

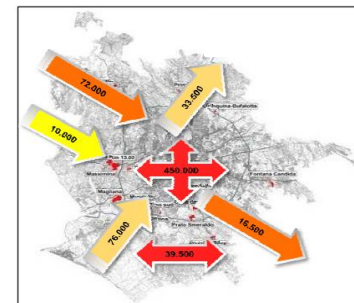
Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Davide Poli¹, Marco Giuntoli¹, Giulia Franceschi², Juri Riccardi²

¹ DESTEC, Università di Pisa

² Enel Ingegneria e Ricerca, Pisa





Budget

Costo totale: **3 M€** (di cui 1,325 M€ di contributo)

Finanziamento: **MATTM** (Ministero Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

Durata: **36 mesi** , (Feb.11- Gen.14)

Obiettivo primario

Elaborare i risultati di una **campagna sperimentale** reale condotta sul territorio (100 Smart elettriche)
→ sviluppo di **opportuni modelli** per proiezione su larga scala → quantificare i **benefici** ottenibili e le **problematiche** tecnologiche da superare per un'applicazione estesa della mobilità elettrica

Risultati Attesi

- Rilevare i **comportamenti reali degli utilizzatori** di veicoli elettrici di nuova generazione e della infrastruttura di ricarica innovativa
- Quantificare i benefici effettivi sia in termini di **efficienza della catena energetica** (well-to-wheel) che di emissione di gas serra e dei principali inquinanti
- Valutare l'impatto sul sistema elettrico nazionale di produzione e trasmissione della domanda addizionale di energia dovuta alla ricarica delle auto elettriche in scenari di lungo periodo (2020-2030)**
- Contribuire alla definizione del **quadro regolatorio** necessario per supportare il raggiungimento degli obiettivi comunitari di tutela ambientale
- Affrontare in forma sistematica il tema del **rinnovamento del parco veicolare** italiano





Partner	Presentazione	Ruolo dichiarato
1. Enel I e I	Società del Gruppo Enel focalizzata sullo sviluppo degli impianti, sulla ricerca e sull'innovazione tecnologica di gruppo	Curerà il coordinamento del progetto e svilupperà la ricerca relativa agli impatti ambientali e alle ricadute potenziali di uno scenario di diffusione della mobilità elettrica su larga scala.
2. Enel Distribuzione	Società del Gruppo Enel responsabile dell'infrastruttura di rete per la distribuzione di energia elettrica e gas, gestisce oltre l'86% della rete elettrica di distribuzione italiana ed è leader mondiale nei sistemi evoluti per la telegestione dei contatori.	Curerà lo sviluppo e la realizzazione delle soluzioni infrastrutturali (circa 400 punti nelle città pilota) per la ricarica e l'analisi degli impatti sulle reti a BT .
3. Mercedes-Benz Italia - Gruppo Daimler	Leader nella produzione mondiale di vetture di alta gamma, nonché il più grande produttore globale di veicoli commerciali, distribuisce marchi primari quali Mercedes Benz e smart.	Fornirà almeno 100 vetture elettriche di ultima generazione, curerà la selezione e il monitoraggio degli automobilisti che parteciperanno alla sperimentazione e la misurazione della mobilità soddisfatta.
4. Università di Pisa - Dipartimento Sistemi Elettrici e Automazione (DSEA)	Svolge attività di ricerca avanzata e applicata nei settori: sistemi elettrici per l'energia e energy management, automazione e robotica, ingegneria economico-gestionale. Ha sviluppato una competenza distintiva nell'analisi di affidabilità, sicurezza ed efficienza dei sistemi elettrici interconnessi.	Curerà la ricerca sulle ricadute del progetto in termini di efficienza e affidabilità del sistema elettrico nazionale.
5. CEI/Cives	Istituzionalmente preposto alla normativa tecnica nel settore elettrotecnico ed elettronico, Cives, costituita presso il CEI, è la sezione italiana dell'AVERE creata nel 1978 dalla CEE per la promozione e diffusione dei veicoli elettrici.	Supporterà la ricerca in materia di standardizzazione in corso e sulle condizioni di replicabilità su larga scala.
6. Università del Salento - Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione - Centro Ricerche Energia e Ambiente	Focalizzato sulle tecnologie innovative, è attivo a livello internazionale per la sperimentazione sui motori, riduzione delle emissioni inquinanti, progettazione di powertrain ibridi.	Curerà l'applicazione della ricerca sui veicoli ibridi nella realtà leccese .
7. Igeam	Specializzata nei temi ambiente, salute/sicurezza, sviluppo sostenibile, ha al suo attivo collaborazioni internazionali e pubblicazione di studi sulle tecnologie ambientali e l'efficienza energetica.	Curerà l'analisi socio/economica, normativa e regolatoria locale e la pubblicazione delle linee guida .



