

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'energia

Relazione per la prova finale
«Curva di domanda elettrica per elettrificazione
del settore dei trasporti»

Tutor universitario: Prof. Giuseppe Zollino

Laureando: *Valconi Jacopo 1223425*

Padova, 16/10/2022

I trasporti consumano un terzo di tutta l'energia finale nell'UE e maggior parte di questa energia proviene dal petrolio. In Italia, invece, il settore dei trasporti è responsabile di circa il 25% delle emissioni di GHG nazionali su un totale di circa 418 Mt di CO₂



I veicoli elettrici plug-in hybrid o full electric possono aiutarci a diminuire le emissioni, sia perché possono funzionare a energia ottenuta da fonti rinnovabili o carbon neutral, sia perché i motori elettrici hanno una efficienza maggiore rispetto ai termici.

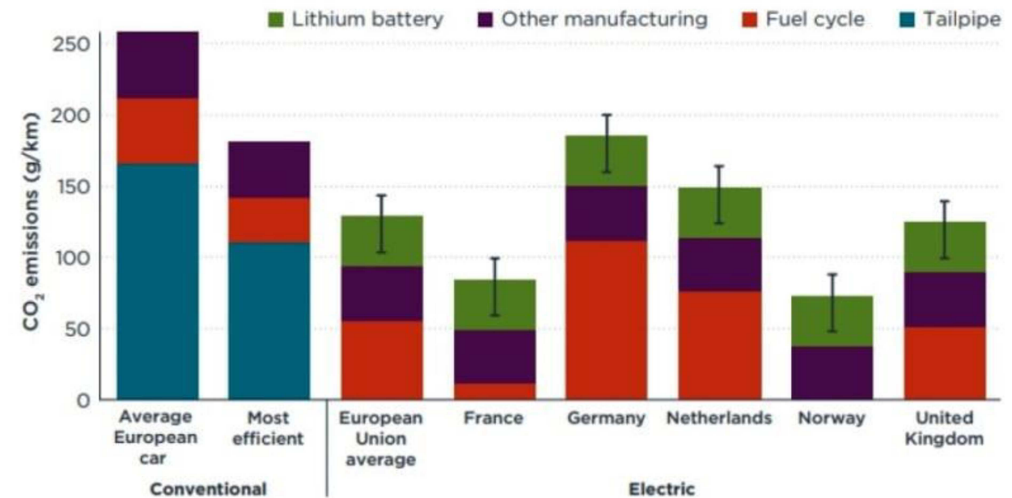
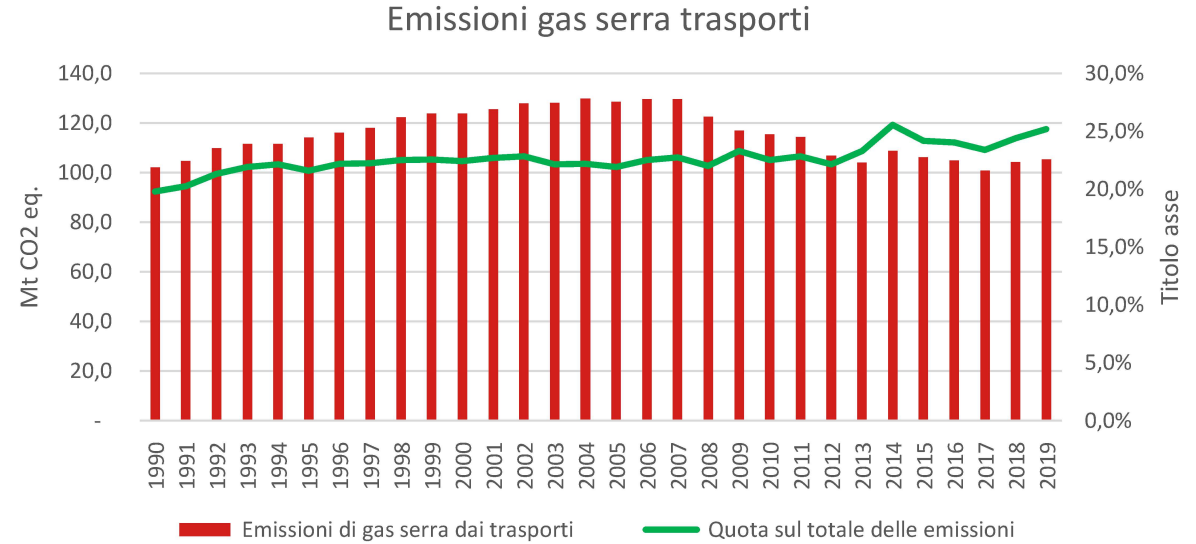


