



**POLITECNICO  
MILANO 1863**

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



## Nuovi servizi al sistema elettrico

Claudio Brivio, Maurizio Delfanti, Davide Falabretti, Marco Merlo,  
Matteo Moncecchi, Vincenzo Musolino (BFH-CSEM)

Dipartimento di Energia  
Politecnico di Milano

- *I sistemi di accumulo ed i servizi ancillari*
- *Uno sguardo al contesto internazionale*
- *Evoluzioni in essere nel sistema Italia*
- *Misura delle prestazioni &  
ottimizzazione della regolazione*
- *Una qualche idea*

# Sistemi di accumulo e servizi ancillari

I sistemi di accumulo sono idonei a svolgere una vasta serie di servizi ancillari

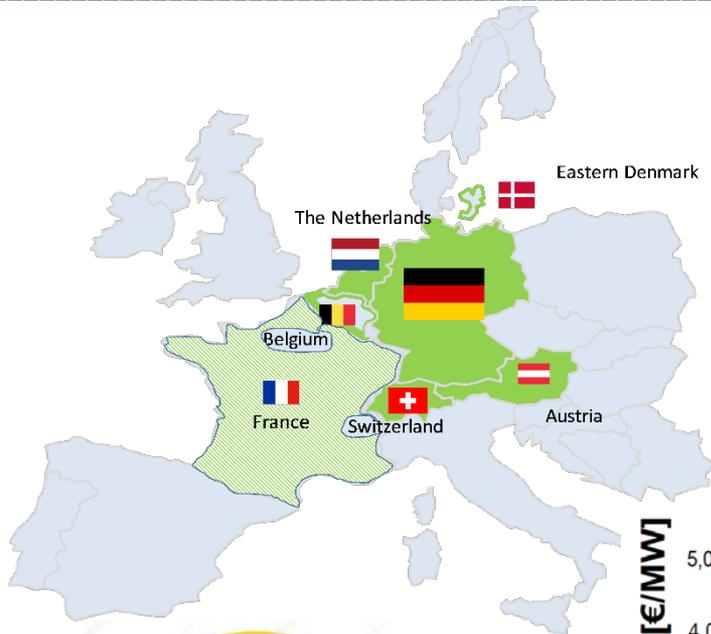
- soluzione delle congestioni, bilanciamento;
- regolazione terziaria, secondaria, primaria di  $f/p$ ;
- **regolazione primaria «veloce» - inerzia sintetica;**
- ...

Nello svolgimento dei servizi ancillari «tradizionali», non sono (ancora) competitivi rispetto alle risorse già in campo

Qualora fossero enucleati servizi ancillari **innovativi**...

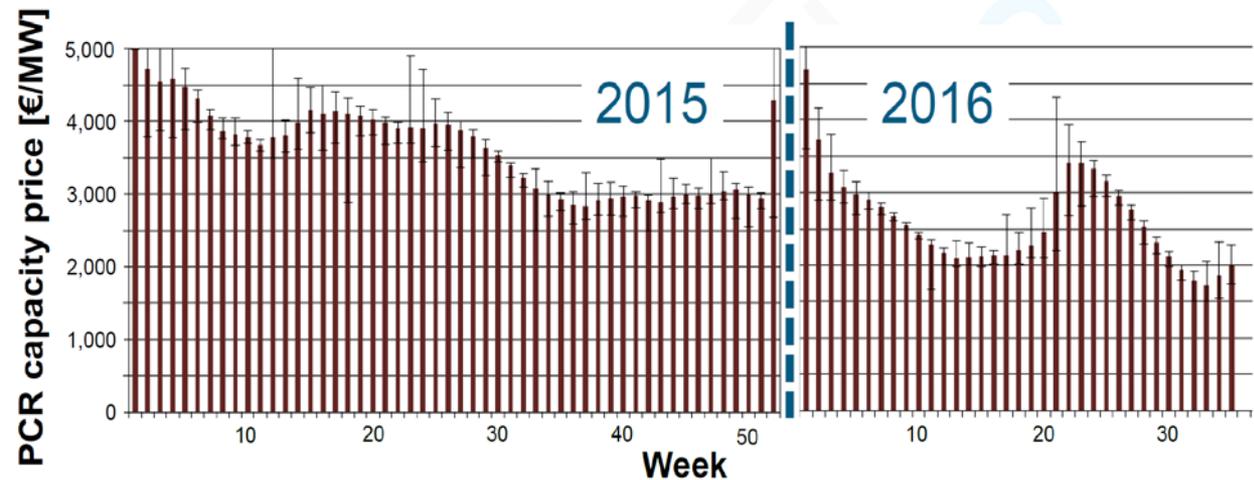
... le migliori prestazioni garantite dagli accumuli sarebbero valorizzate