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

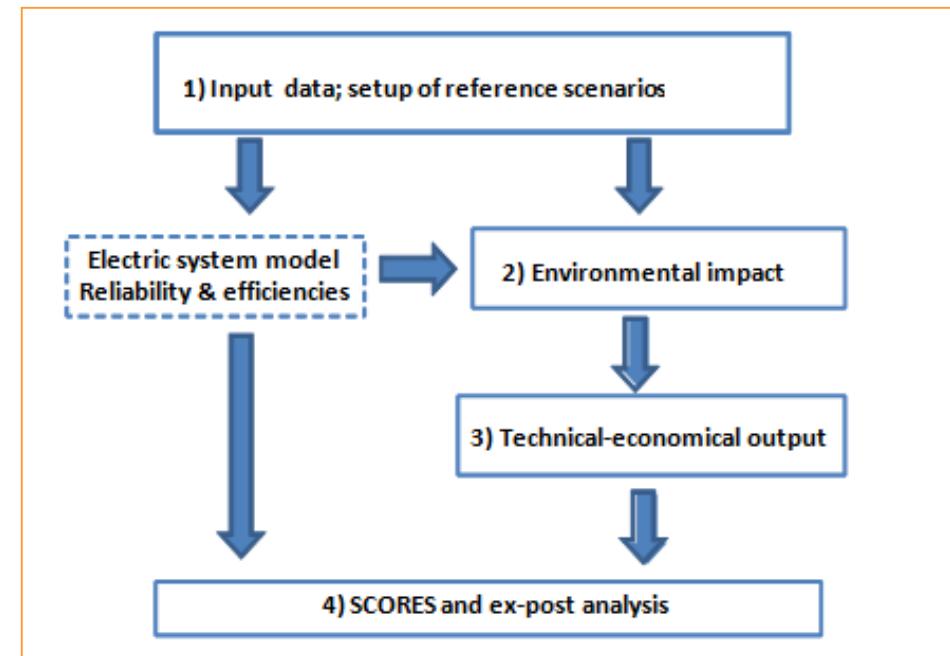
Il tool sviluppato



✓ Sviluppo di un programma che integra specifici modelli matematici di simulazione per quantificare :

- l'impatto sul sistema elettrico (affidabilità ed efficienza)
- l'impatto ambientale (CO₂ e inquinanti)

della diffusione su vasta scala di veicoli elettrici sul territorio italiano



✓ Possibilità di confrontare scenari diversi dal punto di vista economico, tecnologico ed ambientale

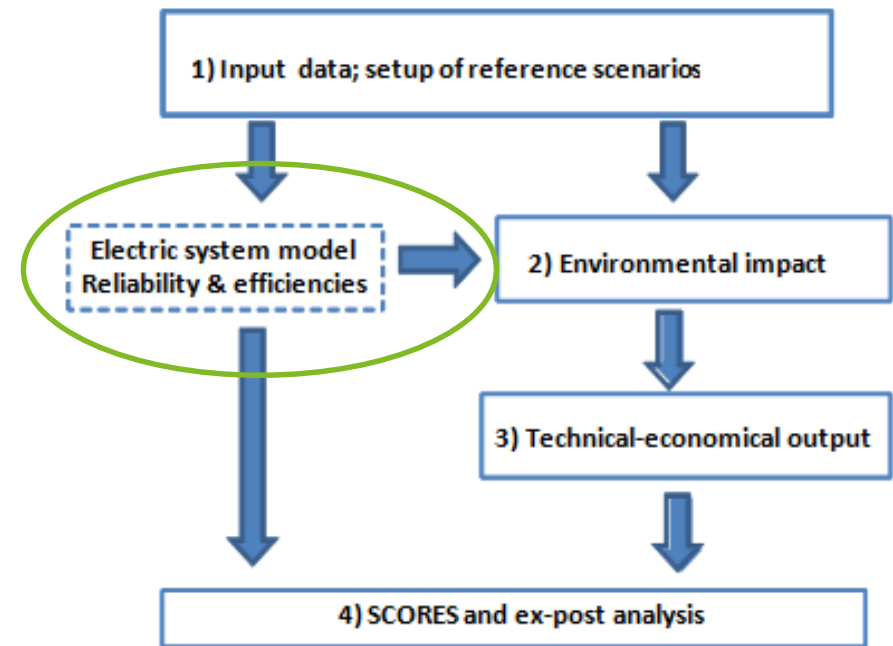


Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Input del tool (BAU e scenari)

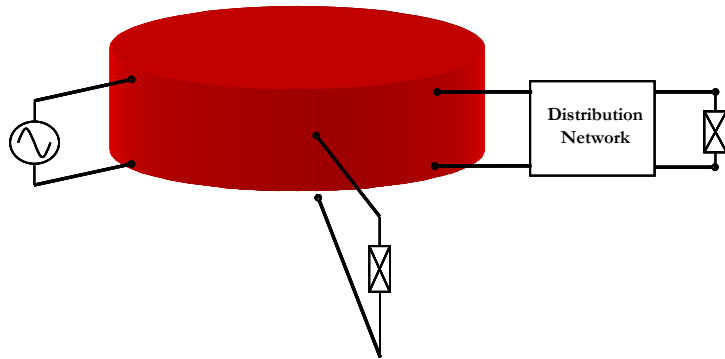


- rete di trasmissione nazionale a 400-220 kV
- parco di generazione termico ed idroelettrico rilevante (> 10 MW) + modelli aggregati per FER
- carico elettrico orario, senza ricarica
- parco veicoli elettrici
- profili di utilizzo e di ricarica dei veicoli
- mercato elettrico e regole di dispacciamento
- quadro regolatorio e politico



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Efficienza



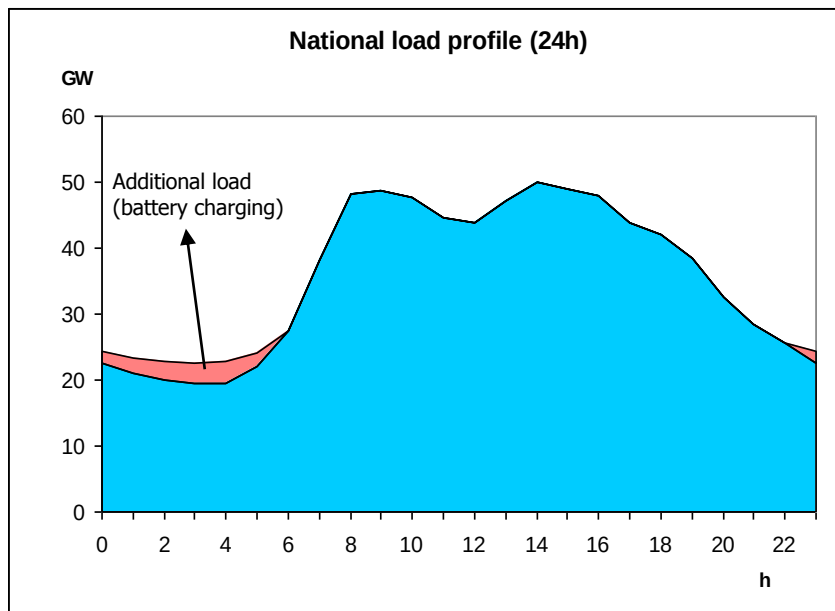
1) Ricarica nelle ore di basso carico → maggiore efficienza di generazione

Le unità di produzione marginali, che tipicamente lavorano molto vicino al minimo tecnico nelle ore di basso carico, aumenterebbero la loro produzione fino a punti di lavoro a maggiore efficienza.

