Fare i conti con l'ambiente
Rifiuti acqua energia
Ravenna 18·19·20 maggio 2016

Generazione Distribuita e Tecnologie per l'Accumulo di Energia

Workshop D – *Generazione Distribuita e Fonti Energetiche Rinnovabili*

Ing. Lisa Branchini

CIRI-Energia ed Ambiente UO Bioenergie,
Alma Mater Studiorum- Università di Bologna

PIATTAFORMA ENERGIA AMBIENTE

UNIONE EUROPEA Fondo europeo di sviluppo regionale
POR FESR 2007-2013 OBIETTIVO COMPETITIVITÀ E OCCUPAZIONE Regione Emilia-Romagna
COSTRUIAMO INSIEME IL FUTURO

RETE ALTA TECNOLOGIA EMILIA-ROMAGNA HIGH TECHNOLOGY NETWORK

www.ravenna2016.it

AGENDA

- **GENEREAZIONE DISTRIBUITA (GD), PICCOLA (PG) E MICRO GENERAZIONE (MG)**
  - Definizioni
  - **GD:** Numero impianti, potenza lorda installata, energia prodotta
  - **GD e GD-10 MVA:** produzione per fonte
  - **GD:** Dislocazione impianti, immissione rete/autoconsumo
  - **PG:** Numero impianti, potenza lorda installata, energia prodotta
  - **PG**: dati e dislocazione impianti eolici e fotovoltaici

- **SISTEMI DI ACCUMULO (SdA)**
  - CARATTERISTICHE E APPLICAZIONI: time shift di energia, peak shaving, regolazioni di rete e riserve
  - TIPOLOGIE DI SdA: elettrochimici, meccanici, chimici, elettrici, termici
  - CONFRONTO SdA: potenza, energia, tempi di scarica
  - CONFRONTO SdA: costi e maturità tecnologica

GENERAZIONE DISTRIBUITA: DEFINIZIONI

Direttiva 2009/72/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, definisce:

- **GENERAZIONE DISTRIBUITA (GD)** «*l'insieme degli impianti di generazione connessi al sistema di distribuzione*», indipendentemente dal valore di potenza dei medesimi impianti.

anni precedenti al 2012 Autorità aveva definito come GD impiantì di potenza <10 MVA

Secondo il Decreto Legislativo 20/07:

- **PICCOLA GENERAZIONE (PG): «***l'insieme degli impianti per la produzione di energia elettrica, anche in assetto cogenerativo, con capacità di generazione* ***non superiore a 1 MW»*** (non è strettamente un sottoinsieme della GD in quanto esistono impianti di potenza non superiore a 1 MW connessi alla rete di trasmissione nazionale);

- **MICROGENERAZIONE (MG): «**l'insieme degli impianti per la produzione di energia elettrica, anche in assetto cogenerativo, con capacità massima di generazione **inferiore a 50 kW_e »** (non è strettamente un sottoinsieme della GD ma è un sottoinsieme della PG).

NUMERI DELLA GD

Rapporto Aeegsi «*Monitoraggio dello sviluppo degli impianti di generazione distribuita per l'anno 2013» dati TERNA e GSE*

- **GD Italia 2013**: produzione lorda di energia elettrica pari a **63,4 TWh** pari al **22%** dell'intera produzione nazionale (+6,3 TWh rispetto al 2012). Di cui:
  - idroelettrico → 20% della produzione da GD,
  - termoelettrico → 41% della produzione da GD,
  - geotermoelettrico → 0,5% della produzione da GD,
  - eolico → 6,5% della produzione da GD,
  - fotovoltaico → 32% della produzione da GD.

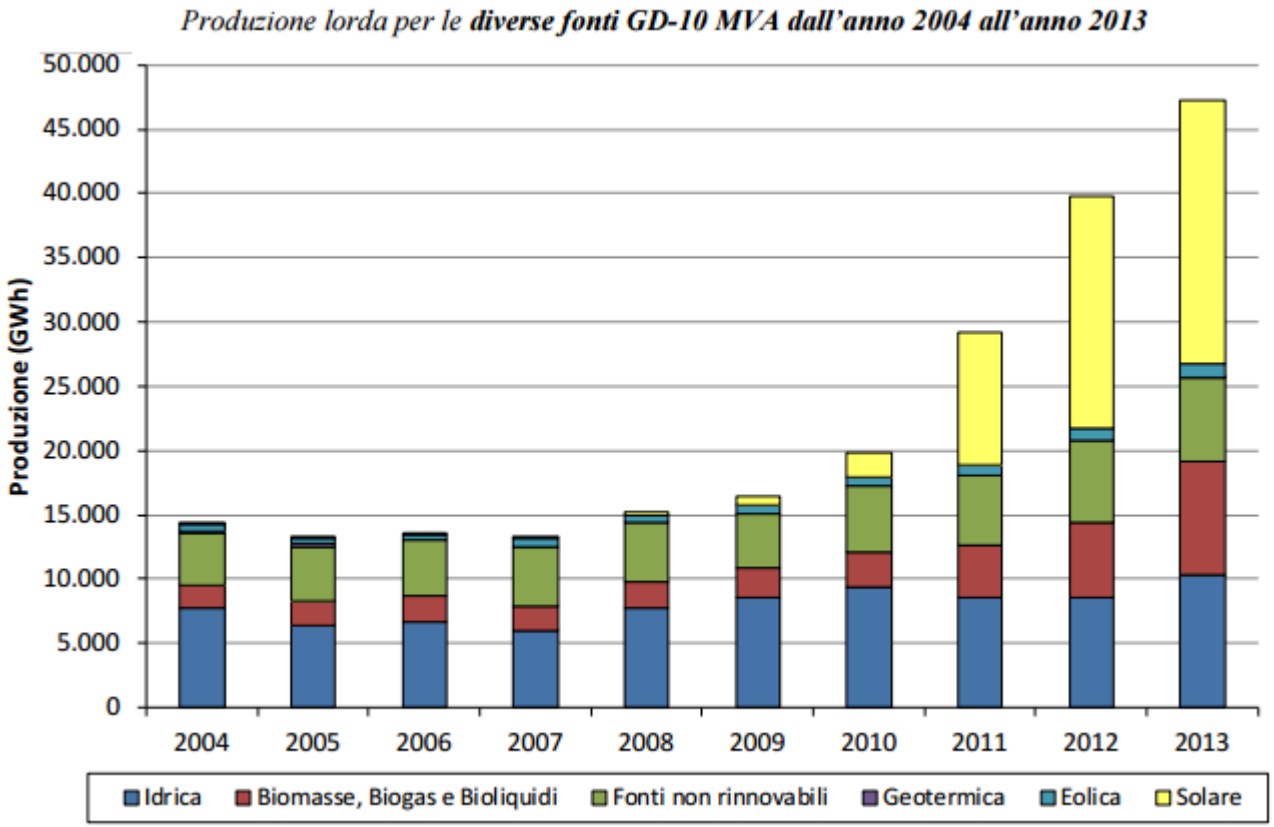
  RINNOVABILI coprono circa **75% della produzione da GD**

- **2013** installati **587.284 impianti** per una **potenza efficiente lorda** di **30.167 MW** (25% della potenza efficiente lorda del parco di generazione nazionale).

