

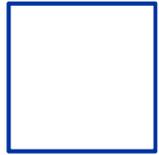
Aumentare la
Hosting Capacity delle reti di
distribuzione
con investimenti
Smart selettivi

Michele Salaris, Gianluca Sapienza
Enel Distribuzione – Tecnologie di Rete

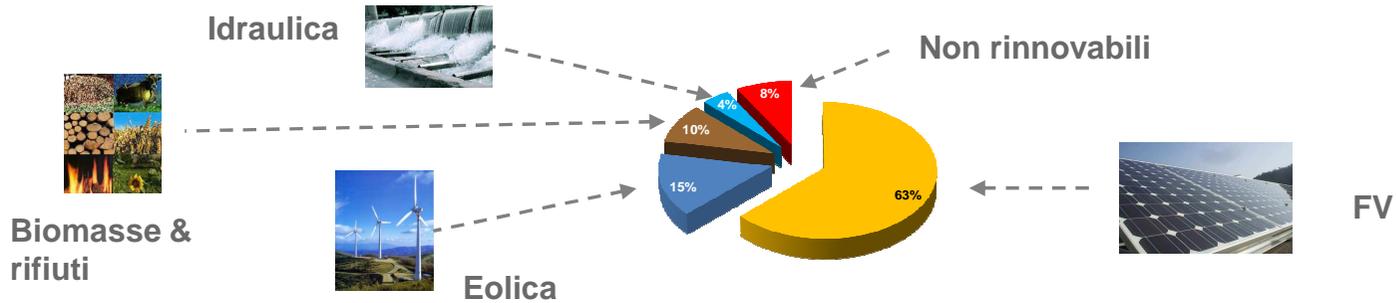
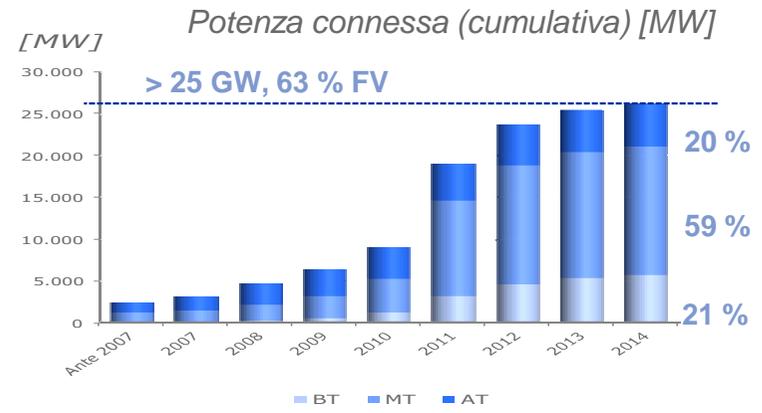
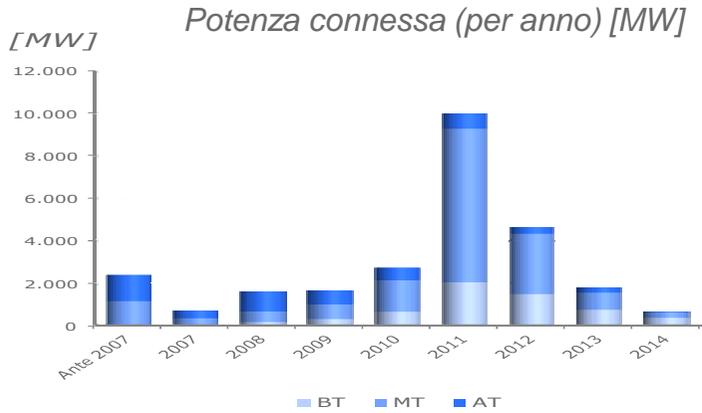
Politecnico di Milano,