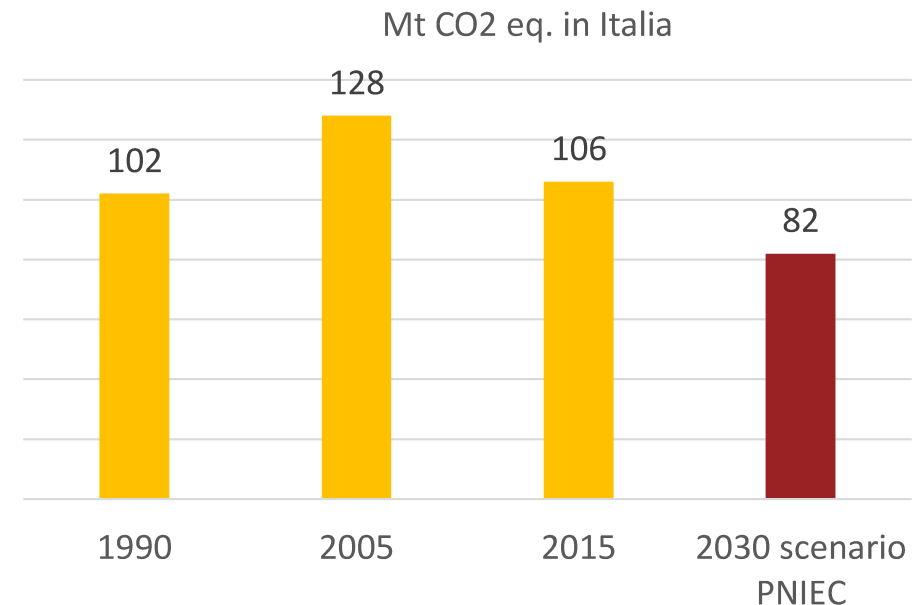
Figure 1. Life-cycle emissions (over 150,000 km) of electric and conventional vehicles in Europe in 2015.



OBIETTIVO: Determinare la curva di domanda elettrica in seguito ad una elettrificazione del settore dei trasporti. In particolar modo delle **auto private**, degli **autobus** adibiti al trasporto pubblico locale e ai **veicoli commerciali leggeri**, ipotizzando come anno obiettivo il 2030.

- Stimare il numero di veicoli al 2030
- Valutare i km giornalieri medi percorsi e le abitudini dei guidatori
- Determinare il consumo di energia specifico dei diversi mezzi
- Ipotizzare un profilo di carico su cui distribuire l'energia giornaliera

Come obiettivo di riferimento si è preso in considerazione il **PNIEC**.



Ipotizzando tasso di ricambio in linea con i 5 anni precedenti al 2019, al 2030 si stimano **5.900.000 auto plug-in**, corrispondente a ~ 16% del parco auto futuro.

$\frac{2}{3}$ BEV

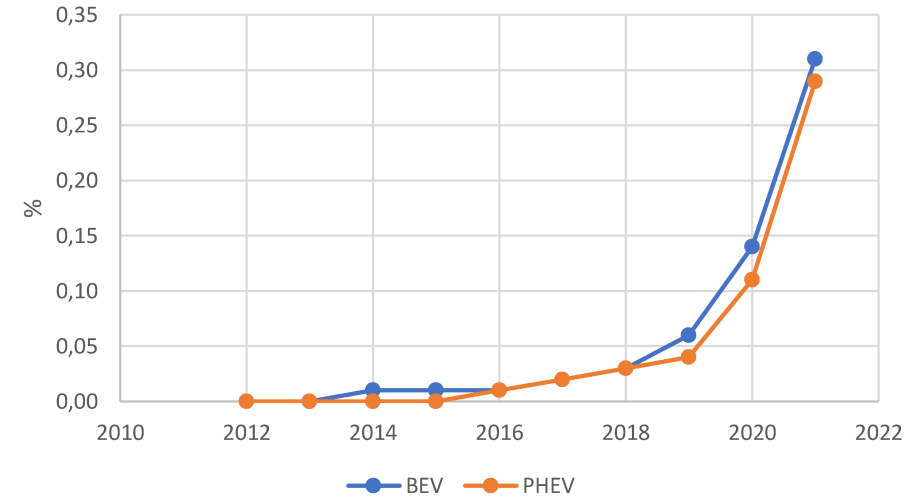
$\frac{1}{3}$ PHEV

	Numero medio di km percorsi per anno	Numero medio km giornalieri
24%	≤ 5,000 km	13,70
24%	5001–10,000 km	20,54
36%	10,001–20,000 km	41,10
14%	20,001–50,000 km	95,89
2%	>50,000 km	136,99

