

Argomento aggiuntivo (non richiesto in sede di esame)

Sistemi di accumulo a servizio delle reti: ruolo e tecnologie con outlook 2030

Sistemi di accumulo. Perché?

- Il crescere della diffusione di impianti rinnovabili, soprattutto di tipo eolico e fotovoltaico, necessita una maggiore flessibilità del sistema elettrico per la loro efficace integrazione:
 - Regolazione frequenza/tensione per garantire la stabilità della rete
 - Risorse compensative a fronte della non dispacciabilità e della imprevedibilità della fonte primaria
 - Compensazione delle variazioni rapide di generazione (folate di vento, transiti nuvolosi)
- I servizi di regolazione della rete possono essere forniti da impianti dedicati di proprietà dei soggetti gestori (es. reattori installati da Terna per contenere le sovratensioni nelle aree meridionali in condizioni di forte generazione eolica/fotovoltaica) oppure possono essere richiesti agli utenti/generatori su base volontaria o obbligatoria, in forma gratuita o remunerata

Alle grandi unità di produzione è richiesto di operare in modo leggermente parzializzato (margine di 1,5% della potenza nominale) al fine di poter effettuare la regolazione rapida di frequenza (regolazione primaria) in caso di transitori di sotto-frequenza. Questo servizio è obbligatorio per impianti di tipo D (>10 MVA o connessi a reti >110 kV) e remunerato quando effettivamente fornito

La regolazione della tensione nella rete di trasmissione in Italia si avvale del contributo obbligatorio e non remunerato delle centrali di grande taglia (impianti di tipo D) che sono chiamate a scambiare potenza reattiva con la rete secondo segnali di riferimento comunicati dal gestore della rete di trasmissione (Terna)

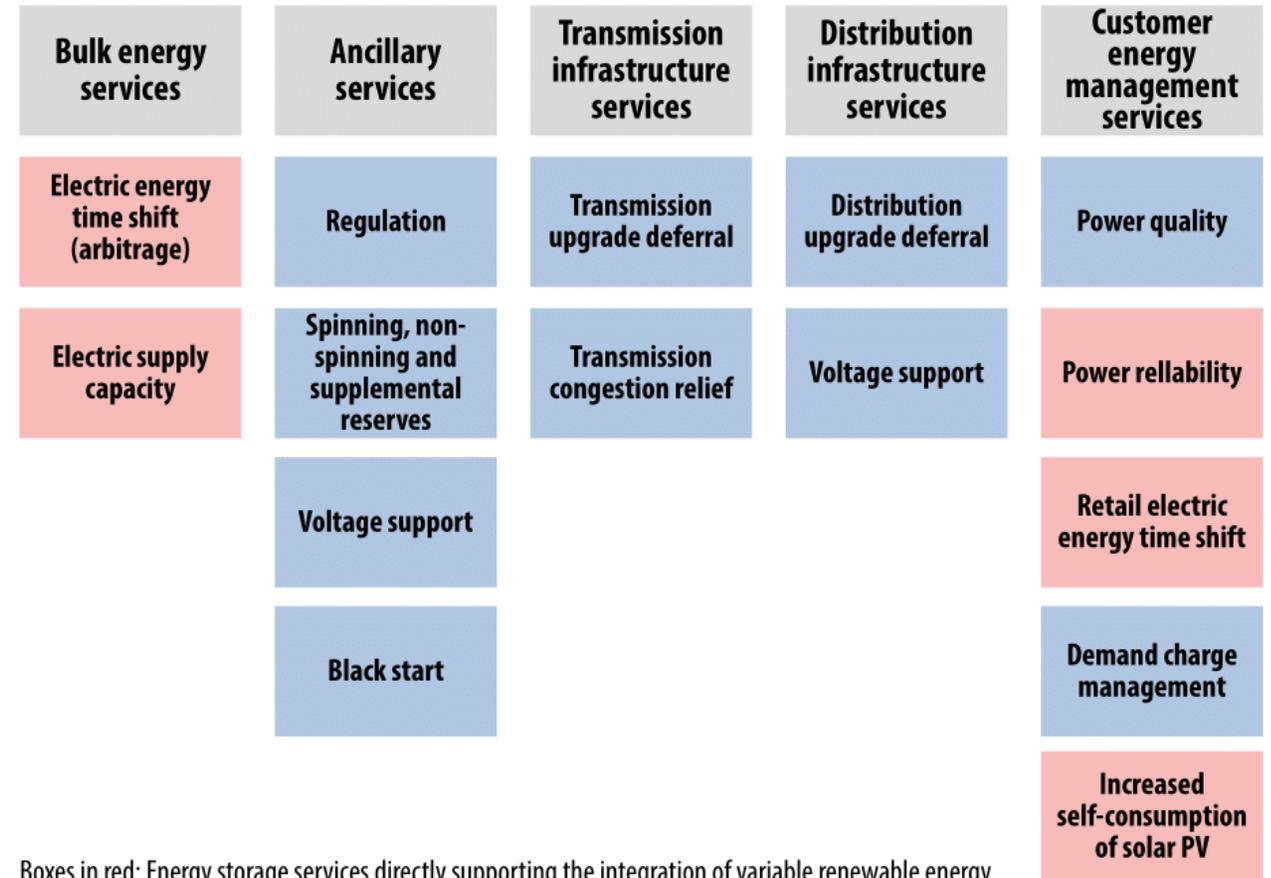
Sistemi di accumulo. Perché?

- Un elenco dei servizi che possono essere forniti da ESS nei sistemi elettrici di potenza è riportata nella figura

- Le varie funzionalità sono classificate per ambito:

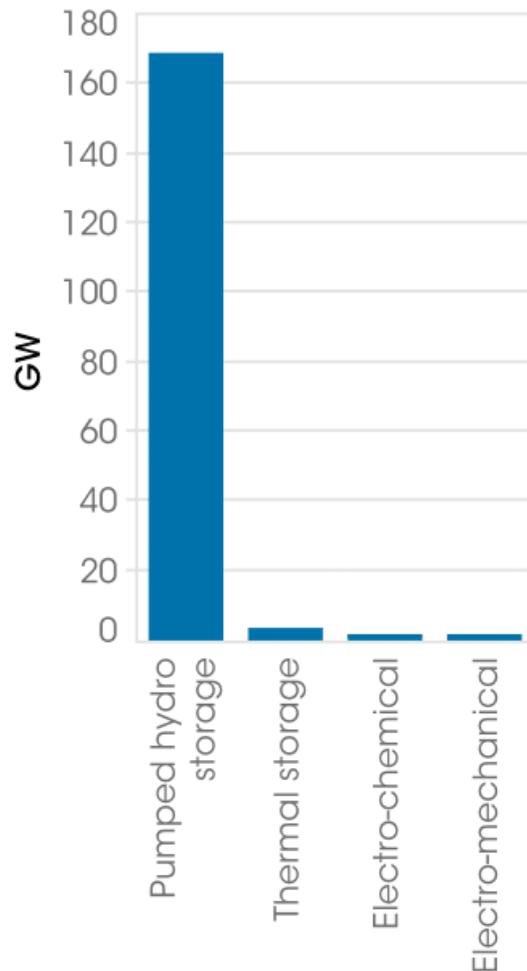
- Sistema energetico complessivo
- Servizi Ancillari (regolazione della rete)
- Gestione e pianificazione della rete di trasmissione in Alta Tensione
- Gestione e pianificazione delle reti di distribuzione in Media/Bassa Tensione
- Servizi per gli utenti finali

- Alcune funzioni possono essere particolarmente interessanti in riferimento all'integrazione degli impianti rinnovabili in rete



La fotografia attuale

- Ripartizione dei sistemi ESS installati per tecnologia e per funzione principale erogata (aggiornamento 2017)