Esempio

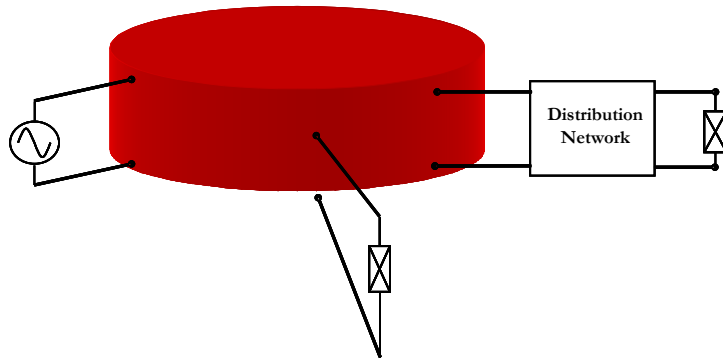
250.000 veicoli → (2 kW*6h) → +500 MW*6h

→ 3 grandi unità di produzione marginali
aumentano la loro efficienza del 7%
su tutta la loro produzione
(non solo su quella addizionale)



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Affidabilità

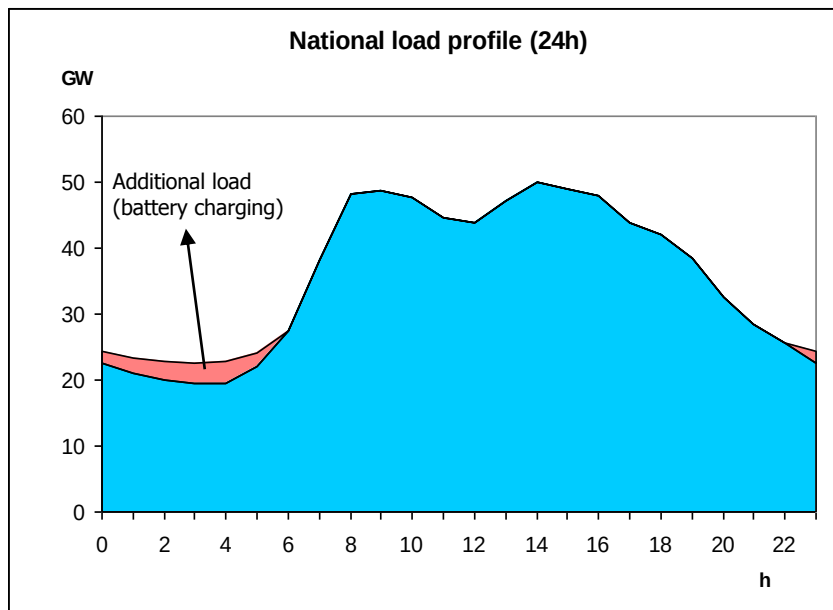


2) Ricarica nelle ore di basso carico → maggiori margini di riserva a scendere

Le stesse unità di produzione marginali aumenterebbero il loro margine di riduzione di potenza ("modulazione a scendere"), utile a fronte di eventi di *over-generation*:

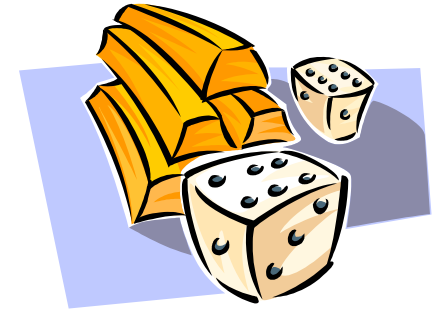
- carico inferiore al previsto
- produzione da fonti rinnovabili non programmabili (FRNP) superiore al previsto (es. eolico)

→ Miglior sfruttamento delle rinnovabili
→ Maggior affidabilità del sistema elettrico