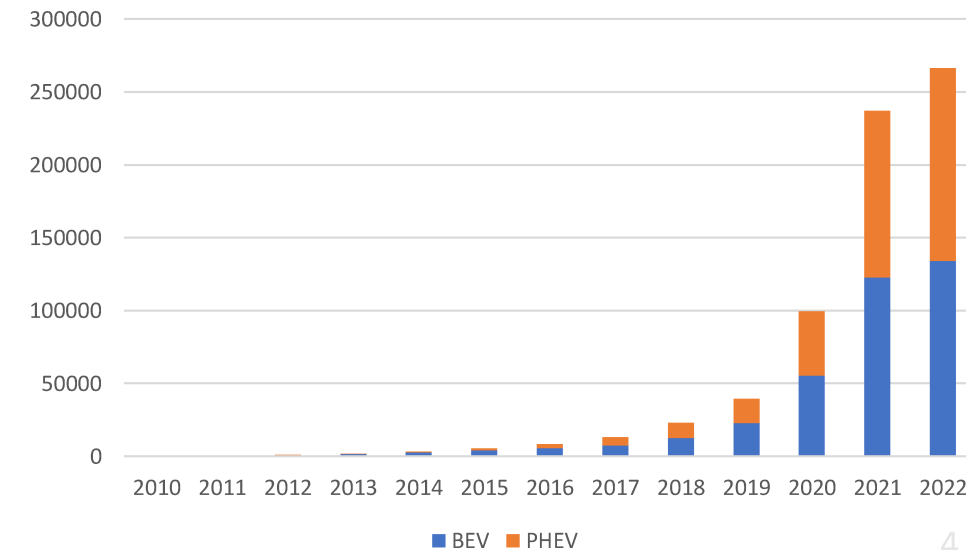
Eseguendo una media pesata risultano al giorno **39,2 km al 2030**

I km giornali dei veicoli PHEV non sono però percorsi sempre al 100% elettrico motivo per cui è necessario introdurre l' **utility factor**, parametro compreso tra 0 ed 1 usato per descrivere la frazione di guida eseguita con il solo motore elettrico in un veicolo PHEV.

Auto plug-in rispetto la flotta totale

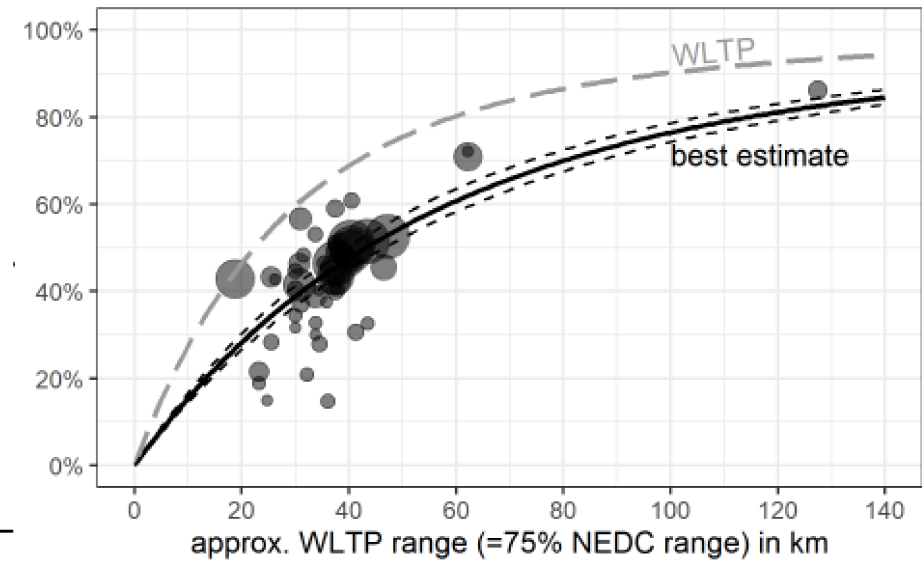
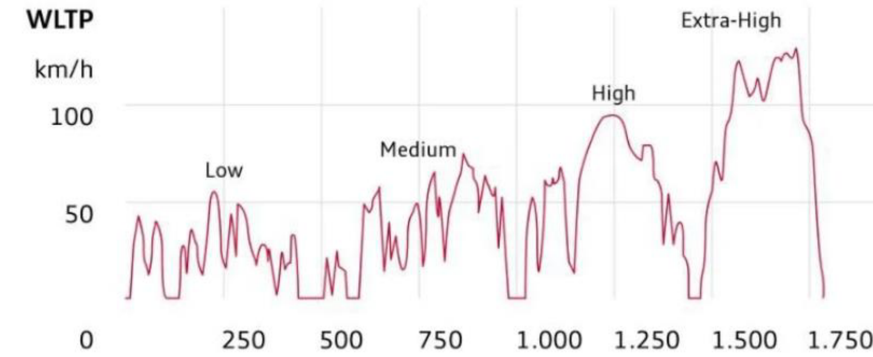