# Uno sguardo al contesto internazionale: la regolazione f/p tradizionale



La Primary Control Reserve (PCR) viene gestita sulla piattaforma Central Europe\* tramite aste settimanali in capacità, con approccio tecnologicamente neutro

*\*Avviata in Germania nel 2012 poi via via allargatasi fino a coinvolgere, dal gennaio 2017, anche il sistema Francese*



# Uno sguardo al contesto internazionale: la regolazione f/p «enhanced»

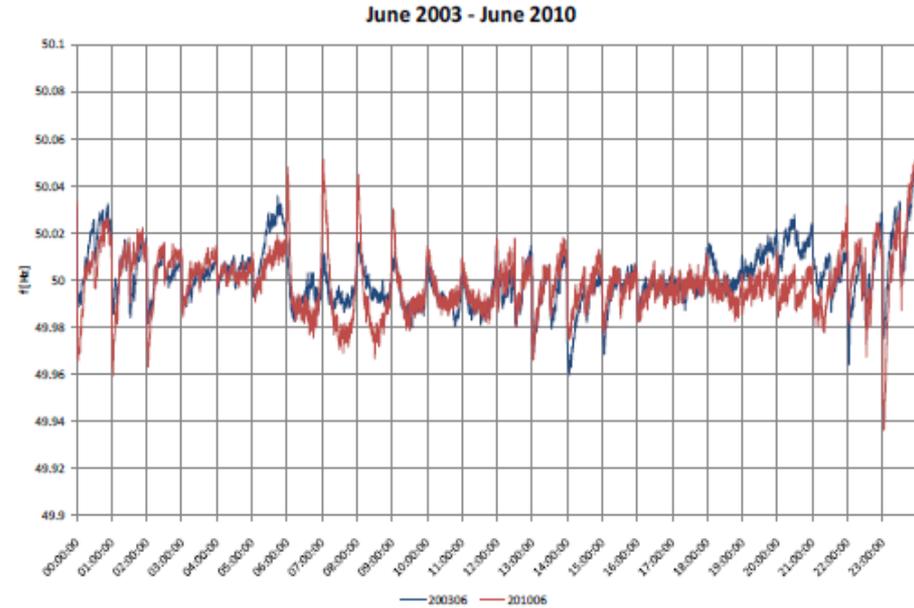
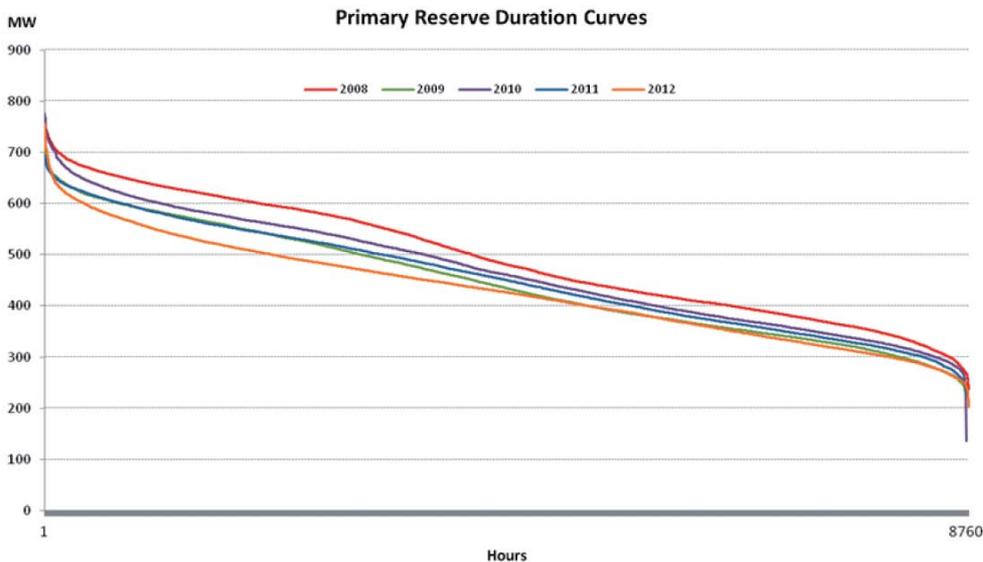
OFGEM: programma sperimentale Enhanced Frequency Control (EFR), vincolato a tempi di risposta molto rapidi (1 s vs 15 s per primaria f/p).