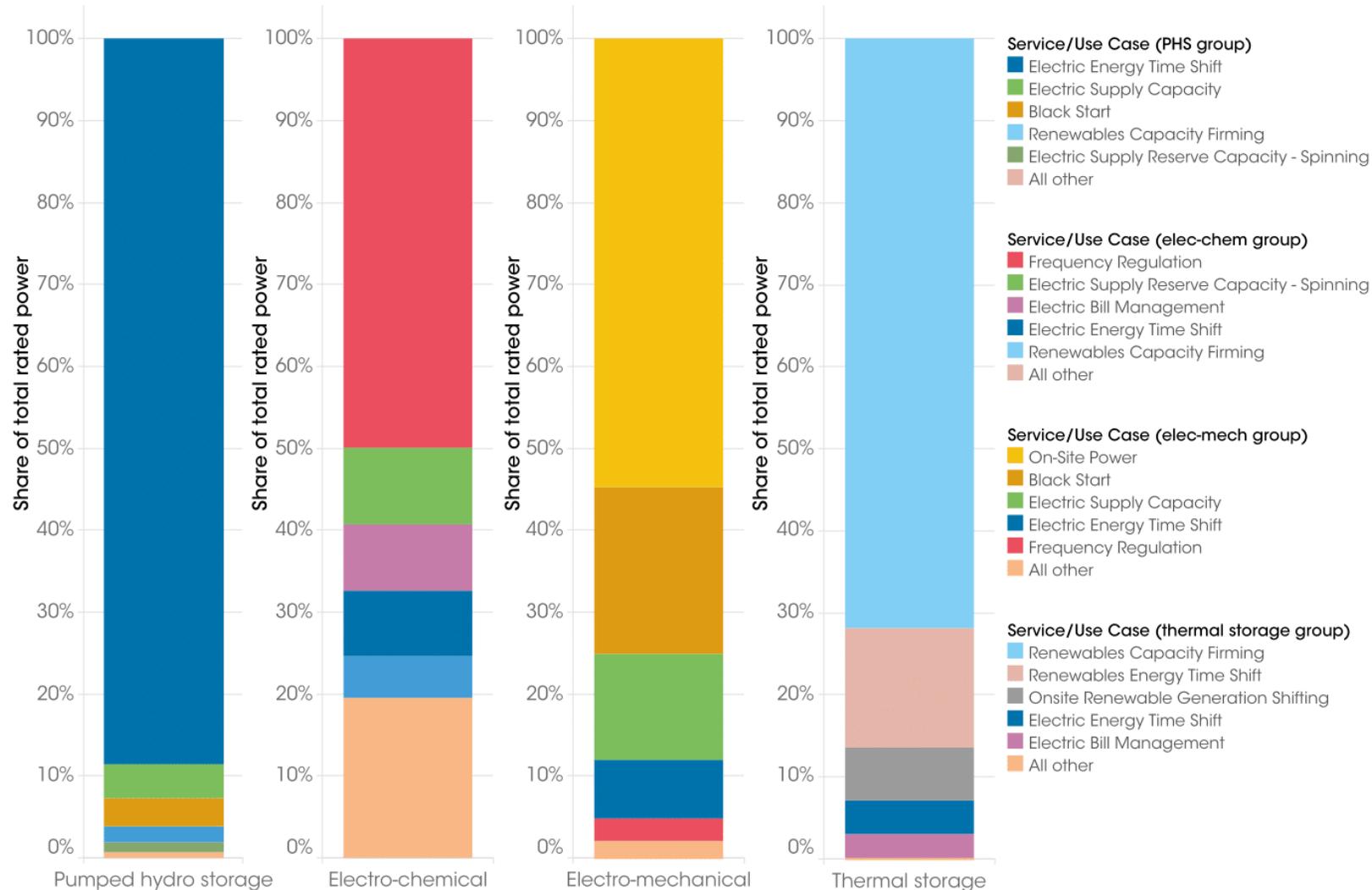


Service/Use Case 1	Pumped hydro storage	Thermal Storage	Electro-chemical	Electro-mechanical	Grand total (GW)
Electric Energy Time Shift	149.94	0.14	0.15	0.11	150.34
Electric Supply Capacity	6.91	0.00	0.07	0.20	7.18
Black Start	5.92		0.04	0.32	6.29
Renewables Capacity Firming	3.20	2.39	0.10	0.00	5.68
Electric Supply Reserve Capacity - Spinning	2.00		0.18	0.01	2.18
Frequency Regulation		0.00	0.95	0.04	1.00
On-Site Power	0.14	0.00	0.00	0.86	1.00
Electric Bill Management	0.38	0.10	0.16	0.00	0.64
Renewables Energy Time Shift		0.48	0.05	0.00	0.54
Demand Response	0.42		0.01		0.43
Voltage Support	0.30		0.00	0.00	0.31
On-site Renewable Generation Shifting		0.21	0.02		0.23
Resiliency			0.03	0.01	0.04
Transport Services			0.04	0.00	0.04
Grid-Connected Commercial (Reliability & Quality)			0.02		0.02
Microgrid Capability		0.00	0.01		0.02
Electric Bill Management with Renewables			0.02	0.00	0.02
Ramping			0.02	0.00	0.02
Distribution Upgrade Due to Solar			0.01		0.01
Stationary Transmission/Distribution Upgrade Deferral			0.01		0.01
Distribution Upgrade Due to Wind			0.00	0.01	0.01
Load Following (Tertiary Balancing)			0.00		0.00
Transmission Congestion Relief			0.00		0.00
Electric Supply Reserve Capacity - Non-Spinning			0.00		0.00
Transportable Transmission/Distribution Upgrade Deferral			0.00		0.00
Grid-Connected Residential (Reliability)			0.00		0.00
Transmission Support			0.00		0.00
Grand total (GW)	169,21	3.32	1.91	1.57	176,01

(96,1%)

La fotografia attuale

■ Ripartizione dei sistemi ESS installati per tecnologia e per funzione principale erogata (aggiornamento 2017)



- Pumped hydro storage**
 - Closed-loop pumped hydroelectricity storage
 - Open-loop pumped hydroelectricity storage
- Electro-chemical**
 - Electro-chemical capacitor
 - Lithium-ion battery
 - Flow battery
 - Vanadium redox flow battery
 - Lead-acid battery
 - Metal air battery
 - Sodium-ion battery
- Electro-mechanical**
 - Compressed air storage
 - Flywheel
- Thermal storage**
 - Chilled water thermal storage
 - Concrete thermal storage
 - Heat thermal storage
 - Ice thermal storage
 - Molten salt thermal storage
- Chemical (prototypes)**
 - Hydrogen storage
 - Liquid air energy storage

Esempio di servizi erogabili – Lato utente

- In modo generico, si considera come utente un carico passivo (tradizionale), un impianto di generazione in pura immissione di potenza in rete oppure un cliente misto carico-generazione (prosumer)

UTENTE – Back up Power

- Il sistema ESS può fornire energia per l'intero periodo di interruzione dell'alimentazione elettrica, garantendo un servizio affidabile
- In alternativa, il ESS può essere un supporto di alimentazione finalizzato a garantire l'arresto controllato dei dispositivi di utenza in caso di disservizio di rete
- La durata e la frequenza delle interruzioni di corrente dipendono dall'ubicazione dell'utente, ossia dalla solidità della rete cui l'utente è connesso
- Il valore del servizio è commisurato alla interrompibilità degli utenti asserviti e alla durata/frequenza degli eventi di black-out
- La durata tipica è compresa tra 15 minuti e 1 ora, con intervento saltuario (alcune volte all'anno) o giornaliero/settimanale
- Esempio: sistemi UPS abbinati a server e data-center

UTENTE – Time-shift

- Il sistema ESS potrebbe creare valore economico modificando l'istante di immissione/prelievo in relazione all'andamento temporale del prezzo dell'energia
- L'immagazzinamento di energia elettrica nei periodi non di punta (basso prezzo dell'energia) è seguito dalla scarica dell'energia nei periodi di punta (alto prezzo dell'energia)
- Il servizio è remunerativo in presenza di forti differenziali di prezzo tra diversi istanti temporali o tra diversi mercati (es. Mercato del Giorno Prima, MGP, Mercato Infra-giornaliero, MI, e Mercato dei Servizi di Dispacciamento, MSD)
- Per ottenere un beneficio economico dal differenziale di prezzo è richiesto un elevato rendimento di carica/scarica
- La durata tipica è da 1 a 6 ore, con cicli giornalieri
- Esempio: massimizzazione dell'autoconsumo di un impianto fotovoltaico abbinato ad una utenza passiva

Esempio di servizi erogabili – Lato utente

- In modo generico, si considera come utente un carico passivo (tradizionale), un impianto di generazione in pura immissione di potenza in rete oppure un cliente misto carico-generazione (prosumer)

