

---

# L'osservabilità delle reti di distribuzione e i benefici per il gestore del sistema elettrico

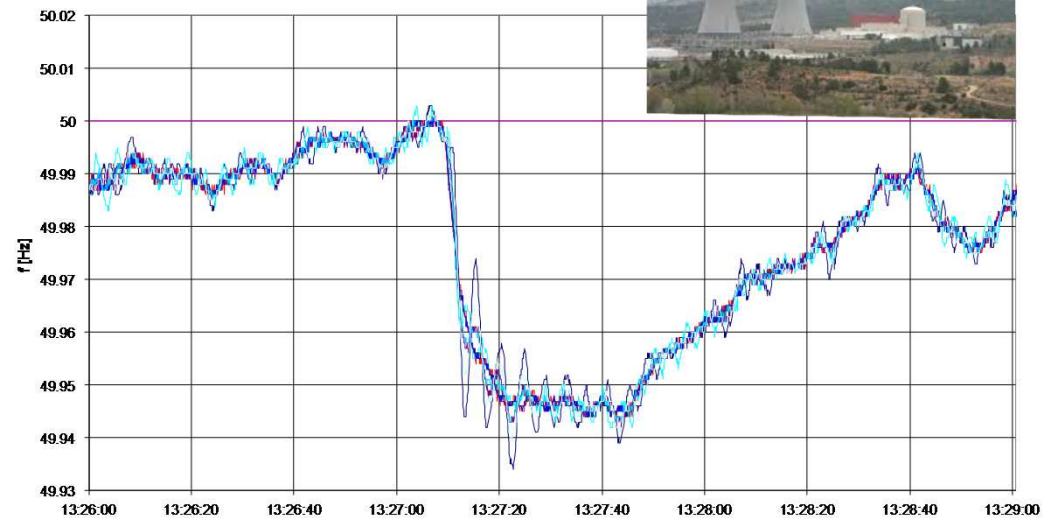




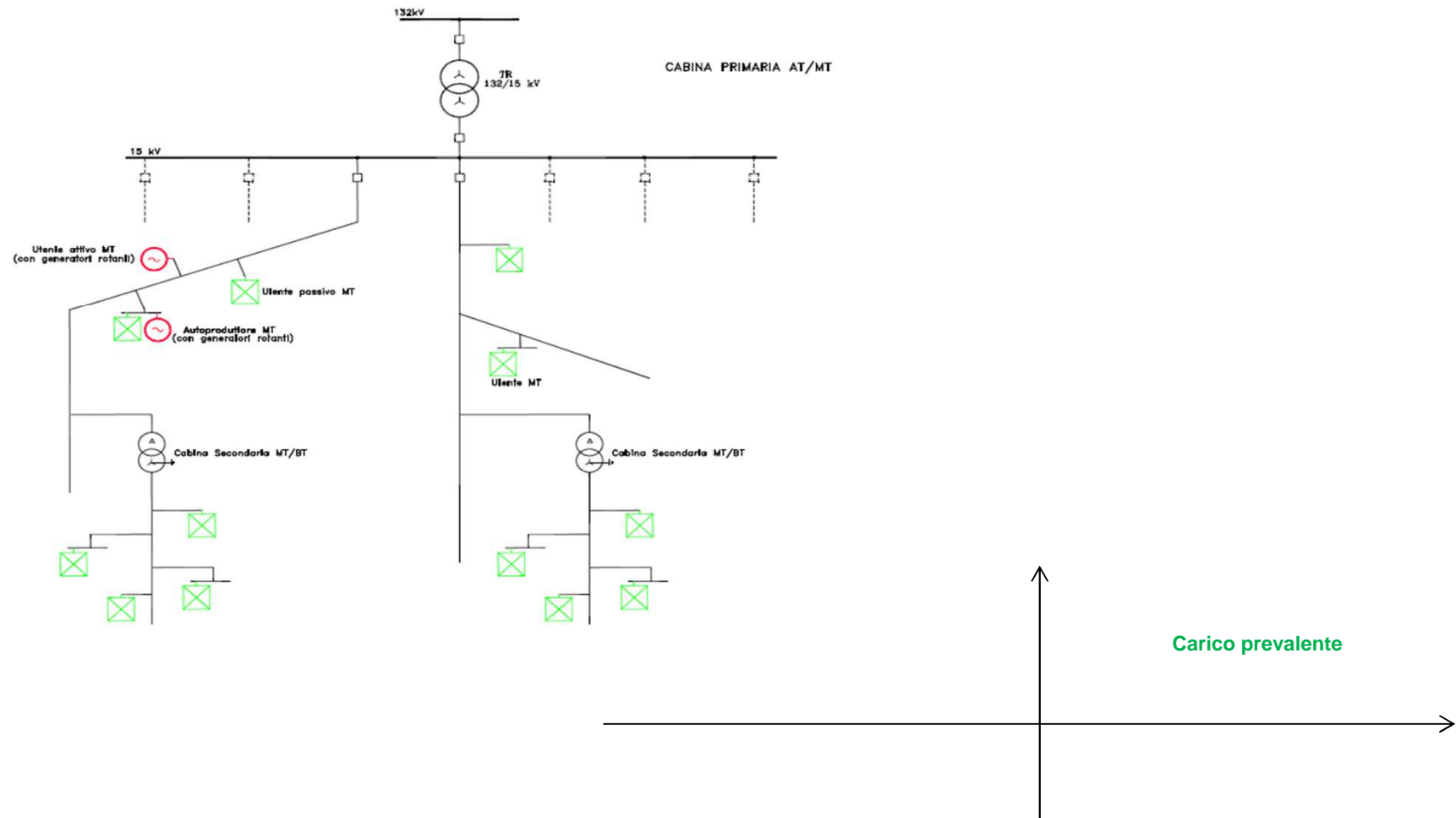
# La Generazione Distribuita nel sistema elettrico

