

Analisi costi-benefici di applicazioni di sistemi di accumulo alla fornitura di servizi di dispacciamento

M. Gallanti

Contesto

- Elevata e crescente penetrazione di fonti rinnovabili, in particolare non programmabili
- Progressiva riduzione della quota di domanda coperta dalle unità dispacciabili, abilitate alla fornitura di servizi di dispacciamento
- Crescente domanda di servizi di dispacciamento per far fronte all'aleatorietà delle fonti rinnovabili
- Necessario un progressivo coinvolgimento delle fonti rinnovabili stesse nella fornitura di servizi di dispacciamento (es. DCO 557/2013/R/EEL)
- Evitare, per quanto possibile, la riduzione della produzione rinnovabile in conseguenza della fornitura di servizi di dispacciamento

Obiettivo

- Valutare l'applicazione di sistemi di accumulo elettrochimici (SdA) alla fornitura di servizi di dispacciamento
- Considerare sia applicazioni di SdA in configurazione stand-alone, sia accoppiati con impianti a fonti rinnovabili non programmabili (obbligo di fornitura servizi)
- Nell'ipotesi di uno specifico contesto regolatorio, effettuare un'analisi costi-benefici di ciascuna applicazione, per valutarne la profittabilità, o la distanza che ancora separa l'applicazione dalla sostenibilità economica

Applicazioni considerate

- Partecipazione di un **SdA stand-alone al Mercato di Bilanciamento**
- **Bilanciamento a scendere** con time-shift di energia fornito da un **SdA accoppiato ad un impianto eolico (obbligo di servizio)**
- **Regolazione primaria** fornita da un **SdA stand-alone**
- Regolazione primaria fornita da un SdA accoppiato ad un impianto a carbone
- Regolazione primaria fornita da un SdA accoppiato ad un impianto eolico (obbligo di servizio)
- «**Inerzia sintetica**» fornita da un SdA stand-alone
- Controllo di tensione



Partecipazione di un SdA stand-alone al Mercato di Bilanciamento

Metodologia

- Obiettivo: valutare i ricavi potenzialmente conseguibili da un SdA stand-alone che partecipi al **Mercato di Bilanciamento** con offerte a salire ed a scendere per **regolazione secondaria e regolazione terziaria**
- Si sono considerate tutte le offerte accettate per tali servizi nell'anno compreso tra Maggio 2013 e Aprile 2014
- Per ciascuna zona di mercato e per ciascun quarto d'ora, si sono definiti i prezzi di **offerta a salire P_{UP}** e a scendere P_{DN} del SdA come **media dei prezzi delle offerte accettate nel quarto d'ora precedente**
- Lo scopo non è definire strategie di offerta realistiche, ma determinare dei livelli di prezzo che consentano di **stimare i ricavi potenzialmente conseguibili**

Metodologia

- Si sono quindi analizzati i risultati del mercato in ciascun quarto d'ora dell'anno considerato
- Se, nel quarto d'ora, vi sono state offerte a **salire** accettate ad un **prezzo superiore a P_{UP}** o offerte a **scendere** accettate ad un **prezzo inferiore a P_{DN}** , allora **l'offerta del SdA sarebbe stata accettata dal mercato**
- Nello stesso quarto d'ora vi possono essere offerte accettate sia a salire che a scendere, nel qual caso, se il SdA non è completamente scarico, si seleziona l'offerta a salire, altrimenti quella a scendere