UTENTE – Peak-shaving

- Il sistema ESS può ridurre la potenza complessiva dell'utenza (sia in prelievo che in immissione) durante i periodi di picco per limitare i costi correlati con la potenza nominale di connessione (costi di realizzazione della connessione e costi di gestione/tariffari)
- La durata di scarica è compresa tra 1 e 5 ore al giorno
- Esempio 1: aumento del carico interno a parità di potenza di connessione
- Esempio 2: riduzione della potenza contrattuale di connessione per impianti eolici in siti a ridotta ventosità di picco

UTENTE – Power Quality

- Il sistema ESS può compensare i carichi dell'utente finale limitando l'assorbimento di contenuti armonici significativi, con benefici in termini di disturbi trasmessi, forma d'onda della tensione alimentante e riduzione delle perdite elettriche
- Il sistema ESS può tutelare l'utente da vari eventi di breve durata che influiscono sulla qualità della potenza scambiata con il sistema elettrico, come variazioni di tensione o di frequenza, armoniche, ecc. che si manifestano in rete e possono disturbare alcuni componenti elettronici sensibili
- Le durate tipiche vanno dai millisecondi a pochi minuti

Esempio di servizi erogabili – Lato utente

- In modo generico, si considera come utente un carico passivo (tradizionale), un impianto di generazione in pura immissione di potenza in rete oppure un cliente misto carico-generazione (prosumer)

UTENTE – Capacity Firming of Intermittent Renewable Resources

- Il sistema ESS può essere in grado di compensare (parzialmente o completamente) le caratteristiche di imprevedibilità, intermittenza e aleatorietà delle sorgenti rinnovabili
- Ai fini della compensazione dell'intermittenza, è molto influente la tipologia dell'impianto di generazione e la variabilità dell'output di potenza. In genere sono richiesti ESS di potenza media (fotovoltaico) o elevata (eolico), in grado effettuare molti cicli continui di carica/scarica al fine di regolare l'output di potenza ai morsetti di connessione
- Ai fini di risolvere il problema dell'aleatorietà, i sistemi ESS dovrebbero essere dimensionati per compensare gli errori previsionali rispetto ai trend stimati precedentemente all'istante di funzionamento (ad esempio il giorno prima). Il dimensionamento del ESS è quindi direttamente influenzato dalla precisione degli strumenti di previsione e dalla imprevedibilità locale delle variazioni atmosferiche, a loro volta dipendenti dalle caratteristiche del territorio (ad esempio, altezza sul livello del mare, configurazione orografica, ecc.)

Servizi erogabili per soggetto interessato

- In questa slide, i servizi erogabili da ESS riportati in precedenza sono riorganizzati per tipologia di soggetto interessato

GENERAZIONE RINNOVABILE

- Flessibilità di generazione
- Aumento della hosting capacity e minimizzazione dell'impatto sulla rete
- Limitazione dei disturbi
- Minimizzazione di congestioni in immissione (curtailment)
- Supporto nell'erogazione di servizi di rete (obbligatori/facoltativi, gratuiti/remunerati)
- Mercato dell'energia (arbitraggio)

GENERAZIONE TRADIZIONALE (FOSSILE)

- Fornitura di contributi regolanti
- Black start
- Mercato dell'energia (arbitraggio)
- Disponibilità di potenza (capacity)

RETE DI TRASMISSIONE

- Regolazione di frequenza (primaria, secondaria e terziaria)
- Nuovi servizi ancillari (es. inerzia sintetica) soprattutto in reti deboli o a bassa inerzia
- Differimento degli investimenti
- Regolazione di tensione

RETI DI DISTRIBUZIONE

- Disponibilità di potenza (capacity)
- Regolazione dei transiti reattivi e di tensione
- Power quality
- Funzionamento in isola intenzionale in caso di disservizi sulla rete di trasmissione
- Risoluzione di congestione di rete
- Differimento degli investimenti

UTENTI FINALI (CARICHI)

- Continuità di servizio e power quality
- Peak shaving e limitazione della potenza contrattuale
- Compensazione reattiva
- Integrazione di veicoli elettrici
- Benefici tariffari

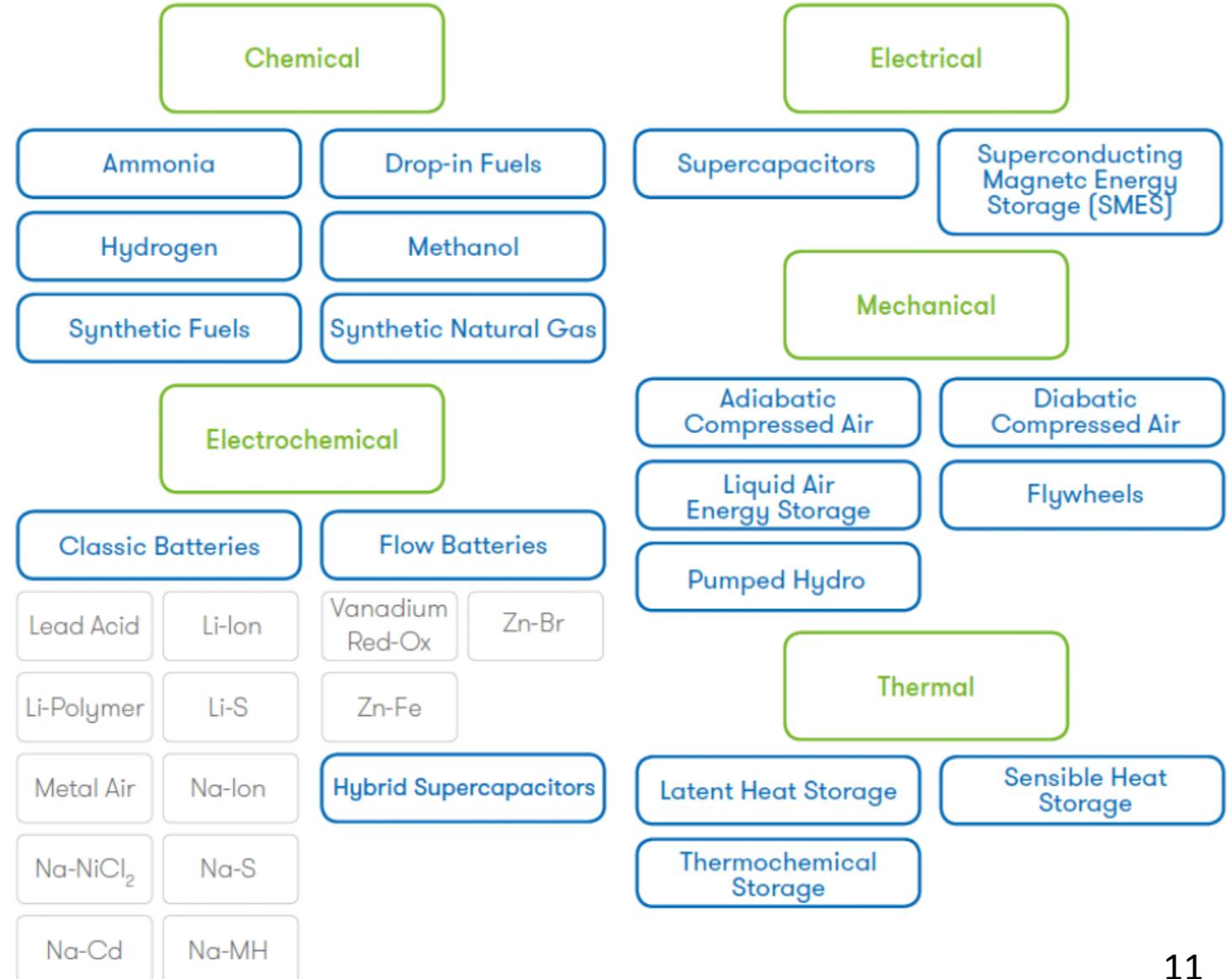
Quando considerare un sistema di accumulo?