I soli impianti fotovoltaici italiani equivalgono a 70 gruppi convenzionali da 320 MW o 19 gruppi nucleari da 1300 MW “nascosti” nelle reti di distribuzione.

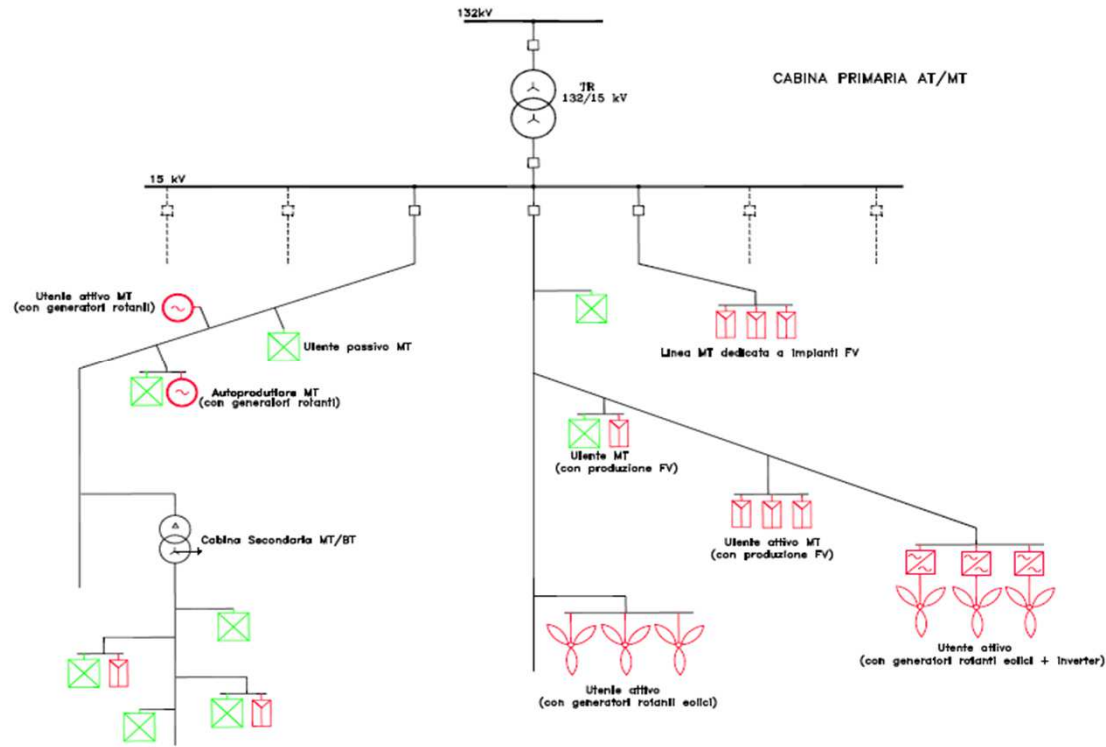
- Osservabilità
- Controllabilità
- Comportamento «corretto» a fronte di transitori di frequenza
- «Prevedibilità»
- Regolazioni e sostegno al cto cto



# Le reti di Distribuzione ieri



# Le reti di Distribuzione oggi



Capacità equivalente

Carico prevalente

Generazione prevalente

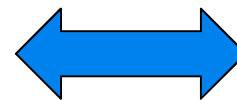
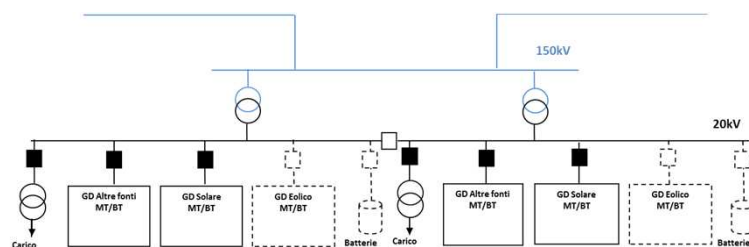
Reattore equivalente



