casa isolata. Risiedere in una casa, meglio se isolata, aumenta ovviamente la probabilità di avere un proprio posto auto, mentre nelle case a schiera la possibilità di avere un parcheggio proprio (coperto o meno) dipende dal tipo di costruzione. Per chi vive in un appartamento, la disponibilità di un proprio posto auto è quasi sempre legata all'esistenza di un garage condiviso (condominiale o in altre forme).

In Italia la percentuale di persone che vivono in una casa è più bassa: il 47% (di cui 53% in una casa isolata e 47% in una casa non isolata su tutti i lati), mentre il restante 53% vive in un appartamento.

Questi valori sono il risultato anche della densità abitativa. Infatti, distinguendo tra "cities", "towns and suburbs" e "rural areas", rispetto ai Norvegesi, gli Italiani vivono più in città (35.7% vs 30.8%) o nelle "towns and suburbs" (46.1% vs 40.8%) e meno in "rural areas" (18.3% vs 28.4%). Inoltre, si osservi anche come la percentuale di persone che vivono in case isolate, con presumibilmente maggior facilità di ricaricare nel posto auto proprio, sia più alta in Norvegia che in Italia, in particolare nelle "towns and suburbs" (74% contro 56%) e nelle "rural areas" (88% contro 56%).

Sulla base di questa evidenza, è chiaro come il problema del dimensionamento quantitativo e localizzativo delle stazioni di ricarica delle auto elettriche si presenti in Italia in modo diverso rispetto alla Norvegia.

6 Abitudini di ricarica degli automobilisti elettrici norvegesi

La conoscenza delle abitudini di ricarica degli automobilisti è fondamentale per una corretta pianificazione e realizzazione delle stazioni di ricarica. Come sottolineato in letteratura, i modelli di ottimizzazione devono tener conto delle abitudini di ricarica degli automobilisti. Il concetto di abitudine di ricarica ha una dimensione spazio-temporale, ovvero va precisato dove e per quanto tempo un automobilista decide di usare un PR (Liao et al., 2023).

⁴ Eurostat illustra in questo modo il metodo e le classificazioni proposte: "The degree of urbanisation classifies local administrative units (laus) as cities, towns and suburbs or rural areas based on a combination of geographical contiguity and population density, measured by minimum population thresholds applied to 1 km² population grid cells; each LAU belongs exclusively to one of these three classes. The categories are defined as follows: a) cities, otherwise referred to as densely populated areas — code 1; b) towns and suburbs, otherwise referred to as intermediate density areas — code 2; c) rural areas, otherwise referred to as thinly populated areas — code 3."

Fortunatamente, le indagini ELBIL permettono di rispondere in modo molto dettagliato a queste domande.