- L'installazione di un ESS può essere giustificata se:
 - Assicura maggiore disponibilità, qualità e sicurezza dell'energia elettrica
 - Aumenta il valore dell'energia (rinnovabile)
 - Consente di fornire servizi obbligatori richiesti dalla rete in modo meno oneroso rispetto a soluzioni tradizionali, anche tramite un uso più efficiente degli impianti di generazione/trasmissione esistenti (ad esempio, la regolazione primaria di frequenza)
 - Consente di fornire servizi facoltativi richiesti dalla rete a fronte di una remunerazione (amministrata, contrattata o di mercato), ad esempio servizi in grado di evitare/rinviare gli investimenti per l'ammodernamento della rete

- In generale, un ESS opportunamente dimensionato è in grado di fornire contestualmente più servizi, quindi il recupero del relativo investimento è potenzialmente in grado di attingere a vari canali di remunerazione tra loro non correlati

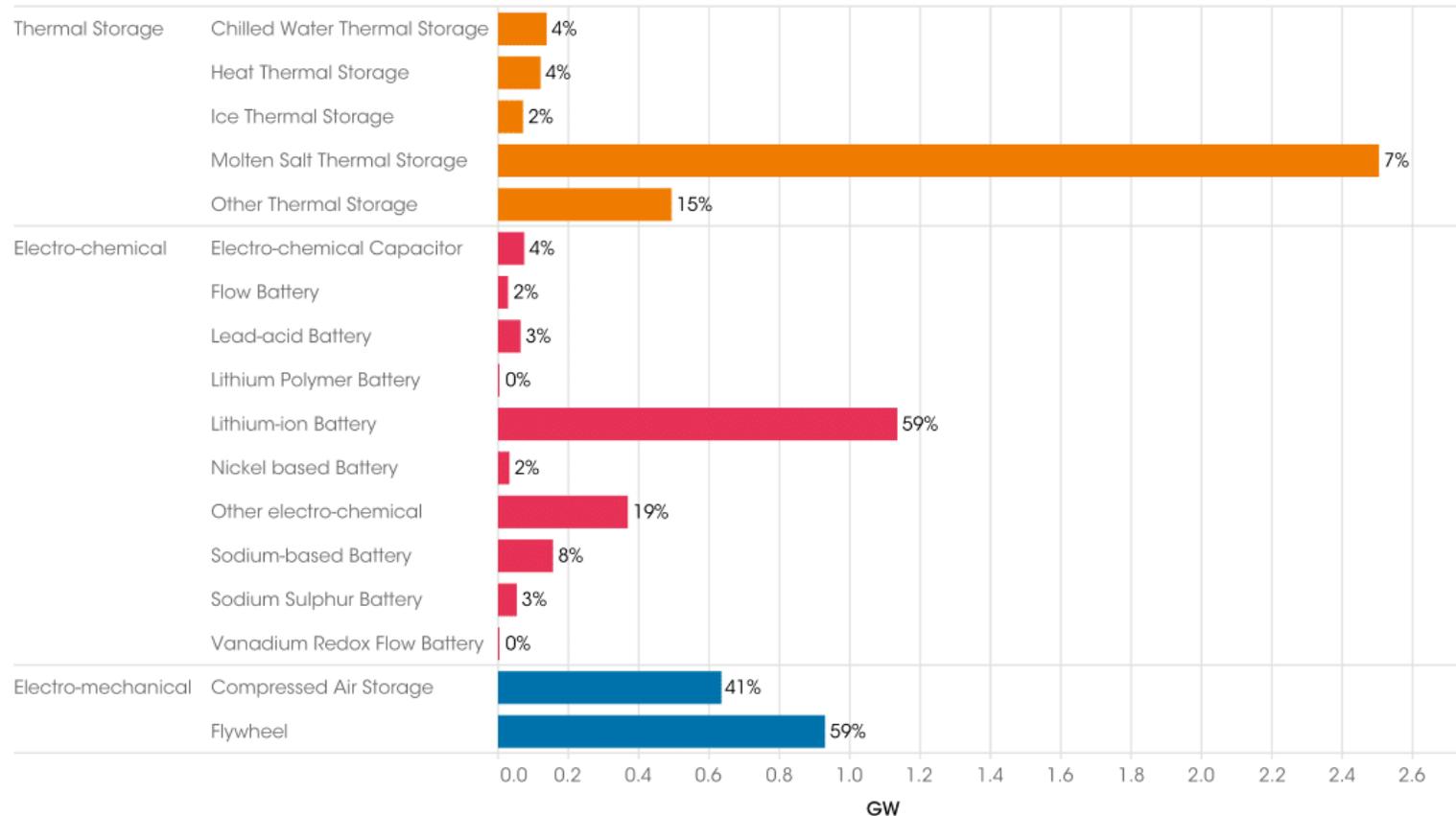
Inquadramento tecnologico

- In funzione dei diversi servizi erogabili, sono interessanti dal punto di vista tecnologico ed economico diverse tecnologie di accumulo
- L'interesse verso alcune tecnologie a discapito di altre è anche fortemente legato ai soggetti titolari alla realizzazione degli impianti di accumulo, se amministrati (impianti di taglia anche molto elevata) oppure privati (taglia più modesta per contenere l'impegno finanziario richiesto in considerazione dei fattori di rischio dell'investimento)
- Nella presentazione seguente si riportano sia i dati attuali che alcune proiezioni future (scenario 2030), particolarmente di interesse per le tecnologie meno mature o che attualmente hanno piccoli volumi di mercato



Inquadramento tecnologico

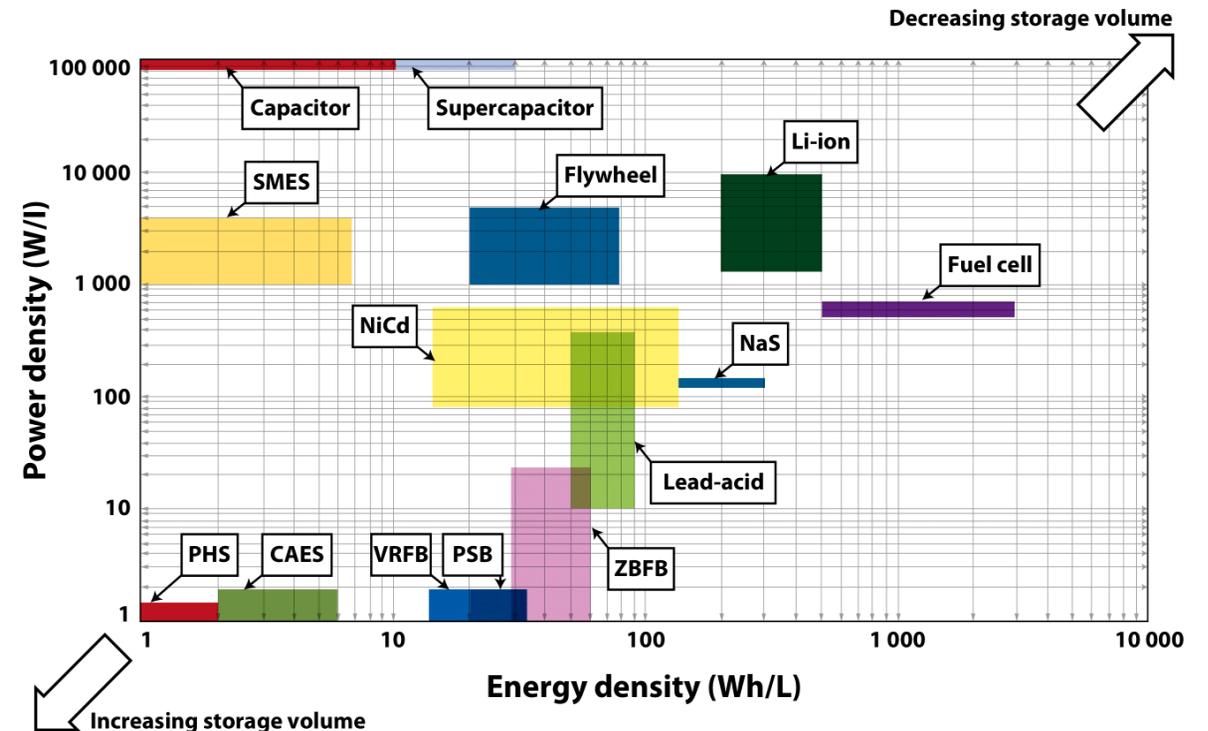
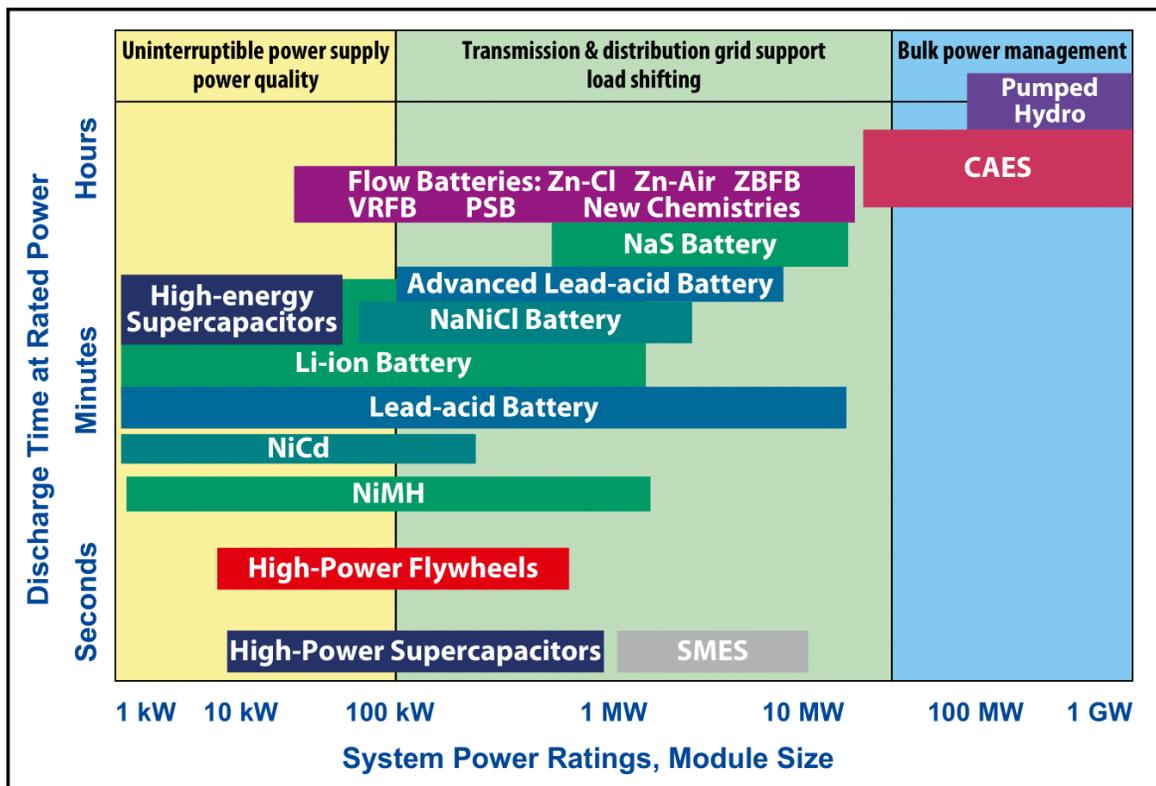
- Esclusi i sistemi idroelettrici a pompaggio, nel grafico è riportata la ripartizione degli impianti di accumulo attualmente installati:
 - Storage termici: 3.3 GW (1.9% del totale installato)
 - Sistemi elettrochimici: 1.9 GW (1.1% del totale installato)
 - Sistemi elettromeccanici: 1.1 GW (0.9% del totale installato)