	Numero impianti	Potenza efficiente lorda (MW)	Produzione lorda (MWh)	Produzione netta (MWh)	
				Consumata in loco	*Immessa in rete*
Idroelettrici	2.873	3.417	12.603.931	530.860	11.891.657
Biomasse, biogas e bioliquidi	*2.242*	*1.956*	*9.330.914*	*414.720*	*8.215.384*
Rifiuti solidi urbani	*55*	*363*	*1.530.693*	*249.367*	*1.171.334*
Fonti non rinnovabili	*1.443*	*4.380*	*14.672.707*	*9.755.526*	*4.281.790*
Ibridi	*39*	*117*	*471.782*	*240.716*	*208.300*
Totale termoelettrici	3.779	6.816	26.006.097	10.660.330	13.876.808
Geotermoelettrici	3	44	323.878	0	307.760
Eolici	1.179	2.461	4.157.074	757	4.129.215
Fotovoltaici	579.450	17.429	20.353.461	3.567.051	16.433.177
TOTALE	**587.284**	**30.167**	**63.444.440**	***14.758.999***	***46.638.616***

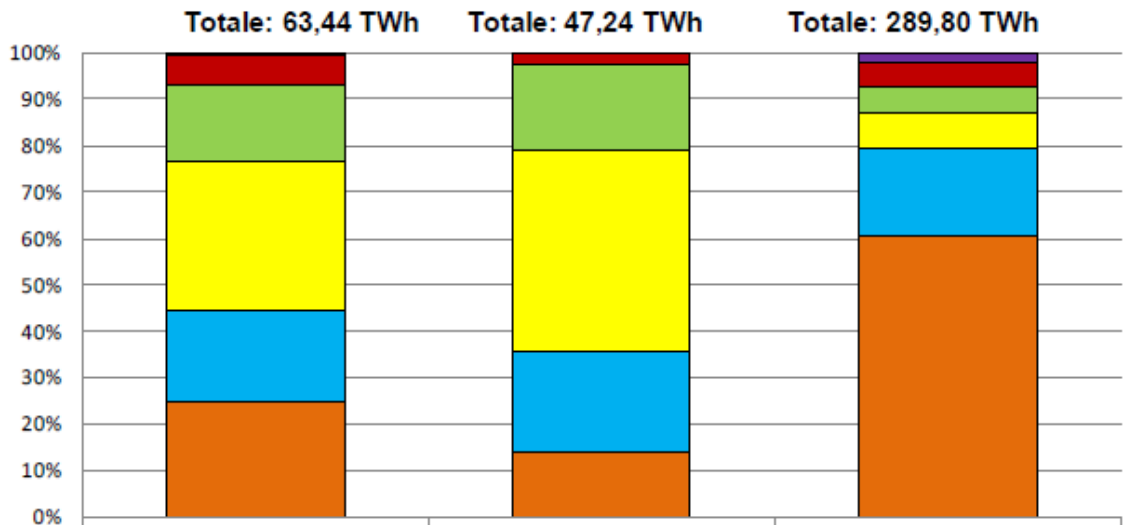
GD-10MVA: PRODUZIONE PER FONTE 2004-2013

- 2004-2013: **crescita significativa** della GD-10MVA con vero e proprio **boom del fotovoltaico**
- 2013: **86%** dell'energia elettrica prodotta è di **origine rinnovabile** e, tra le fonti rinnovabili, **solare** occupa un posto di rilievo con **43,4% della produzione da GD-10 MVA**;



GD & GD-10MVA *vs. PRODUZIONE TOTALE*

- Sostanziale differenza nel contributo alla generazione da parte delle fonti non rinnovabili:
- TOTALE ITALIA **61% proviene da fonti non rinnovabili**, tra rinnovabili, idrica copre 19%



	GD	GD-10 MVA	ITALIA
Geotermica	0,5%	0,0%	2,0%
Eolica	6,6%	2,3%	5,1%
Biomasse, Biogas e Bioliquidi	16,3%	18,5%	5,9%
Solare	32,1%	43,4%	7,4%
Idrica	19,9%	21,9%	18,9%
Fonti non rinnovabili	24,6%	13,9%	60,7%

75% **86%** **39%**

Figura 2.1: *Produzione lorda di energia elettrica dalle diverse fonti nell'ambito della GD*

ıvenna2016.it

GD *vs.* GD-10MVA: CONSUMI

- **GD: 23% autoconsumo**, **74% immesso in rete** e il restante utilizzato per alimentazione dei servizi ausiliari (autoconsumo +5.6 p.p. rispetto 2012)
- **GD-10 MVA: 19% autoconsumo**, **78% immesso in rete** e il restante per alimentazione dei servizi ausiliari
- **Fonti rinnovabili**: solo **10% consumato in loco**; impianti fotovoltaici arrivano al 17%.
- Impianti alimentati a **fonti fossili circa 67%** (GD) e **72%** (GD-10MVA) è **consumata in loco**
- **96% impianti connessi in BT**

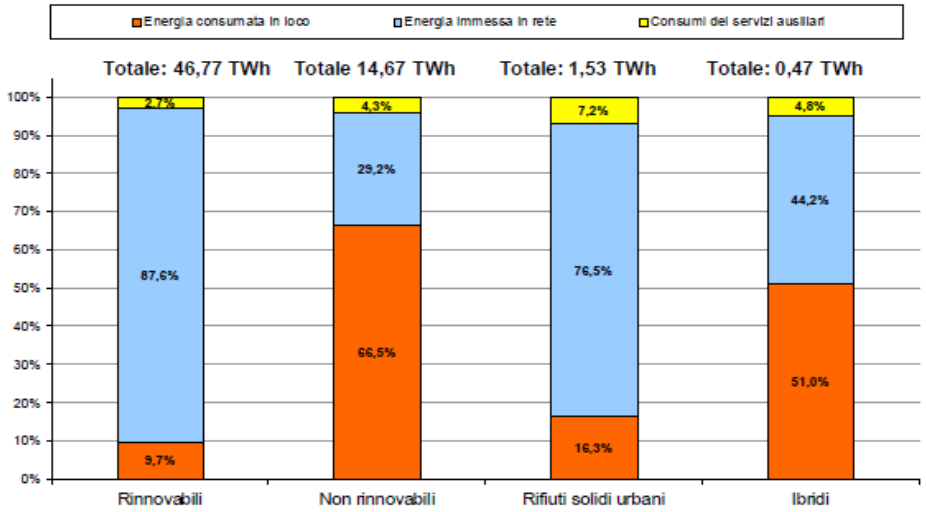


Figura 2.4: *Ripartizione della produzione lorda da GD tra energia immessa in rete ed energia autoconsumata (per impianti alimentati da fonti rinnovabili, non rinnovabili, rifiuti solidi urbani e per impianti ibridi)*

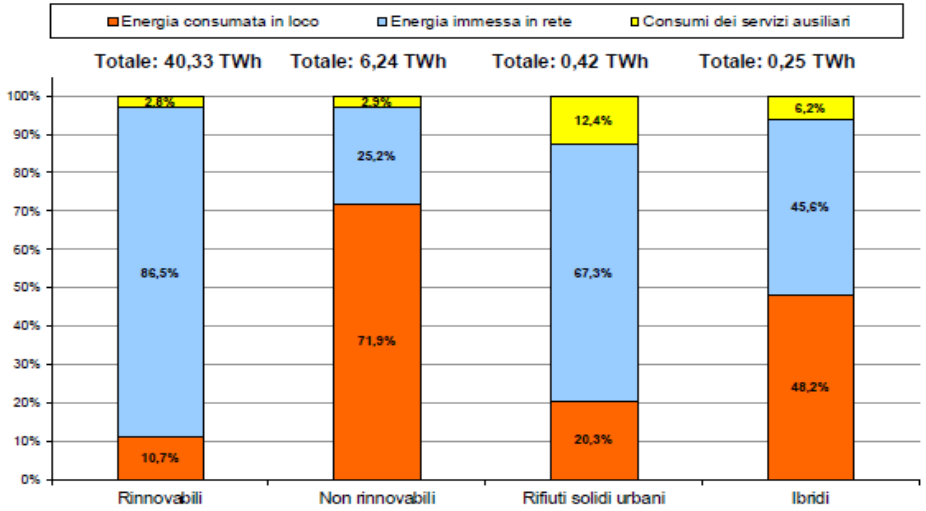


Figura 2.5: *Ripartizione della produzione lorda da GD-10 MVA tra energia immessa in rete ed energia autoconsumata (per impianti alimentati da fonti rinnovabili, non rinnovabili, rifiuti solidi urbani e per impianti ibridi)*