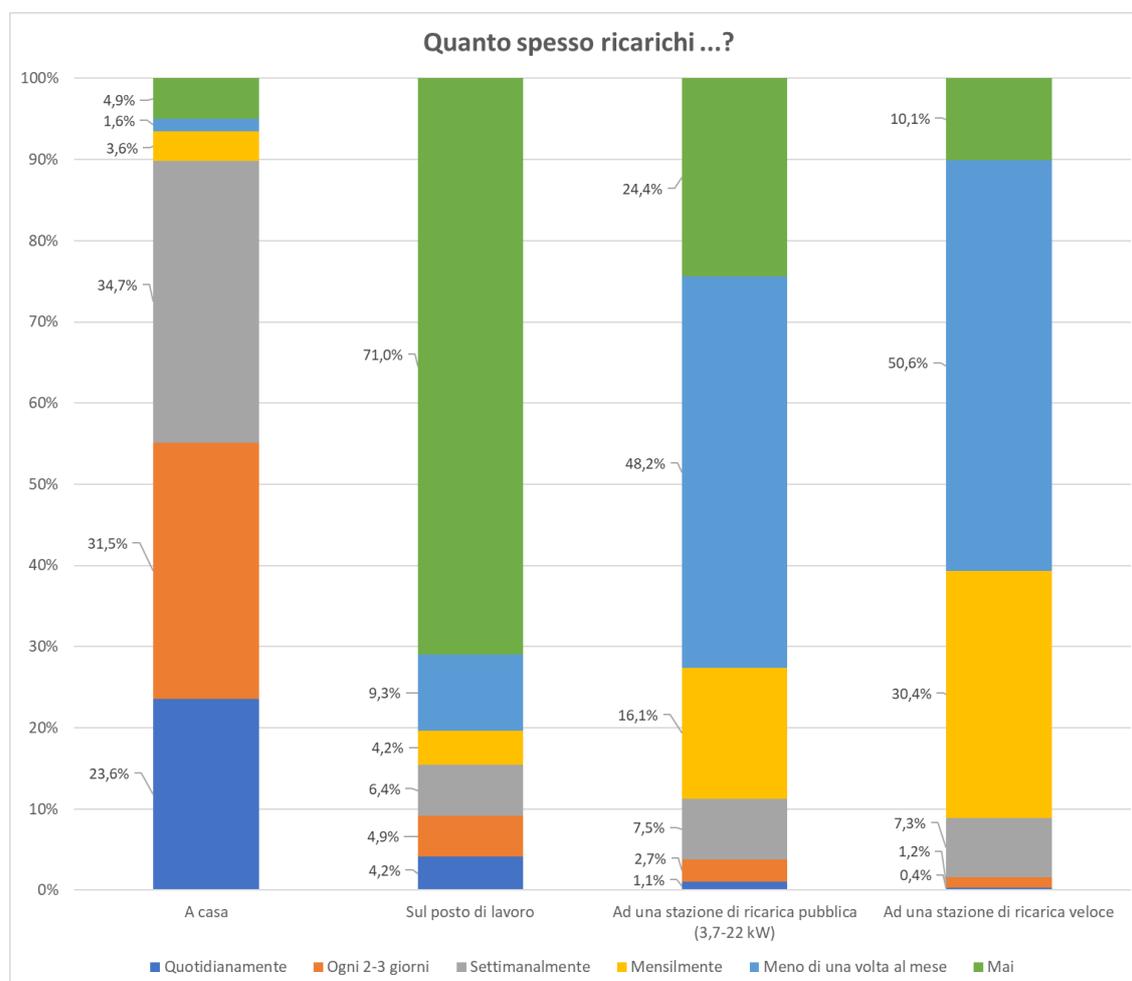


Figura 7 – Luogo dove si ricarica. Fonte: nostri calcoli su dati ELBIL (2022)

Relativamente al luogo in cui i possessori di EV ricaricano, l'indicazione più recente è che i rispondenti ricaricano più spesso a casa (Figura 7): il 23,6% ogni giorno ed il 31,5% ogni 2-3 giorni. Solo il 4,9% non ricaricano mai a casa. Il secondo luogo in cui si ricarica frequentemente è il posto di lavoro. Non sono però molti i rispondenti che lo fanno almeno settimanalmente, poco più del 10%, ad indicare che non è una modalità di ricarica che si è molto diffusa. La ricarica in stazioni pubbliche, sia lente che veloci è sporadica: meno del 10% lo fanno almeno una volta alla settimana. La gran parte lo fa meno di una volta al mese. Durante la ricarica veloce, la batteria viene ricaricata attorno all' 80%, come suggerito dal punto di vista tecnico.

Per la ricarica a casa, prevale di gran lunga la ricarica notturna, tra le 20 e le 7 del mattino. Si noti, che nel 2018 la ricarica pomeridiana, nella fascia oraria tra le 16 e le 20, probabilmente dopo il rientro dal lavoro, era prevalente. Tale abitudine è venuta meno nel 2022. Interrogati sul perché si effettui la ricarica prevalentemente di notte, gran parte degli intervistati indicano la convenienza economica, seguita dalla praticità e dal desiderio di non sovraccaricare la rete domestica.

7 Grado di soddisfazione con la ricarica nei punti di ricarica ad accesso pubblico

Molto spesso, soprattutto nei paesi come l'Italia ma non solo (Brückmann & Bernauer, 2023), dove l'esperienza con le EV è ancora limitata, si sostiene che la ricarica nei PR ad accesso pubblico sia un grosso ostacolo alla diffusione delle EV e che tale ostacolo sia quasi o difficilmente sormontabile. È pertanto interessante considerare qual è il grado di soddisfazione dei possessori di EV in Norvegia con i diversi aspetti (tecnici, economici, organizzativi) dell'esperienza di ricarica.