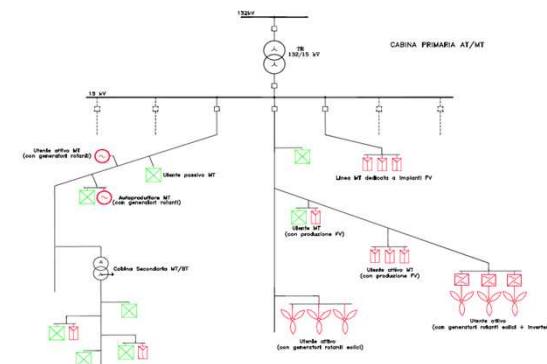
# Osservabilità

- Per il TSO è la capacità di conoscere in ogni istante in una cabina primaria il totale della generazione suddivisa per fonte e carichi
- Consente al TSO di:
  - Valutare correttamente l’N-1 sulla rete
  - Avere una corretta percezione dell’allocazione delle produzioni
  - Eseguire una serie di valutazioni in dinamica (in linea e fuori linea) per individuare contingenze critiche e gestire al meglio i Sistemi di Difesa

## Osservabilità per il TSO



## Osservabilità per il DSO





# Osservabilità

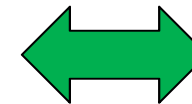
**STIMA DELLO STATO DI UNA RETE:** CONOSCENZA IN TEMPO REALE DI TUTTI GLI STATI LOGICI DEGLI ORGANI DI MANOVRA E RICOSTRUZIONE COMPLETA DI TUTTE LE GRANDEZZE ELETTRICHE (P,Q,I,V,ANGOLI,...)

**STIMA DELLE PRODUZIONI E CARICHI:** STIMA CONTINUA IN TEMPO REALE DALLA PRODUZIONE E CARICO

**DATI PREVISIONALI:** PREVISIONE DELLA GD CON ORIZZONTE 12/24h

Tabella 2 – funzionalità “1. osservabilità dei flussi di potenza e dello stato delle risorse”

Livelli	Descrizione	Comunicazione	Attori
1.a	Previsione continua della generazione distribuita e del carico basata su previsioni meteorologiche e/o su dati storici integrate con il sistema di controllo della cabina primaria e con un DMS ( <i>distribution management system</i> )	Solo tra cabina primaria e Centro operativo del Distrib. (già esistente) e tra distributore e Terna (esistente, da rafforzare)	Distributore, Tema
1.b	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo di sensori installati in cabina primaria o localizzati in cabine secondarie già telecontrollate	Come livello 1a + tra cabina primaria e sensori (già esistente)	Distributore, Tema
1.c	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione degli impianti campione già raggiunti da sistema satellitare gestito dal GSE <sup>23</sup>	Come livello 1b + tra distributore/Terna e GSE	Distributore, Tema, GSE
1.d	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione inviati dagli impianti connessi con il distributore	Come 1b o 1c + comunicazione <i>always on</i> tra cabina primaria e utenti attivi	Distributore, Tema, GSE e utenti attivi



**LA TABELLA E' DA INTENDERSI COME STIMA IN TEMPO REALE DI CUI E' RESPONSABILE IL DISTRIBUTORE**

# Osservabilità in ottica Smart Grid

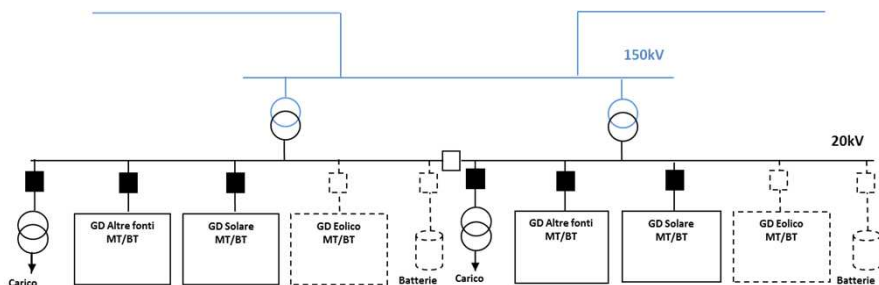
## Osservabilità per il TSO

Potenza attiva lato MT  
Potenza reattiva lato MT  
Produzione solare MT/BT:  
Produzione equivalente attiva P sottesa per TR  
Produzione equivalente reattiva Q sottesa per TR

Produzione da altre fonti (termica e idrica) MT/BT  
Produzione equivalente attiva P sottesa per TR  
Produzione equivalente reattiva Q sottesa per TR

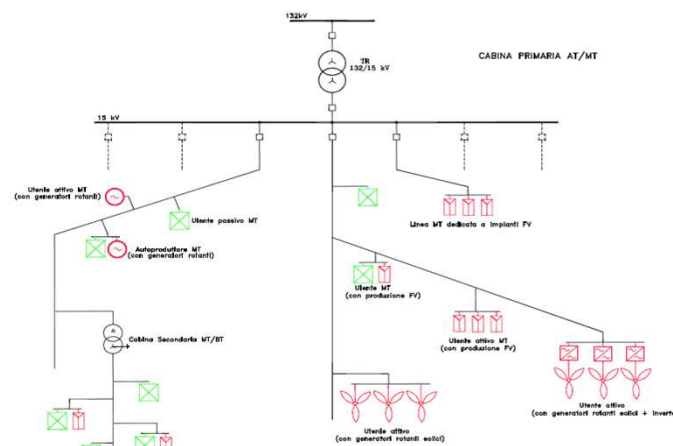
### Carico

Potenza assorbita equivalente attiva P per TR  
Potenza assorbita equivalente reattiva Q per TR