Prima asta del servizio: aggiudicati al miglior offerente 200 MW di banda (cfr capacità) ad un prezzo garantito per 4 anni

Provider Name	Site Location/Name	Provider Type	Enhanced Response (MW)	Estimated Start Date	Total Cost of tender £m	Average price of tender £/MW of EFR/ h
EDF Energy Renewables	T_WBURB-4	Storage	49	dic-17	12,035	7
Vattenfall	Pen Y Cymoedd	Storage	22	apr-17	5,749	7,45
Low Carbon	Cleator	Storage	10	dic-17	2,681	7,94
Low Carbon	Glassenbury	Storage	40	mar-18	12,668	9,38
E.ON UK	Sheffield, S9 1HF/ Blackburn Meadows	Storage	10	nov-17	3,891	11,09
Element Power	TESS	Storage	25	feb-18	10,079	11,49
RES	RESEFR7-PT	Storage	35	feb-18	14,651	11,93
Belectric	Nevendon	Storage	10	ott-17	4,200	11,97

# Evoluzioni in essere nel sistema Italia

Il *problema* della stabilità della frequenza è noto a livello internazionale, come diverse volte evidenziato da ENTSO-e

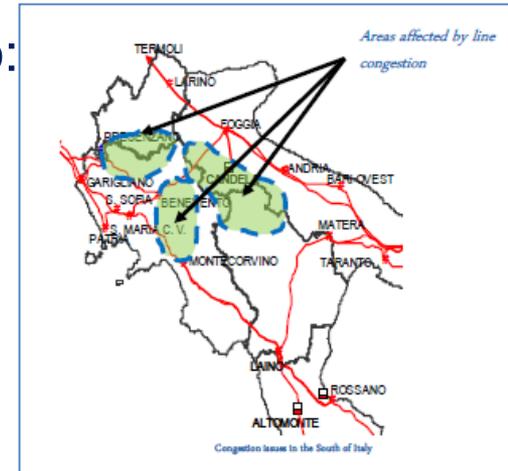


Anche a livello nazionale, si sta assistendo ad una progressiva riduzione delle risorse di regolazione primaria

# Il percorso italiano: progetti pilota di TERNA; le norme CEI di connessione

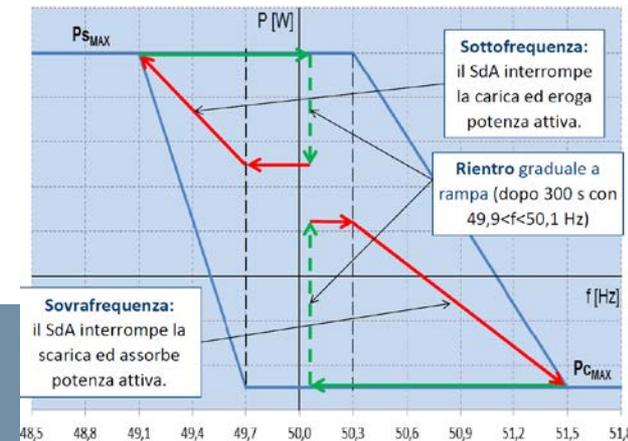
TERNI ha in corso i Progetti Pilota sui sistemi di accumulo:

- Sperimentazioni Energy: Dlgs 93/11, Delibera 288/12
  - Risolvere congestioni sulla rete AT per evitare MPE
- Sperimentazioni Power: Piano di difesa, Delibera 43/13
  - Supporto alla stabilità di rete sulle isole maggiori
- Servono (inter alia) a coprire la distanza tra le funzioni di cui gli accumuli sono capaci...  
...e i risultati pratici ottenibili in campo su scala reale

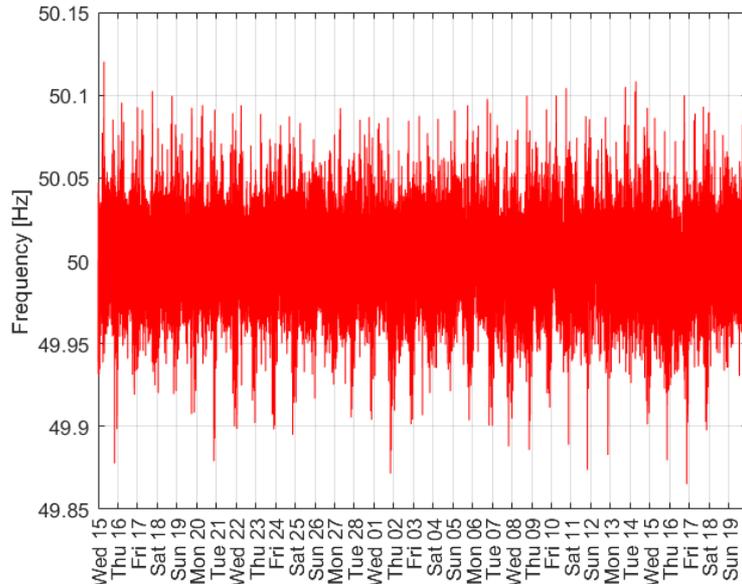


Il CEI (CT 316; CT120), su impulso dell'Autorità, ha incluso gli accumuli nelle norme di connessione (CEI 0-16; CEI 0-21)