Un primo dato riguarda la valutazione della rete di PR veloce messa a disposizione dai principali fornitori presenti in questo mercato in Norvegia. Sulla base della Figura 8, si possono fare due considerazioni. La prima è che il grado di soddisfazione è complessivamente buono: per quasi tutti i fornitori (ad eccezione di Ishavsveien), il giudizio "molto soddisfatto" o "soddisfatto" è nell'ordine del 40-60%. La rimanente parte dei rispondenti si dice "né soddisfatta né insoddisfatta" e solo una piccola parte è "insoddisfatta". La seconda considerazione è che nel caso della Tesla, più dell'80% dei possessori di un'auto Tesla si dice "molto soddisfatto", la restante parte "soddisfatto" e solo alcuni "né soddisfatta né insoddisfatta" o "insoddisfatti": la rete dei Superchargers Tesla, anche grazie alla loro integrazione proprietaria con le auto Tesla, fornisce quindi un servizio di ricarica ancora ben superiore a quello dei fornitori "universali".

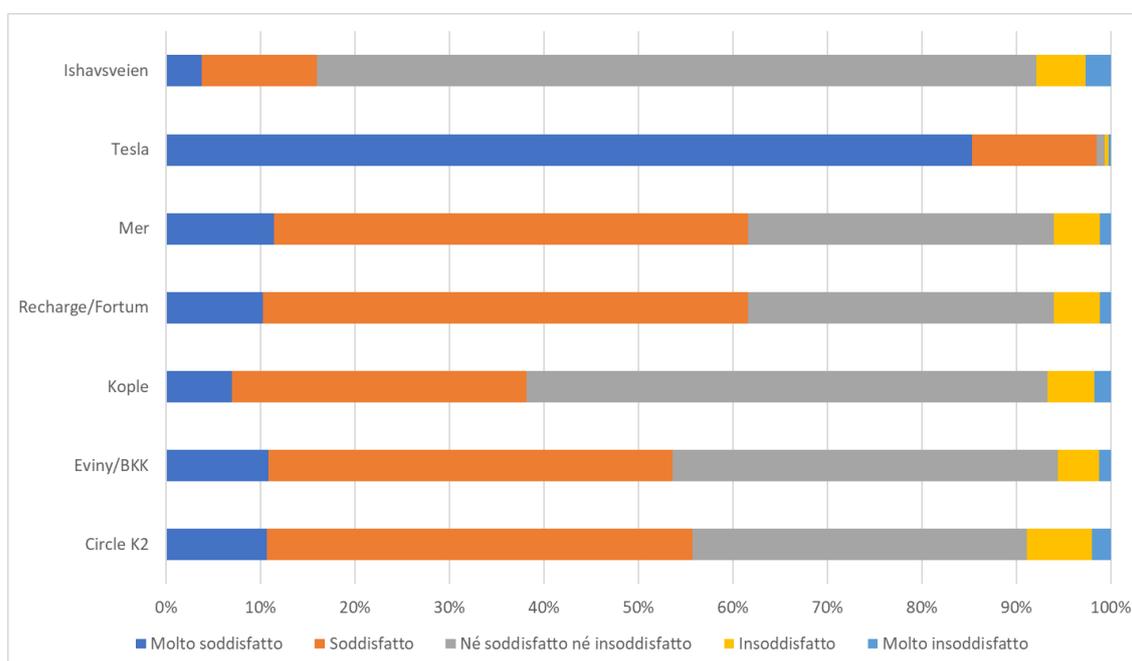


Figura 8 – Grado di soddisfazione con la ricarica veloce di diversi operatori. Fonte: nostri calcoli su dati ELBIL (2022)

La Figura 9 ci permette di approfondire ulteriormente i diversi aspetti della valutazione dei Tesla Supercharger da parte dei possessori di auto Tesla. Si può osservare come gran parte degli utenti siano "molto soddisfatti" o "soddisfatti" rispetto a tutte le caratteristiche prese in considerazione. Funzionano quando utilizzati e la app è ottima per più del 70% degli intervistati. Il metodo di pagamento adottato (l'addebito sul conto) è apprezzato. Sono estremamente facili da usare. Le valutazioni si riducono leggermente in riferimento al numero di stazioni o di PR per stazione o alla velocità di ricarica, rimanendo comunque molto soddisfacenti.