## Osservabilità per il DSO

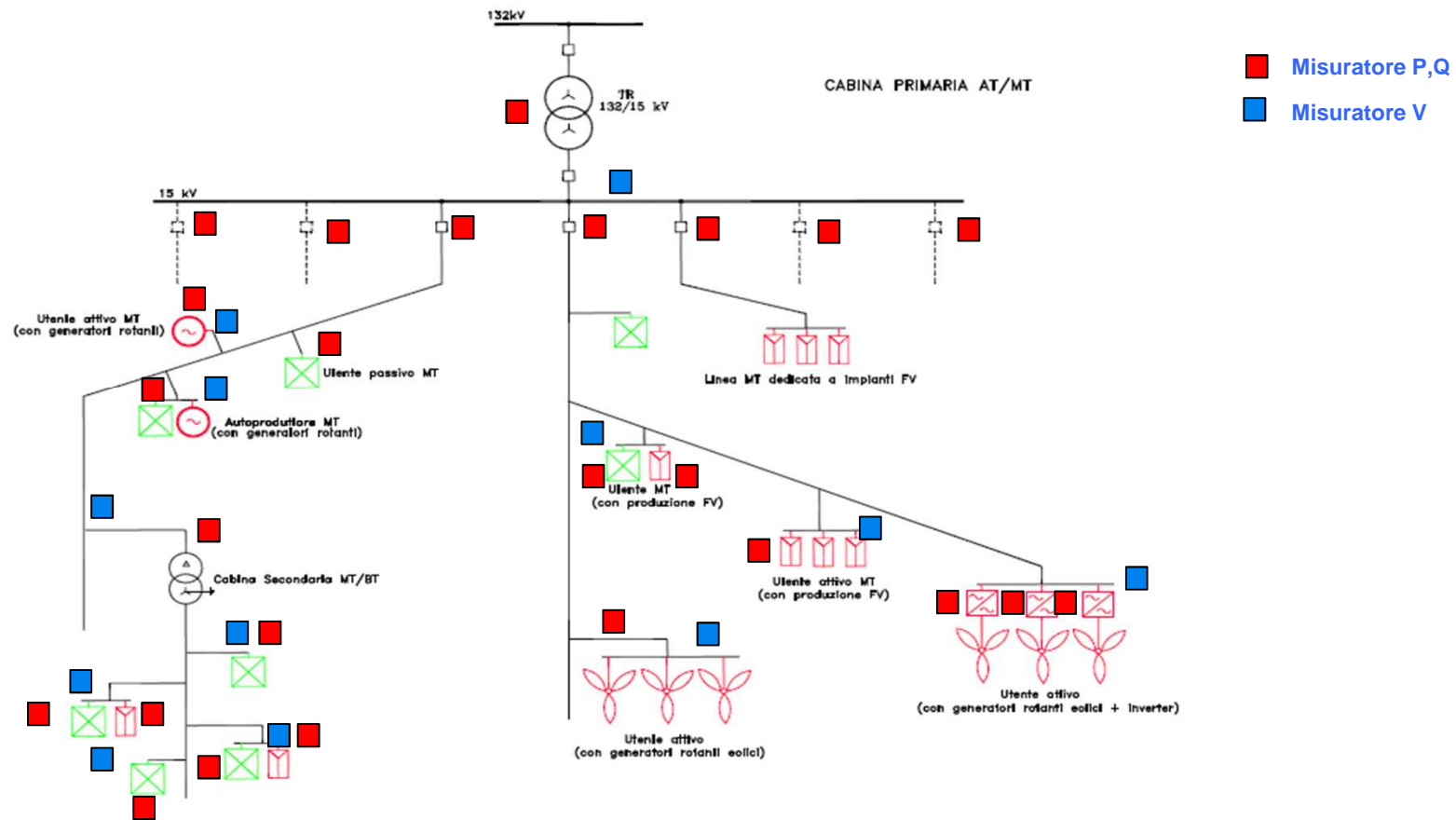
P, Q, V in ogni nodo



E' evidente che per il TSO è sufficiente un aggregato delle informazioni

## COME FARE ?

# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello A







# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello A

## E' UNA STIMA DELLO STATO

Ogni ciclo di calcolo stima ci fornirà:

- La varianza di ogni misura
- Per ogni impianto, mediante bilanci al nodo, l' eventuale incongruenza tra TM e TS
- Quando lo scarto ed il sigma superano una soglia, il “dubbio” su una TM
- La ricostruzione di tutte le misure «mancanti o in deriva»

$$\mathbf{y} = \mathbf{h}(\mathbf{x}) + \boldsymbol{\eta}$$

**y** = vettore di stato  
**x** = vettore delle N-1 variabili di stato  
**η** = vettore degli M errori di misura  
**W** =  $E\{\boldsymbol{\eta} \cdot \boldsymbol{\eta}^T\}$  matrice di covarianza degli M errori di misura  
**h** = espressione analitica (in genere non lineare) delle misure



# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello A

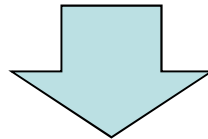
Se riusciamo a trovare un vettore di stato che minimizzi la cifra di merito

$$\mathbf{J}(\mathbf{x}) = [\mathbf{y} - \mathbf{h}(\mathbf{x})]^t \cdot \mathbf{W}^{-1} \cdot [\mathbf{y} - \mathbf{h}(\mathbf{x})]$$