Numero di auto plug-in

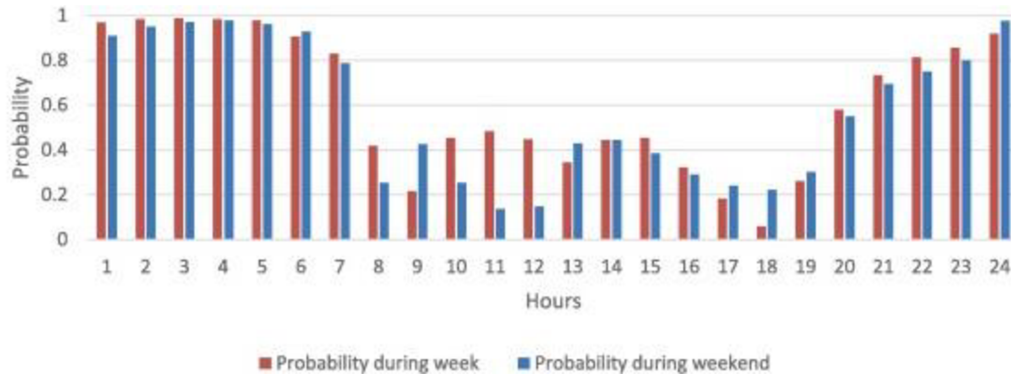


Auto BEV		
Modello	Capacità nominale kWh	Consumo ciclo WLTP kWh/km
Renault Zoe	54,7	0,138
Peugeot e-208	50	0,163
Opel Corsa-e	50	0,132
Fiat 500 elettrica	42	0,152
Volkswagen e-up!	36,8	0,172
Honda e	35,5	0,152
Mazda MX-30	35,5	0,147
MINI Cooper SE	32,6	0,166
Smart EQ forfour	17,6	0,16
MEDIA	39,4	0,153

Auto PHEV		
Modello	Capacità nominale kWh	Consumo ciclo WLTP kWh/km
Jeep Compass	11,3	0,18
Jeep Renegade	11,3	0,226
Volvo XC40	10,7	0,24
Renault Captur	9,8	0,196
BMW X1	8,82	0,1764
Peugeot 3008	13,2	0,22
Ford Kuga	10,3	0,14
Audi Q3	13	0,255
Mini Countryman	10	0,208
MEDIA	11,4	0,204



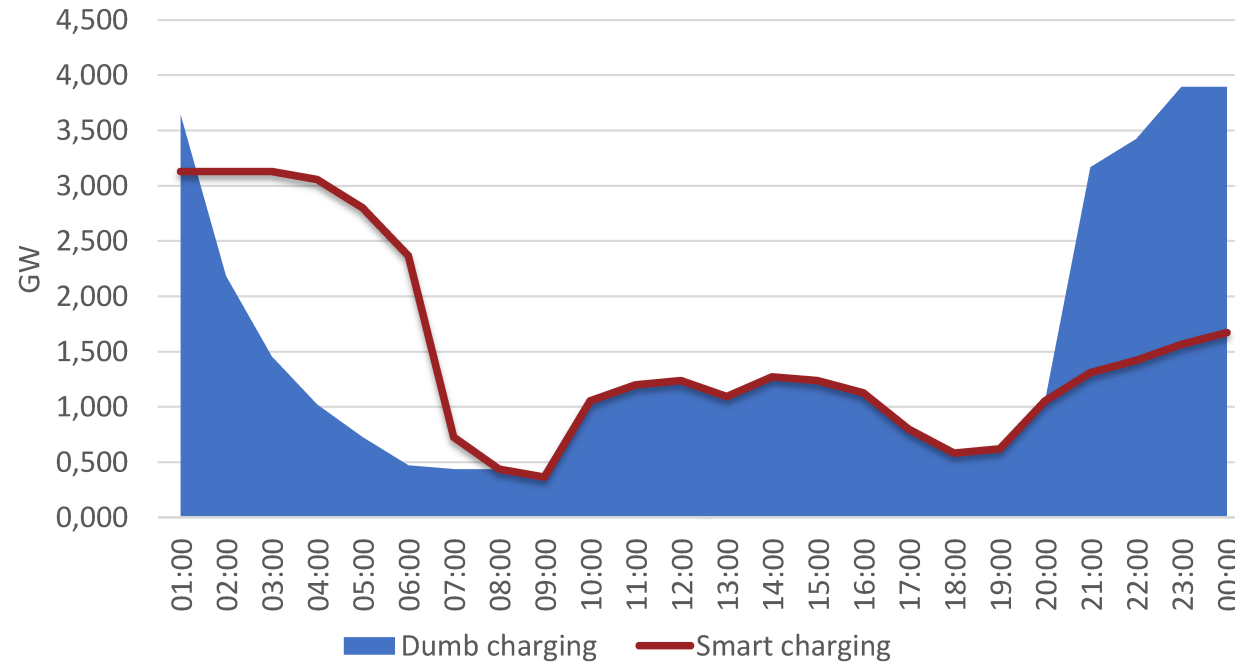
Il profilo di carico deve rispettare la probabilità che un veicoli sia fermo o meno