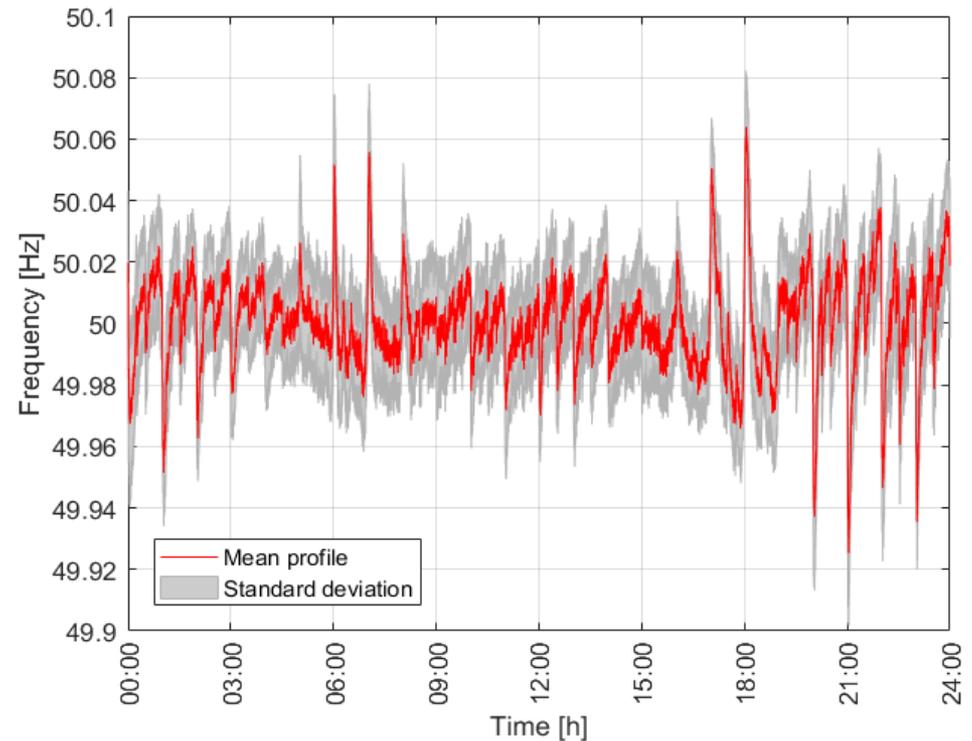
- piccola scala per uso behind the meter (autoconsumo; peak shaving)
- stabiliti obblighi minimi di servizi di rete