GD *vs.* GD-10MVA: MERCATO e INCENTIVI

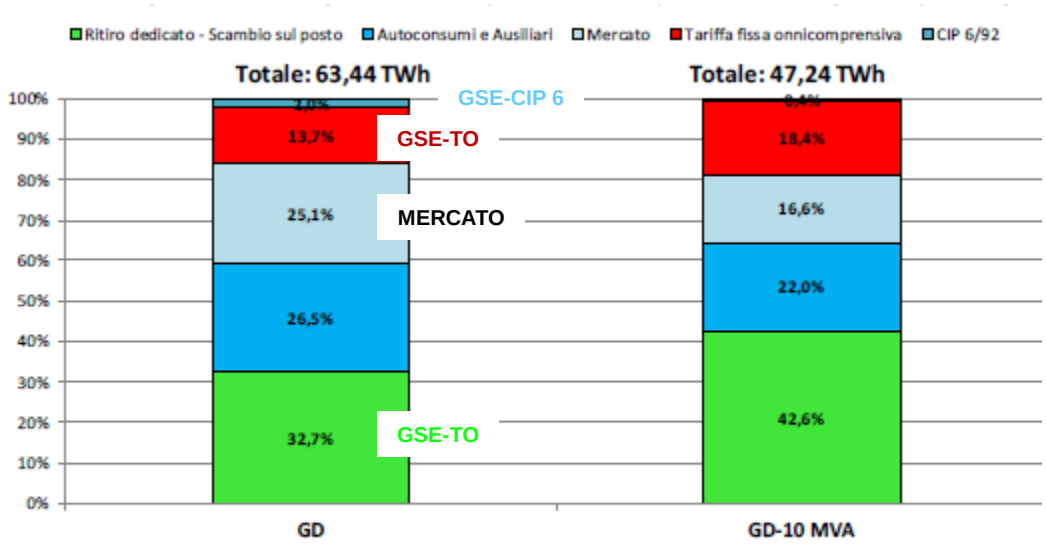
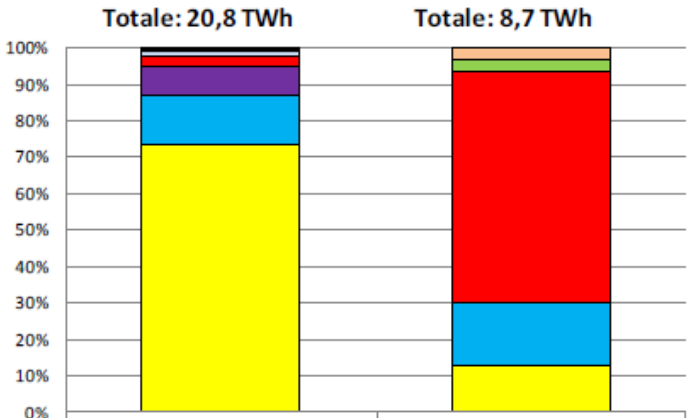


Figura 2.6: *Ripartizione dell'energia elettrica lorda prodotta nell'ambito della GD e della GD-10 MVA fra mercato, autoconsumi e regimi di ritiro amministrato*



	RID e SSP	TO
Gasolio	0,00%	0,00%
Altre fonti di energia	0,01%	0,00%
Altri combustibili solidi	0,05%	0,00%
Bioliquidi	0,12%	3,22%
Biomasse	0,35%	3,26%
Rifiuti solidi urbani	0,51%	0,00%
Gas naturale	1,61%	0,00%
Biogas	2,68%	63,15%
Eolici	7,80%	0,22%
Idroelettrici	13,51%	17,43%
Fotovoltaici	73,36%	12,72%

Figura 2.7: *Ripartizione per fonte dell'energia elettrica che beneficia della tariffa fissa onnicomprensiva e dell'energia elettrica commercializzata dal GSE, riferite alla GD*

- **GD: 25%** del totale prodotto **ceduto direttamente sul mercato**, **48%** è stato **ritirato dal GSE** (2% Cip n. 6/92, 14% tariffa fissa onnicomprensiva, 33% ritiro dedicato e scambio sul posto).

- **GD-10 MVA: 17%** del totale prodotto **ceduto direttamente sul mercato**, **61%** ritirato dal **GSE** (0,4% Cip n. 6/92, 18% tariffa fissa onnicomprensiva, 43% ritiro dedicato e scambio sul posto).

GD: DISLOCAZIONE RINNOVABILI

SIGNIFICATIVE DIFFERENZE TRA NORD-CENTRO E SUD SIA IN TERMINI DI POTENZA CHE PRODUZIONE

- Puglia e Sicilia forte contributo fotovoltaico
- Regioni nord contributi maggiori idroelettrico e bioenergie

	Potenza MW	Produzione GWh
Valle d'Aosta	147,8	532,3
Piemonte	2.451,7	5.483,8
Liguria	233,7	544,6
Lombardia	3.312,3	7.798,2
Trentino Alto Adige	1.251,4	3.410,0
Veneto	2.016,7	3.848,6
Friuli Venezia Giulia	730,7	1.532,0
Emilia Romagna	2.157,1	3.721,8
Toscana	971,9	1.742,5
Marche	1.199,5	1.792,3
Umbria	536,2	760,3
Lazio	1.281,7	2.118,1
Abruzzo	811,1	1.196,4
Molise	337,9	577,7
Campania	1.012,1	1.399,0
Puglia	2.999,7	4.348,1
Basilicata	606,1	918,9
Calabria	803,4	1.447,0
Sicilia	1.894,0	2.920,9
Sardegna	1.031,9	1.716,4
TOTALE	25.786,8	47.809,2