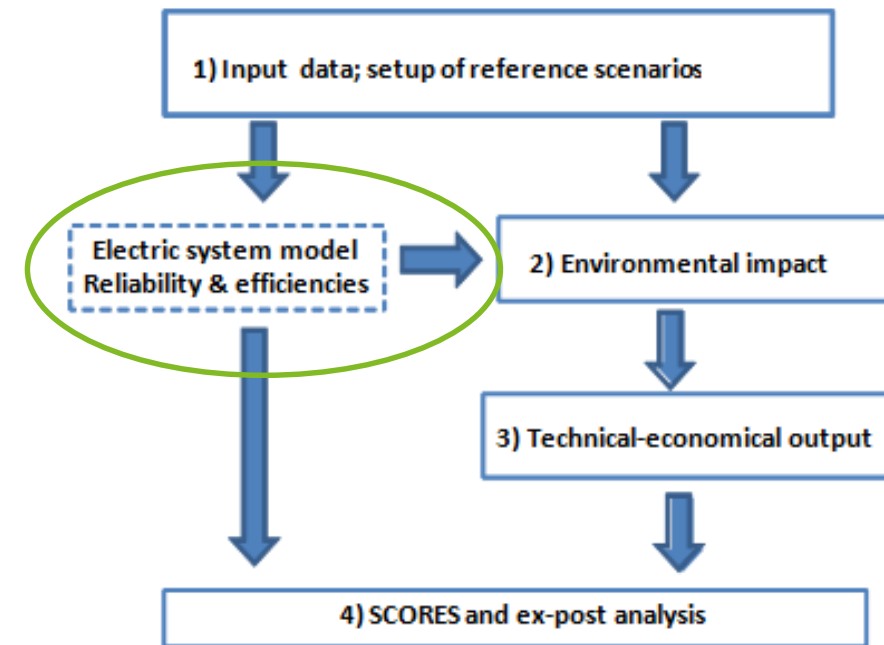


Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Il simulatore Monte Carlo



- definizione della **traiettoria previsionale** di funzionamento di ogni componente del sistema elettrico (96 foto, una ogni 15')
- simulazione dell'esercizio giornaliero del sistema, con estrazione di eventi di disturbo mediante tecnica Monte Carlo Sequenziale (**guasti a generatori/linee, errata previsione del carico o della generazione FRNP**)
- simulazione della **risposta del sistema** di riserva, bilanciamento e difesa del sistema elettrico
- calcolo **indici di rischio** (energia non fornita)



Italia: 270 nodi, 390 linee,
circa 250 generatori

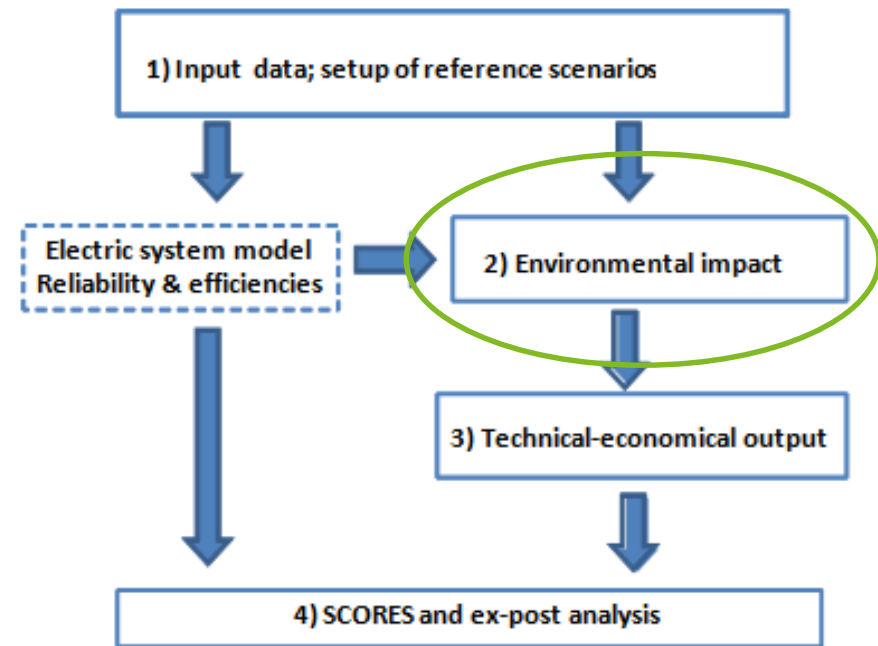


Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Impatto ambientale



- **Emissioni evitate** medie annue, derivanti dall'uso dei veicoli elettrici in sostituzione di un quota parte dei veicoli convenzionali. HOT+COLD+EVAPORATIVE
- **Emissione aggiuntive** medie annue, derivanti da un maggior utilizzo dal parco di generazione, a causa della ricarica dei veicoli elettrici.
- **Costo medio annuo dell'impatto ambientale**, sulla base delle metodologie ExternE e Life Cycle Analysis (LCA)
- **Bilancio economico ed ambientale** tra i benefici derivanti dall'utilizzo dei veicoli elettrici (carburante ed emissioni evitate) e le criticità date dal maggior utilizzo del parco di generazione termoelettrico (combustibile ed emissioni aggiuntive).



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

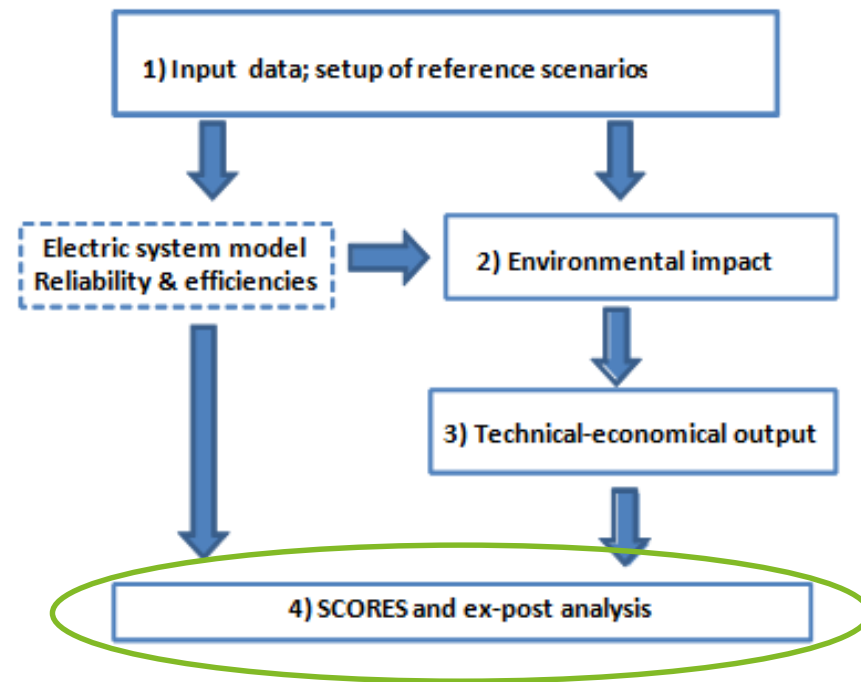
Metrica decisionale



Metrica di confronto: **impatto economico** valutato attraverso il calcolo delle **esternalità** (o costi ambientali) associate alla sostituzione di veicoli a combustione interna con veicoli elettrici.