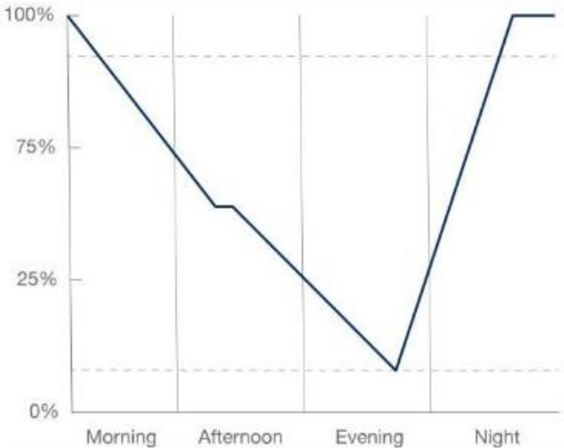
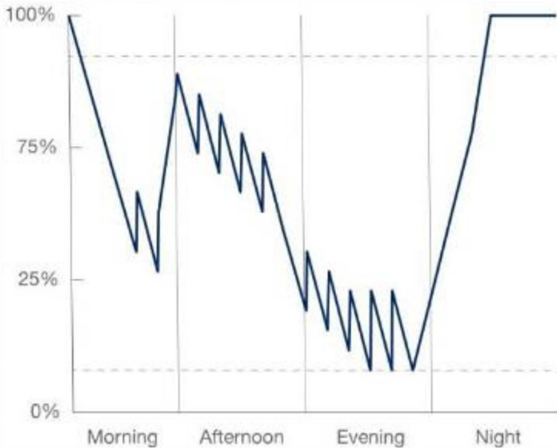
Ipotizzando 39,2 km giornalieri e 5.9M di auto di cui 2/3 BEV, con un consumo medio 0,153 kWh/km e 1/3 PHEV , con un consumo medio 0,204 kWh/km con UF medio di 0,6.



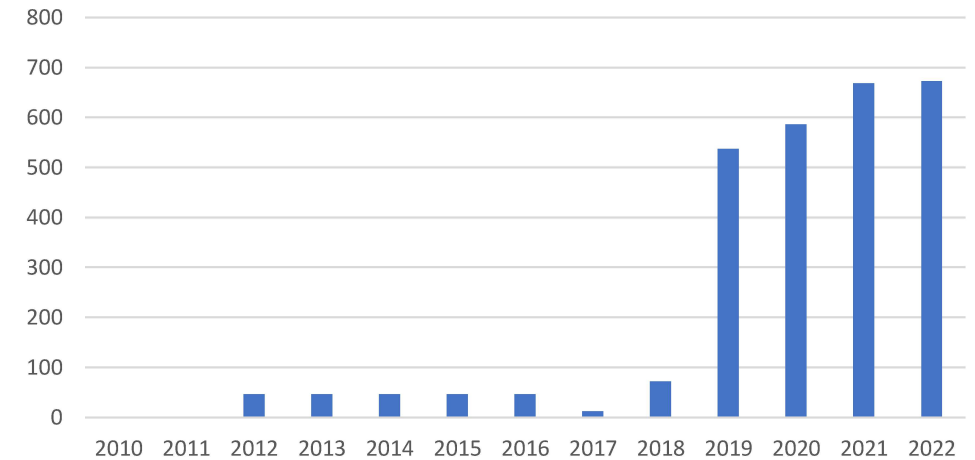
- 23,58 GWh/giorno auto BEV
 - 9,12 GWh/giorno auto PHEV
- Totale di 32,7 GWh/giorno cioè **11,94 TWh/anno**