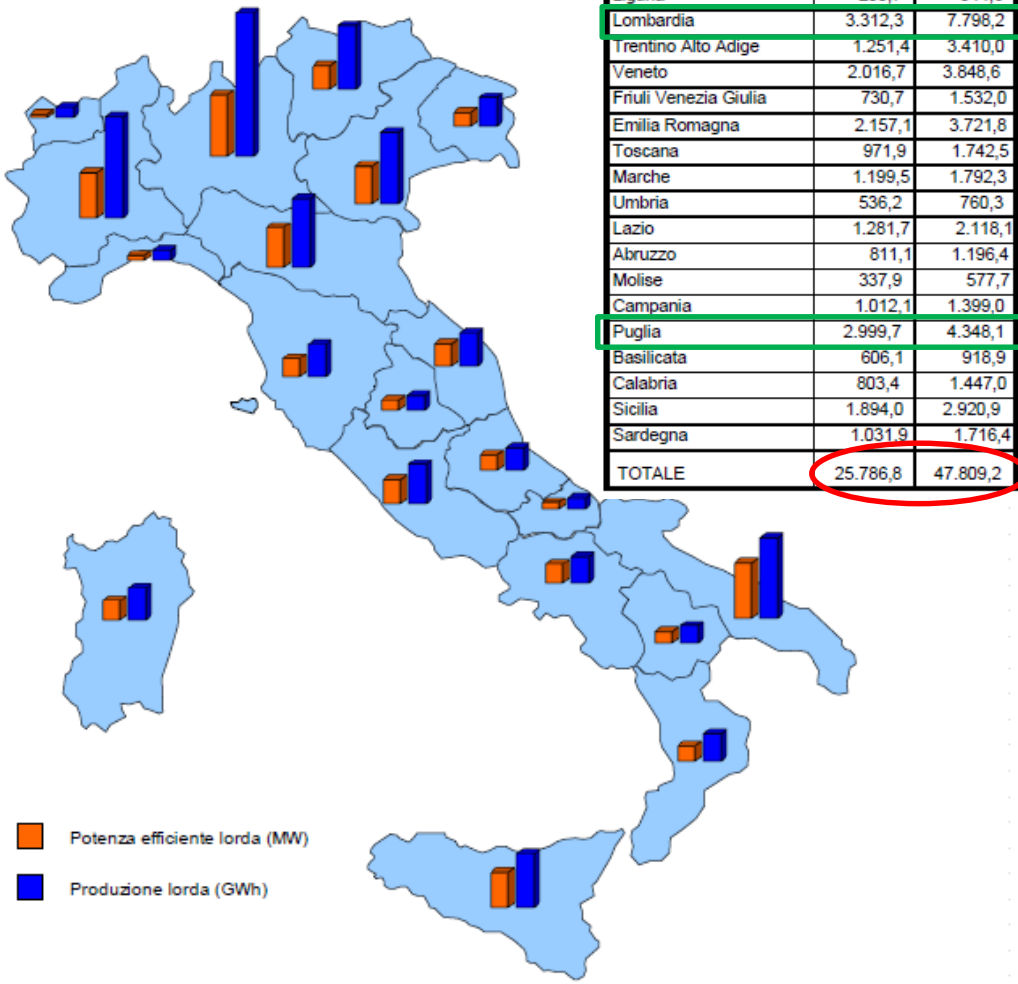


Figura 2.11[12]: *Dislocazione degli impianti di GD alimentati da fonti rinnovabili (Potenza efficiente lorda totale: 25.787 MW; Produzione lorda totale: 47.809 GWh)*

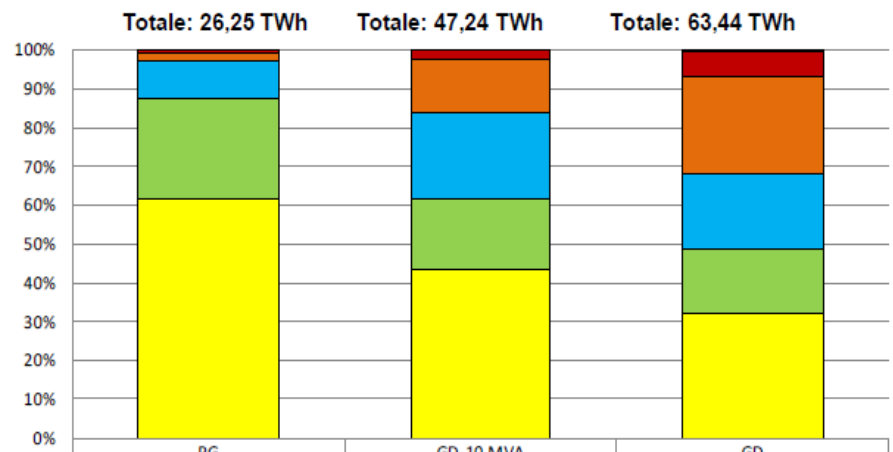
NUMERI DELLA PG

	Numero impianti	Potenza efficiente lorda (MW)	Produzione lorda (MWh)	Produzione netta (MWh)	
				Consumata in loco	*Immessa in rete*
Idroelettrici	2.131	645	2.635.868	57.710	2.530.690
Biomasse, biogas e bioliquidi	*2.066*	*1.286*	*6.669.227*	*123.755*	*6.051.998*
Rifiuti solidi urbani	*9*	*4*	*7.674*	*1.937*	*4.750*
Fonti non rinnovabili	*864*	*178*	*402.422*	*239.571*	*147.691*
Ibridi	*26*	*17*	*44.422*	*2.886*	*38.185*
Totale termoelettrici	2.965	1.486	7.123.744	368.149	6.242.624
Geotermoelettrici	1	1	1.395	0	1.076
Eolici	1.023	187	271.809	533	268.238
Fotovoltaici	578.447	14.293	16.212.426	3.361.524	12.607.560
TOTALE	**584.567**	**16.612**	**26.245.242**	***3.787.916***	***21.650.188***

GENERAZIONE DISTRIBUITA

TOTALE	**587.284**	**30.167**	**63.444.440**

- **PG: +100˙000 impianti rispetto al 2012** (principalmente fotovoltaici)
- **PG**: **98%** dell'energia elettrica prodotta dagli impianti **rinnovabile**: **principale è la fonte solare (62%)**



	PG	GD-10 MVA	GD
Geotermica	0,0%	0,0%	0,5%
Eolica	1,0%	2,3%	6,6%
Fonti non rinnovabili	1,6%	13,9%	24,6%
Idrica	10,0%	21,9%	19,9%
Biomasse, Biogas e Bioliquidi	25,6%	18,5%	16,3%
Solare	61,8%	43,4%	32,1%

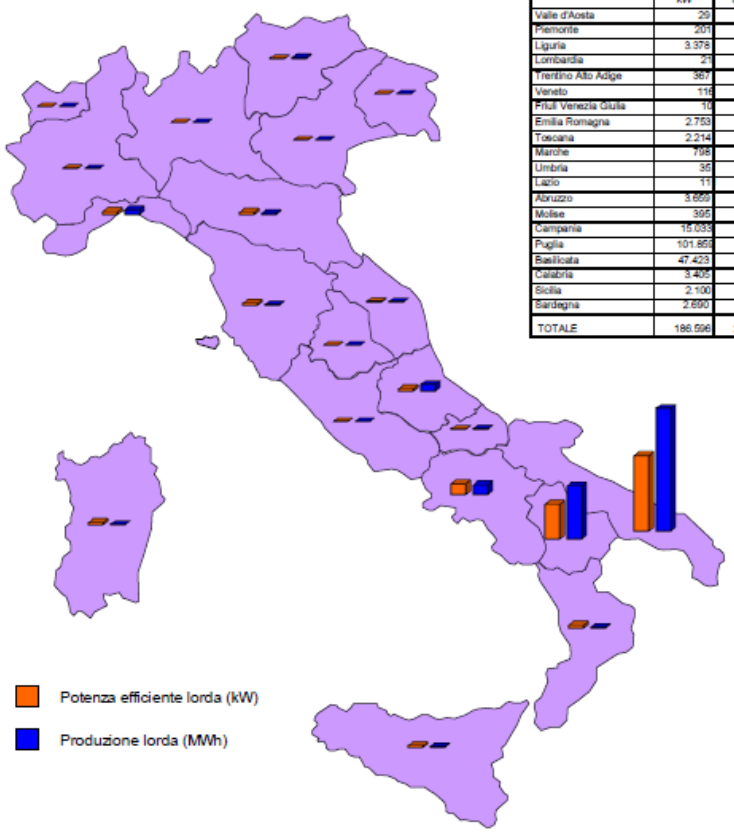
98% **86%** **75%**

Figura 3.1: *Produzione lorda di energia elettrica dalle diverse fonti nell'ambito della PG e confronto con GD-10 MVA e GD*