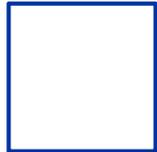
28 Settembre 2015



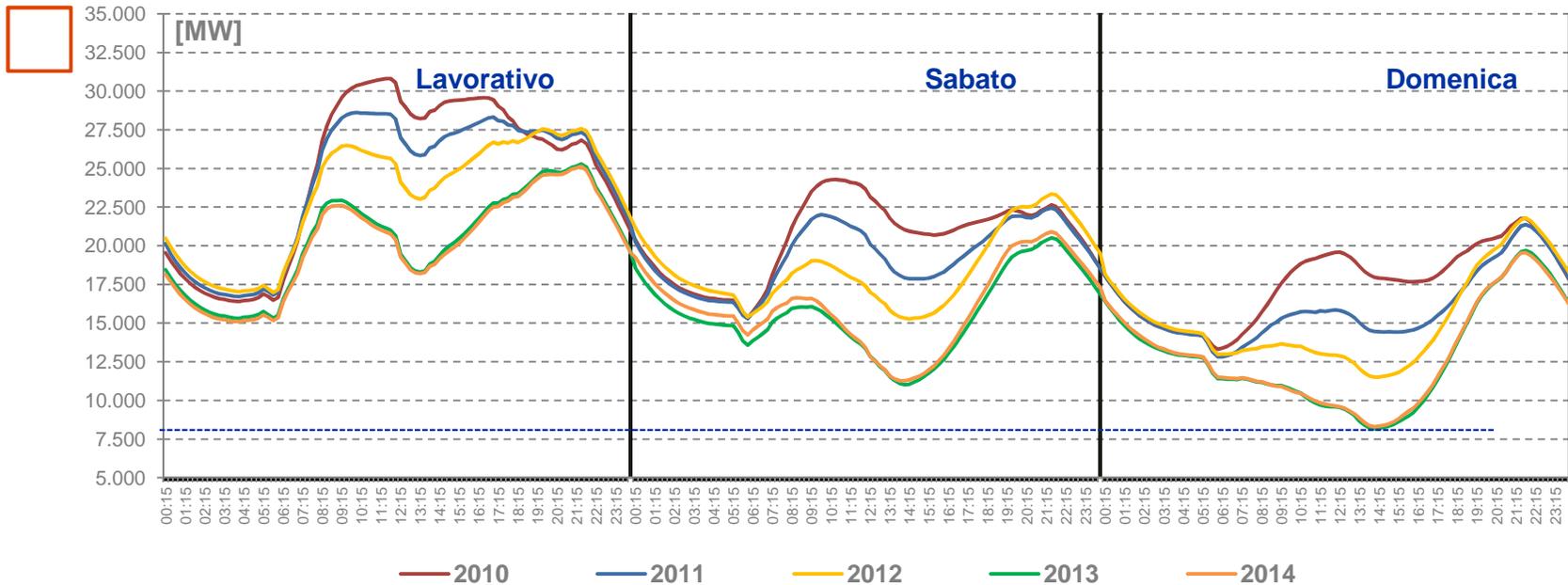


Generazione Distribuita Rete Enel Distribuzione – Anno 2014

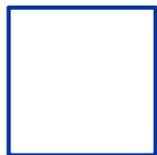




Generazione Distribuita Flusso energetico netto dal TSO (Giugno 2010->2014)



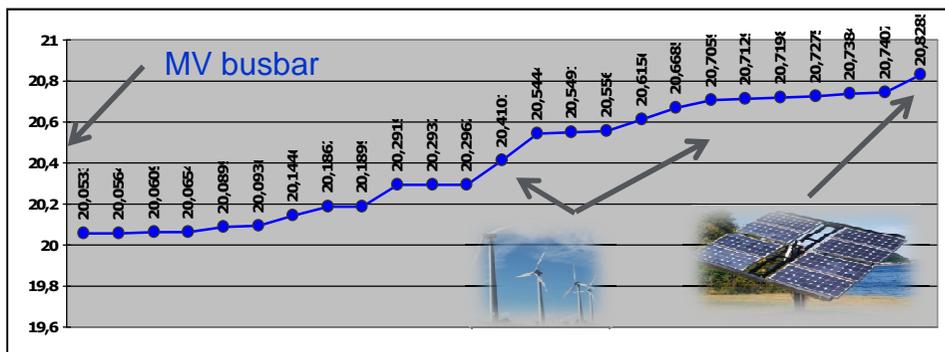
Diminuzione flusso energetico netto dovuto alla GD



Effetto della Generazione Distribuita Hosting Capacity ed Esercizio delle Rete



- La Generazione Distribuita (GD) incrementa la tensione a causa delle iniezioni di potenza attiva.
- La tensione lungo linea può superare il valore di sbarra in Cabina Primaria (CP).
- Impatto su **Hosting Capacity** ed **Esercizio** a causa delle tensioni “elevate”
- I tradizionali metodi di controllo della sbarra MT di CP possono fallire a causa delle inversioni di potenza attiva.