# La frequenza sul sistema Italiano (misurata su una rete di bassa tensione)

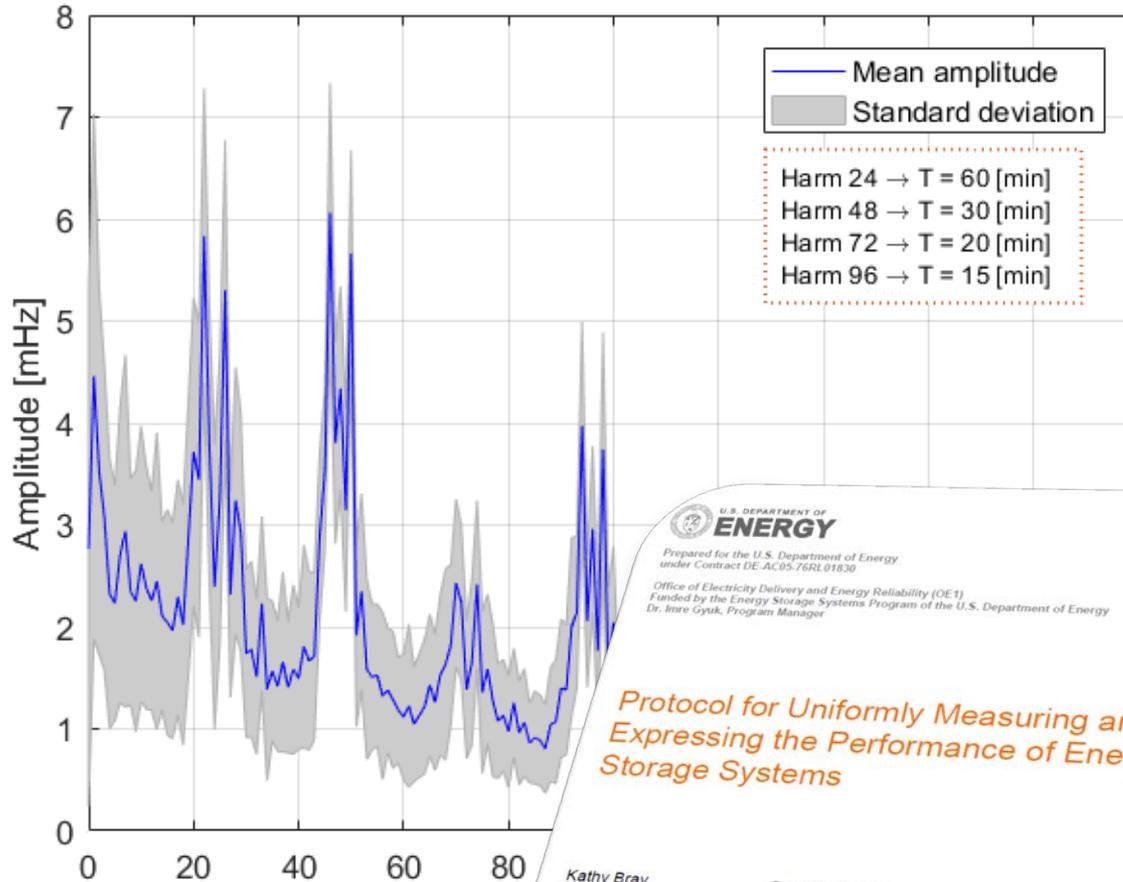


Misure di laboratorio su 30 gg eseguite presso Politecnico di Milano, **IoT lab**

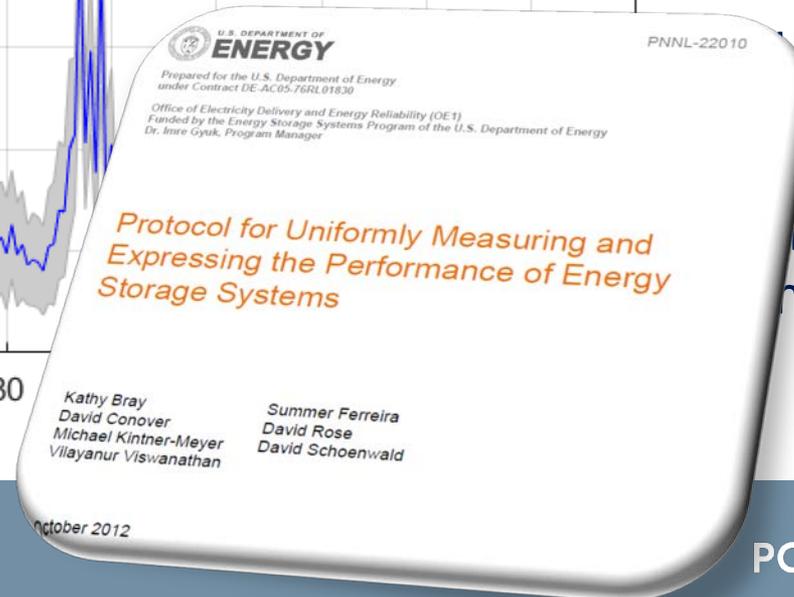


Come noto il segnale ha una natura fortemente stocastica. Per analizzare «univocamente» le performance dei sistemi di accumulo in regolazione serve riferirsi ad un segnale standard.

# La frequenza elettrica sul sistema Italiano



Tramite opportune tecniche matematiche si è decomposto il segnale così da identificare una «giornata tipo», rispetto alla quale sono riferite tutte le simulazioni seguenti.



risultati della composizione mostrano forte correlazione con il timing del mercato elettrico.

# Il problema della misura delle prestazioni

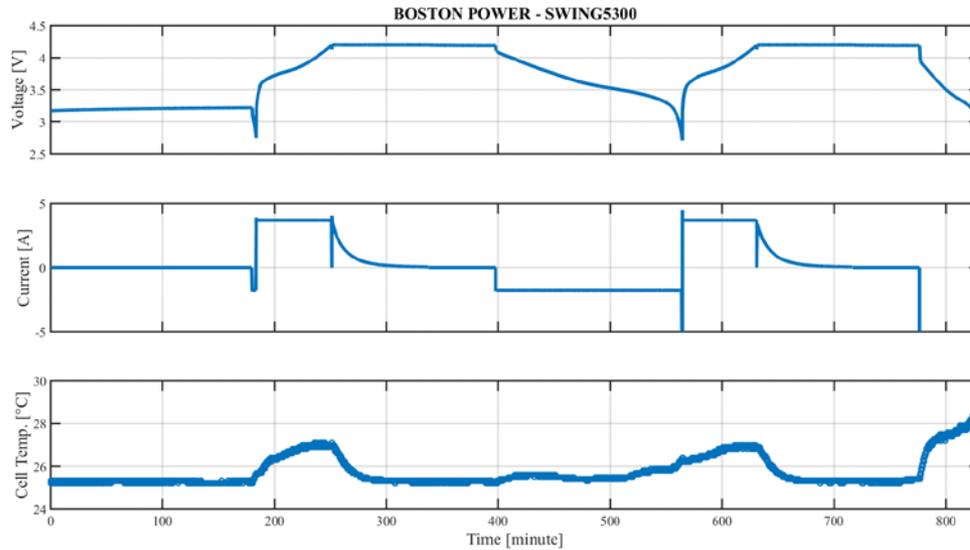


Nell'ambito di una cooperazione con *BFH-CSEM Energy Storage Research Center*, sono state sviluppate prove di laboratorio su celle acquistate sul mercato