Ipotizzando tasso di ricambio in linea con i 5 anni precedenti al 2019, al 2030 si stimano **8.539 autobus plug-in**, corrispondente a ~ 8,5% del parco totale e ~17% del parco TPL futuro. → 100% BEV

Strategy	Depot Overnight only	Opportunity Overnight and mid-day recharging
Charger type	Depot: 30 up to 150 kW (for buses with high range)	Depot: 30-50 kW Opportunity: 150/300/450/600 kW (e.g. at end-stop or terminal)
Charging technology	🔌 Mostly plug-in	⤴ Mostly pantograph 🔌 Plug-in (less common) 🔌 Induction (less common)
Load profile (illustrative)		

Numero di autobus plug-in

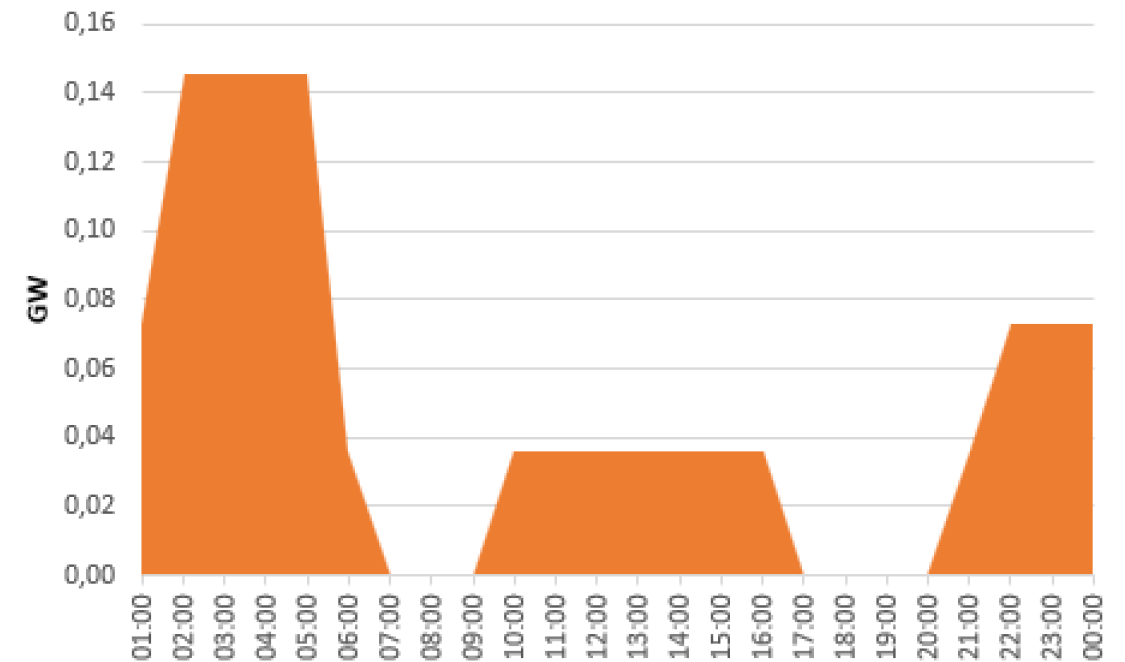
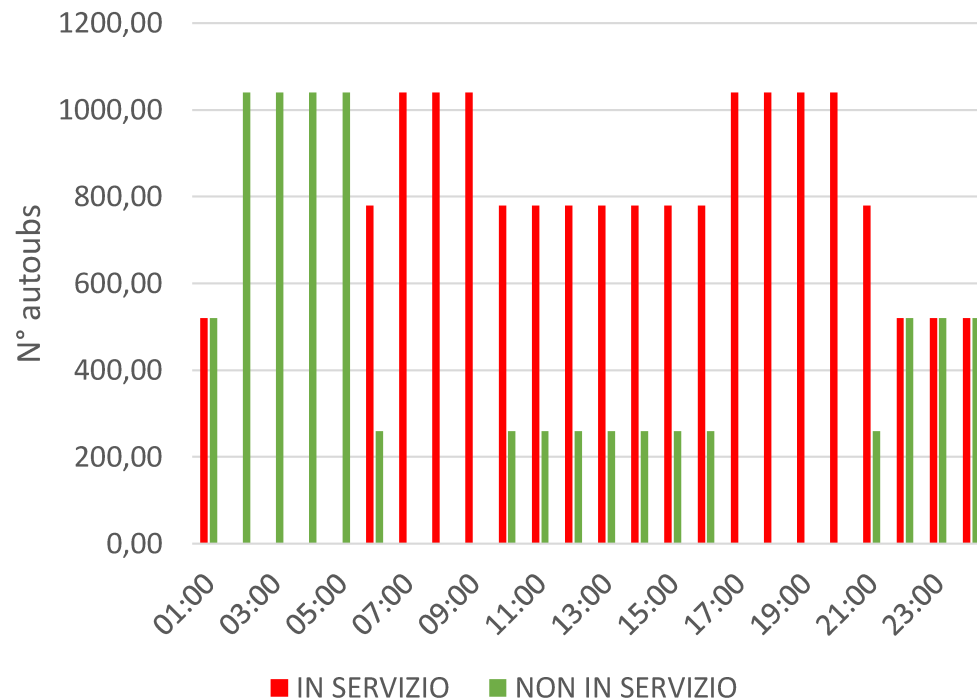