Ossia si abbia

$$\left. \frac{\partial \mathbf{J}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\mathbf{x}=\hat{\mathbf{x}}} = -2 \cdot \mathbf{H}^t(\mathbf{x}) \cdot \mathbf{W}^{-1} \cdot [\mathbf{y} - \mathbf{h}(\mathbf{x})] = 0$$

**con H jacobiano delle h(x)**



Posso far girare un load flow e quindi conoscere TUTTE le variabili elettriche in ogni luogo



# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello A

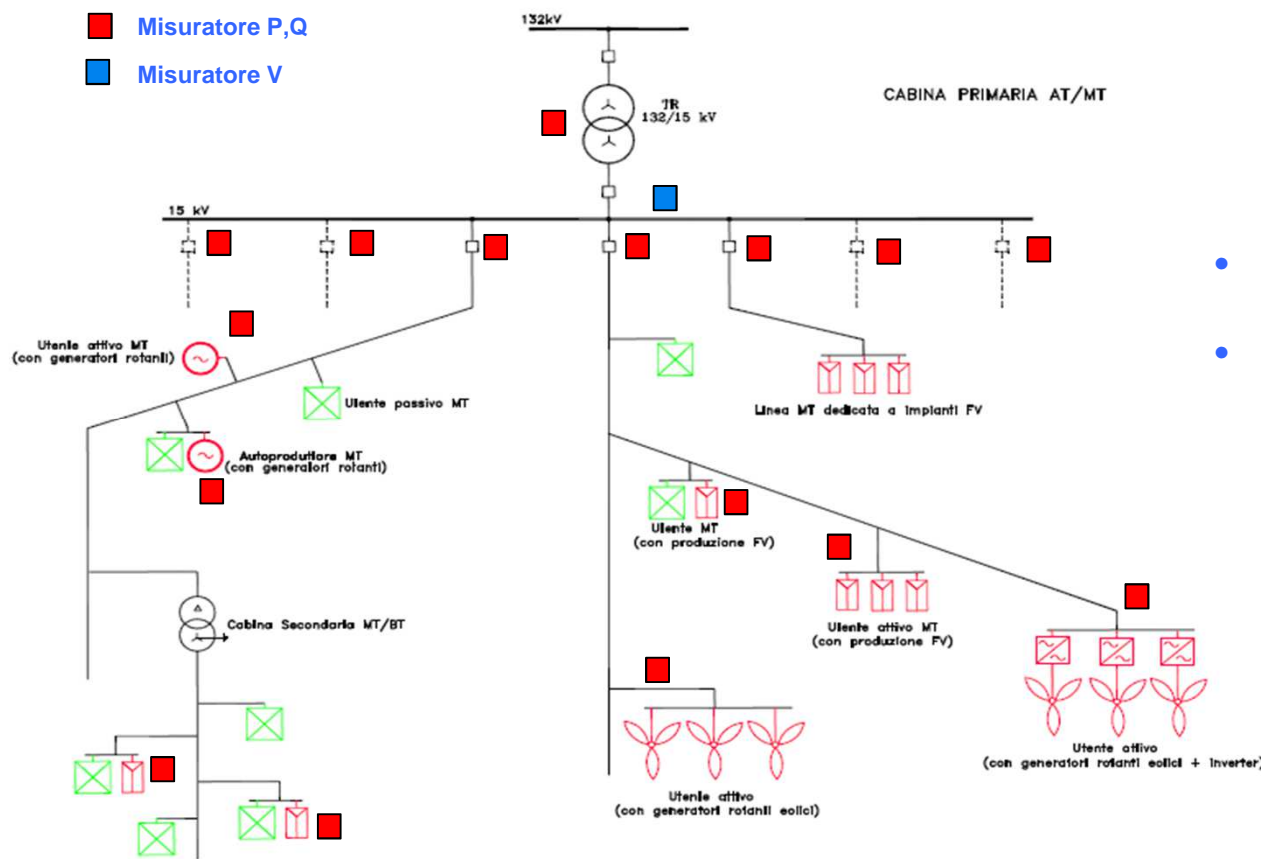
## VANTAGGI:

- Ogni stima può girare al livello di cabina
- Si individuano tutte le incongruenze
- Enorme robustezza del calcolo
- Conoscenza capillare delle variabili elettriche (possibilità per il DSO di eseguire N-1, applicare regolazioni di V, f etc.)