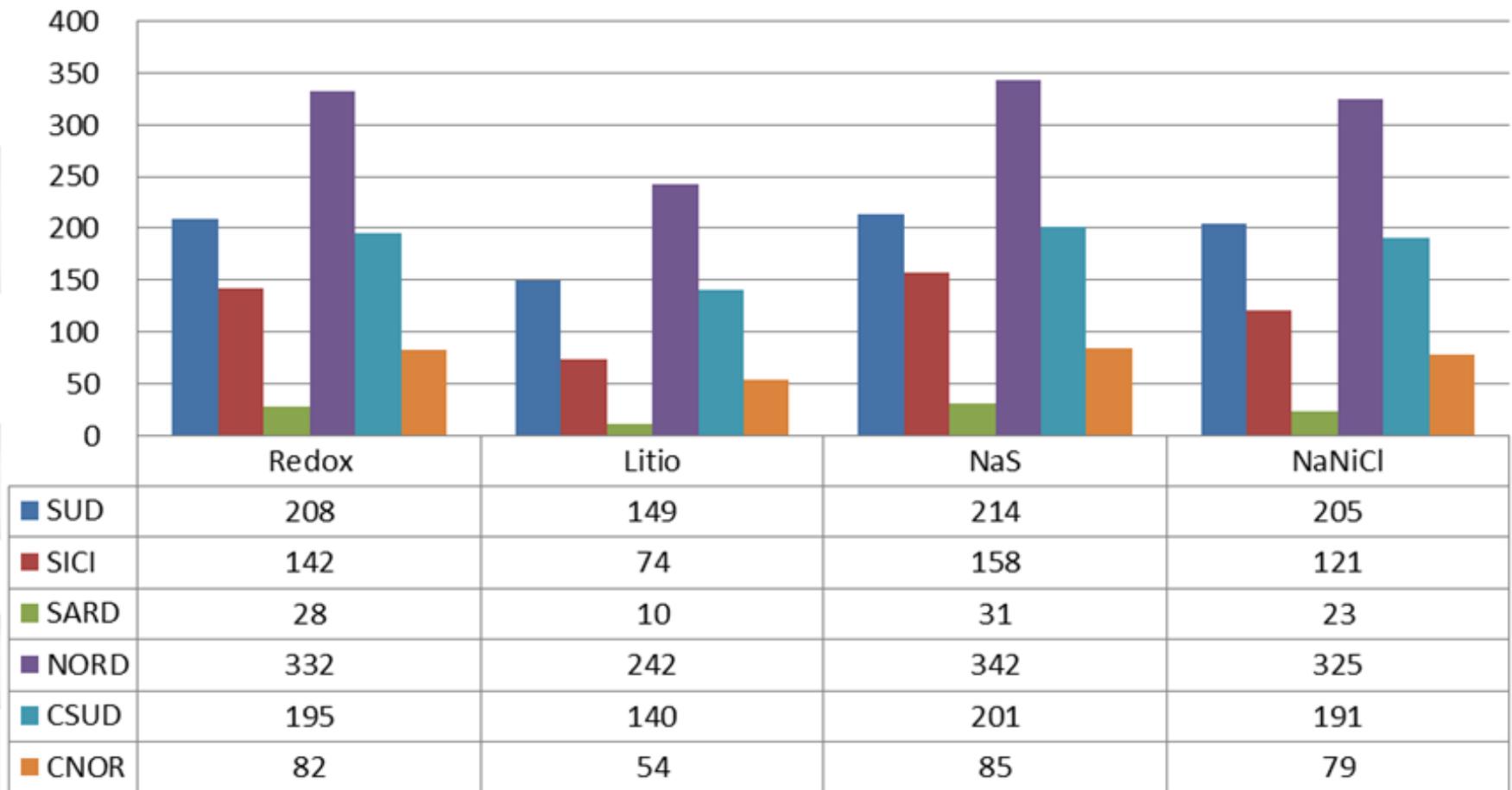
Metodologia

- Se l'offerta del SdA a salire / a scendere fosse stata accettata, esso ne avrebbe avuto un ricavo / costo pari a P_{UP} / P_{DN} per l'energia scaricata / caricata a potenza nominale, nei limiti della quantità accettata e dello Stato di Carica (SoC) corrente
- Si sono considerate quattro tipologie di SdA:

Parameter	Technology			
	<i>Redox</i>	<i>Lithium</i>	<i>NaS</i>	<i>NaNiCl</i>
Nominal power [MW]	1	1	1	1
Capacity [MWh]	5	1	7.2	3
Minimum SoC [%]	20	20	20	20
Efficiency [%]	75	92	75	85