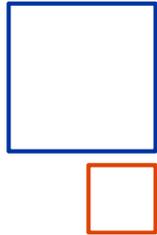


Soluzione Enel:
**Infrastruttura di
Controllo della
Tensione per
Smart Grids**

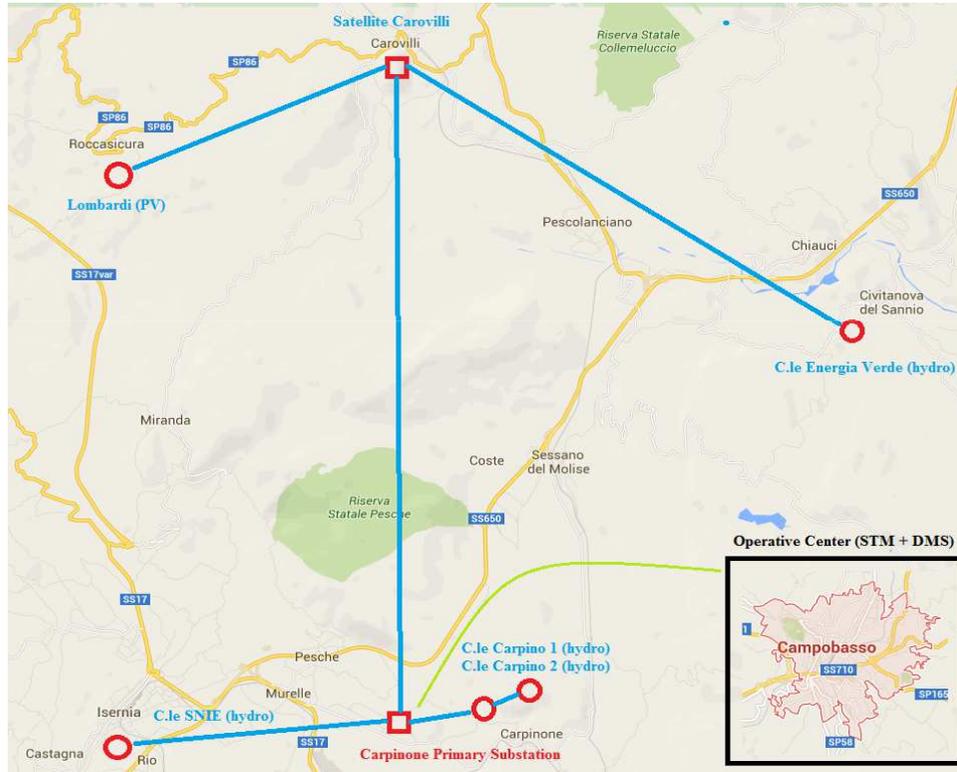


GD lungo linea

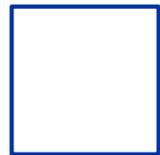




Infrastruttura per il Controllo della Tensione Progetto Isernia



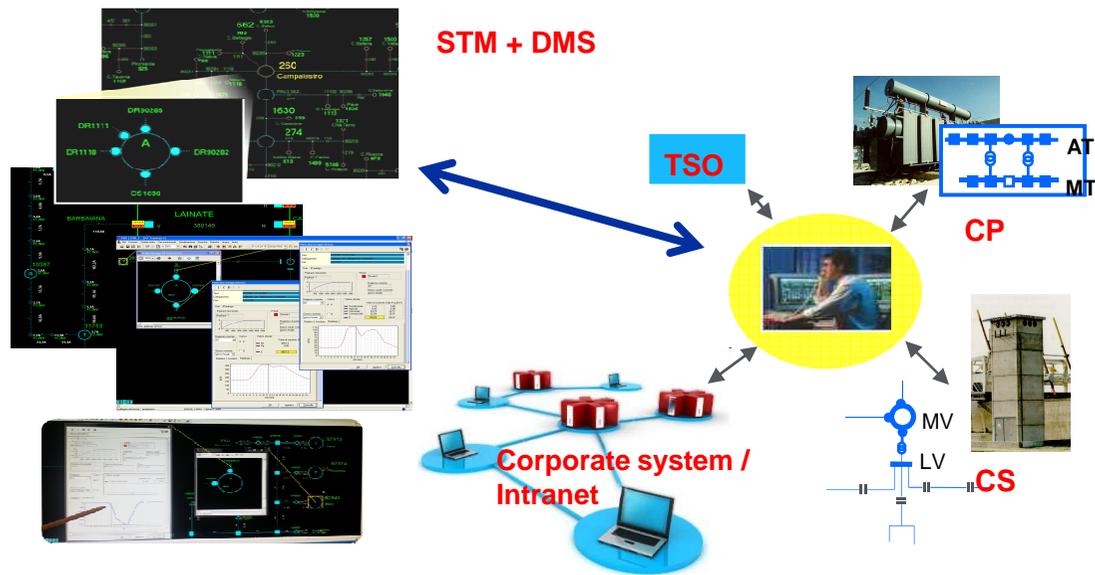
Progetto Isernia:
Schema di rete
semplificato per il
controllo della tensione



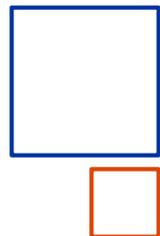
Sistema di Telecontrollo STM – DMS: sguardo alla situazione nazionale



28 Centri Operativi di Esercizio (COE), equipaggiati da STM (SCADA) + DMS (motore di calcolo elettrico)



Sistemi e dispositivi realizzati secondo gli standard ed il know-how aziendale.



Infrastruttura per il Controllo della Tensione Come funziona?

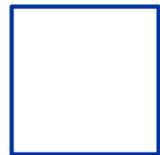


È basato su **tre strategie indipendenti ma cooperanti**:

1. **Controllo Ottimizzato Tensione di Sbarra MT (Cabina Primaria)**. Il set-point ottimale è calcolato dal Distribution Management System (**DMS**) ed attuato dallo SCADA (**STM**).
2. **Controllo Locale di Tensione Volt/VAr (livello Cliente)**. Ogni **impianto controllabile MT (ICM)** regola in modo **autonomo** la potenza reattiva **al punto di scambio**, in funzione della tensione misurata dall'**RGDM** nel medesimo punto.
3. **Controllo Centralizzato di Tensione (livello linea MT)**. In caso di tensione fuori limite (inefficacia delle altre strategie), i nodi problematici inviano una richiesta di **“SOS”** al DMS, il quale **pone in regolazione** gli impianti in **prossimità elettrica**.