## PREREQUISITI:

- Misure e segnali in ogni nodo e presso tutte le utenze/produzioni
- «intelligenza» al livello di controllore di cabina
- Rete di telecomunicazione capillare

# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello B



- Il DSO misura solo le produzioni e i transiti
- Per differenza ricava i carichi

Tabella 2 – funzionalità “1. osservabilità dei flussi di potenza e dello stato delle risorse”

Livelli	Descrizione	Comunicazione	Attori
1.a	Previsione continua della generazione distribuita e del carico basata su previsioni meteorologiche e/o su dati storici integrate con il sistema di controllo della cabina primaria e con un DMS ( <i>distribution management system</i> )	Solo tra cabina primaria e Centro operativo del Distrib. (già esistente) e tra distributore e Terna (esistente, da rafforzare)	Distributore, Terna
1.b	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo di sensori installati in cabina primaria o localizzati in cabine secondarie già telecontrollate	Come livello 1a + tra cabina primaria e sensori (già esistente)	Distributore, Terna
1.c	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione degli impianti campione già raggiunti da sistema satellitare gestito dal GSE <sup>23</sup>	Come livello 1b + tra distributore/Terna e GSE	Distributore, Terna, GSE
1.d	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione inviati dagli impianti connessi con il distributore	Come 1b o 1c + comunicazione <i>ad-hoc</i> tra cabina primaria e utenti attivi	Distributore, Terna, GSE e utenti attivi



# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello B

## VANTAGGI:

- Semplici manipolazioni algebriche delle misure
- Minor numero di misure e telesegnali
- Si raggiunge comunque quanto necessario al TSO

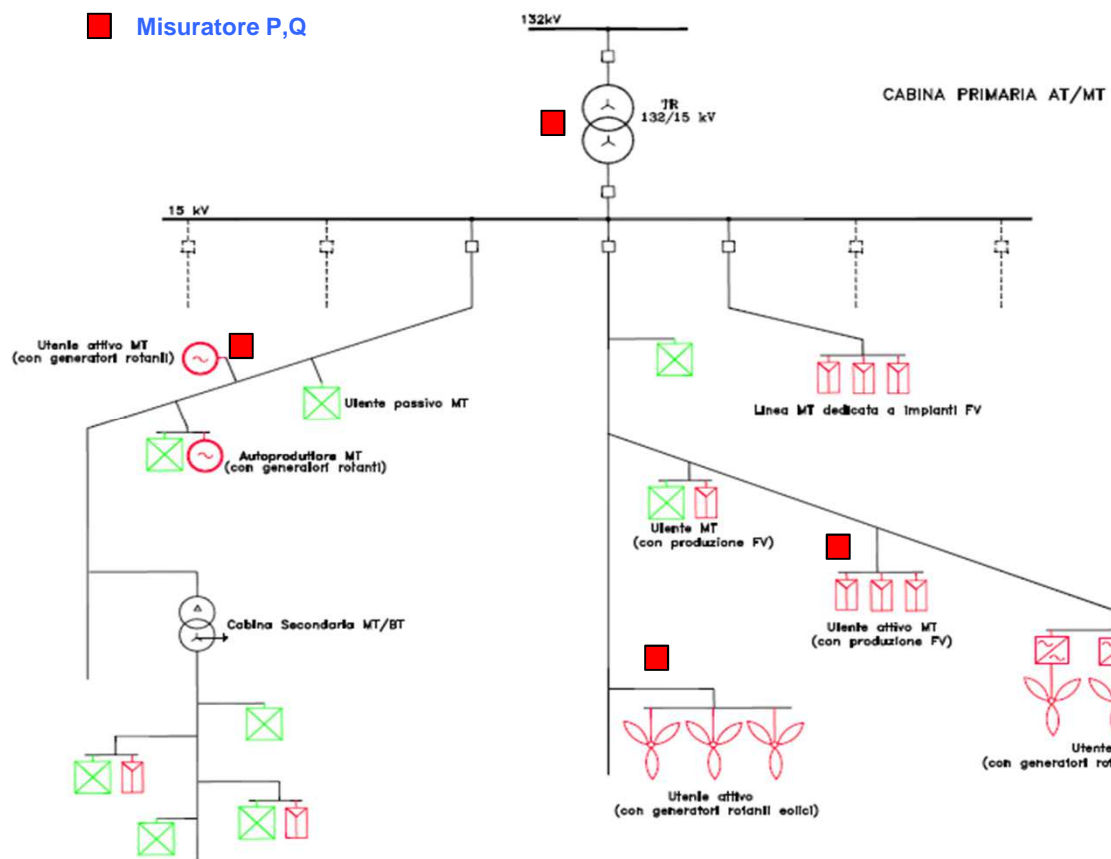
## «Limitazioni» per il DSO

- Non esiste ridondanza nelle misure → individuare meccanismi di sostituzione delle misure
- Non si può eseguire alcun calcolo di sicurezza sulla rete sottesa (DSO)
- E' complesso valutare i flussi di potenza e i profili di tensione qualora servisse una regolazione (DSO)

## PREREQUISITI:

- Rete di comunicazione nei siti di produzione
- Trasduttori di P,Q in ogni sito di produzione e montante di cabina primaria

# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello C



Il DSO misura solo le produzioni di alcuni impianti «sentinella» ed estrapola la produzione totale

Tabella 2 – funzionalità “1. osservabilità dei flussi di potenza e dello stato delle risorse”