DISLOCAZIONE PG: EOLICO E FOTOVOLTAICO

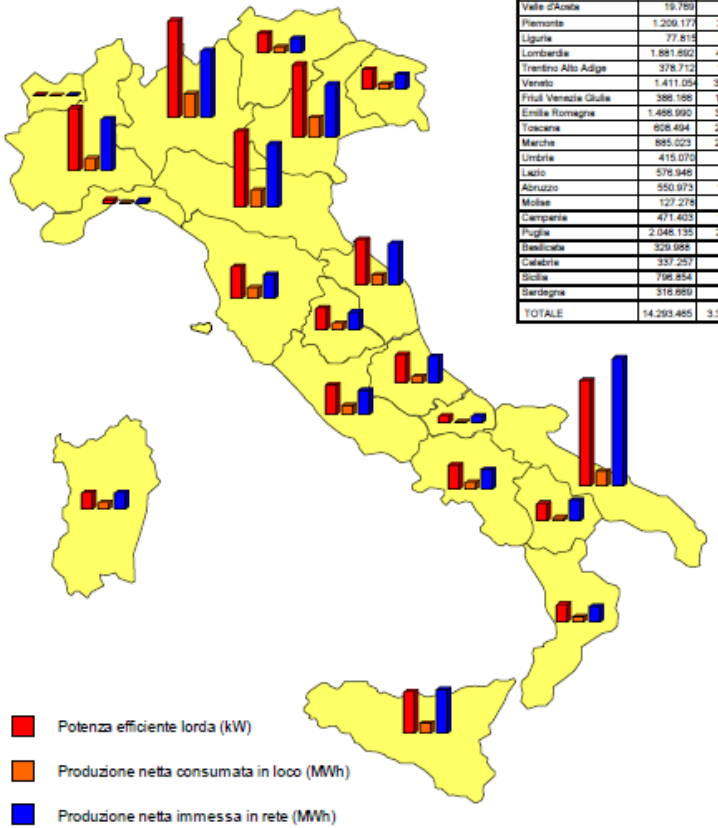
EOLICO: Puglia e Basilicata
regioni con maggior numero di impianti,
coprono l'87% dell'intera produzione eolica di PG

FOTOVOLTAICO: crescita significativa
rispetto 2012 + 100˙000 impianti (+1000 MW)
(«V conto energia»); **93% impianti in MG**



	Potenza kW	Produzione MWh
Valle d'Aosta	29	12
Piemonte	201	161
Liguria	3.378	5.060
Lombardia	23	0
Trentino Alto Adige	367	1.100
Veneto	116	10
Friuli Venezia Giulia	10	0
Emilia Romagna	2.753	1.425
Toscana	2.214	531
Marche	798	481
Umbria	36	1
Lazio	11	7
Abruzzo	3.669	8.995
Molise	395	574
Campania	15.035	13.244
Puglia	101.865	165.596
Basilicata	47.423	72.020
Calabria	3.405	1.096
Sicilia	2.100	1.107
Sardegna	2.690	342
TOTALE	186.596	271.809

Figura 3.10: *Dislocazione degli impianti eolici di PG (Potenza efficiente lorda totale: 187 MW; Produzione lorda totale: 272 GWh)*



	Potenza kW	Consumata in loco MWh	Immessa in rete MWh
Valle d'Aosta	19.769	5.660	15.775
Piemonte	1.209.177	228.155	997.154
Liguria	77.815	20.892	58.163
Lombardia	1.881.692	480.145	1.294.406
Trentino Alto Adige	378.712	110.900	277.761
Veneto	1.411.054	385.320	1.026.202
Friuli Venezia Giulia	386.186	104.864	289.518
Emilia Romagna	1.468.990	318.989	1.218.589
Toscana	608.494	204.139	459.614
Marche	885.023	201.332	803.156
Umbria	415.070	119.268	340.003
Lazio	576.948	177.410	488.531
Abruzzo	550.973	123.012	506.412
Molise	127.278	20.385	127.714
Campania	471.403	126.774	382.463
Puglia	2.046.135	285.001	2.475.162
Basilicata	329.988	54.014	401.881
Calabria	337.257	100.154	304.968
Sicilia	796.854	196.015	845.351
Sardegna	318.669	119.275	312.740
TOTALE	14.293.465	3.381.524	12.607.580

Figura 3.11: *Dislocazione degli impianti fotovoltaici di PG (Potenza efficiente lorda totale: 14.293 MW; Produzione netta totale consumata in loco: 3.362 GWh; Produzione netta totale immessa in rete: 12.608 GWh)*

SISTEMI DI ACCUMULO (SdA)

In un sistema elettrico caratterizzato da una sempre più rilevante produzione di energia da **F**onti **R**innovabili **N**on **P**rogrammabili, i SdA sono **tecnologia strategica** per garantire i servizi **necessari** alla **stabilità e sicurezza del sistema elettrico** e **massimizzare l'autoconsumo**, ottimizzando l'integrazione nel sistema elettrico della produzione delle fonti rinnovabili e aprendo la strada verso un sistema fortemente "decarbonizzato".

DIFFUSIONE DEI SdA: MOTIVAZIONI

- Crescente penetrazione della generazione da FRNP
- Priorità di dispacciamento associata a caratteristiche di variabilità e scarsa prevedibilità
- Disturbi sulla rete: necessità di aumentare le riserve primarie, secondarie, terziarie di regolazione
- Necessità di massimizzare sfruttamento rinnovabili

Gli attori che possono essere interessati all'uso di SdA sono: titolare di FRNP, Gestore Rete di Trasmissione, Gestore Rete di Distribuzione, gestore di Micro Rete, Produttore/Consumatore (Prosumer).

CARATTERISTICHE DEI SdA

SdA impiegati per la fornitura di servizi molto diversi:

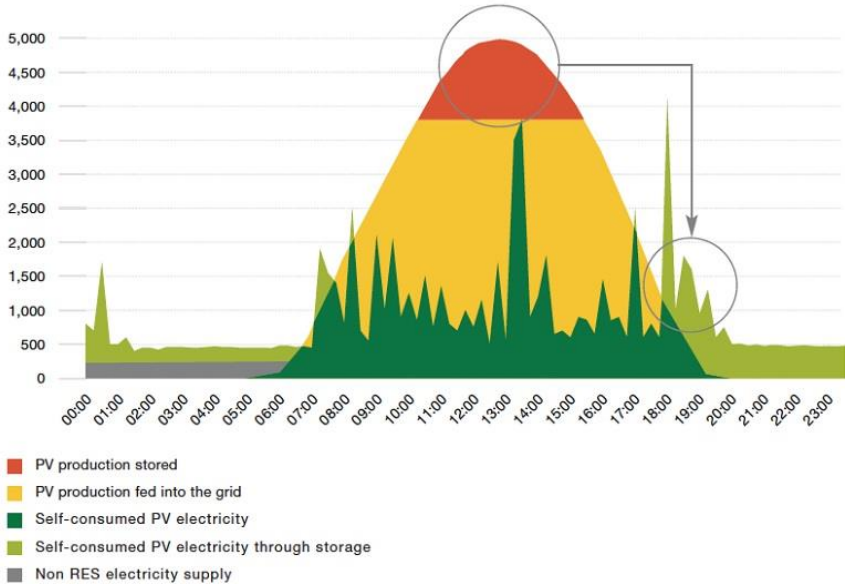
- **“prestazioni in potenza”** o “Power Intensive”: sistemi in grado di scambiare elevate potenze per tempi brevi (da frazioni di secondo a qualche minuto);
- **“prestazioni in energia”** o “Energy Intensive”, quindi sistemi in grado di fornire potenza con autonomia di parecchie ore.

Ad applicazioni diverse corrispondono caratteristiche elettriche dei SdA variabili in un intervallo di valori piuttosto ampio.