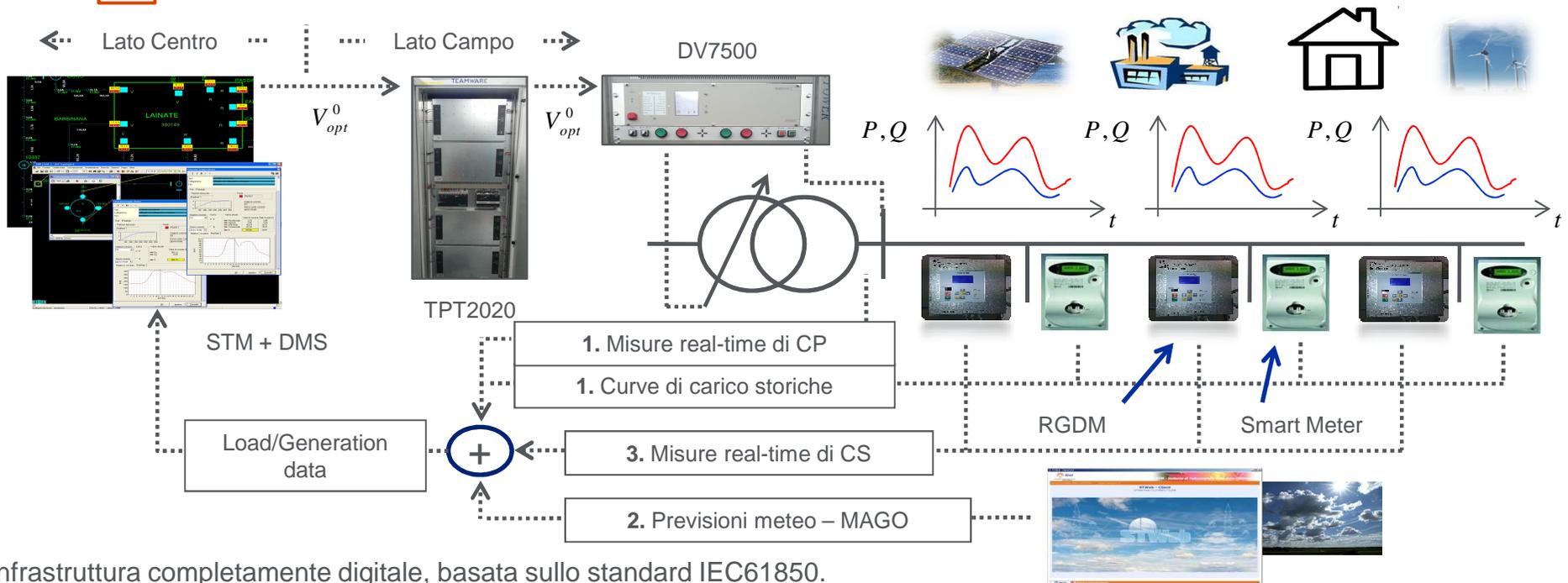
Sistema modulare, flessibile e scalabile



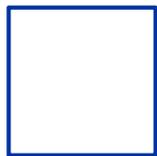
Controllo Ottimizzato Tensione Sbarra MT Come funziona?



Il set-point ottimale di tensione è calcolato a livello centrale dal DMS, ed attuato in campo dal DMS.



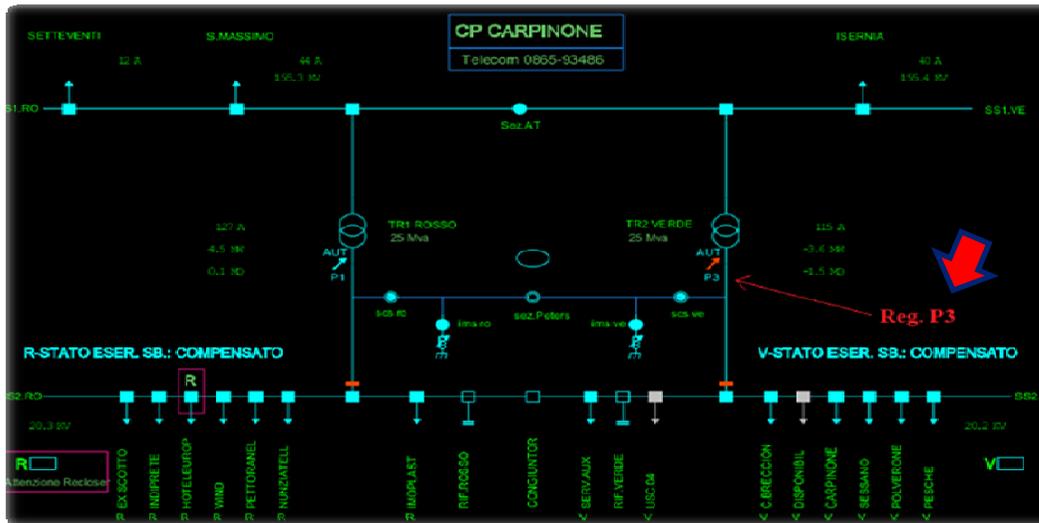
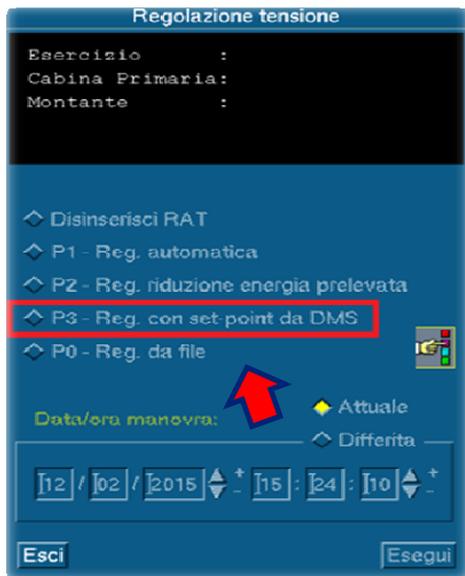
Infrastruttura completamente digitale, basata sullo standard IEC61850.