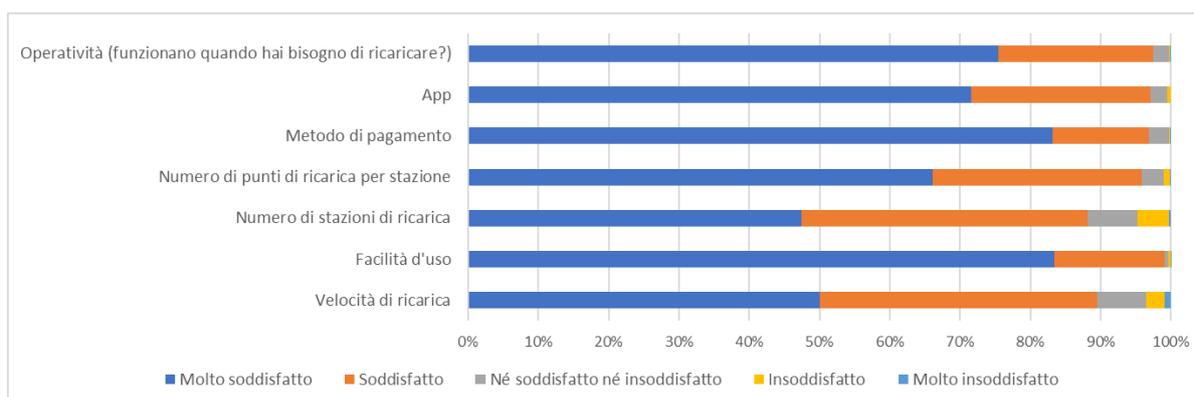


Figura 9 - Valutazione analitica dei Superchargers Tesla. Fonte: nostri calcoli su dati ELBIL (2022)

Un'ulteriore preoccupazione potrebbe riguardare la formazione di code per la ricarica veloce all'aumentare del numero di auto elettriche in circolazione. Nella Figura 10 abbiamo rappresentato le risposte raccolte nel 2018 e nel 2022. È sorprendente osservare che la frequenza delle code non è aumentata, anzi parrebbe diminuita. Evidentemente il maggior numero di EV è stato ben compensato dall'aumento del numero di stazioni di ricarica e della loro potenza, grazie anche al fatto che le nuove auto sono in grado di caricare sempre più velocemente.

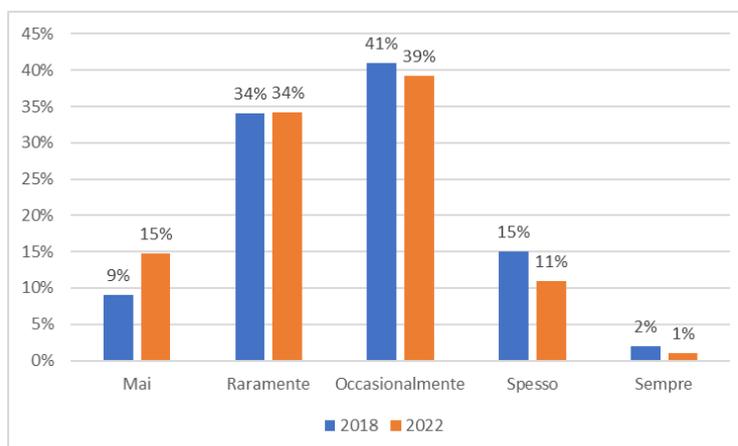


Figura 10 - Code alla ricarica. Fonte: nostri calcoli su dati ELBIL (2018, 2022)

Relativamente al tempo più lungo in cui un utente è rimasto in fila per ottenere una ricarica rapida nell'ultimo anno, le risposte si concentrano su tempi di attesa per metà (51,2%) inferiori a 20 minuti e per il 22,3% toccando i 40 minuti.

L'indagine del 2021 si è concentrata su come gli automobilisti elettrici vivono la necessità di ricaricare durante i viaggi lunghi. L'indagine indica che il 66,9% dei rispondenti ritiene che fermarsi per ricaricare sia in ogni caso necessario durante il viaggio. Il 26,5% la ritiene invece una sosta che volentieri eviterebbe per arrivare a destinazione il più rapidamente possibile.

Per quanto riguarda, invece, le opinioni su alcuni aspetti della ricarica e dei metodi di pagamento, i rispondenti in larga parte gradirebbero un design delle stazioni più standardizzato, che ci fossero meno operatori ed apps, che soluzioni semplici vengano utilizzate da tutti gli operatori, che vengano fornite più informazioni sui prezzi della ricarica e che le stazioni siano facili da trovare. In ogni caso, almeno la metà ritiene che il prezzo e l'operatore sia importante.