- La **potenza** elettrica del SdA può variare da qualche kW nelle applicazioni residenziali, a centinaia di MW nelle reti di trasmissione.
- La **durata** della scarica può variare da decine di ore per gli impianti “Energy Intensive”, a frazioni di secondo per impianti destinati a migliorare la Power Quality dei sistemi di utente.
- La **velocità di risposta** può pure variare molto, da minuti a frazioni di secondo, in base ai requisiti dell’ applicazione.
- La tipologia di **connessione** può essere in alta, media e bassa tensione.

La convenienza tecnico-economica di un SdA dipende dai costi-benefici risultanti e dal ritorno dell’investimento: costi noti mentre ricavi economici dipendenti dal tipo di operatore coinvolto nella decisione di investimento.

APPLICAZIONI DEI SdA (1)



- **Time Shift di Energia:** acquisto energia in tempi in cui il prezzo è basso per immagazzinarla nel SdA e successivo riutilizzo/vendita in tempi in cui il prezzo è elevato. Finalizzata anche ad **alleviare le congestioni di rete** causate da un'eccessiva produzione da fonte eolica o solare in un'area in cui la rete non è in gradi di assorbire tutta la produzione

- **peak shaving:** consente di livellare i picchi di consumo immagazzinando energia nei periodi di basso fabbisogno (impianti in assetti meno efficienti) e rilasciandola nei periodi di alto fabbisogno evitando il ricorso ad impianti di punta di minore affidabilità e con maggiori costi variabili.

In una **micro rete**, ad esempio, la funzione **peak shaving dei SdA** consente di **ridurre la potenza di dimensionamento dei generatori e della rete di distribuzione**, mantenendola più prossima alla potenza media dei carichi, rispetto al picco.

APPLICAZIONI DEI SdA (2)

SUPPORTO AL FUNZIONAMENTO DI UNA MICRO RETE:

- massimizzare la quota di energia auto-prodotta dalle FRNP: aumentare autoconsumo evitando tagli alla produzione nei periodi di picco, quando la rete non è in grado di assorbire tutta la potenza generata. E' il caso che si è verificato su molti impianti eolici nel Sud Italia.

- ridurre la necessità di fronteggiare con impianti termoelettrici le elevate rampe di potenza che si verificano al tramonto, quando alla cessata generazione fotovoltaica si somma l'aumento di carico per illuminazione.

- ridurre gli oneri di sbilanciamento che gravano su tale impianto, grazie ad un profilo di generazione complessivo più regolare e prevedibile.

- La presenza di SdA consente al proprietario di impianto FRNP di ricorre all'arbitraggio, mediante Energy time shift, immagazzinando energia nelle ore di basso prezzo, per restituirla e rivenderla nelle ore a prezzo più remunerativo.

- erogare Servizi di Rete (regolazione di frequenza e di tensione), ottimizzando lo sfruttamento delle FRNP presenti

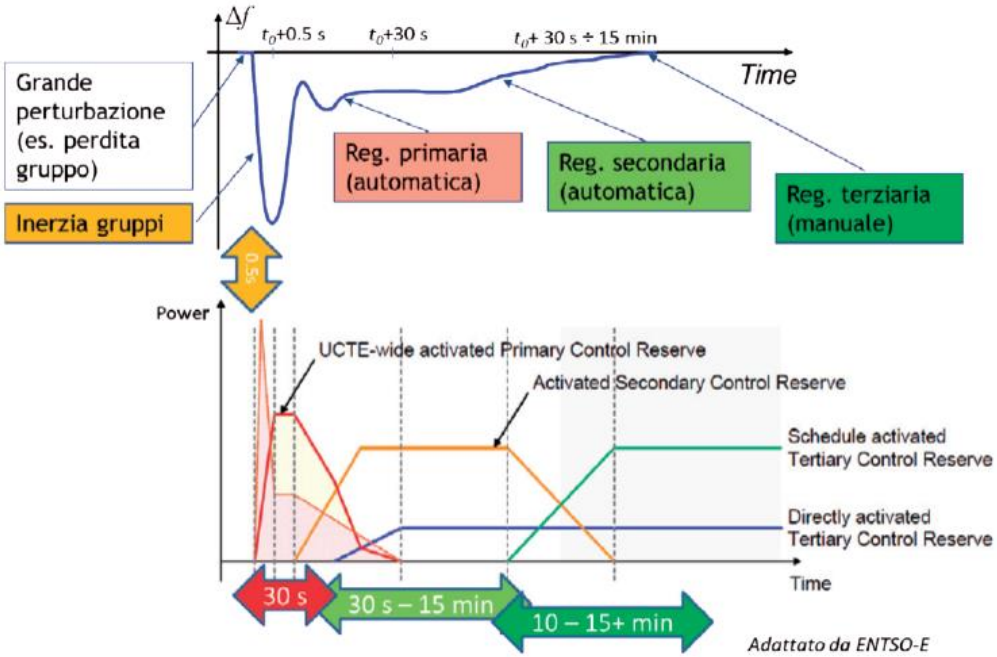
APPLICAZIONI DEI SdA (3)

- **Regolazione Primaria di Frequenza:** squilibrio tra generazione e carico che porta a variazione di frequenza del sistema elettrico, la quale a sua volta agisce sui regolatori di frequenza dei generatori abilitati a fornire reg. primaria (variando potenza erogata). Obbligatorio per tutte unità >10 MW; SdA più veloci e flessibili (operano nelle due direzioni).

- **Regolazione Secondaria di Frequenza:** ristabilire l'equilibrio, (a seguito di regolazione primaria) riportando la frequenza al valore nominale e ripristinando la riserva di potenza. Servizio remunerato, negoziato sul Mercato Servizio Dispacciamento.

- **Regolazione Terziaria di frequenza:** ripristinare i margini di potenza necessaria per effettuare la regolazione primaria e secondaria. Servizio remunerato, negoziato sul Mercato Servizio Dispacciamento.

- **Supporto alla tensione:** erogare potenza reattiva in base allo scostamento della tensione dai valori nominali.