Controllo Ottimizzato Tensione Sbarra MT Attivazione funzione su STM – Progetto Isernia



Finestra STM per l'abilitazione del Controllo Tensione Sbarra MT (programma di regolazione "P3") e vista topologica della CP Carpinone



Attivazione funzione interamente da remoto

Controllo Ottimizzato Tensione Sbarra MT Protocollo di servizio – registrazione eventi



Sistema osservabile in tempo reale.



Ricerche da Archivi Eventi

Personalizzazione Attiva: LAYOUT ENEL STANDARD

VISUALIZZAZIONE EVENTI

CO: TUTTI Num. Protocollo Da: TUTTI A: Nodo: TUTTI Matricola: TUTTI

Competenza: TUTTE Nome Cab. Prim.: CARPINONE 3D MT: TUTTI Cod. Gest. Ente: TUTTI

Montante CP: SS2.VE Montante CP in SN: TUTTI Ente: TUTTI Categoria:

Elemento: TUTTI Descrizione: AZIONE V ATTUATA F: TUTTI Parametri: TUTTI

Data e ora di Sistema: Inizio 10/02/2015 08:00:00 Fine 11/02/2015 00:00:00

Data e ora di Appareto: Inizio 16/02/2015 00:00:00 Fine 16/02/2015 00:00:00

Cerca Ripristina Nascondi

ELENCO EVENTI

| N.Pr. | Data Ora da Sist | Nodo | CO | *Cab. Primaria | *Mont. | Ente | *Descrizione Evento | Parametri |
|-------|---------------------|-------------------------------|-----------|----------------|--------|-----------------------|---------------------|-----------|
| 0 | 10/02/2015 08:00:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20150 | |
| 0 | 10/02/2015 08:10:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20216 | |
| 0 | 10/02/2015 08:20:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20238 | |
| 0 | 10/02/2015 08:30:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20259 | |
| 0 | 10/02/2015 08:40:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20272 | |
| 0 | 10/02/2015 08:50:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20269 | |
| 0 | 10/02/2015 09:00:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20298 | |
| 0 | 10/02/2015 09:10:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20153 | |
| 0 | 10/02/2015 09:20:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20154 | |
| 0 | 10/02/2015 09:30:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20155 | |
| 0 | 10/02/2015 09:40:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20158 | |
| 0 | 10/02/2015 10:00:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20263 | |
| 0 | 10/02/2015 10:10:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20261 | |
| 0 | 10/02/2015 10:20:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20300 20244 | |
| 0 | 10/02/2015 10:30:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20300 20254 | |
| 0 | 10/02/2015 10:40:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20252 | |
| 0 | 10/02/2015 10:50:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20300 20249 | |
| 0 | 10/02/2015 11:00:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20248 | |
| 0 | 10/02/2015 11:10:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20500 20100 | |
| 0 | 10/02/2015 11:20:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20000 20098 | |
| 0 | 10/02/2015 11:30:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20000 20095 | |
| 0 | 10/02/2015 11:40:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20095 | |
| 0 | 10/02/2015 11:50:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20000 20075 | |
| 0 | 10/02/2015 12:00:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20000 20145 | |
| 0 | 10/02/2015 12:10:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20201 | |
| 0 | 10/02/2015 12:20:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20184 | |
| 0 | 10/02/2015 12:30:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20167 | |
| 0 | 10/02/2015 12:40:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20160 | |
| 0 | 10/02/2015 12:50:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20153 | |
| 0 | 10/02/2015 13:00:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20145 | |
| 0 | 10/02/2015 13:10:00 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20147 | |
| 0 | 10/02/2015 13:20:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20100 20153 | |
| 0 | 10/02/2015 13:30:01 | DM60-Campobasso/60-CAMPOBASSO | CARPINONE | SS2.VE | SBCP | REGOLAZIONE V ATTUATA | 20200 20159 | |

Time-stamp

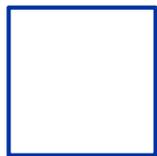
Cabina Primaria

Sbarra

Misura di tensione

Set-point di tensione

Conferma



Controllo Ottimizzato Tensione Sbarra MT Dispositivi di Cabina Primaria



TPT2020 RTU



Unità connettori

Unità di Elaborazione IEC61850

Alimentatore

Dispositivo DV7500



Protezione integrata di trasformatore. Telaio unificato per coppia di trasformatori.

DV7500:

Regolatore+protezione AT+protezione MT

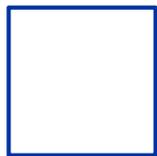


3 pannelli in 1

Moduli remoti



Cabina Primaria Digitale (eliminazione connessioni filate), semplificazione impiantistica significativa

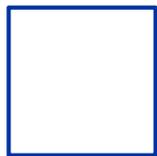


Controllo Locale di Tensione Volt/VAr Come funziona?



Ogni **impianto controllabile MT (ICM)** regola in modo **autonomo** la potenza reattiva al **punto di scambio**, in funzione della tensione misurata dall'**RGDM** nel medesimo punto. L'**Interfaccia di Regolazione dell'Energia (IRE)** attua i comandi verso i componenti di impianto regolabili.