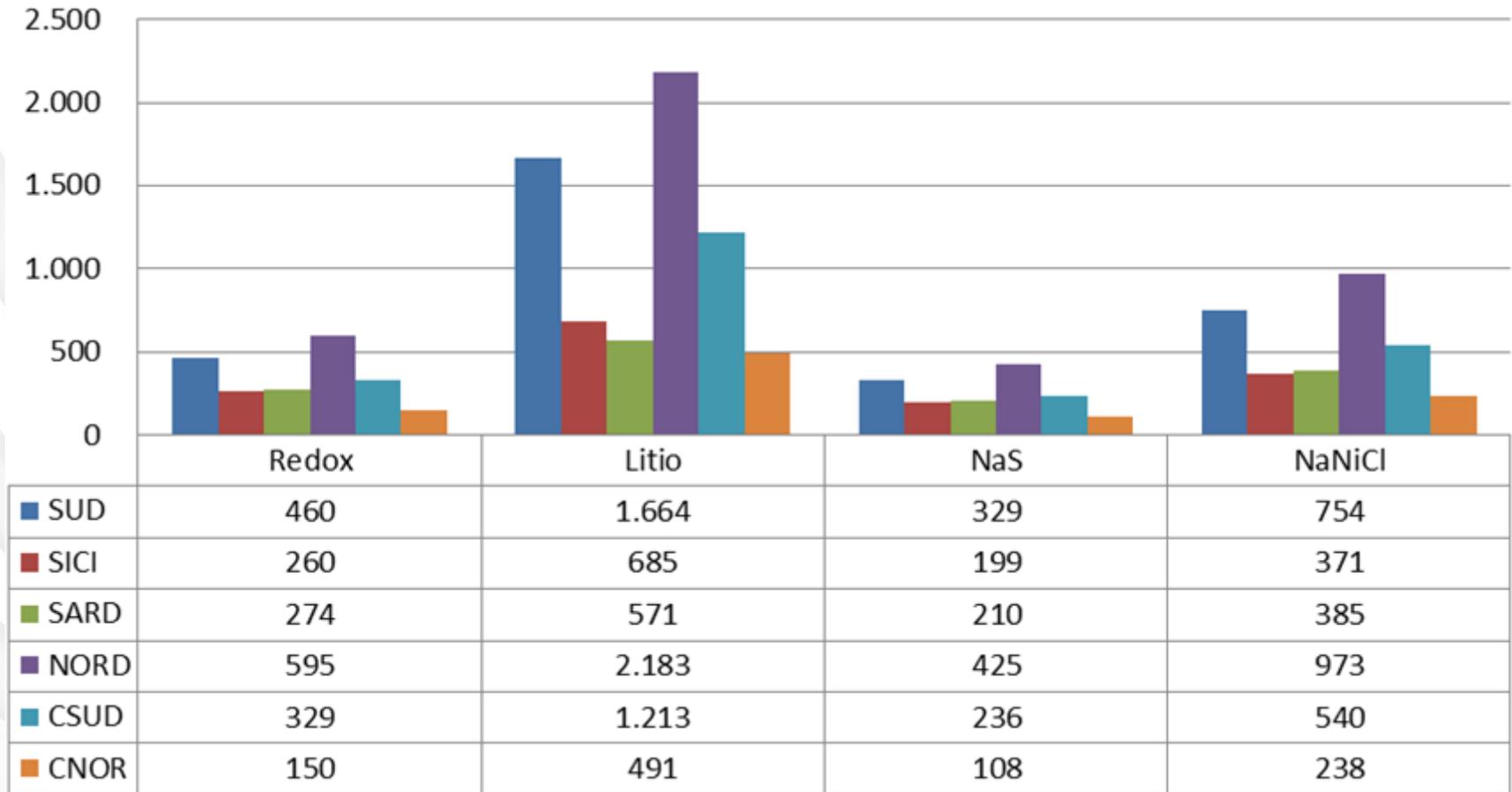
Risultati: regolazione secondaria

Ricavi netti [k€/anno] per regolazione secondaria nelle varie zone



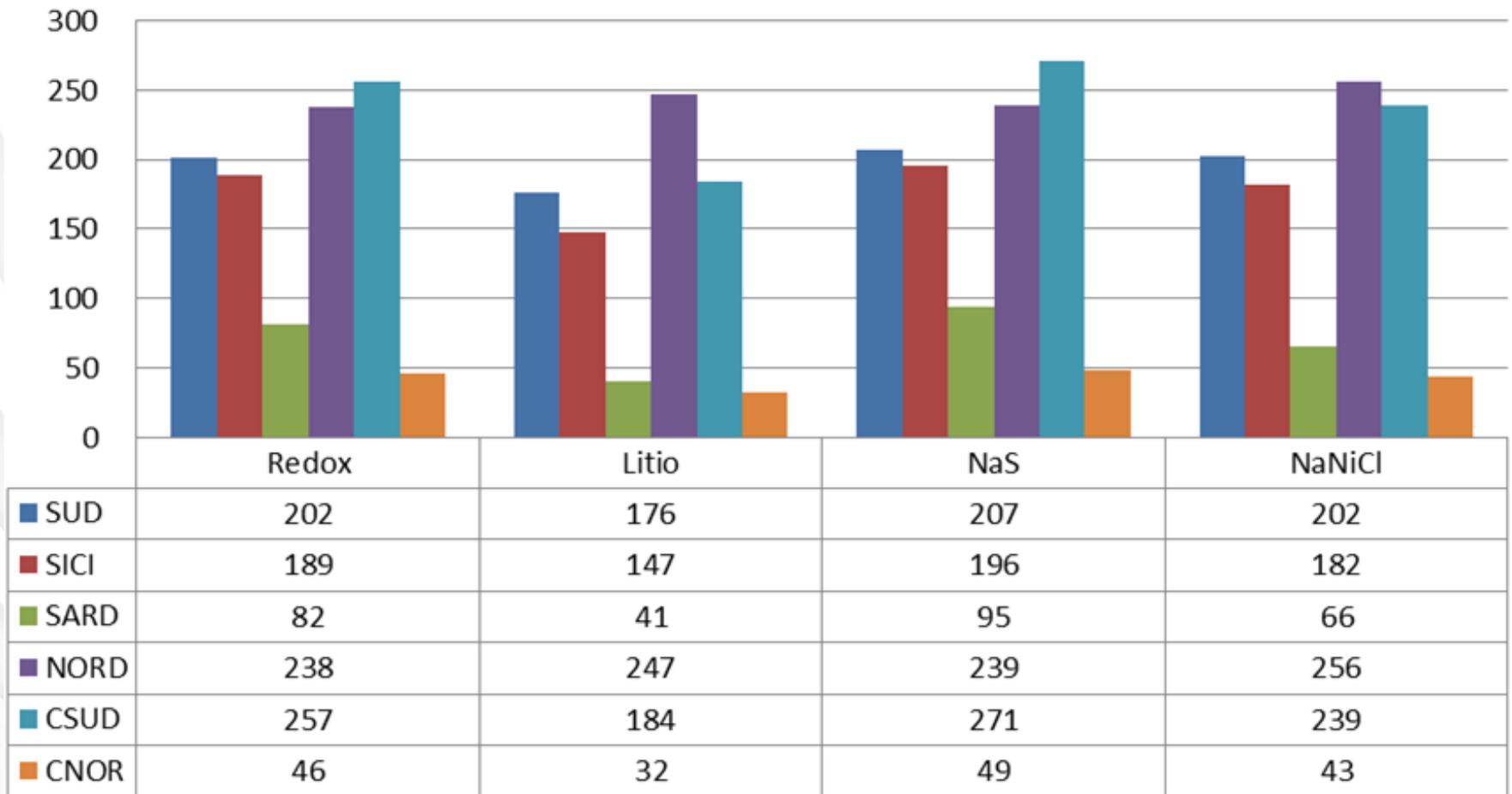
Risultati: regolazione secondaria

Numero di cicli equivalenti / anno per regolazione secondaria nelle varie zone



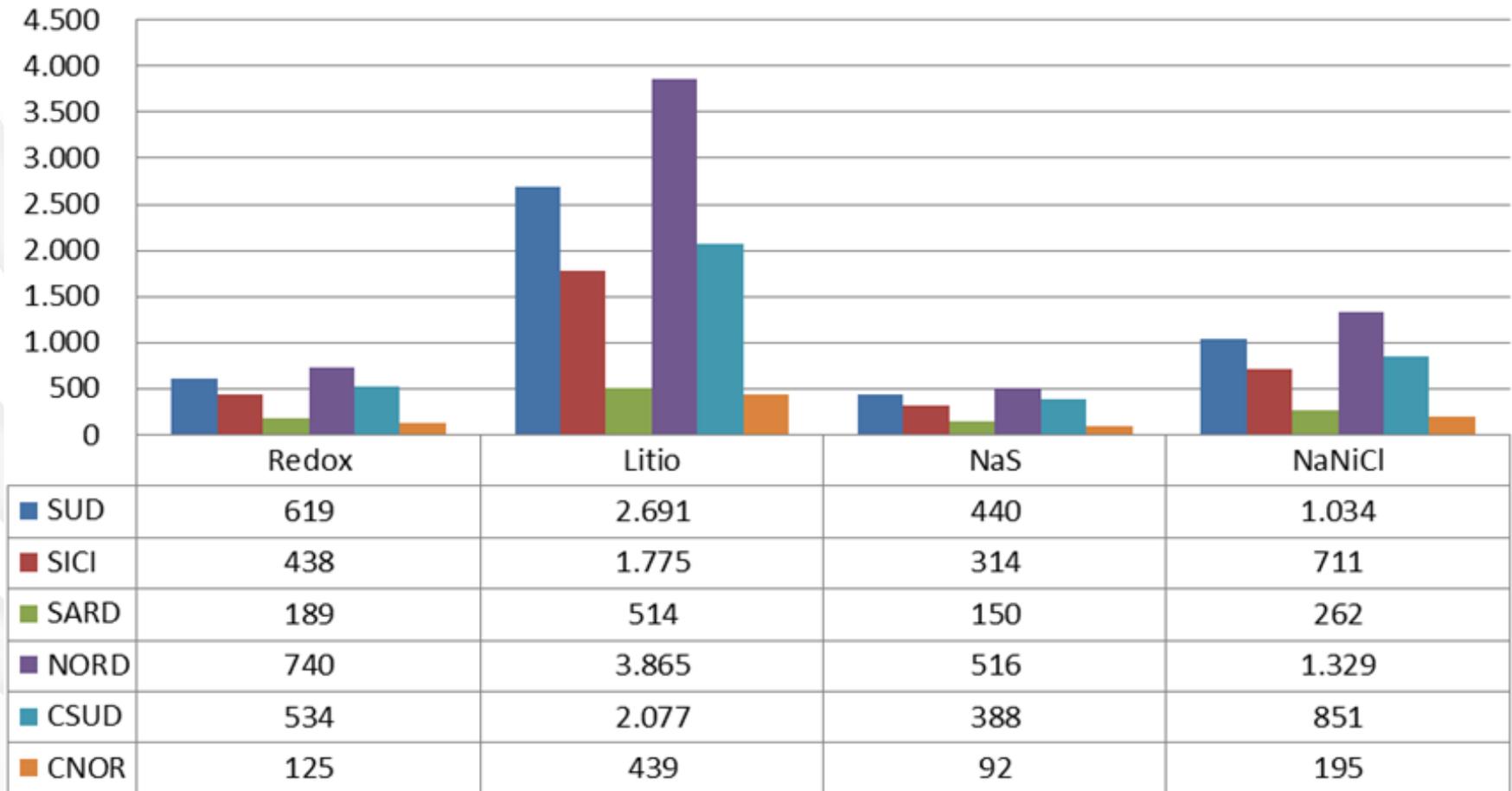
Risultati: regolazione terziaria

Ricavi netti [k€/anno] per regolazione terziaria nelle varie zone



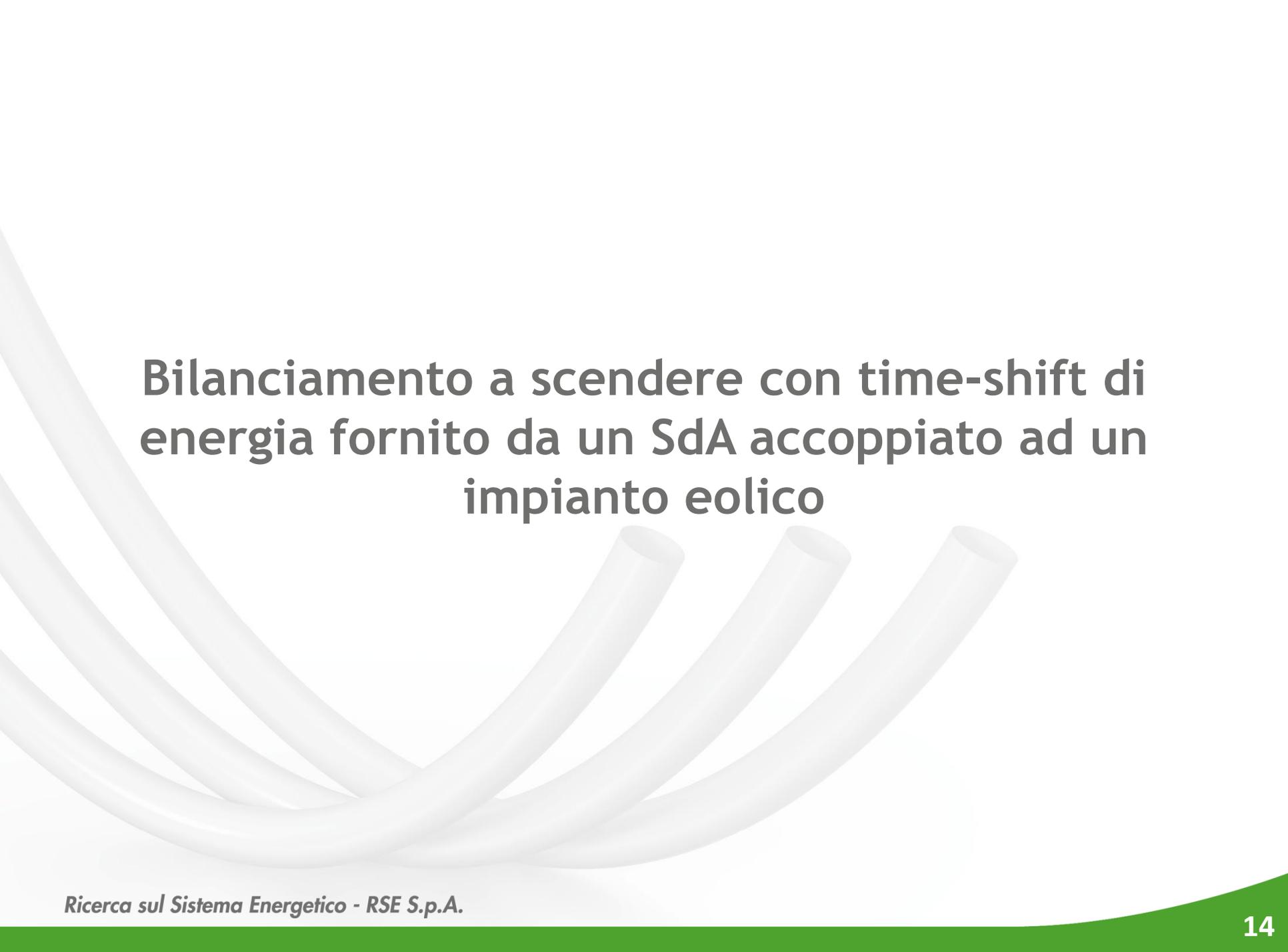
Risultati: regolazione terziaria

Numero di cicli equivalenti / anno per regolazione terziaria nelle varie zone



Risultati

- In alcune zone i ricavi possono essere interessanti (200÷250 k€/anno ed oltre)
- Per tecnologie con **rapporto potenza / energia 1:1** ciò implica **un elevato numero di cicli equivalenti**, che porterebbe la batteria a fine vita prima di recuperare l'investimento
- Solo per tecnologie con **rapporto potenza / energia più alto (1:7)** in alcune zone **l'investimento potrebbe essere recuperato**, ma in un tempo superiore a 10 anni