## Obiettivi:

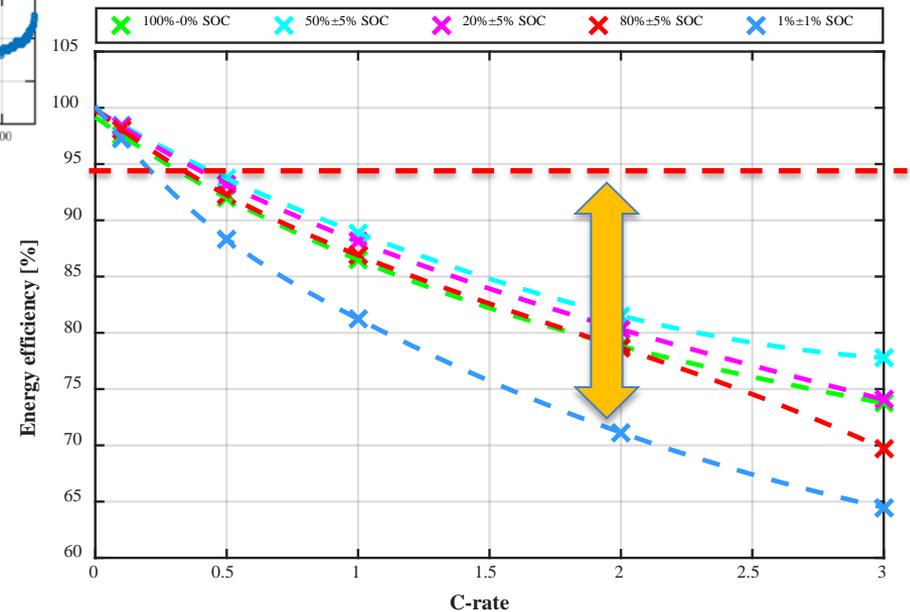
1. Misura delle prestazioni (energy, power, efficiency)
2. Test su applicazioni “reali”  
(regolazione di frequenza, accoppiamento a FRNP)
3. Misura delle prestazioni dinamiche

# Il problema della misura delle prestazioni

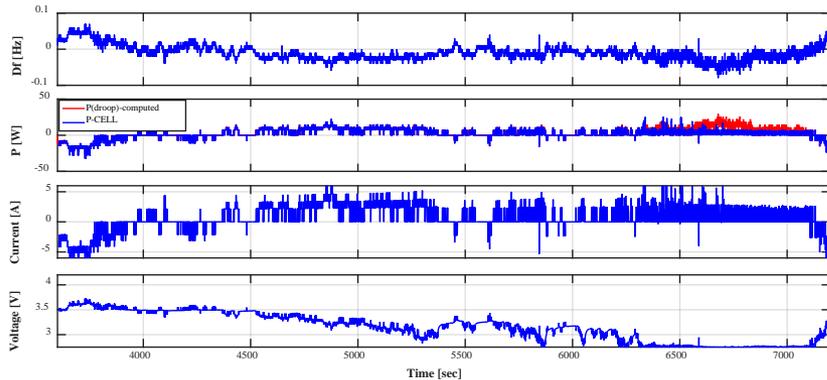


Ad oggi l'unico standard «completo» per la misura delle prestazioni delle celle (IEC-62660-1) si riferisce ad applicazioni automotive

A banco prova, per diverse tipologie di celle, ben si evidenzia come le reali performance sono fortemente correlate con il modo d'uso del sistema di accumulo in regolazione