Il grafico fa riferimento ai soli 10 paesi con la maggiore diffusione di impianti di accumulo (da soli, costituiscono $\frac{3}{4}$ dell'installato complessivo mondiale)

Come comparare le diverse tecnologie?

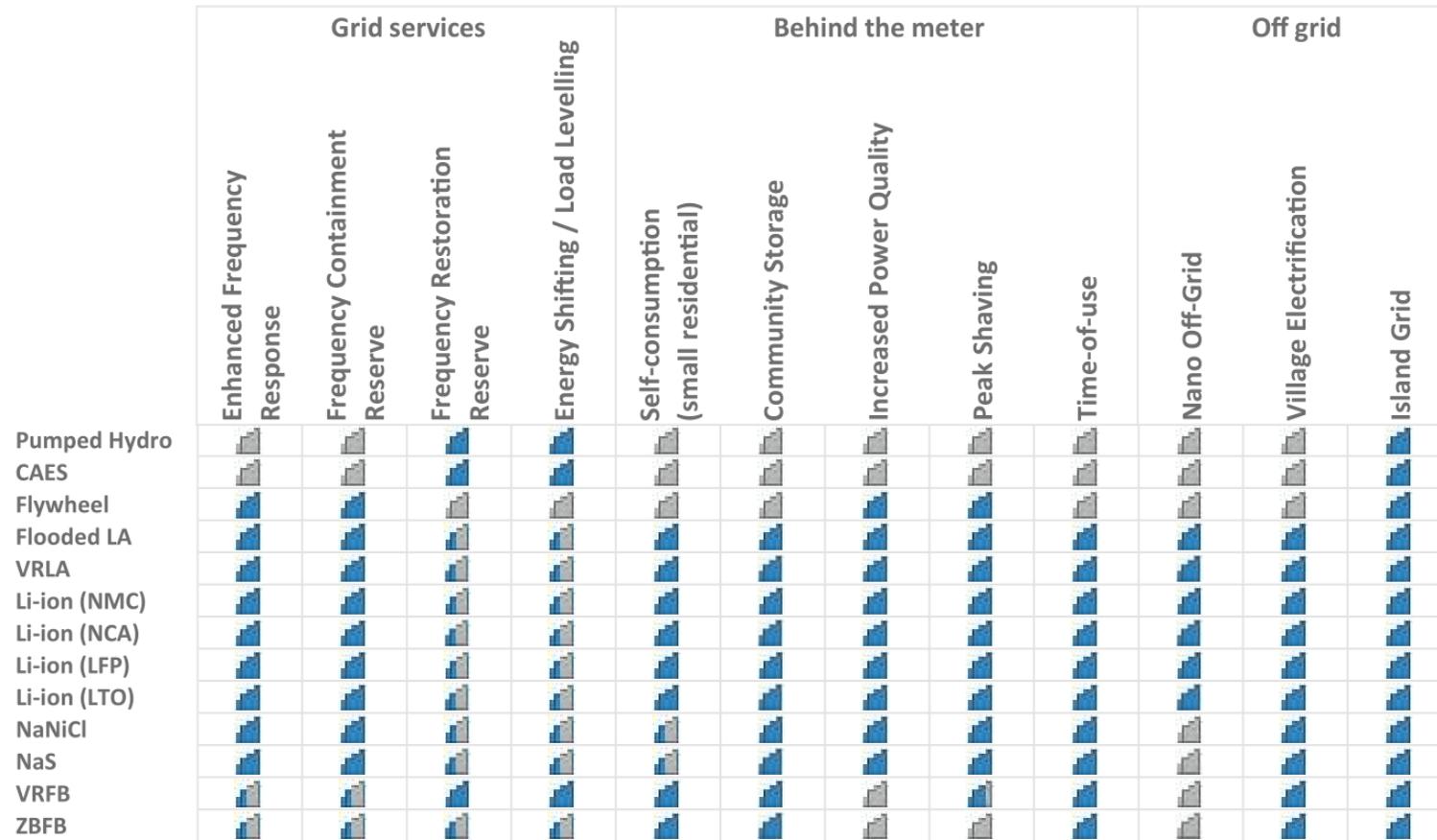
- Alcuni parametri caratteristici quali:
 - Taglia (potenza) Vs. Durata di scarica
 - Densità energetica Vs. Densità di potenza
- È possibile vedere come la tecnologia elettrochimica al litio, allo stato attuale, sia in grado di fornire potenza in un range piuttosto esteso (anche superiore a quanto riportato nell'immagine di sinistra) e al contempo abbia il posizionamento più interessante considerando congiuntamente densità energetica e densità di potenza. Il posizionamento della tecnologia litio è molto interessante anche in termini di energia specifica e potenza specifica



Source: Luo et al., 2015.
 Note: SMES = superconducting magnetic energy storage; NiCd = nickel cadmium; NaS = sodium sulphur; PHS = pumped hydro storage; CAES = compressed air energy storage; VRFB = vanadium redox flow battery; PSB = polysulfide bromine flow battery; ZBFB = zinc bromine flow battery.

Quale tecnologia è la più adatta?

- In relazione alle caratteristiche salienti delle tecnologie, alcune sono più o meno adatte a fornire i vari servizi che potrebbero essere erogati da un sistema di accumulo (divisi per servizi di rete, servizi agli utenti e applicazioni sconnesse dalla rete)



Source: International Renewable Energy Agency.

Note: CAES = compressed air energy storage; LA = lead-acid; VRLA = valve-regulated lead-acid; NMC = nickel manganese cobalt oxide; NCA = nickel cobalt aluminium oxide; LFP = lithium iron phosphate; LTO = lithium titanate; NaNiCl = sodium nickel chloride; NaS = sodium sulphur; VRFB = vanadium redox flow battery; ZBFB = zinc bromine flow battery.