Per concludere, riportiamo alcune evidenze sulla valutazione complessiva dell'esperienza come automobilista elettrico. La gran parte degli automobilisti elettrici che hanno partecipato all'indagine si ritengono soddisfatti (37,3%) o molto soddisfatti (55,9%) di guidare un'auto elettrica. Gli insoddisfatti rappresentano meno del 2%. La Figura 11, riporta l'opinione su alcune tematiche generali, ripetendole

in alcuni casi nell'indagine del 2019 e del 2022. Alcuni, ma in numero limitato e in percentuale costante, lamentano problemi con la ricarica lenta in inverno. La "range anxiety" (ossia la paura che la batteria si scarichi prima di arrivare alla meta), spesso citata a livello giornalistico, preoccupa un numero limitato di rispondenti (circa il 20% e in percentuale calante). Più dell'80% degli intervistati si dice piacevolmente sorpreso delle caratteristiche del veicolo elettrico. Anche la "charging anxiety" è limitata a meno del 30% dei rispondenti, mentre almeno la metà dei rispondenti del 2022 ritiene che la ricarica veloce sia troppo costosa.

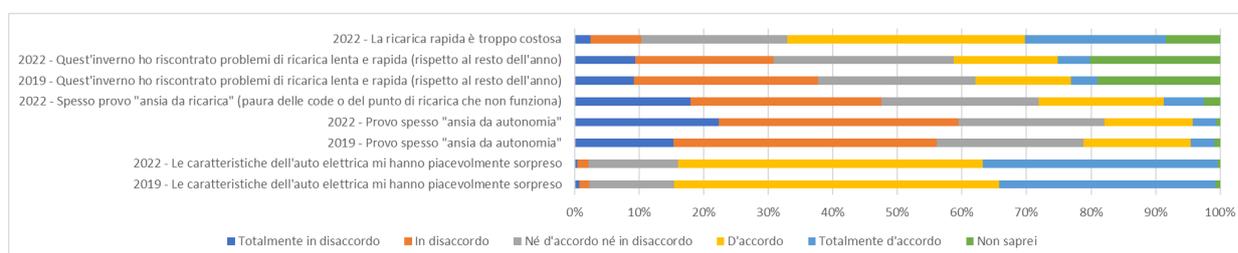


Figura 11 – Evoluzione dell’esperienza elettrica. Fonte: nostri calcoli su dati ELBIL (2019, 2022)

8 Politiche per l’infrastruttura di ricarica

L’assetto attuale delle infrastrutture di ricarica elettrica è l’esito degli investimenti privati e dei fornitori di stazioni di ricarica (CPO) ma anche della pianificazione e dei finanziamenti pubblici.

Enova è l’ente governativo norvegese responsabile di fornire finanziamenti e consulenza per progetti energetici e climatici. Già prima del 2011, aveva finanziato un programma di infrastrutture per veicoli elettrici mirato a installare 1.900 PR e da allora ha continuamente fornito supporto finanziario ai progetti di infrastrutture di ricarica.

Uno dei punti centrali della strategia norvegese è consistita nel sostegno finanziario alle associazioni edilizie per l’acquisto e l’installazione di infrastrutture di ricarica, con sovvenzioni dal 20% al 50% del costo offerto in diverse città. Oslo, ad esempio, ha promosso un programma che finanzia fino ad un massimo del 20% l’acquisto e l’installazione di infrastrutture di ricarica, fino a NOK 5.000, vale a dire €450 per PR e NOK 1.000.000 (€91.000) per cooperative edilizie. Il programma è rivolto a cooperative edilizie (housing associations⁵), i condomini e le associazioni di garage ad esse associate, mentre rimanevano esclusi i privati, gli enti pubblici e le aziende che affittano posti auto (<https://blog.wallbox.com/norway-ev-incentives/>).

Inoltre, la Norwegian Electric Vehicle Association monitora costantemente le stazioni in esercizio per fornire indicazioni aggiornate ai suoi membri. I membri hanno anche accesso al Ladeklubben, un blue charging chip che fornisce accesso e pagamento facilitato alle stazioni di ricarica in Norvegia e nel resto dell’Europa. Infine, sempre la Norwegian Electric Vehicle Association fornisce consulenza alle “housing associations” su come procedere all’installazione di infrastrutture di ricarica collettive.

9 Conclusioni e indicazioni per le politiche

Riassumiamo di seguito le principali conclusioni emerse dall’analisi della esperienza norvegese.