Livelli	Descrizione	Comunicazione	Attori
1.a	Previsione continua della generazione distribuita e del carico basata su previsioni meteorologiche e/o su dati storici integrate con il sistema di controllo della cabina primaria e con un DMS ( <i>distribution management system</i> )	Solo tra cabina primaria e Centro operativo del Distrib. (già esistente) e tra distributore e Terna (esistente, da rafforzare)	Distributore, Terna
1.b	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo di sensori installati in cabina primaria o localizzati in cabine secondarie già telecontrollate	Come livello 1a + tra cabina primaria e sensori (già esistente)	Distributore, Terna
1.c	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione degli impianti campione già raggiunti da sistema satellitare gestito dal GSE <sup>3</sup>	Come livello 1b + tra distributore/Terna e GSE	Distributore, Terna, GSE
1.d	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione inviati dagli impianti connessi con il distributore	Come 1b o 1c + comunicazione <i>always on</i> tra cabina primaria e utenti attivi	Distributore, Terna, GSE e utenti attivi

# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello C

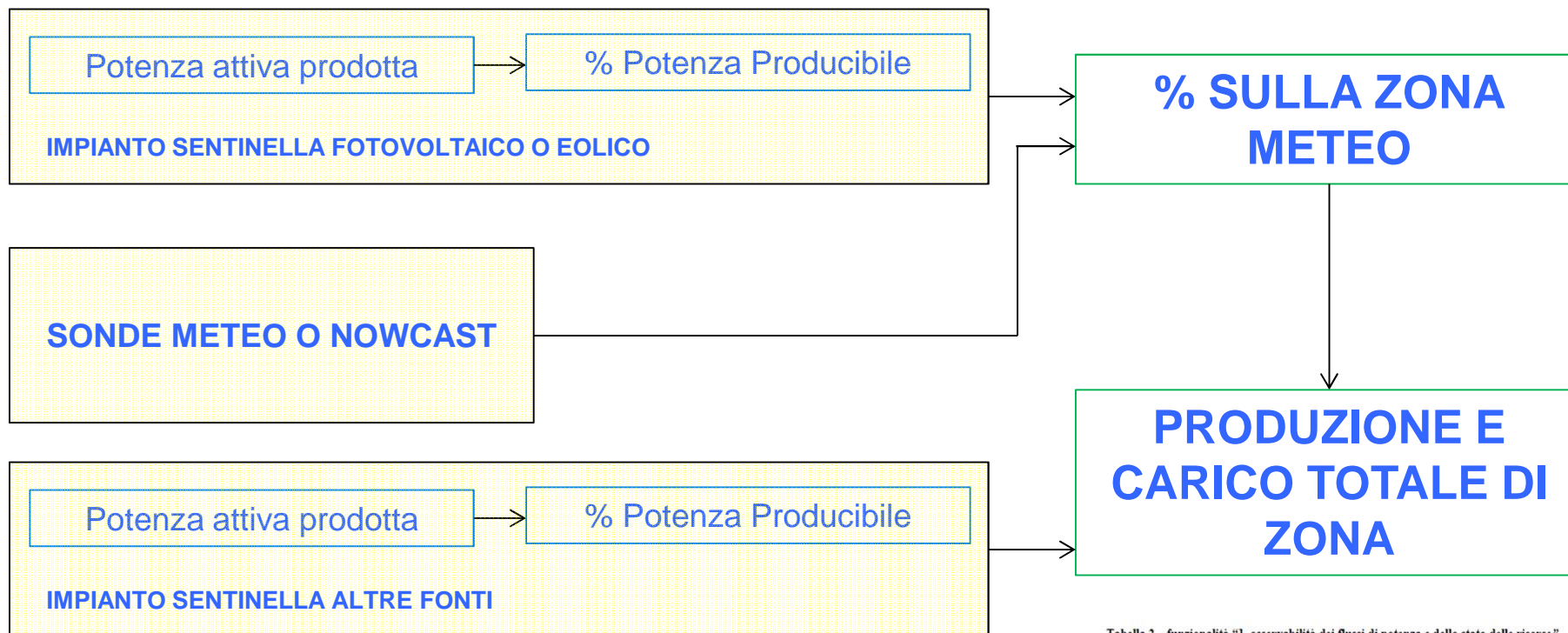


Tabella 2 – funzionalità “1. osservabilità dei flussi di potenza e dello stato delle risorse”

Livelli	Descrizione	Comunicazione	Attori
1.a	Previsione continua della generazione distribuita e del carico basata su previsioni meteorologiche e/o su dati storici integrate con il sistema di controllo della cabina primaria e con un DMS ( <i>distribution management system</i> )	Solo tra cabina primaria e Centro operativo del Distrib. (già esistente) e tra distributore e Terna	Distributore, Terna
1.b	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo di sensori installati in cabina primaria o localizzati in cabine secondarie già telecontrollate	Come livello 1.a + tra cabina primaria e sensori (già esistente)	Distributore, Terna
1.c	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione degli impianti campione già raggiunti da sistema satellitare gestito dal GSE <sup>23</sup>	distributore/Terna e GSE	Terna, GSE
1.d	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione inviati dagli impianti connessi con il distributore	Come 1.b o 1.c + comunicazione <i>always on</i> tra cabina primaria e utenti attivi	Distributore, Terna, GSE e utenti attivi