TIPOLOGIE DI SdA

classificazione dei sistemi di accumulo per forma di energia immagazzinata

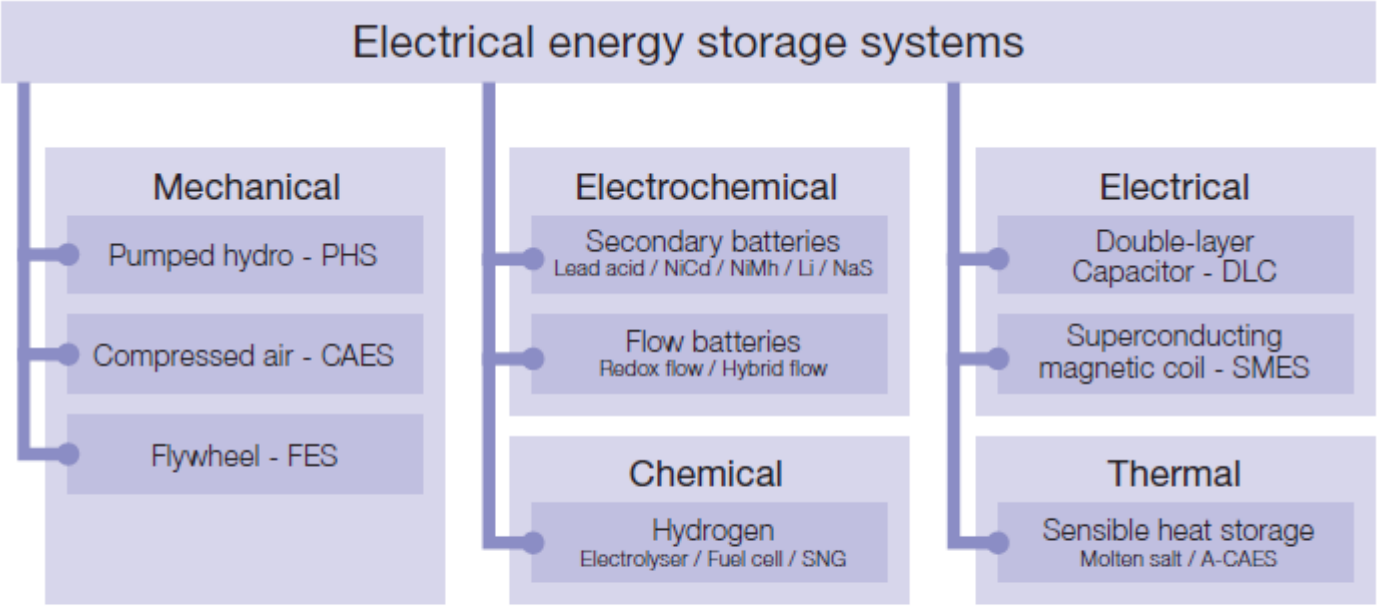


Figure 2-1 | Classification of electrical energy storage systems according to energy form
(Fraunhofer ISE)

CONFRONTO SdA: potenza, energia, tempi di scarica

- Pompaggio PHS molti GWh (energia)
- Aria compressa CAES GWh (energia)
- H2 e SNG (energia)
- Batterie a litio – ioni MWh (potenza)
- Batterie a litio- ferro MWh (potenza)
- Batterie al sodio-zolfo o sodio-cloruro di Ni MWh (energia)
- Batterie flusso MWh (energia)
- Supercondensatori (altissima potenza di picco)

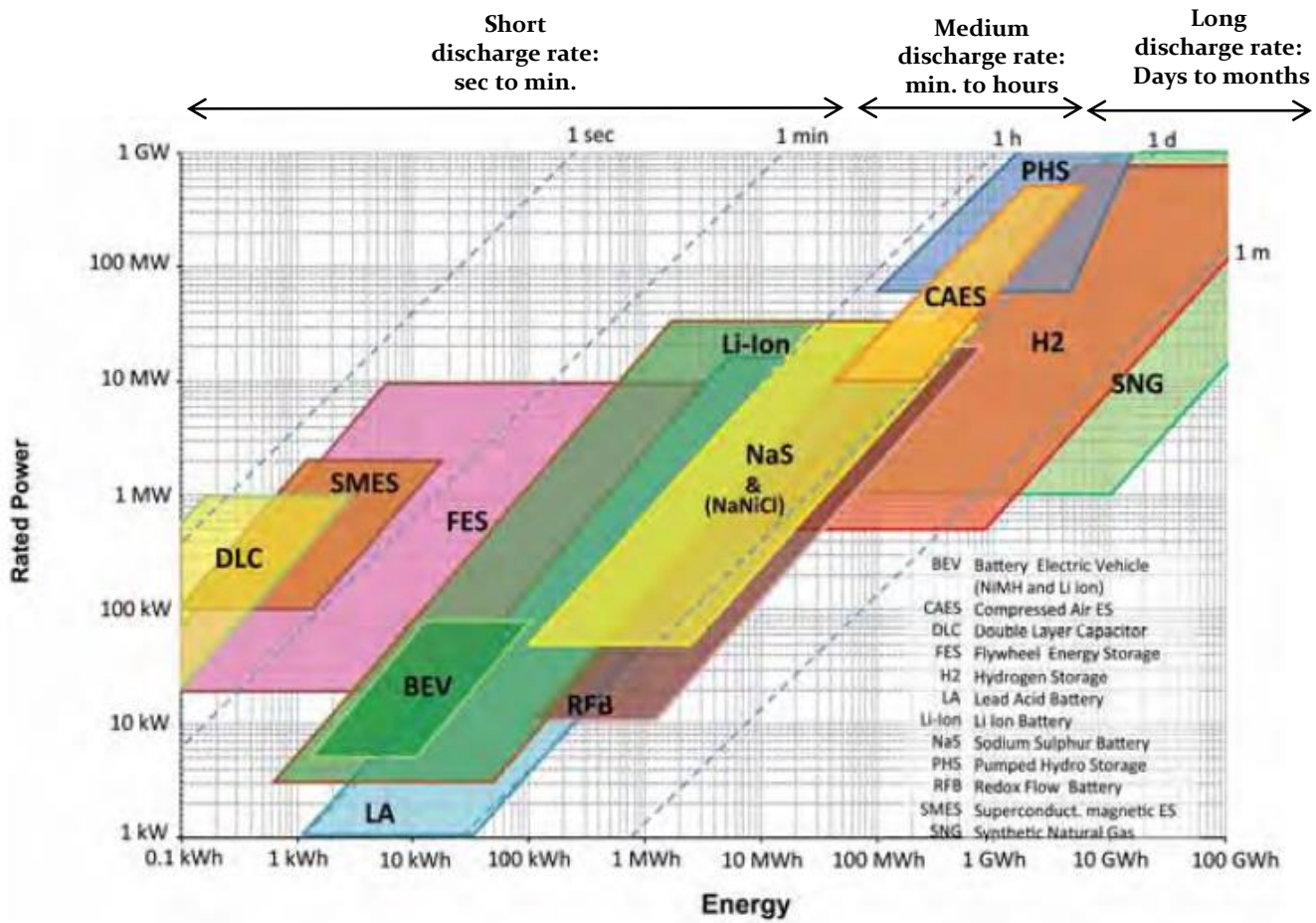
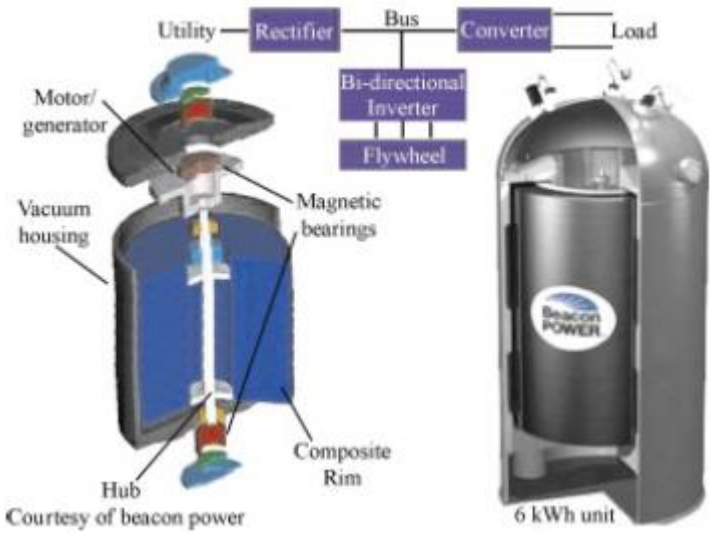


Figure 2-9 | Comparison of rated power, energy content and discharge time of different EES technologies *(Fraunhofer ISE)*

VOLANI (FES) e BATTERIE



VOLANI

- **dispositivo elettromeccanico atto all'immagazzinamento di energia sotto forma di energia cinetica rotazionale.**
- **Bassa manutenzione e elevata vita attesa, elevata densità di potenza (piccole dimensioni)**
- **Contro: auto-scarica dovuta resistenza aria e perdite cuscinetti**