Utilizzo della metodologia **ExternE**, che:

- ✓ fornisce criteri generali per **l'omogeneizzazione** dei diversi contributi alle emissioni e la quantificazione dei costi ad essi associati;
- ✓ **pondera** gli impatti sulla base di dati quantitativi condivisi dalla comunità scientifica internazionale e su procedure standardizzate;
- ✓ **valuta** gli impatti ambientali rapportandoli ad un'unità monetaria specifica [€/kWh].



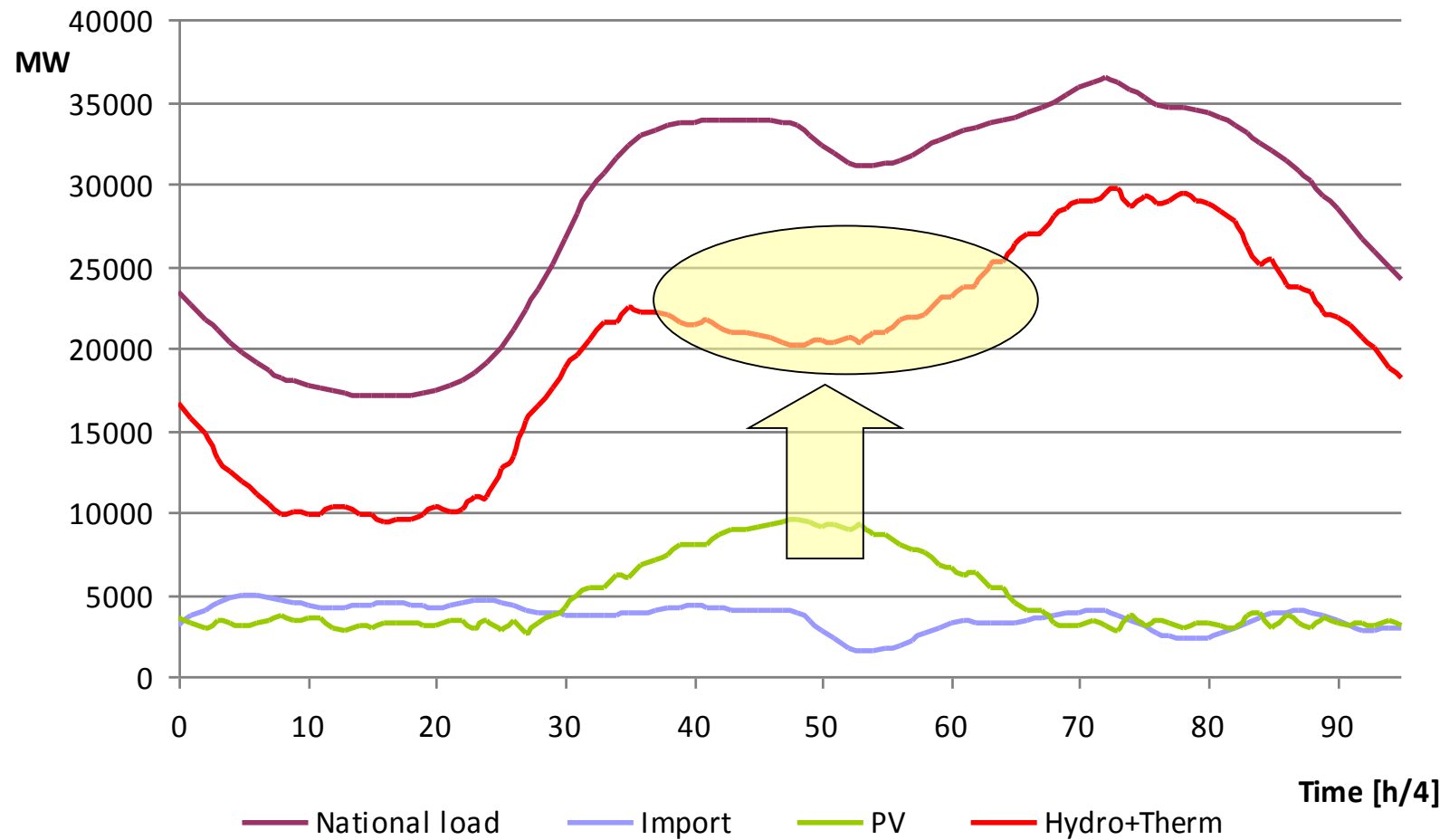
Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Gli scenari