Bilanciamento a scendere con time-shift di energia fornito da un SdA accoppiato ad un impianto eolico

Metodologia

- Si assume un possibile futuro quadro regolatorio nel quale anche le fonti rinnovabili non programmabili (FRNP) **siano abilitate alla fornitura del servizio di bilanciamento a scendere**, e quindi, al pari delle unità convenzionali, **siano obbligate ad offrire tutto il margine a scendere**
- Si assume anche che l'impianto FRNP offra a zero €/MWh tale margine, per minimizzare la probabilità di essere chiamato ed il conseguente impatto economico
- In caso di chiamata a scendere da parte del TSO, infatti, l'impianto RES **manterrebbe l'intero valore dell'energia venduta su MGP**, ma perderebbe il diritto all'incentivo sull'energia non prodotta (es. CV, feed-in premium)

Metodologia

- Si assume quindi di accoppiare l'impianto FRNP con un SdA, in grado di **accumulare l'energia tagliata** in seguito all'ordine a scendere e di **rivenderla poi su MGP nelle ore a prezzo più elevato**
- Dunque, considerando un determinato periodo temporale, se in una specifica zona ed in uno specifico quarto d'ora **vi sono state offerte a scendere accettate a prezzo zero**, si assume che l'impianto RES in quel quarto d'ora **avrebbe ricevuto un ordine a scendere**
- L'energia corrispondente, accumulata nel SdA fino alla gate closure di MGP viene rivenduta il giorno dopo, mentre quella accumulata successivamente viene rivenduta due giorni dopo
- Nelle ore in cui **l'energia è rivenduta, si procede in ogni caso alla scarica**, anche in caso di nuovi ordini a scendere, onde evitare il progressivo riempimento fino a saturazione del SdA

Metodologia

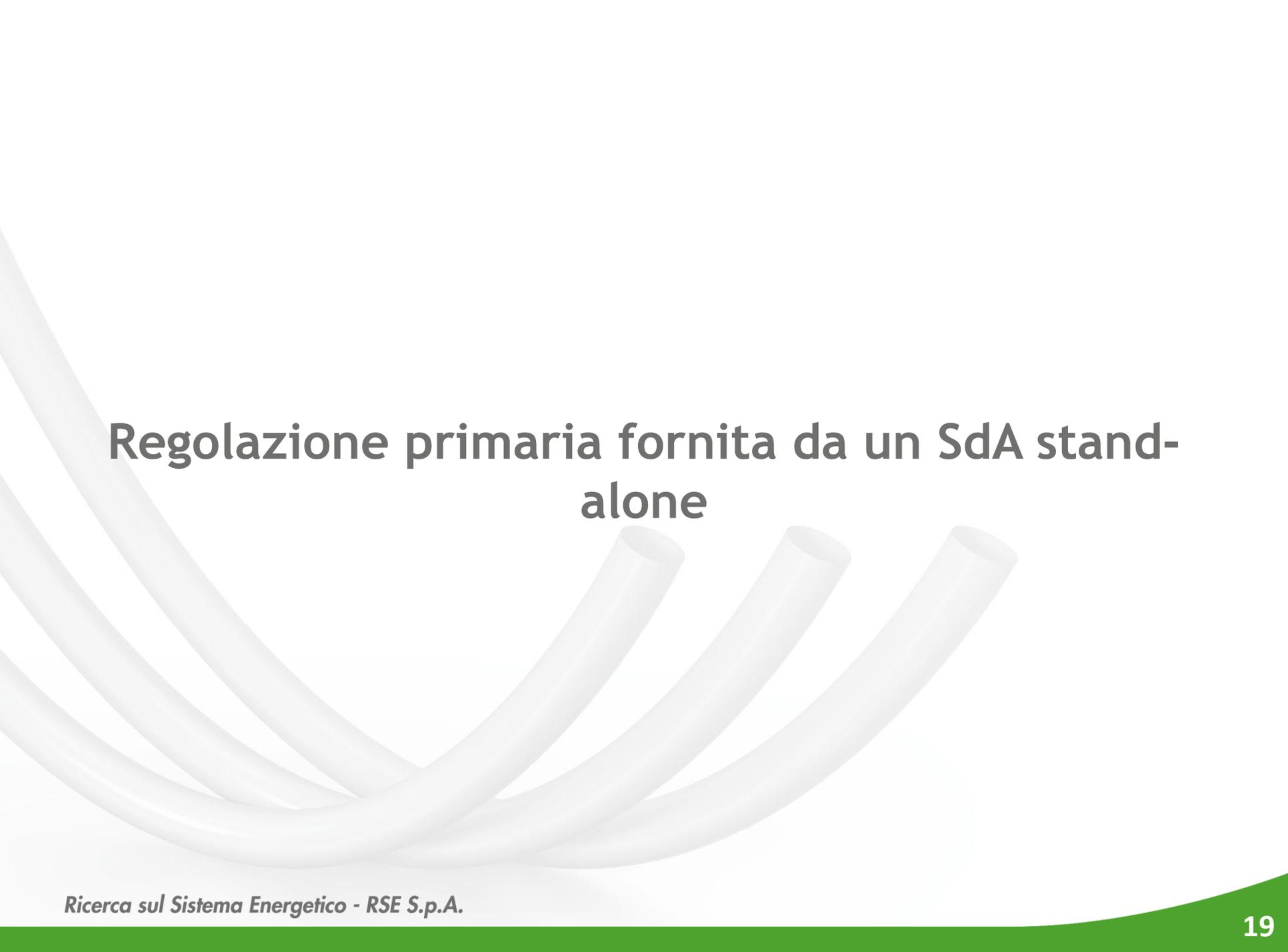
- Si è quindi considerato un impianto eolico da 6,5 MW per il quale si disponeva dei dati di produzione nel periodo da Maggio 2013 ad Aprile 2014 e lo si è ipotizzato localizzato nelle zone meridionali più vocate alla produzione eolica, oltre che accoppiato con 5 tipi diversi di SdA:

Parameter	BESS				
	1	2	3	4	5
Nominal power [MW]	4	2	4	2	1
Capacity [MWh]	4	2	8	4	7.2
Minimum SoC [%]	20	20	20	20	20
Efficiency [%]	92	92	92	92	75

Risultati

- In tabella sono riportati i ricavi annui [€/anno] conseguibili che, anche se integrati dagli incentivi sull'energia RES reimpressa in rete, **sono molto lontani dal recupero dell'investimento in tempi ragionevoli**
- Infatti, in questa applicazione i SdA risultano sottoutilizzati, svolgendo solo circa un centinaio di cicli equivalenti all'anno

Market Zone	BESS				
	1	2	3	4	5
Center-South	40473	21182	73911	39872	59211
South	35925	19170	64552	35027	49461
Sicily	59605	32336	103935	58373	81212
Sardinia	26337	14553	44726	25763	34396

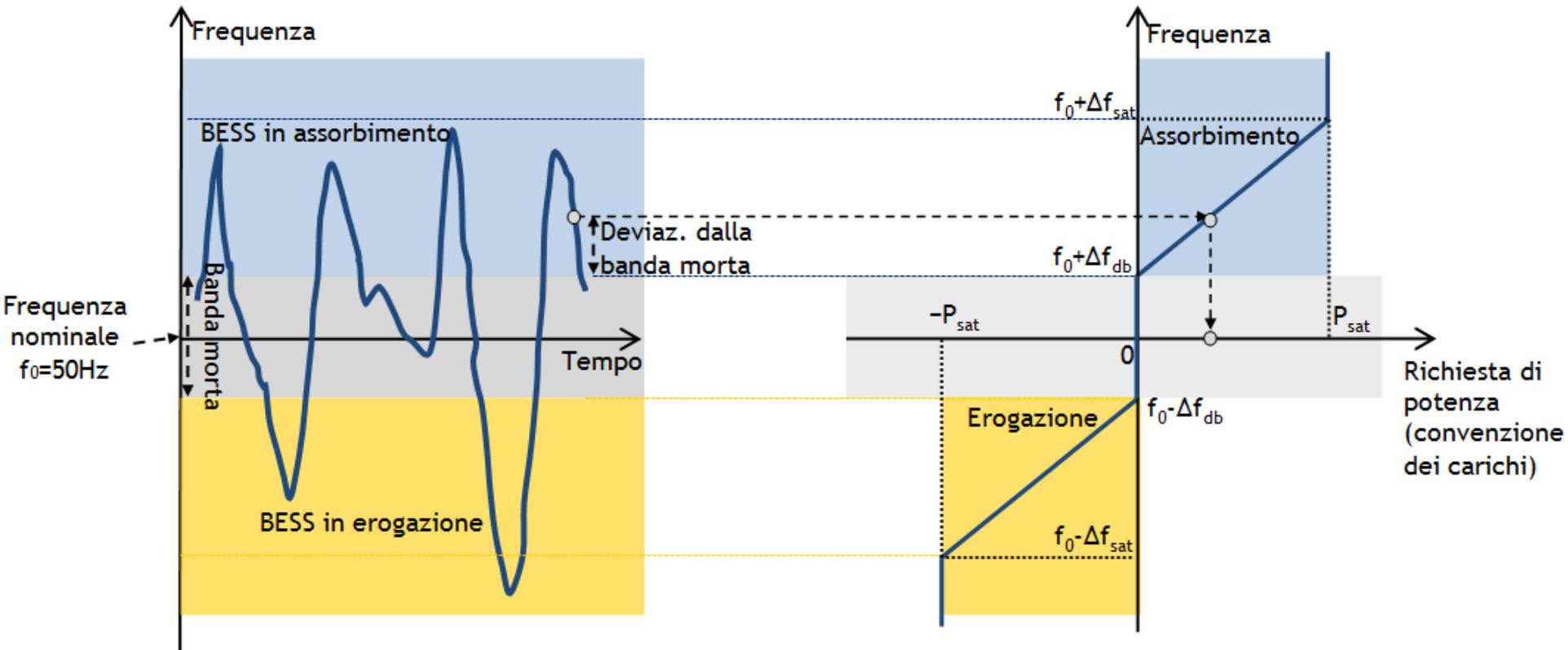


Regolazione primaria fornita da un SdA stand-alone

Metodologia

- Obiettivo: valutare i ricavi potenzialmente conseguibili da un SdA stand-alone che fornisce il servizio di regolazione primaria, remunerato in energia secondo quanto previsto dalla delibera AEEGSI 231/2013/R/EEL
- Per il controllo del SdA si è simulato un regolatore proporzionale analogo a quello degli impianti convenzionali, con curva di risposta caratterizzata da:
 - una banda morta Δf_{db} attorno alla frequenza di 50 Hz
 - una potenza massima di saturazione P_{sat} che il SdA può erogare o assorbire in regolazione primaria, posta pari alla potenza nominale del SdA
 - una frequenza di saturazione Δf_{sat} alla quale la potenza erogata o assorbita dal SdA è pari a P_{sat}