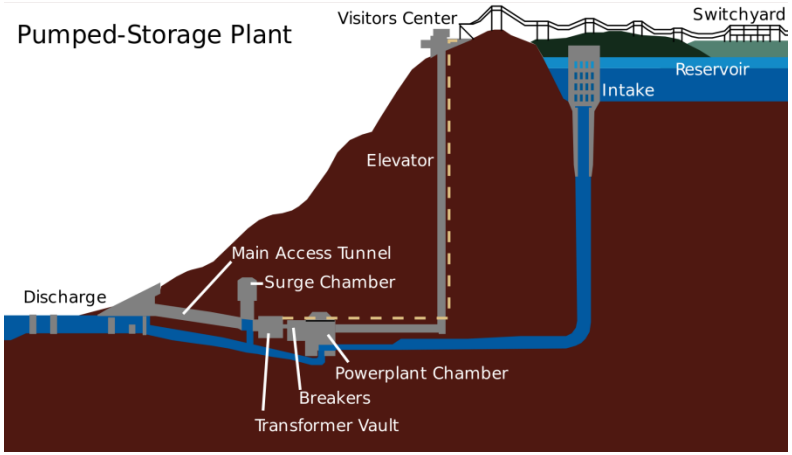
BATTERIE

- **Accumulano l'elettricità sfruttando la differenza di potenziale elettrochimico fra elettrodi diversi.**
- **Hanno un'alta efficienza, sono modulari ma alti costi e vita spesso piuttosto breve**

Figure 2-6 | NaS Battery: Cell design and 50 kW module *(NGK, IEC MSB/EES Workshop 2011)*

POMPAGGIO (PHS) e ARIA COMPRESSA (CAES)

Accumulo di elettricità sotto forma di energia potenziale gravitazionale (PHS) o di pressione (CAES) , pompando acqua in bacini idroelettrici o comprimendo aria in strutture geologiche sotterranee. Sono sistemi economici, robusti e abbastanza efficienti, ma non realizzabili ovunque.

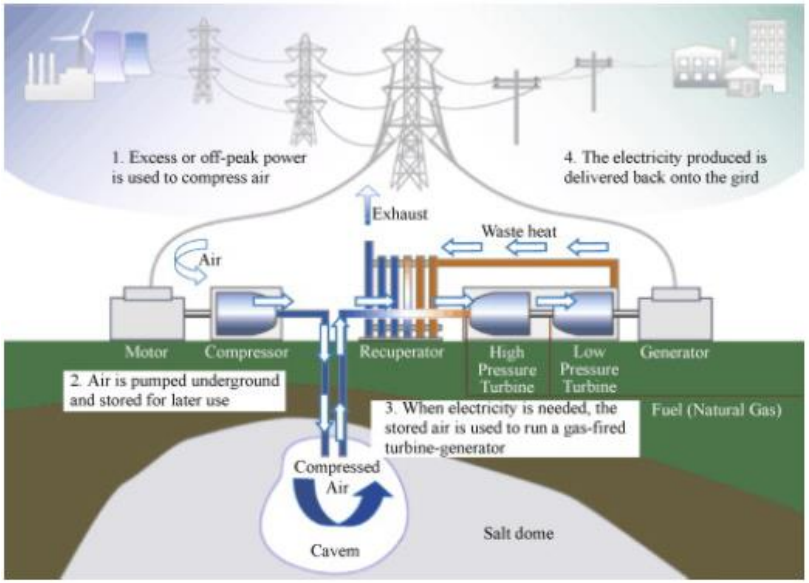


POMPAGGIO

- **E' una tecnologia provata che si presta ad accumuli significativi di energia ma oggi esistono anche proposte di piccola potenza**

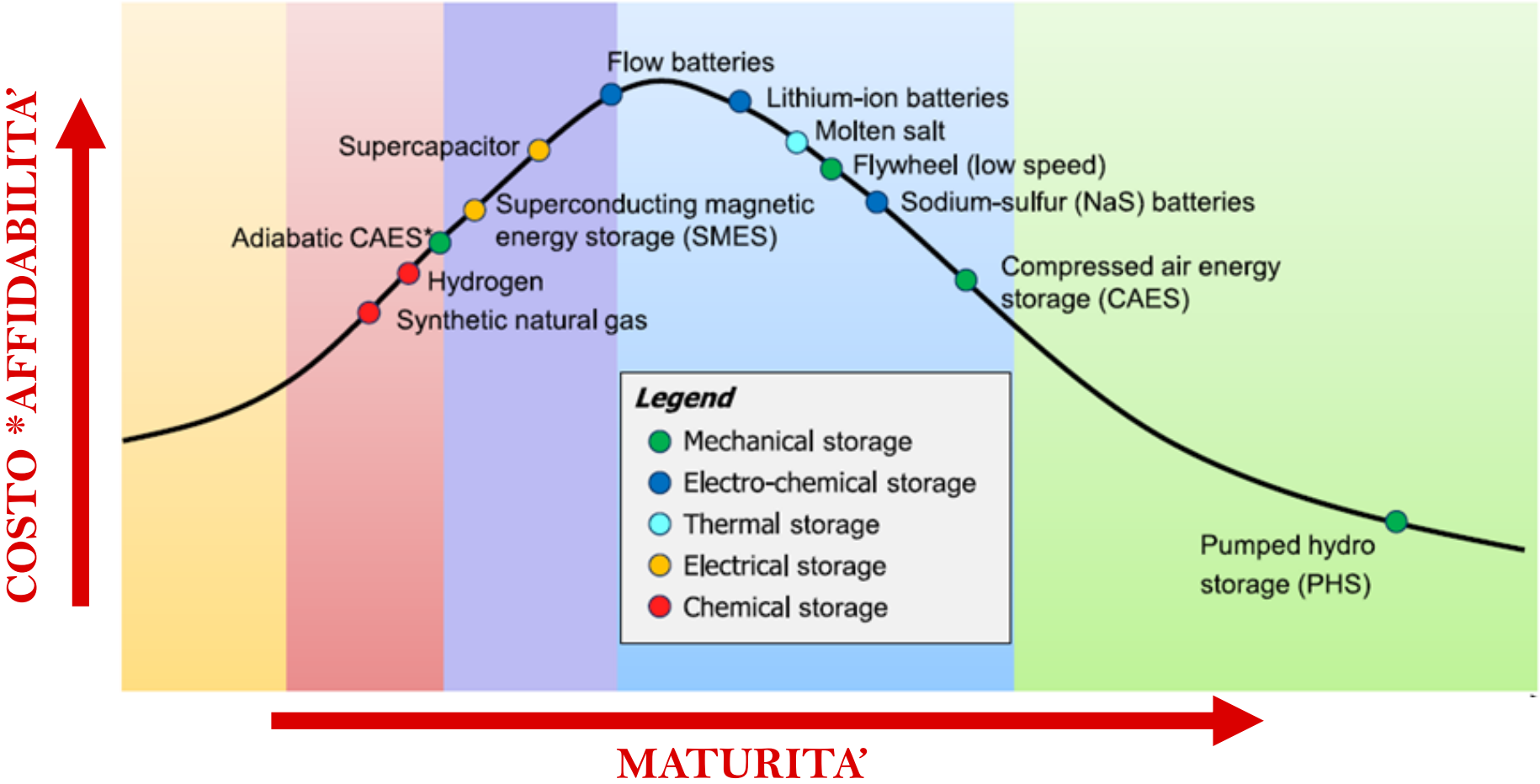
ARIA COMPRESSA

- **Impianti in costruzione di molte MW in miniere di gesso e gallerie dismesse**
- **Sviluppo di sistemi adiabatici ICAES con efficienza vicina al pompaggio**



CONFRONTO SdA: costi e maturità tecnologica

Costi legati alla diffusione: economia di scala come per fotovoltaico



Fare i conti con l'ambiente
Rifiuti acqua energia
Ravenna 2016
18·19·20 maggio

GRAZIE DELL'ATTENZIONE

www.ravenna2016.it