tipologia di bus	Km medi annui percorsi	Km medi giornalieri percorsi
8 metri	45000	148,03
12 metri	55000	180,92
18 metri	60000	197,37

		consumi kWh/km		
	batteria	2021	2025	2030
8metri	200KWh	0,9	0,81	0,73
12metri	350KWh	1,15	1,04	0,93
18metri	550KWh	1,63	1,47	1,32

Ipotizzando 180,92 km giornalieri e 8.539 autobus elettrici con un consumo medio 0,93 kWh/km. Si è preso in considerazione solo autobus da 12m, nonché i più diffusi nel trasporto pubblico locale.

→ Totale di 1,2 GWh/giorno, cioè **0,43 TWh/anno**



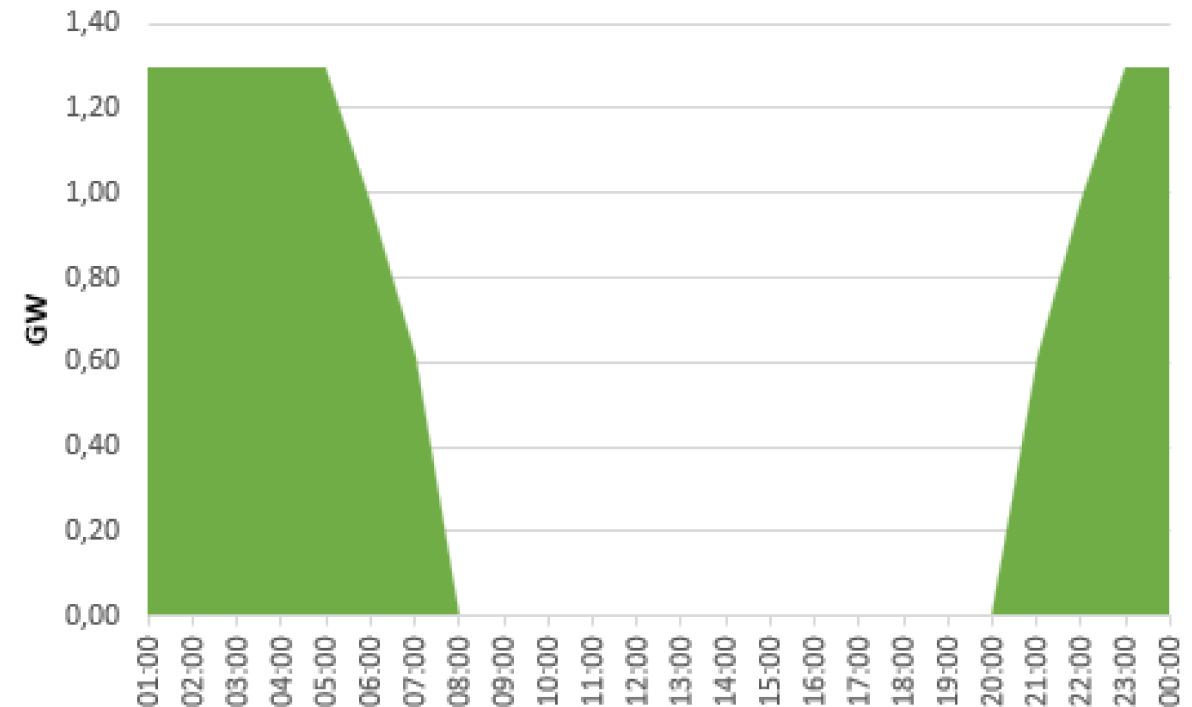
Ipotizzando tasso di ricambio in linea con i 5 anni precedenti al 2019, al 2030 si stimano **350.265 eLCV**, corrispondente a ~ 10% del parco totale futuro. → 100% BEV