Metodologia



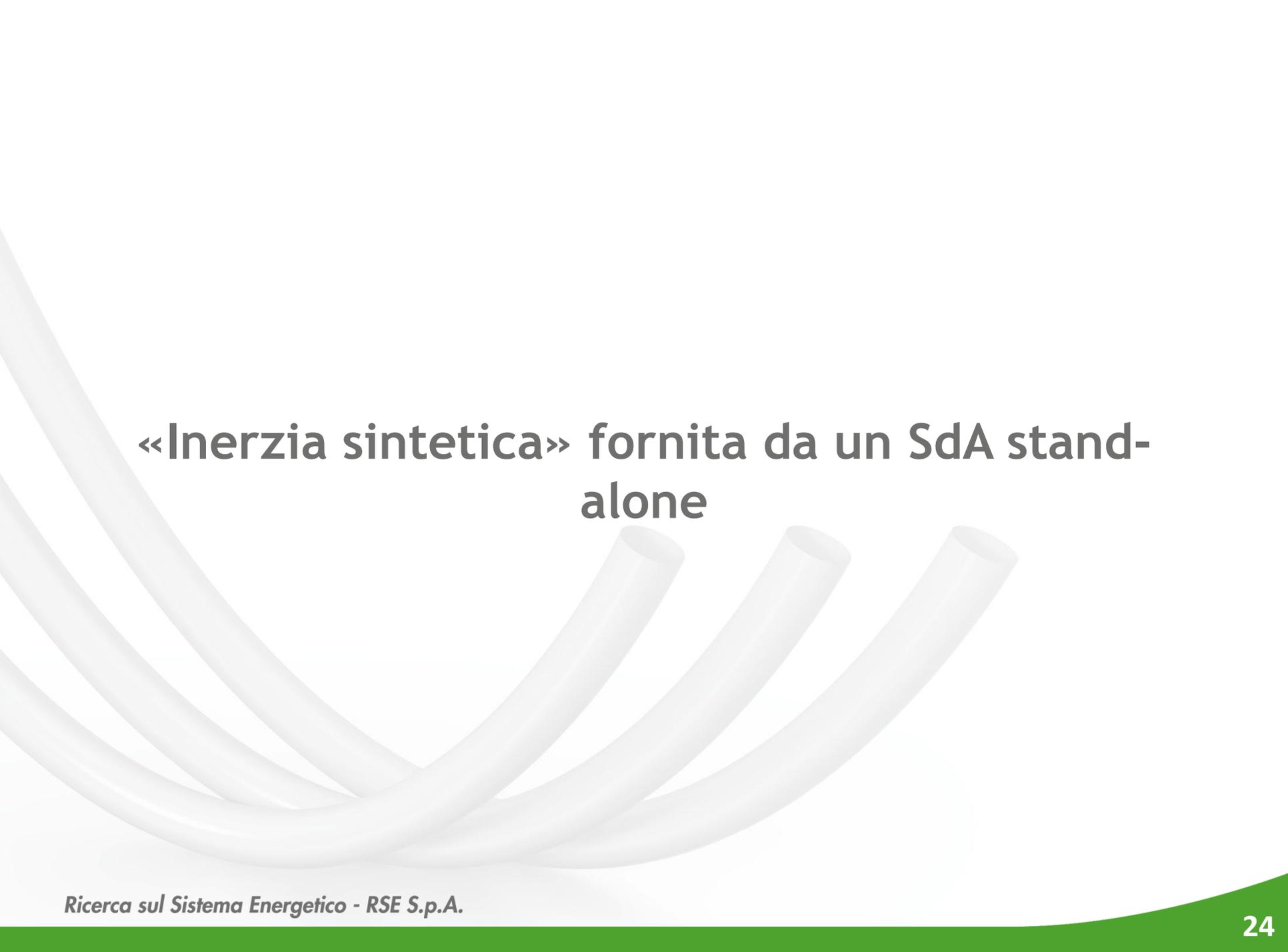
- Inoltre si è implementata una strategia di gestione del SoC che, quando non vi sono richieste di regolazione (entro la banda morta), carica o scarica il SdA per riportare il **SoC entro l'intervallo prestabilito 73%÷92%**

Metodologia

- Gli scambi di energia per ripristinare il SoC sono valorizzati **ai prezzi di sbilanciamento per le unità non abilitate**
- Su una serie storica di frequenza di rete misurata ogni 100 ms in un periodo di 7 settimane **si è quindi simulato l'utilizzo di un SdA da 2 MW / 4 MWh al Litio, collocato nella zona Nord o nella zona Sicilia**, con i seguenti parametri:
 - $\Delta f_{db} = 10 \text{ mHz}$ e 20 mHz
 - $\Delta f_{sat} = 50 \text{ mHz}$, 100 mHz e 200 mHz

Risultati

- Al ridursi di Δf_{db} e di Δf_{sat} **le richieste di energia di regolazione crescono**, facendo crescere anche i profitti netti conseguiti
- I profitti netti sono più elevati nella zona Nord, a causa dei minori costi, rispetto alla Sicilia, relativi all'acquisto di energia per regolazione in sovralfrequenza e per il ripristino del SoC entro l'intervallo prestabilito
- I profitti netti estrapolati su un anno nel caso migliore ($\Delta f_{db} = 10$ mHz e $\Delta f_{sat} = 50$ mHz) sono pari a 78,5 k€ per la zona Nord e 52,1 k€ in Sicilia, **molto lontani dal consentire un ritorno dell'investimento in tempi ragionevoli**
- Se la regolazione primaria fornita di SdA fosse ritenuta indispensabile andrebbero individuate altre forme di remunerazione (es. Germania 4.000 €/MW/settimana)

A decorative graphic consisting of several white, curved, tube-like shapes that sweep across the bottom and left side of the slide. The tubes are rendered with soft shadows and highlights, giving them a three-dimensional appearance.