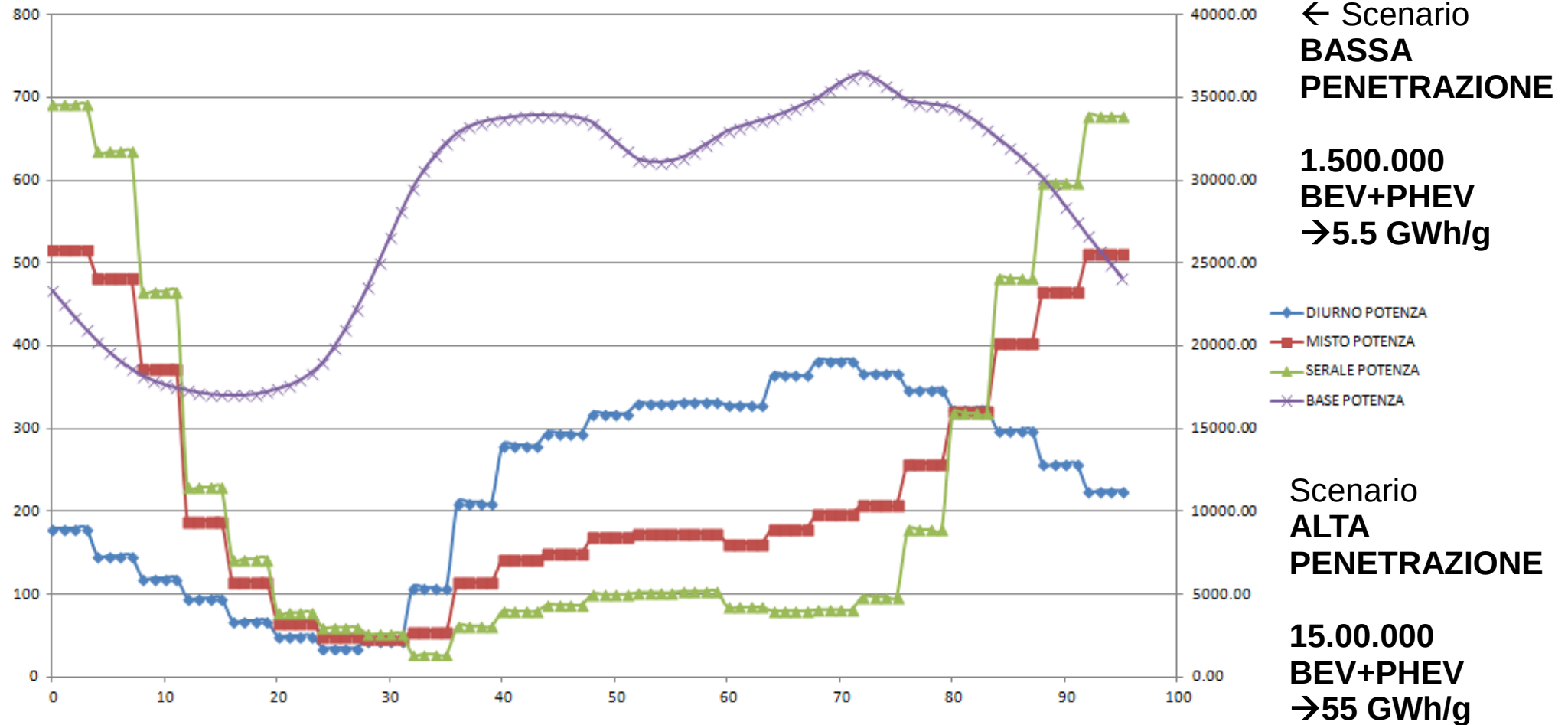
Caso base:

Senza
Battery El. Vehicles
(BEV)
e
Plug-in Hybrid
El.Vehicles
(PHEV)



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Gli scenari

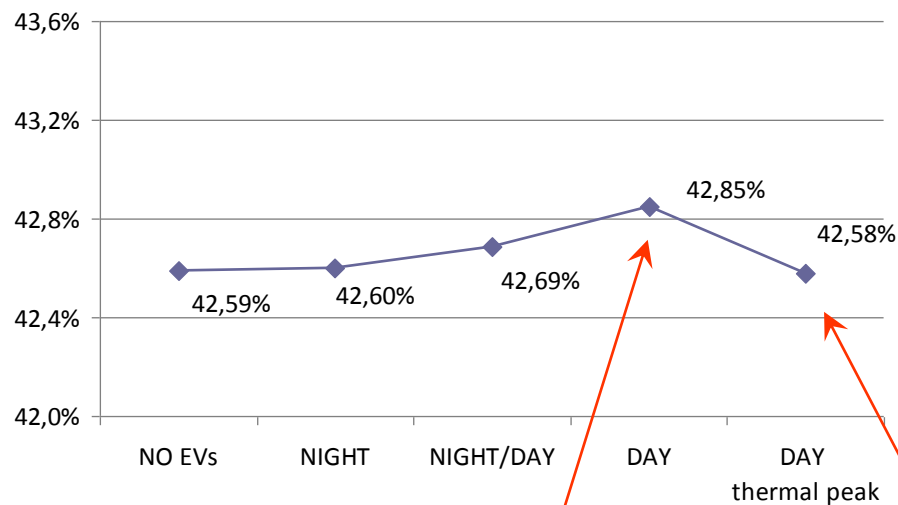


Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

I risultati: efficienza

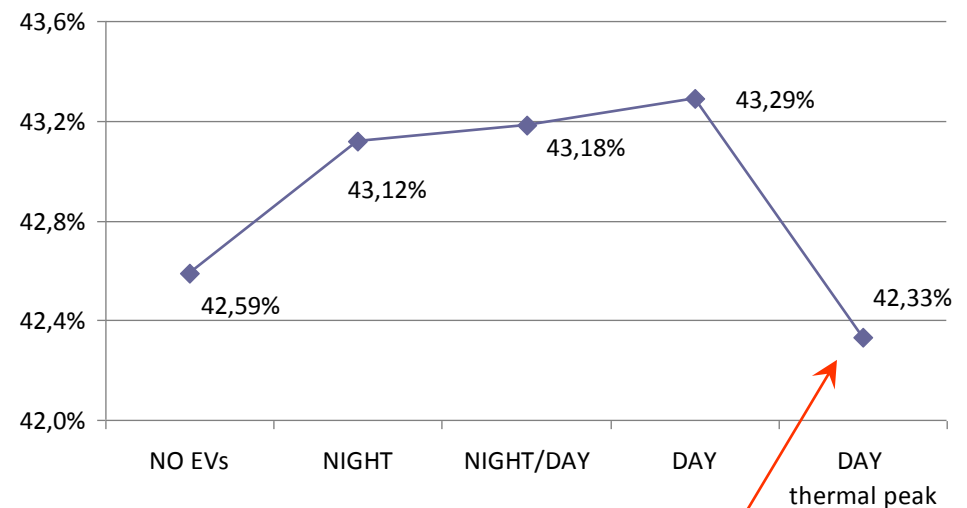


**Efficienza di generazione:
basso n° di veicoli elettrici**



si comporta
da scenario di ricarica
off-peak! (FV)