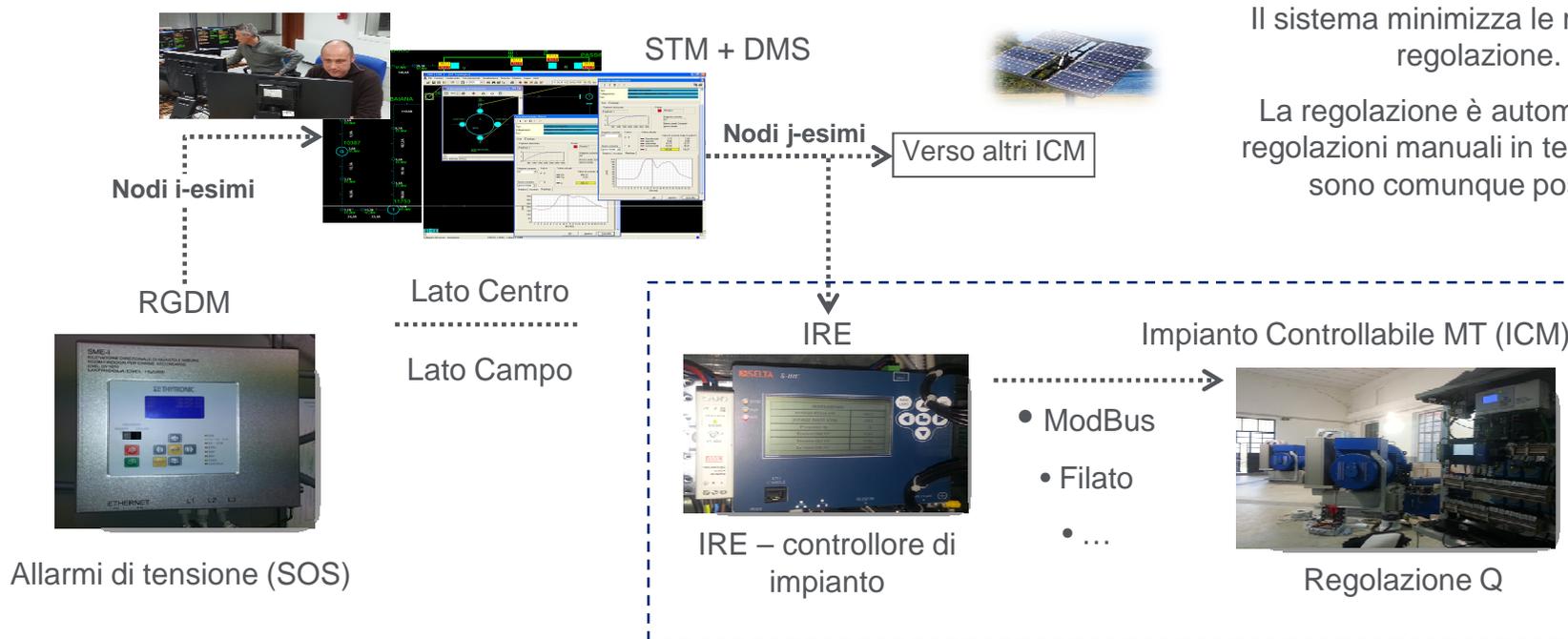


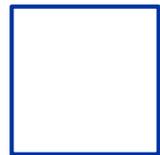


Controllo Centralizzato di Tensione Come funziona?



In caso di tensione fuori limite (inefficacia delle altre strategie), i nodi problematici inviano una richiesta di “SOS” al DMS, il quale **pone in regolazione** gli impianti in **prossimità elettrica**.



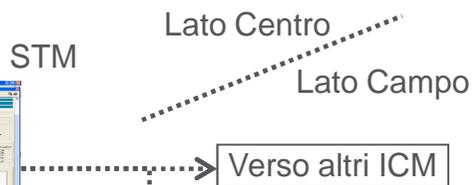
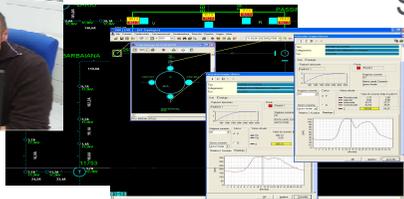


Controllo Centralizzato di Tensione

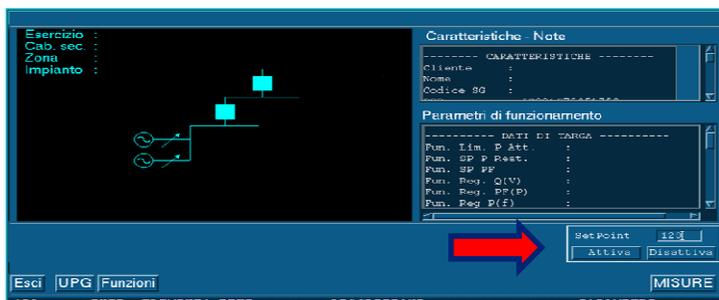
Altre funzioni – Regolazione della Potenza Attiva



Possibilità di **limitare P** in **telecomando**, dal Centro Operativo.



Esercizio in **emergenza/dispacciamento** della generazione; è possibile **limitare** la generazione per **evitare la completa disconnessione**.