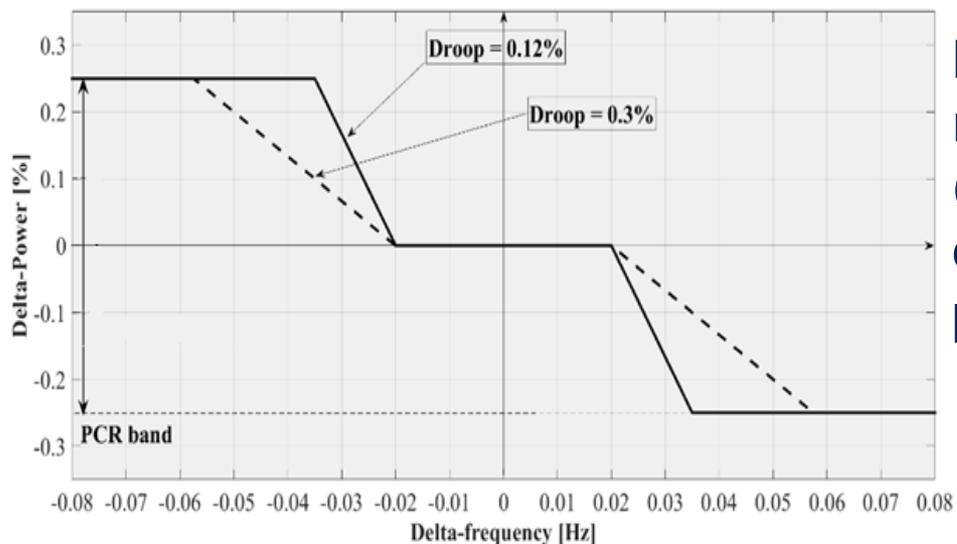
# Il problema della misura delle prestazioni



Riproducendo «realisticamente» il servizio di regolazione della frequenza, si evidenziano prestazioni fortemente correlate con i parametri della regolazione stessa

TEST				Efficiency measured		Cycles	Availability
C-rate MAX	C-rate AVERAGE	SOC MIN	SOC MAX	@ 25°C	@ 0°C	@ 25°C	@ 25°C
0.5C	0.13	0%	100%	<b>97.92%</b>	-	1.29*E <sub>n</sub>	100.00%
1C	0.26	0%	100%	96.15%	93.01%	2.58*E <sub>n</sub>	100.00%
1C	0.23	20%	80%	96.16%	95.74%	2.32*E <sub>n</sub>	92.14%
2C	0.47	0%	100%	91.24%	86,19%	4.55*E <sub>n</sub>	92.01%
2C	0.36	20%	80%	94.86%	93.12%	3.58*E <sub>n</sub>	80.10%
3C	0.62	0%	100%	<b>88.00%</b>	-	6.04*E <sub>n</sub>	86.29%
3C	0.46	20%	80%	93.38%	-	4.66*E <sub>n</sub>	76.84%

# Ottimizzazione delle prestazioni: overfulfilment per maggiore disponibilità



L'utilizzo del SdA ai fini della regolazione f/p implica perdite (legate ai rendimenti degli apparati) che comportano un fenomeno di progressiva «scarica» dei SdA.

Adottare/consentire a livello normativo uno statismo variabile consentirebbe di avere un adeguato servizio verso la rete elettrica e, al contempo...  
...di ridurre ad 1/3 (secondo i modelli presentati nel Libro Bianco)  
le problematiche di «scarica» dei SdA

# Qualche idea...

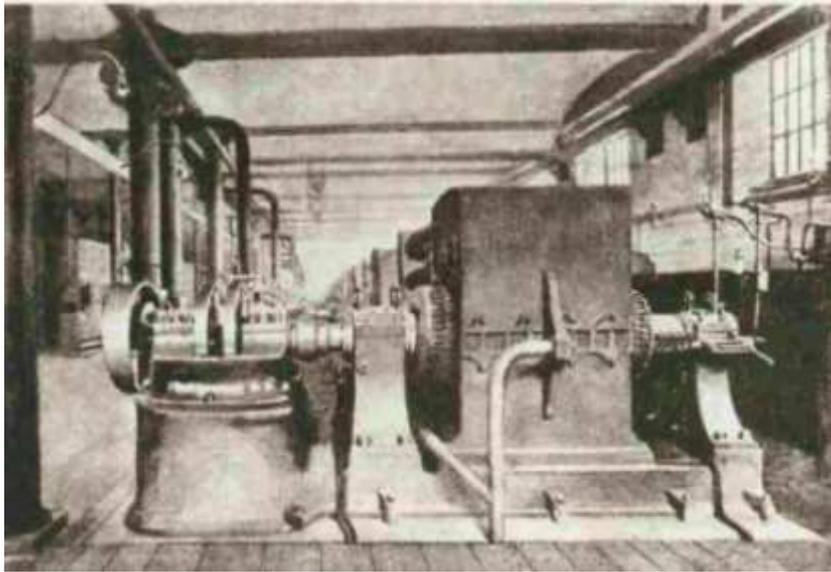
I sistemi di accumulo: nuovi apparati ad “alte prestazioni”

L'evoluzione tecnologica è in corso, con alcuni study case già concreti

Due idee su cui si potrebbe lavorare:

- A livello di regolazione: la separazione dei servizi di dispacciamento, e la definizione di servizi ancillari “evoluti” utili alla sicurezza della rete, (DCO 298/16 → 300/2017/R/eel) potrebbe evidenziare nuove esigenze ... rispetto alle quali i SdA potrebbero essere la “nuova” risorsa
- A livello normativo/tecnico, anche sulla base degli esperimenti in essere, servono norme utili alla misura univoca, e quindi al confronto, delle prestazioni di diversi sistemi SdA nell'erogazione dei servizi