«Inerzia sintetica» fornita da un SdA stand-alone

Metodologia

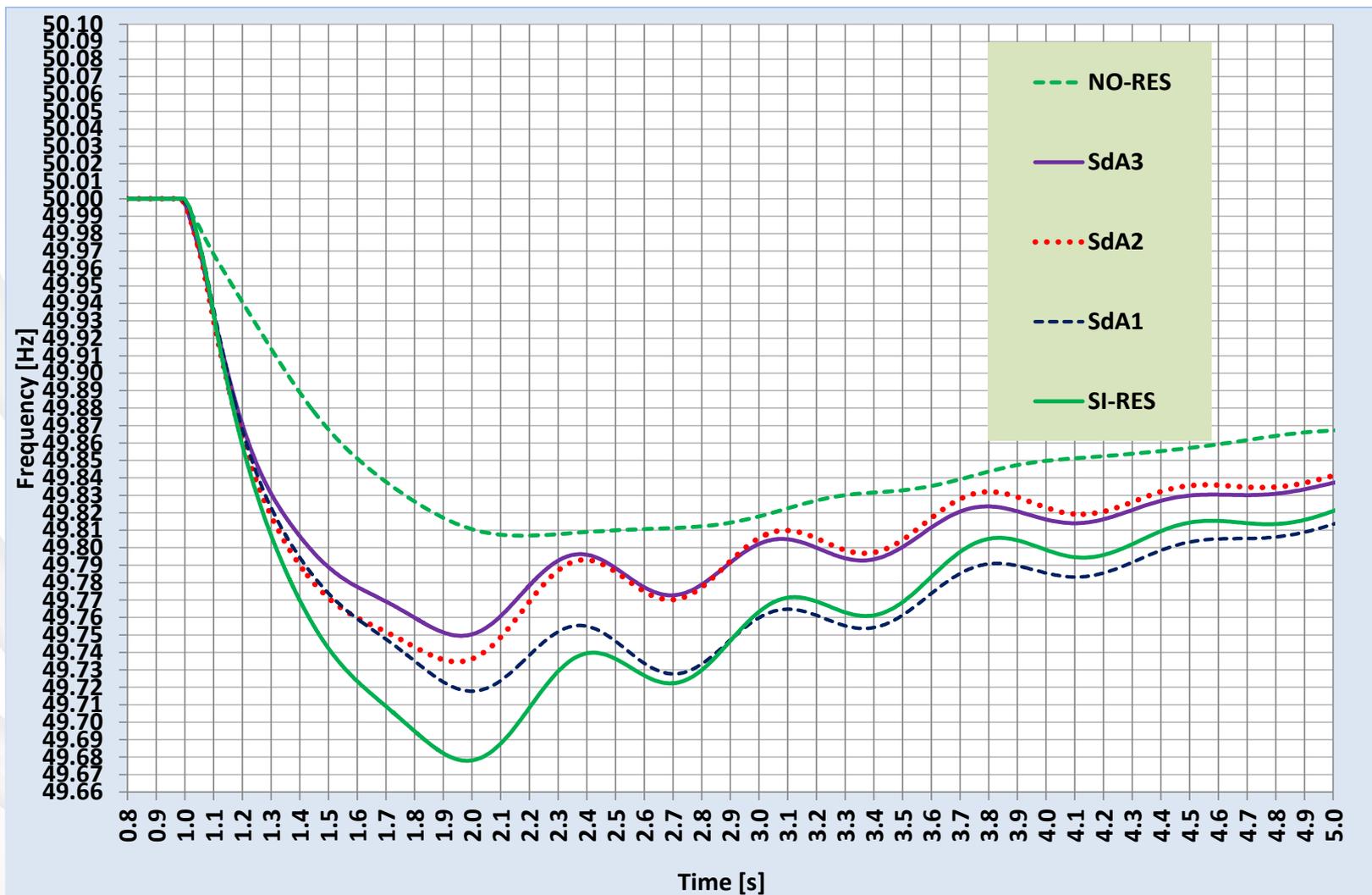
- Le variazioni di frequenza dovute a sbilanciamenti tra generazione e carico sono contrastate nelle prime centinaia di millisecondi **dall'inerzia meccanica delle macchine rotanti** dei generatori convenzionali
- La crescente penetrazione delle fonti rinnovabili non programmabili, connesse alla rete tramite convertitori, riduce l'inerzia complessiva del sistema, portando a maggiori gradienti e deviazioni massime di frequenza in caso di contingenze
- I SdA, sfruttando anche la possibilità di essere sovraccaricati per brevi intervalli di tempo, possono fornire «inerzia sintetica» e regolazione primaria veloce al sistema, **rispondendo in maniera molto rapida alle derivate di frequenza**

Metodologia

- Si è quindi simulato l'utilizzo di **quattro SdA da 5 MW / 5 MWh per fornire supporto inerziale e/o regolazione primaria veloce** per far fronte alla perdita di un'unità da 260 MW nella rete della Sardegna in isola
- Risposta della batteria proporzionale alla variazione della frequenza (derivata della frequenza: $\Delta f / \Delta t$)
- Si sono considerati diversi casi:
 - NO-RES: caso ideale, senza generazione rinnovabile, senza SdA
 - SI-RES: massima produzione FRNP, senza SdA
 - SdA-1: supporto inerziale a $300\% P_{\text{nominale}}$
 - SdA-2: regolazione primaria veloce a $300\% P_{\text{nominale}}$
 - SdA-3: sia inerzia che primaria a $300\% P_{\text{nominale}}$

Risultati

Impatto sulla frequenza nei vari casi per la contingenza sulla rete sarda



Risultati

- A causa della velocità dei SdA, molto superiore a quella delle unità convenzionali, **la sola regolazione primaria da essi fornita**, senza supporto inerziale, **può migliorare la risposta transitoria di frequenza del sistema**, in particolare se si può sfruttare un sovraccarico temporaneo del SdA
- **Contributi ulteriori possono essere forniti dal supporto inerziale**, ma questi possono richiedere più elevati sovraccarichi temporanei del SdA

Conclusioni

- I SdA sono in grado di fornire servizi di rete oggi prerogativa solo degli impianti di generazione
- Alcuni servizi sono prerogativa solo dei SdA (es. «inerzia sintetica»)
- La disponibilità del servizio risente del fatto che l'accumulo è una risorsa a capacità limitata
- La remunerazione dei servizi ancillari previsti dall'attuale schema regolatorio ancora non ripaga i costi dei SdA
- Valutare modifiche alla remunerazione dei servizi di rete anche alla luce delle soluzioni adottate in altri Paesi (es. remunerazione riserva primaria in Germania)
- Salvaguardare il principio di consentire a differenti tipologie risorse di fornire il medesimo servizio.



*Grazie per
l'attenzione!*

massimo.gallanti@rse-web.it