In Norvegia si è assistito ad un’elevata diffusione delle EV, che hanno conquistato quasi il 90% del mercato, grazie alle favorevoli e continue politiche fiscali. Sulla base del database ELBIL, apprendiamo che gli automobilisti che hanno acquistato un EV sono distribuiti attraverso tutte le fasce sociali e le età. Abitano prevalentemente in case (isolate, a schiera o bifamiliari), ma non solo: in modo crescente risiedono anche in appartamenti in condomini privati o che godono di sovvenzioni pubbliche. Un numero crescente di famiglie, ormai vicino alla metà del campione, dichiara di avere solo auto

⁵ Housing associations: housing associations, condominiums, housing cooperatives, home owners' associations and housing cooperatives.

elettriche. La quasi totalità ha un posto auto, anche quelli che abitano in un appartamento. Le EV per ora rappresentano solo un terzo delle auto immatricolate per cui non è chiaro se il problema della ricarica degli automobilisti non dotati di posto auto si porrà e in che misura.

Rispetto all'Italia, la Norvegia è comunque un paese a bassa densità abitativa, con un numero elevato di persone che abitano in case private. Quindi è un paese favorevolmente propenso alle auto elettriche.

La Norvegia dispone di un numero di PR molto elevato e costantemente crescente, con una differenziazione tra città e contee legata alla densità residenziale: nelle città più popolate il numero di ricariche lente è proporzionalmente più elevato di quelle meno popolate.

Il campione osservato dichiara di ricaricare prevalentemente a casa e di notte (per sfruttare le basse tariffe e non interferire con gli altri carichi domestici), e solo sporadicamente in stazioni di ricarica pubbliche lente o veloci, proprio sfruttando il fatto di avere a disposizione un posto auto attrezzabile con prese o apparecchi per la ricarica dell'auto. Non si segnalano particolari problemi nella ricarica domestica neanche in inverno. I rispondenti dichiarano inoltre un buon grado di soddisfazione anche rispetto al servizio di ricarica veloce predisposto dai principali fornitori. Nel caso dei possessori di auto Tesla, il grado di soddisfazione con i diversi aspetti della esperienza di ricarica con i Superchargers Tesla è particolarmente elevato. In generale, le code non vengono percepite come un problema grave perché evidentemente le infrastrutture sono cresciute in parallelo con la penetrazione delle BEV. Pertanto, si può concludere che la soddisfazione complessiva dell'esperienza di ricarica e con l'auto elettrica è molto buona, anche se viene segnalato che la ricarica veloce è costosa.

Infine, abbiamo visto come la Norvegia ha da lungo tempo messo in campo misure di sostegno alla costruzione di stazioni di ricarica, in particolare mirate ai condomini ed alle cooperative edilizie proprio per promuovere il diritto alla ricarica notturna per tutti.

Pur essendo sicuramente il paese leader nel processo di elettrificazione del parco automobilistico ed avendo intrapreso questo percorso da più di un decennio con l'ambizione che il 100% delle nuove immatricolazioni siano elettriche entro il 2025, anche in Norvegia rimangono aperte alcune sfide. La prima è, secondo molti commentatori, la sostenibilità dei sostegni fiscali all'acquisto delle auto elettriche che si è avvalso di un sistema bonus-malus di tassazione delle auto termiche e di sgravi fiscali alle EV che ha però finito per incidere sui conti pubblici a disposizione dei trasporti. La seconda è la progressiva estensione dei benefici dell'auto elettrica a coloro che non dispongono di un posto auto, numero che potrebbe essere limitato ma non trascurabile. La terza sfida è adattare i sistemi di ricarica ai continui e rapidi progressi della tecnologia delle auto e delle batterie, che potrebbe richiedere un nuovo dimensionamento delle infrastrutture, rendendo obsoleto, e forse pletorico, l'assetto attuale.

Cosa può imparare l'Italia dall'esperienza norvegese?

Come è naturale, sembra che anche in Italia i primi automobilisti a passare all'elettrico sono quelli che dispongono di un posto auto, meglio se in un garage proprio in una abitazione isolata. I dati norvegesi ci mostrano comunque che avere la possibilità di ricaricare la notte a casa non significa che non si voglia/abbia la necessità di ricaricare anche nelle stazioni veloci. Lo sviluppo parallelo delle stazioni veloci è pertanto necessario per "rassicurare" gli automobilisti che passano all'elettrico.