# Disegnare i prossimi passi ... ricordando quelli passati

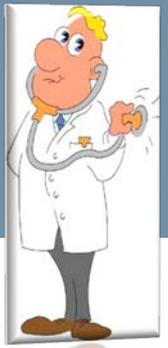


1883: Centrale di Santa Radegonda

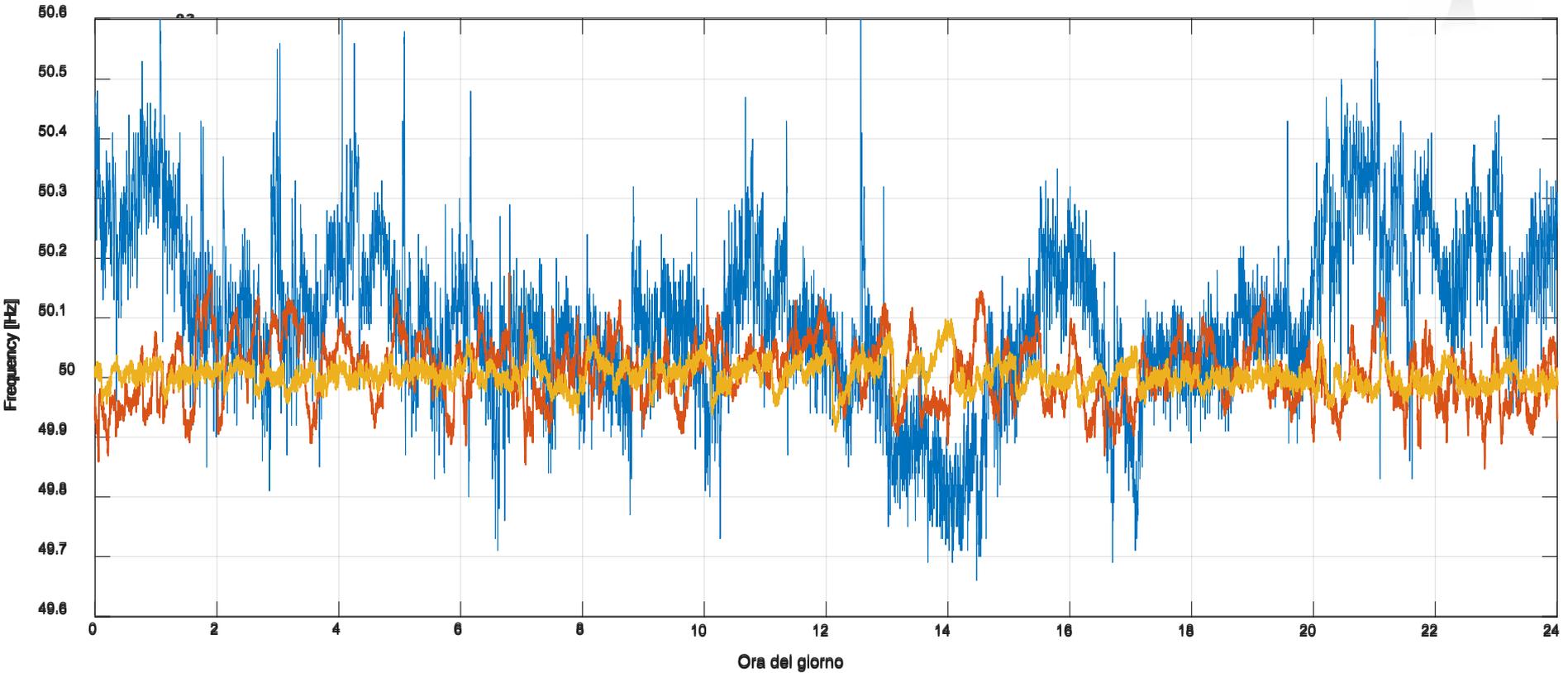


1898: «nei locali di Santa Radegonda venne installata una batteria di accumulatori al piombo per evitare accensioni troppo frequenti della centrale termoelettrica»

# ... aperti al confronto internazionale



A livello teorico sarebbe utile avere un «termometro obiettivo».



# GUSEE

GRUPPO UNIVERSITARIO  
SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA

Home

▼ Chi Siamo

▼ Unità

Eventi

Link Utili

Rubrica

Riunione GUSEE 2

Nome utente

Password

Ricordami

Accedi

▸ Accesso dimenticato?

▸ Registrati



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

[marco.merlo@polimi.it](mailto:marco.merlo@polimi.it)

[davide.falabretti@polimi.it](mailto:davide.falabretti@polimi.it)

[maurizio.delfanti@polimi.it](mailto:maurizio.delfanti@polimi.it)