**Efficienza di generazione:
alto n° di veicoli elettrici**



scenario di ricarica peak: come ci si aspettava,
intervengono gruppi di generazione di punta,
rapidi ma a bassa efficienza

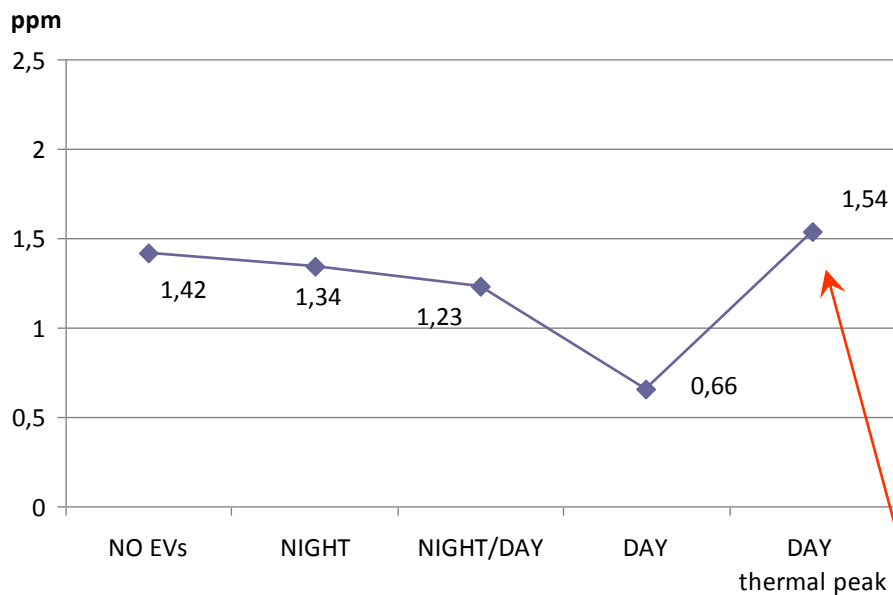


Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

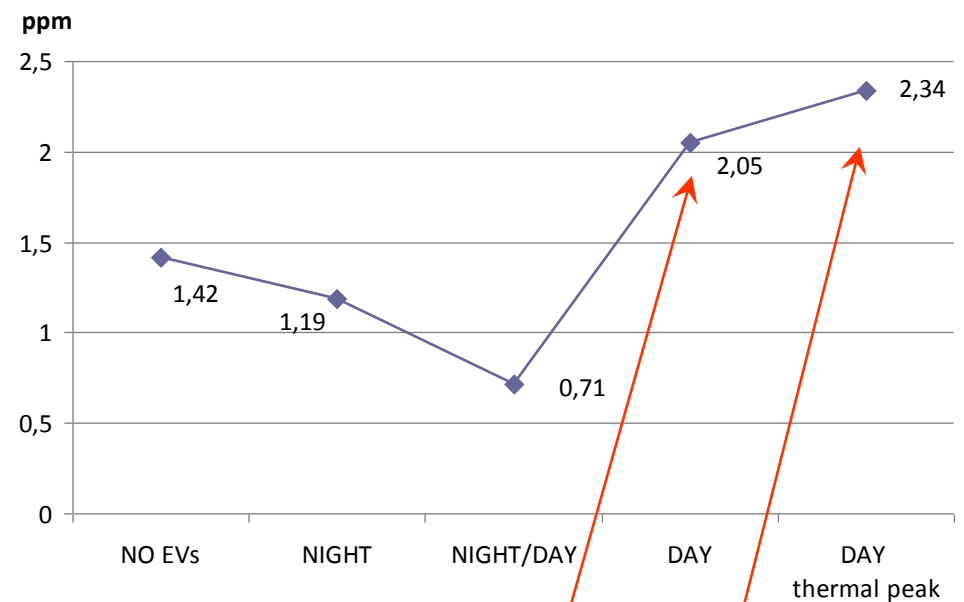
I risultati: affidabilità



En.Non Fornita: basso n° di veicoli el.



En.Non Fornita: alto n° di veicoli el.



scenario di ricarica peak: rapida rampa di carico, difficile da inseguire. Intervengono gruppi di generazione di punta, rapidi ma a bassa affidabilità