Il caso Norvegia ci dimostra che l'esperienza con un'auto elettrica può essere soddisfacente e rappresenta quindi un dato rassicurante in vista di una progressiva penetrazione delle EV anche in Italia alla luce delle recenti direttive europee e degli investimenti delle principali case automobilistiche. Dal punto di vista del proprietario di una EV, l'esperienza norvegese ci mostra che la ricarica può diventare un "non-problema", anzi un vantaggio rispetto all'auto termica: si ricarica a casa, di notte quando l'auto non è utilizzata, e si evitano le code alle stazioni di servizio. L'automobilista elettrico norvegese segnala un grado di soddisfazione elevato rispetto al tema della ricarica.

Al momento attuale, il problema principale per l'Italia è il basso numero di EV anche in rapporto ai PR. L'evidenza è che i fornitori di stazioni di ricarica (CPO) hanno investito (e stanno investendo) in modo importante sui PR (in Italia, come abbiamo osservato più numerosi che in Norvegia in rapporto alle EV presenti) ma faticano a rientrare dall'investimento. Ciò ha portato, anche recentemente, ad un aumento dei prezzi che può ulteriormente rallentare la diffusione delle EV.

La sfida per l'Italia è più impegnativa del caso norvegese a causa della maggiore densità abitativa e del maggior numero di persone che abitano in condomini o palazzi non dotati di parcheggi

condominali. Dimensionare le SR\PR per localizzazione e capacità in relazione alle diverse caratteristiche residenziali è pertanto una sfida importante e complessa.

I dati disponibili per l'Italia mostrano una prevalenza delle ricariche Quick rispetto alle Slow. Il caso di Oslo ci mostra un orientamento opposto: la presenza di molte più Slow che Quick. A questo proposito, il modello City Plug⁶ recentemente proposto da A2A per le città di Brescia e Milano sembra muoversi nella giusta direzione.

Sicuramente, sarà necessario perfezionare e chiarire le norme di installazione delle infrastrutture di ricarica nei garage condominiali per permettere l'acquisto di un EV anche alle molte persone che in Italia non dispongono di un posto auto privato.

Inoltre, deve essere avviata in modo più sistematico la costruzione di infrastrutture di ricarica nei parcheggi pubblici, anche con PR lenti dato che i periodi di stazionamento possono essere piuttosto lunghi.

I luoghi di lavoro potrebbero rappresentare un ulteriore luogo dove installare PR lenti, a basso costo e poco impattanti sulle reti elettriche. I dati norvegesi, pur mostrando che è una possibilità sfruttata da alcuni utenti, sembra assegnare comunque ad essa un ruolo subordinato rispetto alla ricarica notturna.

In generale, i dati ci mostrano che le SR\PR in Italia dovranno sicuramente crescere ancora molto, se devono servire ad una crescente diffusione di EV. Ci sembrerebbe sensato, comunque, suggerire un approccio graduale, basato sul monitoraggio dei tassi di utilizzo dei diversi PR ad accesso pubblico e sulle abitudini di ricarica degli utenti: le auto devono diffondersi in parallelo ai PR. Lo sviluppo accelerato incentivato (drogato) dalle politiche può portare a sovra-investimenti o decisioni di investimento sbagliate.

Quale ruolo quindi per il decisore pubblico? Il decisore pubblico ha alcuni ruoli importanti nel processo di infrastrutturazione dei PR:

- autorizzare la costruzione delle SR e l'installazione dei PR negli spazi pubblici;
- promuovere e subsidiare la costruzione delle stesse;
- deve avere cura delle aree a domanda debole;
- deve tener conto dei vincoli di rete elettrica;
- deve assicurare un adeguato grado di concorrenza tra i CPO per evitare l'insorgere di rendite monopolistiche che sarebbero a carico degli automobilisti elettrici e a danno della diffusione delle EV.

È quindi un ruolo non facile e che si gioca a diversi livelli di governo (nazionale, regionale e comunale). Il presupposto per prendere decisioni consapevoli è la conoscenza delle dinamiche in atto. Pertanto, un presupposto che riteniamo fondamentale e che ci permettiamo di suggerire è la costruzione di un database nazionale delle SR\PR, simile a quello costruito e mantenuto in Norvegia dalla Norwegian Electric Vehicle Association.