IRE – controllore di impianto



Regolazione P

Infrastruttura per il Controllo della Tensione Piattaforme Real-Time di Test – Smart Grid Lab Milano



Apparati di Campo

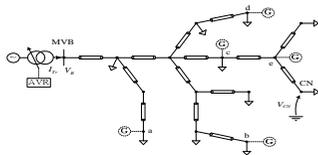


SCADA e DMS

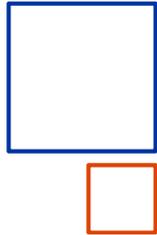


“Grid in a building”

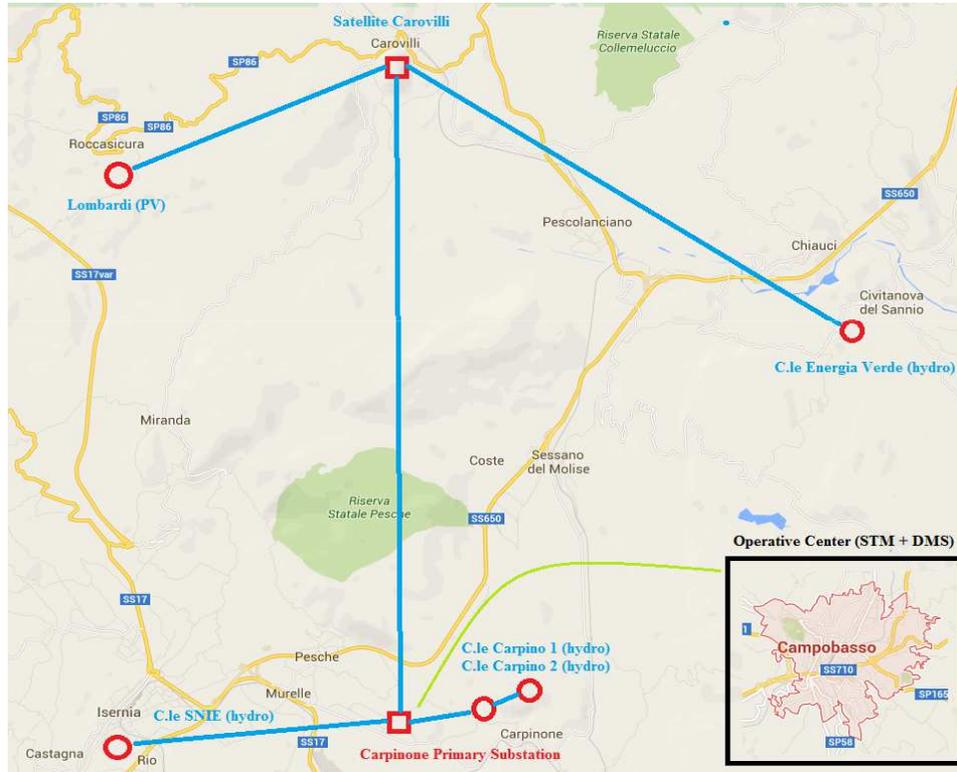
Infrastruttura di test “Hardware-in-the-loop fully real-time”



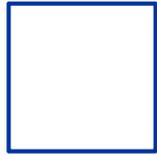
Rete simulata, prelevata dai DB aziendali