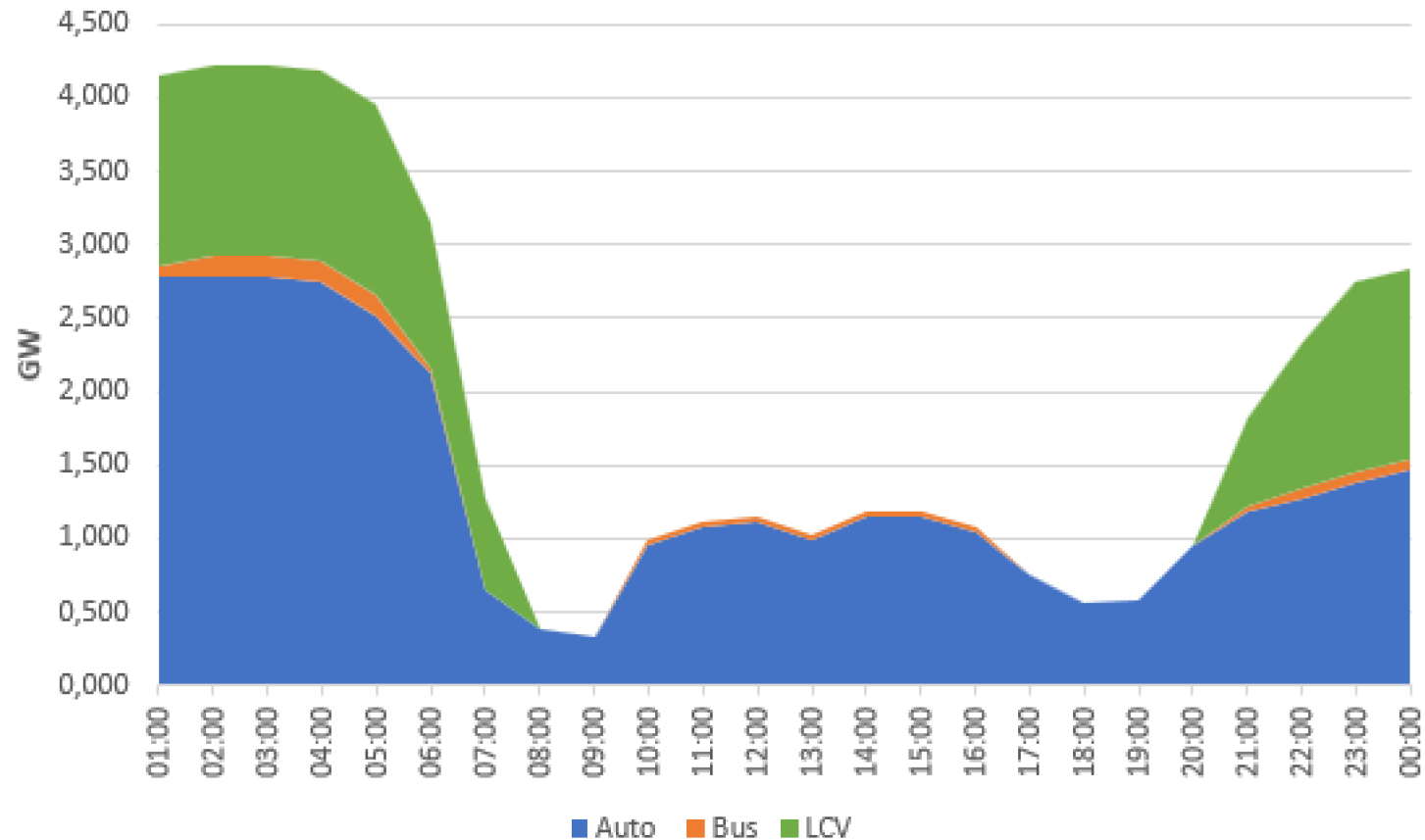
I veicoli commerciali leggeri percorrono di media **160 km al giorno** con un consumo medio di **0,22 kwh/km** con una batteria che varia dai 35 kwh ad oltre 70 kwh e una media di 44 kwh. La tecnologia di ricarica è la medesima delle auto private.

↓

Totale di 12,33 GWh/giorno, cioè **4,5 TWh/anno**

Già ad oggi secondo diverse ricerche il 40-50% degli LCV può essere sostituito con mezzi elettrici, risparmiando in termini economici.





Consumi		
	GWh/gg	TWh/aa
Auto	32,79	11,97
Bus	1,20	0,44
LCV	12,33	4,50
TOT	46,32	16,91

Il fabbisogno di energia
corrisponde al 4,9% rispetto al
fabbisogno totale, ipotizzato a
340 TWh anno al 2030