Riferimenti bibliografici

Borlaug, B., Yang, F., Pritchard, E., Wood, E., & Gonder, J. (2023). Public electric vehicle charging station utilization in the United States. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 114, 103564. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2022.103564>

Brückmann, G., & Bernauer, T. (2023). An experimental analysis of consumer preferences towards public charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103626>

Chakraborty, D., Bunch, D. S., Lee, J. H., & Tal, G. (2019). Demand drivers for charging infrastructure-charging behavior of plug-in electric vehicle commuters. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 76, 255–272. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2019.09.015>

Fevang, E., Figenbaum, E., Fridstrøm, L., Halse, A. H., Hauge, K. E., Johansen, B. G., & Raaum, O. (2021). Who goes electric? The anatomy of electric car ownership in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102727>

Figenbaum, E., Assum, T., & Kolbenstvedt, M. (2015). Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities. *Research in Transportation Economics*, 50, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.06.004>

⁶ <https://www.gruppoa2a.it/it/media/storie/city-plug-piccole-colonnine-ricarica-mobilita-elettrica>

- Fridstrøm, L., & Østli, V. (2017). The vehicle purchase tax as a climate policy instrument. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 96, 168–189. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.011>
- Fridstrøm, L., & Østli, V. (2022). The Revealed Preference for Battery Electric Vehicle Range. *Findings*. <https://findingspress.org/article/31635>
- Gellrich, M., Block, A., & Leikert-Böhm, N. (2022). Spatial and temporal patterns of electric vehicle charging station utilization: a nationwide case study of Switzerland. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(2), 021003. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/AC6A09>
- Hardman, S., Jenn, A., Tal, G., Axsen, J., Beard, G., Daina, N., Figenbaum, E., Jakobsson, N., Jochem, P., Kinnear, N., Plötz, P., Pontes, J., Refa, N., Sprei, F., Turrentine, T., & Witkamp, B. (2018). A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 508–523. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.002>
- Jochem, P., Gnann, T., Anderson, J. E., Bergfeld, M., & Plötz, P. (2022). Where should electric vehicle users without home charging charge their vehicle? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 113, 103526. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2022.103526>
- Klein, M., Lüpke, L., & Günther, M. (2020). Home charging and electric vehicle diffusion: Agent-based simulation using choice-based conjoint data. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102475>
- Liao, Y., Tozluoğlu, Ç., Sprei, F., Yeh, S., & Dhamal, S. (2023). Impacts of charging behavior on BEV charging infrastructure needs and energy use. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103645>
- Li, Z., Xu, Z., Chen, Z., Xie, C., Chen, G., & Zhong, M. (2023). An empirical analysis of electric vehicles' charging patterns. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103651>
- Metais, M. O., Jouini, O., Perez, Y., Berrada, J., & Suomalainen, E. (2022). Too much or not enough? Planning electric vehicle charging infrastructure: A review of modeling options. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 153). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111719>
- Mortimer, B. J., Hecht, C., Goldbeck, R., Sauer, D. U., & De Doncker, R. W. (2022). Electric Vehicle Public Charging Infrastructure Planning Using Real-World Charging Data. *World Electric Vehicle Journal* 2022, Vol. 13, Page 94, 13(6), 94. <https://doi.org/10.3390/WEVJ13060094>
- Rotaris, L., Giansoldati, M., & Scorrano, M. (2021). The slow uptake of electric cars in Italy and Slovenia. Evidence from a stated-preference survey and the role of knowledge and environmental awareness. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 144, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.11.011>
- Scorrano, M., & Danielis, R. (2022). Simulating electric vehicle uptake in Italy in the small-to-medium car segment: A system dynamics/agent-based model parametrized with discrete choice data. *Research in Transportation Business and Management*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100736>
- Scorrano, M., Danielis, R., & Giansoldati, M. (2020). Dissecting the total cost of ownership of fully electric cars in Italy: The impact of annual distance travelled, home charging and urban driving. *Research in Transportation Economics*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2019.100799>
- Scorrano, M., Mathisen, T. A., & Giansoldati, M. (2019). Is electric car uptake driven by monetary factors? A total cost of ownership comparison between Norway and Italy. *Economics and Policy of Energy and the Environment*, 2, 99–128. <https://doi.org/10.3280/EFE2019-002005>
- Scorrano, M., & Rotaris, L. (2022a). The role of environmental awareness and knowledge in the choice of a seated electric scooter. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 160, 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.04.007>