Controllo Tensione Sbarra MT Progetto Isernia

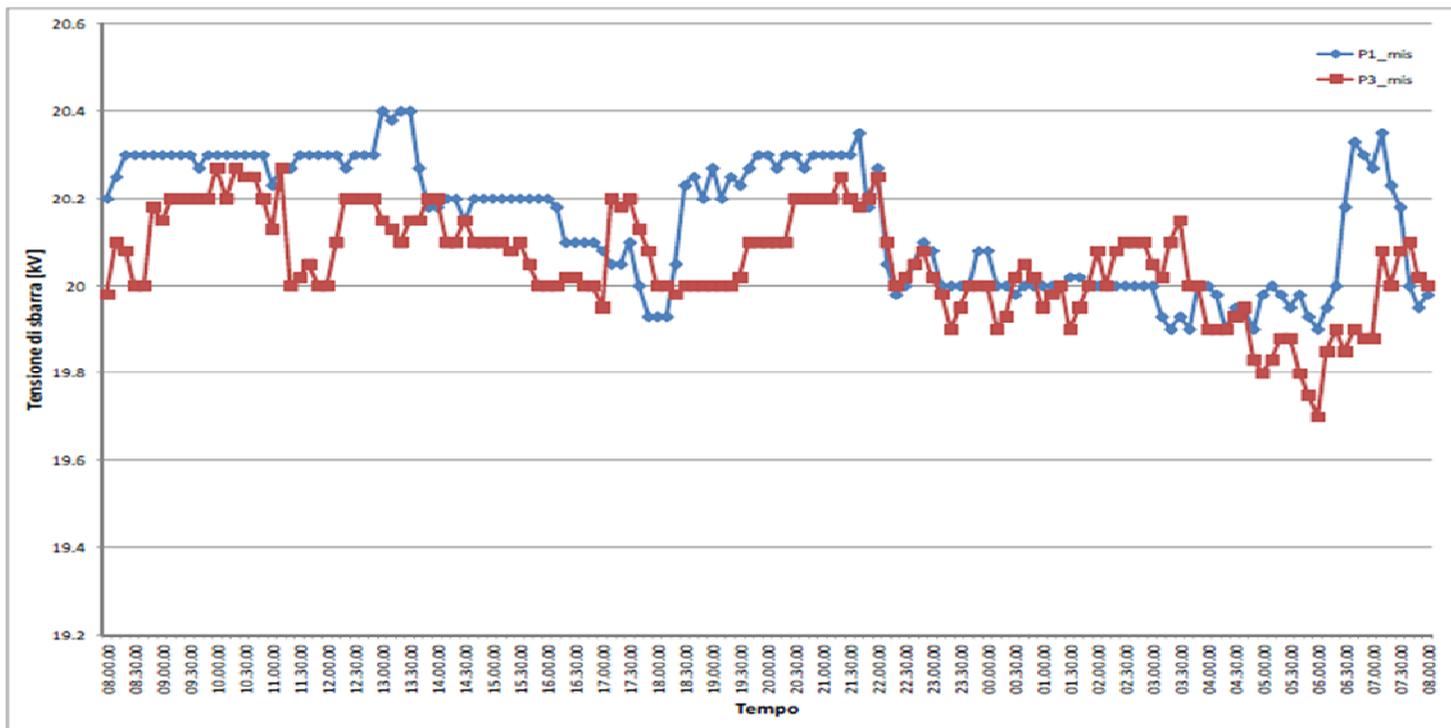


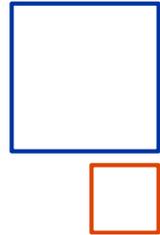
Progetto Isernia:
Schema di rete
semplificato per il
controllo della tensione



Infrastruttura per il Controllo della Tensione

Risultati di campo – Progetto Isernia – Tensione di Sbarra MT

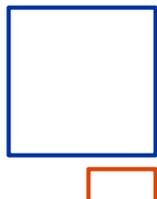




Infrastruttura per il Controllo della Tensione Risultati di campo – Progetto Isernia – Hosting Capacity



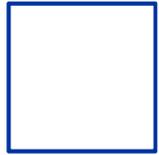
| Linea | Caso Base | | Programma P3 | | | Programma P3 + IRE | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| | Limite termico [MW] | Limite tensione [MW] | Limite termico [MW] | Limite tensione [MW] | Aumento rispetto caso base (%) | Limite tensione [MW] | Limite termico [MW] | Aumento rispetto caso base (%) |
| Carpinone | 7.402 | - | 7.402 | - | 0% | - | - | 0% |
| Sessano | 7.647 | - | 7.647 | - | 0% | - | - | 0% |
| Colle Breccione | 11.594 | - | 11.594 | - | 0% | - | - | 0% |
| Pesche | - | 7.258 | 8.658 | 8.658 | 19% | 8.658 | 8.658 | 19% |
| Pescolanciano | - | 7.624 | 8.233 | 8.233 | 8% | 8.233 | 8.233 | 8% |
| Fontecurelli | - | 3.296 | - | 4.406 | 34% | 4.623 | 4.623 | 40% |
| Polverone | - | 4.519 | - | 5.365 | 19% | 5.431 | 5.431 | 20% |
| Pescorvara | 4.386 | - | 4.386 | - | 0% | - | - | 0% |
| S. Domenico | - | 4.164 | - | 5.023 | 21% | 5.512 | 5.512 | 32% |
| Santa Maria | - | 5.049 | - | 5.232 | 4% | 5.532 | 5.532 | 10% |
| TOTALE [MW] | - | 31.91 | - | 36.917 | 16% | 37.989 | - | 19% |



Infrastruttura per il Controllo della Tensione Sviluppo su larga scala – osservazioni



| Funzionalità | Necessità di investimento | Necessità di evoluzioni regolatorie per coinvolgimento produttori | Impianti da equipaggiare | Note |
|--|---------------------------|---|--|--|
| Controllo Ottimizzato Tensione di Sbarra MT | Si | No | <ul style="list-style-type: none">• Cabina Primaria | <ul style="list-style-type: none">• SCADA+DMS già operativi in tutti i COE, secondo lo stato dell'arte e l'unificazione |
| Controllo Locale di Tensione Volt/VAR | Si | Si | <ul style="list-style-type: none">• Cabina Secondaria• Lato Cliente | <ul style="list-style-type: none">• Necessità di comunicazione Distributore-Cliente• Installazione IRE lato Cliente |
| Controllo Centralizzato di Tensione | Si | Si | <ul style="list-style-type: none">• Cabina Secondaria• Lato Cliente• Infrastruttura di telecomunicazione | <ul style="list-style-type: none">• Necessità comunicazione always-on• Necessità di comunicazione Distributore-Cliente• Installazione IRE lato Cliente |



Infrastruttura per il Controllo della Tensione

Conclusioni



- L'Infrastruttura per il Controllo della Tensione è basata su algoritmi **modulari** ed **unificati**, facile quindi da sviluppare su **larga scala**. Il sistema è **orientato all'Esercizio**.
- La comunicazione tra apparati è basata su **standard di comunicazione, come l'IEC61850**
- Le funzionalità sono altamente standardizzate su requisiti specificati dall'azienda, grazie al know-how interno; esse sono testate tramite le piattaforme Real-Time dell'Enel Smart Grid Lab.
- I dispositivi di campo semplificano notevolmente le architetture di cabina, grazie ad alti livelli di integrazione
- Pilastri dell'infrastruttura sono: SCADA **STM**, **DMS** e dati dagli **Smart Meters** (contatori elettronici), presenti in Enel Distribuzione come stato dell'arte.
- **L'Esercizio reale in campo** sta confermando i **risultati attesi**, osservati nel **Progetto Isernia**.