Accumulatori al litio

Sistemi elettrochimici al litio (Lithium-ion batteries)

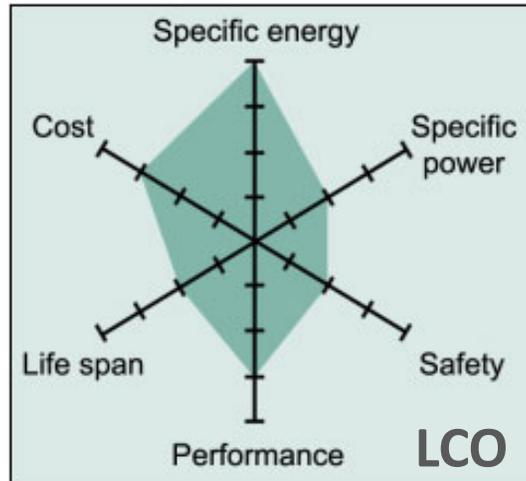
- Principali vantaggi:
 - Alte densità energetica
 - Alta densità di potenza
 - Elevati valori di potenza ammissibile in carica e scarica (C-rate)
 - Elevata efficienza di carica/scarica
 - Sufficiente durata di vita ciclica
 - Bassa autoscarica
- Principali limiti:
 - Aspetti legati alla sicurezza (in particolare la stabilità termica, quando elevati valori di potenza transiente comportano il rischio di formazione di ossigeno gassoso, con conseguente emissione di gas e potenziale innesco di incendio)
 - Necessità di un Battery Management System (BMS) per monitorare la batteria e vincolare i range operativi per preservare la sicurezza del dispositivo
 - Smaltimento delle batterie
 - Disponibilità di materiali a supporto di una forte diffusione (considerando anche la concorrenza tra applicazioni di rete e l'elettrificazione dei trasporti)
- In ogni caso, le potenzialità ed i limiti applicativi vanno analizzati per la specifica chimica in quanto le differenze nei materiali utilizzati e nelle geometrie di cella comportano ambiti di utilizzo significativamente diversi

Accumulatori al litio

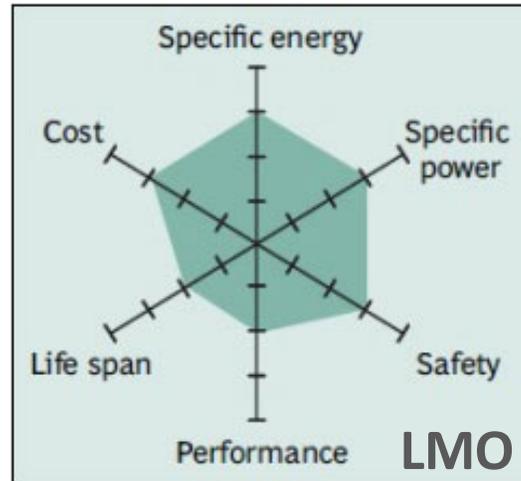
Key active material	lithium nickel manganese cobalt oxide	lithium manganese oxide	lithium nickel cobalt aluminium	lithium iron phosphate	lithium titanate
Technology short name	NMC	LMO	NCA	LFP	LTO
Cathode	$\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$	LiMn_2O_4 (spinel)	LiNiCoAlO_2	LiFePO_4	variable
Anode	C (graphite)	C (graphite)	C (graphite)	C (graphite)	$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
Safety					
Power density					
Energy density					
Cell costs advantage					
Lifetime					
BES system performance					
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> -good properties combination -can be tailored for high power or high energy -stable thermal profile -can operate at high voltages 	<ul style="list-style-type: none"> -low cost due to manganese abundance -very good thermal stability -very good power capability 	<ul style="list-style-type: none"> -very good energy and good power capability -good cycle life in newer systems -long storage calendar life 	<ul style="list-style-type: none"> -very good thermal stability -very good cycle life -very good power capability -low costs 	<ul style="list-style-type: none"> -very good thermal stability -long cycle lifetime -high rate discharge capability -no solid electrolyte interphase issues
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> -patent issues in some countries 	<ul style="list-style-type: none"> -moderate cycle life insufficient for some applications -low energy performance 	<ul style="list-style-type: none"> -moderate charged state thermal stability which can reduce safety -capacity can fade at temperature 40-70°C 	<ul style="list-style-type: none"> -lower energy density due to lower cell voltage 	<ul style="list-style-type: none"> -high cost of titanium -reduced cell voltage -low energy density

Accumulatori al litio

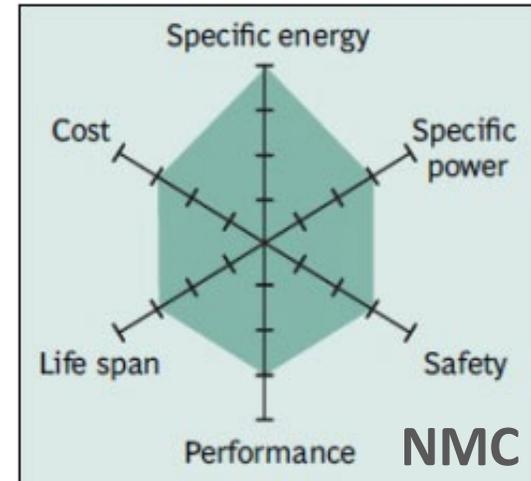
Lithium Cobalt Oxide



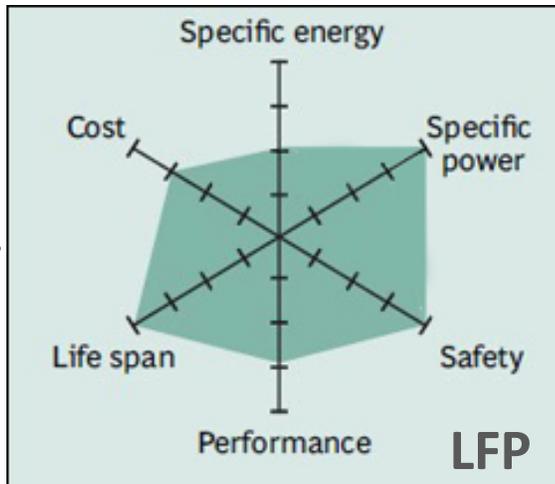
Lithium Manganese Oxide



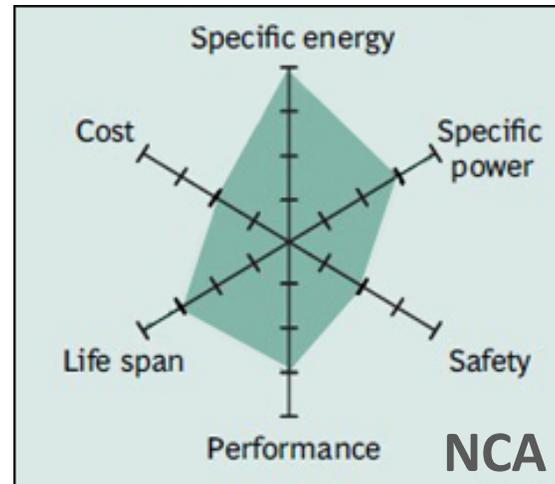
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide



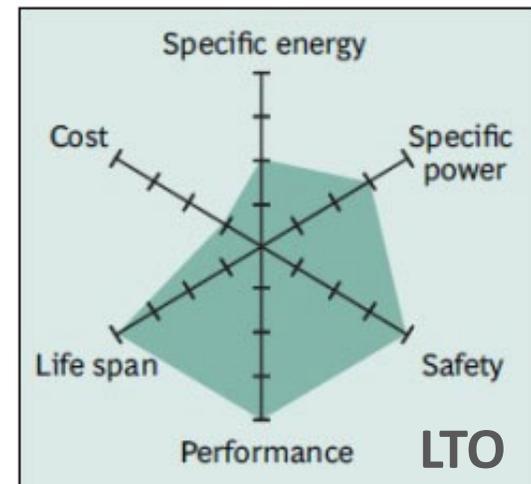
Lithium Iron Phosphate



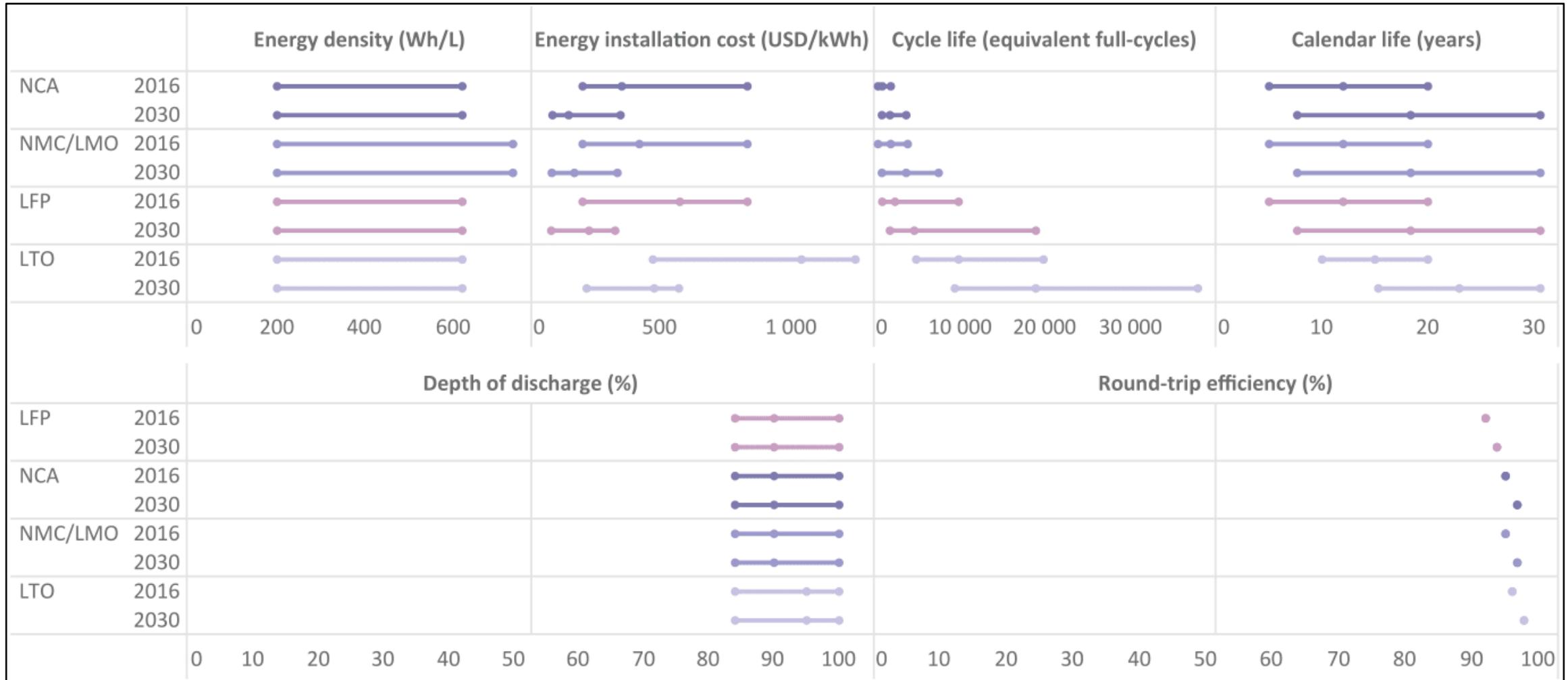
Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide



Lithium Titanate

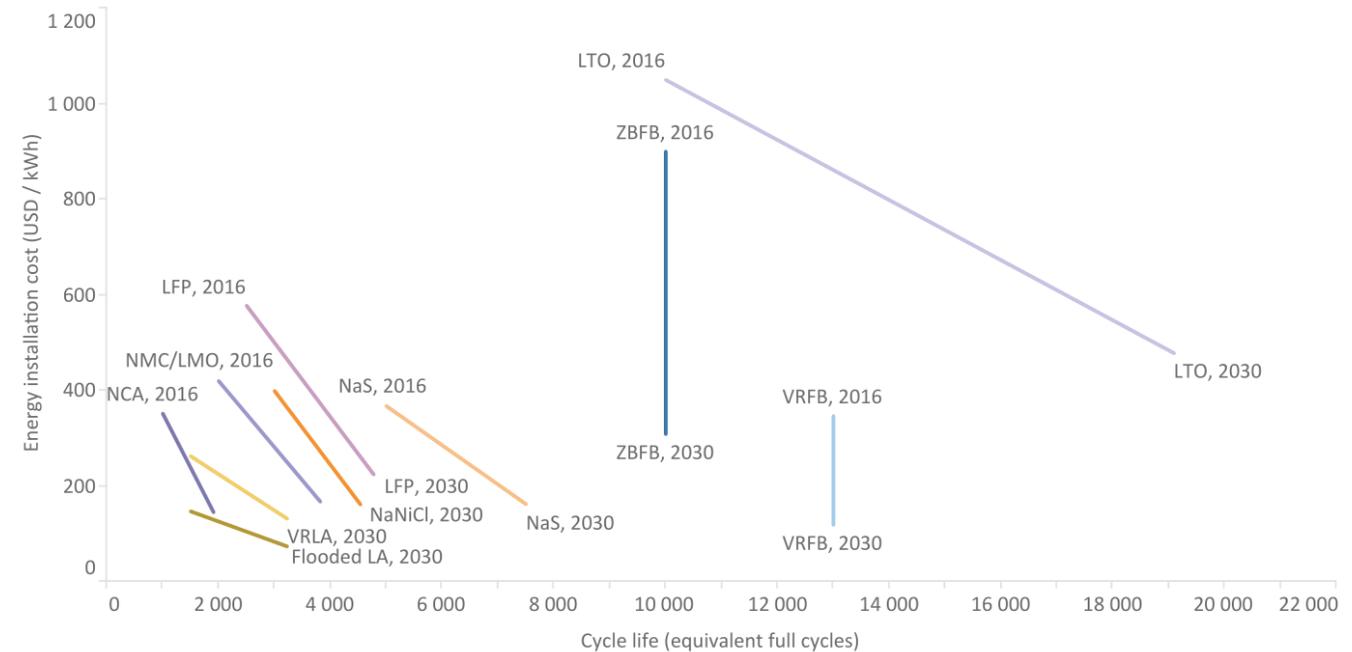
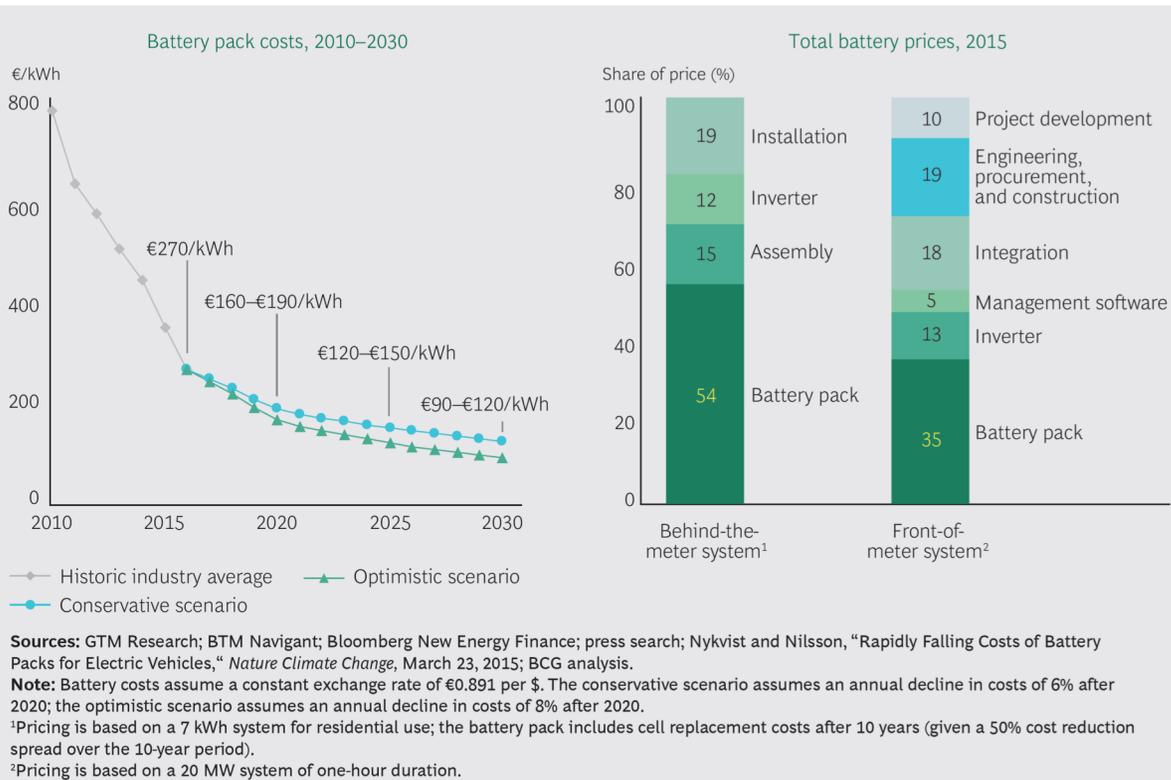