# Osservabilità in ottica Smart Grid – Modello C

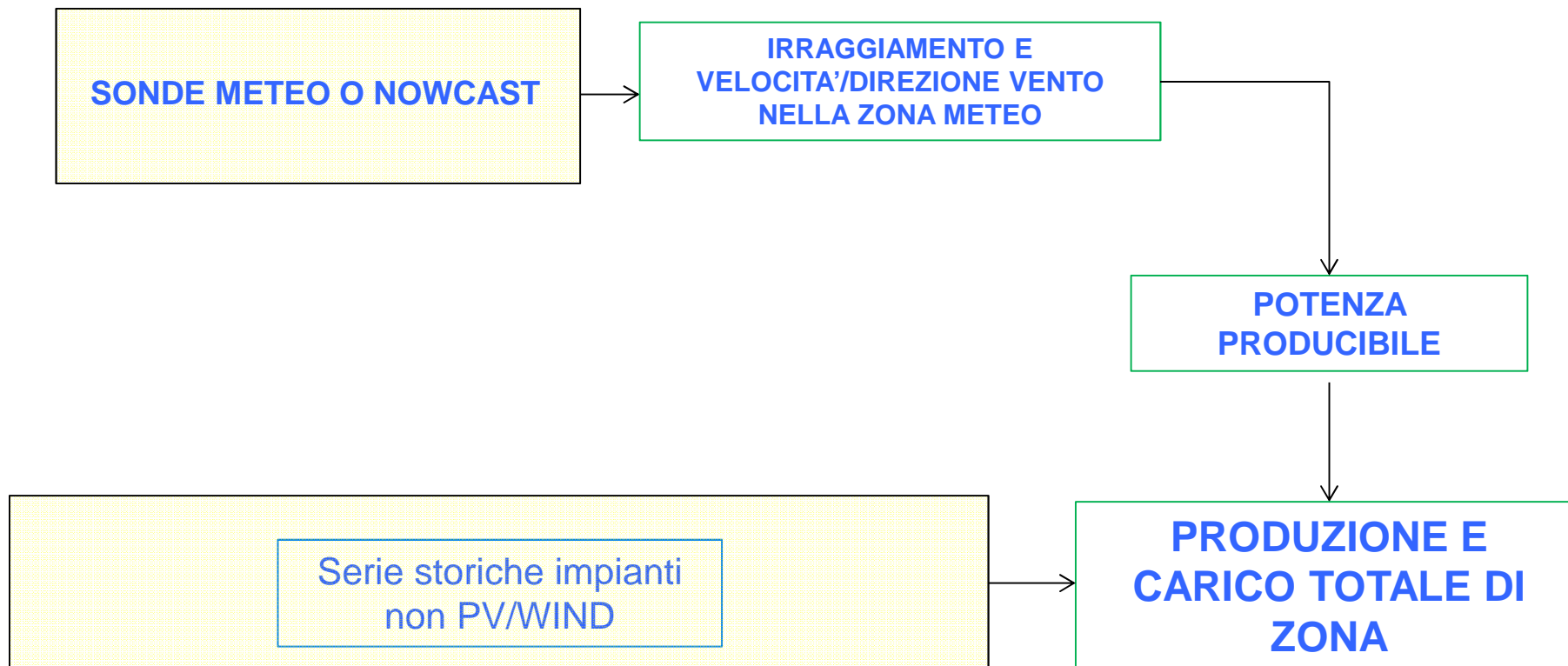


Tabella 2 – funzionalità “1. osservabilità dei flussi di potenza e dello stato delle risorse”

Livelli	Descrizione	Comunicazione	Attori
1.a	Previsione continua della generazione distribuita e del carico basata su previsioni meteorologiche e/o su dati storici integrate con il sistema di controllo della cabina primaria e con un DMS ( <i>distribution management system</i> )	Solo tra cabina primaria e Centro operativo del Distrib. (già esistente) e tra distributore e Terna (esistente, da rafforzare)	Distributore, Terna
1.b	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo di sensori installati in cabina primaria o localizzati in cabine secondarie già telecontrollate	Come livello 1.a + tra cabina primaria e sensori (già esistente)	Distributore, Terna
1.c	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione degli impianti campione già raggiunti da sistema satellitare gestito dal GSE <sup>23</sup>	Come livello 1.b + tra distributore/Terna e GSE	Distributore, Terna, GSE
1.d	Correzione delle previsioni tramite l'utilizzo dei dati di produzione inviati dagli impianti connessi con il distributore	Come 1.b o 1.c + comunicazione <i>always on</i> tra cabina primaria e utenti attivi	Distributore, Terna, GSE e utenti attivi





## Osservabilità: benefici

Previsioni ex ante (ore)

Telemisure (modelli A, B, C)



OTTIMAZIONE  
APPROVVIGIONAMENTO  
RISERVE

**EX ANTE**

---

**REAL TIME**

**Telemisure (modelli A, B, C)**

- VERIFICHE DI SICUREZZA STATICA E DINAMICA PIU' ACCURATE
- COMPLIANCE ALL'OPERATIONAL SECURITY ENTSOE (VALUTAZIONI REAL TIME SU INERZIA)
- ESATTA PERCEZIONE DEI CARICHI E GENERAZIONI → REAZIONI PIU' TEMPESTIVE
- PRECONDIZIONE PER L'INTRODUZIONE DELLE REGOLAZIONI (V,f, etc.)
- PRIMO PASSO VERSO SCHEMI DI DIFESA ADATTATIVI TSO/DSO



**GRAZIE !**