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano

Conclusioni

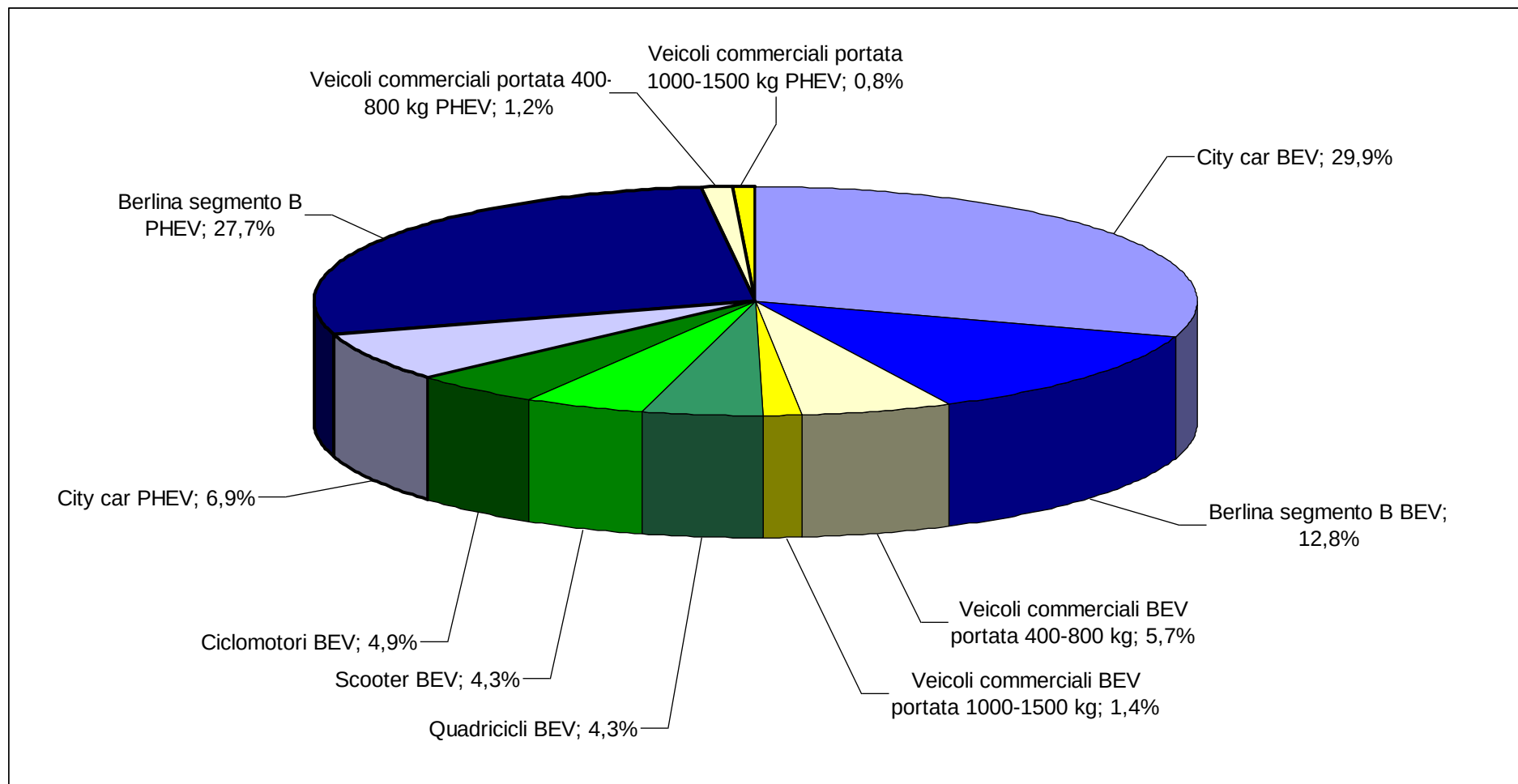


- Lo scenario a 1,5 milioni di veicoli elettrici non influenza significativamente né l'efficienza né l'affidabilità di esercizio del sistema elettrico di produzione e trasmissione
- In tale scenario, l'attuale comportamento di ricarica diurna ben si addice al diagramma di produzione estivo dell'ingente parco fotovoltaico
- Nello scenario a 15 milioni di veicoli, è assolutamente necessario stimolare una ricarica notturna e in fase con i punti di minimo del parco termoelettrico
- Soluzioni regolatorie: leva tariffaria (biorarie *ad hoc*, ...), educazione all'uso
- Soluzioni tecniche: colonnina intelligente *plug&forget*, *smart grids*, *fast charge*, modelli previsionali del comportamento dell'utente, servizi *Vehicle-To-Grid (V2G)*



Backup





Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano.

Dati percorrenze BEV e PHEV

Percorrenza annua BEV (km / anno)		distanza percorsa annualmente						
Autovettura privata								
City car BEV		6000	6333	6667	7000	7333	7667	8000
Berlina BEV		7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000
Veicoli commerciali e aziendali								
Veicoli commerciali e aziendali BEV		15000	15500	16000	16500	17000	17500	18000
Motocicli e ciclomotori								
Quadricicli BEV		6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Scooter		4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Ciclomotori		4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Percorrenza annua PHEV e REEV (km / anno)		distanza percorsa annualmente						
Autovettura privata, totale km			15000	15000	15000	15000	15000	15000
Autovettura privata, funzionamento elettrico (%)			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Autovettura privata, funzionamento termico/ibrido (%)			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Veicoli commerciali e aziendali, totale km			35000	35000	35000	35000	35000	35000
Veicoli commerciali e aziendali, funzionamento elettrico (%)			0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Veicoli commerciali e aziendali, funzionamento termico/elettrico (%)			0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Motocicli e ciclomotori, totale km			4000	4000	4000	4000	4000	4000
Motocicli e ciclomotori, funzionamento elettrico (%)			0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Motocicli e ciclomotori, funzionamento termico/ibrido (%)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25



Valutazione dell'impatto della diffusione di veicoli elettrici sul sistema energetico italiano.

Dati consumi BEV e PHEV

Consumi elettrici dei veicoli per le diverse tipologie (urbano)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Si assume miglioramento del 10% dal 2014 al 2020	Wh/km	Wh/km	Wh/km	Wh/km	Wh/km	Wh/km	Wh/km	Wh/km
City car BEV	0	160	157	154	152	149	147	144
Berlina segmento B BEV	0	190	187	184	181	179	176	173
Veicoli commerciali BEV portata fino a 750 kg BEV	0	228	225	222	219	216	213	210
Veicoli commerciali BEV portata fino a 1500 kg BEV	0	423	409	396	382	368	354	340
Motoveicoli: Quadricicli BEV BEV	0	95	95	95	95	95	95	95
Motoveicoli: Scooter BEV	0	85	85	85	85	85	85	85
Motoveicoli: Ciclomotori BEV	0	52	52	52	52	52	52	52
City car PHEV	0	160	157	154	152	149	147	144
Berlina segmento B PHEV	0	190	187	184	181	179	176	173
Veicoli commerciali portata 750 kg PHEV	0	228	225	222	219	216	213	210
Veicoli commerciali portata 1500 kg PHEV	0	423	409	396	382	368	354	340
Motoveicoli: Quadricicli PHEV	0	95	95	95	95	95	95	95
Motoveicoli: Scooter PHEV	0	85	85	85	85	85	85	85
Motoveicoli: Ciclomotori PHEV	0	52	52	52	52	52	52	52