Accumulatori al litio



I trend di ricerca – Vita utile e contenimento del costo

- Le riduzioni di costo dell'energia stoccata (in [€/kWh_{ciclato}]) attese nel futuro potranno essere conseguibili tramite:
 - Riduzione dei costi di installazione:
 - Standardizzazione tecnologica
 - Industrializzazione e maggiori volumi di mercato
 - Miglioramento delle performance (es. numero di cicli ammessi, incremento del rendimento di carica/scarica, incremento della profondità di scarica ammessa, ecc.)



Sintesi tecnologica

- La comparazione tra diverse tecnologie è piuttosto complessa per le diverse specificità e vincoli operativi
- Alcuni elementi di comparazione sono:
 - Rapporto E/P al fine di classificare le tecnologie in energy-intensive (E/P \uparrow) o power-intensive (E/P \downarrow). Tendenzialmente i servizi energy-intensive sono remunerati in energia [€/kWh], mentre i servizi in potenza possono essere remunerati in potenza [€/kW], in energia [€/kWh] o tramite schemi misti
 - Densità energetica, con impatto sugli spazi richiesti a parità di potenza ed energia utilizzabile
 - Maturità tecnologica e complessità impiantistica, che si riflette nella capacità di operare in assenza di personale in loco
 - Taglia minima, impatto ambientale, facilità autorizzativa, tempo di realizzazione
 - Costi di installazione e costi di gestione (manutenzione, autoscarica, presenza di operatori in loco, ecc.), durata di vita, profondità di scarica ammessa, rendimento di carica/scarica. Questi parametri si riflettono in termini di costo per la carica/scarica di una unità di energia, [€/kWh_{ciclato}]. È bene sottolineare che la profondità di scarica impatta negativamente sulla durata di vita ciclica dei sistemi di accumulo di natura elettrochimica (in altre parole, la batteria si invecchia meno facendo 2 cicli con DOD 50% piuttosto che facendo un ciclo con DOD 100%)

Sintesi tecnologica

Type	Technology	Year	Calendar life (years)			Cycle life (equivalent full-cycles)			Depth of discharge (%)			Energy density (Wh/L)		Energy installation cost (USD/kWh)			Power density (W/L)		Round-trip efficiency (%)	Self-discharge (% per day)		
			worst	reference	best	worst	reference	best	worst	reference	best	worst	best	worst	reference	best	worst	best	reference	worst	reference	best
Flow	VRFB	2016	5	12	20	12 000	13 000	14 000	100	100	100	15	70	1 050	347	315	1	2	70.00	1.00	0.15	0.00
		2030	8	19	32	12 000	13 000	14 000	100	100	100	15	70	360	119	108	1	2	78.00	1.00	0.15	0.00
	ZBFB	2016	5	10	20	300	10 000	14 000	100	100	100	20	70	1 680	900	525	1	25	70.00	33.60	15.00	8.00
		2030	8	16	32	300	10 000	14 000	100	100	100	20	70	576	309	180	1	25	78.00	33.60	15.00	8.00
High-temperature	NaNiCl	2016	8	15	22	1 000	3 000	7 500	100	100	100	150	280	488	399	315	150	270	84.00	15.00	5.00	0.05
		2030	12	23	33	1 513	4 538	11 344	100	100	100	150	280	197	161	127	150	270	87.00	15.00	5.00	0.05
	NaS	2016	10	17	25	1 000	5 000	10 000	100	100	100	140	300	735	368	263	120	160	80.00	1.00	0.05	0.05
		2030	14	24	36	1 500	7 500	15 000	100	100	100	140	300	324	162	116	120	160	85.00	1.00	0.05	0.05
Lead-acid	Flooded LA	2016	3	9	15	250	1 500	2 500	60	50	50	50	100	473	147	105	10	700	82.00	0.40	0.25	0.09
		2030	4	13	21	538	3 225	5 375	60	50	50	50	100	237	74	53	10	700	85.00	0.40	0.25	0.09
	VRLA	2016	3	9	15	250	1 500	2 500	60	50	50	50	100	473	263	105	10	700	80.00	0.40	0.25	0.09
		2030	4	13	21	538	3 225	5 375	60	50	50	50	100	237	132	53	10	700	83.00	0.40	0.25	0.09
Li-ion	LFP	2016	5	12	20	1 000	2 500	10 000	84	90	100	200	620	840	578	200	100	10 000	92.00	0.36	0.10	0.09
		2030	8	18	31	1 910	4 774	19 097	84	90	100	200	620	326	224	77	100	10 000	94.00	0.36	0.10	0.09
	LTO	2016	10	15	20	5 000	10 000	20 000	84	95	100	200	620	1 260	1 050	473	100	10 000	96.00	0.36	0.05	0.09
		2030	15	23	31	9 549	19 097	38 194	84	95	100	200	620	574	478	215	100	10 000	98.00	0.36	0.05	0.09
	NCA	2016	5	12	20	500	1 000	2 000	84	90	100	200	620	840	352	200	100	10 000	95.00	0.36	0.20	0.09
		2030	8	18	31	955	1 910	3 819	84	90	100	200	620	347	145	82	100	10 000	97.00	0.36	0.20	0.09
	NMC/LMO	2016	5	12	20	500	2 000	4 000	84	90	100	200	735	840	420	200	100	10 000	95.00	0.36	0.10	0.09
		2030	8	18	31	955	3 819	7 639	84	90	100	200	735	335	167	79	100	10 000	97.00	0.36	0.10	0.09
Mechanical	CAES	2016	20	50	100	10 000	50 000	100 000	35	40	50	2	6	84	53	2	0	1	60.00	1.00	0.50	0.00
		2030	20	50	100	10 000	50 000	100 000	35	40	50	2	6	71	44	2	0	1	68.00	1.00	0.50	0.00
	Flywheel	2016	15	20	25	100 000	200 000	1 000 000	75	85	90	20	200	6 000	3 000	1 500	5 000	10 000	84.00	100.00	60.00	20.00
		2030	23	30	38	151 259	302 518	1 512 590	75	85	90	20	200	3 917	1 959	979	5 000	10 000	87.00	42.61	39.17	8.52
	PHS	2016	30	60	100	12 000	50 000	100 000	80	90	100	0	2	100	21	5	0	0	80.00	0.02	0.01	0.00
		2030	30	60	100	12 000	50 000	100 000	80	90	100	0	2	100	21	5	0	0	80.00	0.02	0.01	0.00

L'opportunità dell'auto elettrica – V2G

- In un prossimo futuro caratterizzato da una crescente diffusione dell'auto elettrica, anche gli apparati di ricarica (colonnine) potranno mettere a disposizione servizi di regolazione agendo in forma aggregata
- L'energia stoccabile, pur se non costantemente messa a disposizione della rete (sarebbe disponibile solo quanto il veicolo è connessione alla colonnina di ricarica), potrebbe essere piuttosto elevata e confrontabile con la taglia di impianti utility-scale
 - Si considera una diffusione di auto elettriche pari al 10% del parco circolante (44 milioni di autovetture)
 - Si considera una autonomia media di 300 km (circa 50 kWh)
 - Si considera che il 10% della auto siano connesse ad una colonnina di ricarica
 - Si ottiene una capacità nominale di 22 GWh, di cui può esserne utilizzata una parte (permane il vincolo di mantenere una soglia minima di autonomia residua)
 - Le auto elettriche saranno dotate di batterie in grado di erogare ingenti quantità di potenza, ovvero nel campo dei servizi tipicamente power-intensive
 - Ciò si conferma sia nelle schede tecniche dei primi mezzi full-electric disponibili sul mercato che nei recenti studi sulla ricarica rapida

