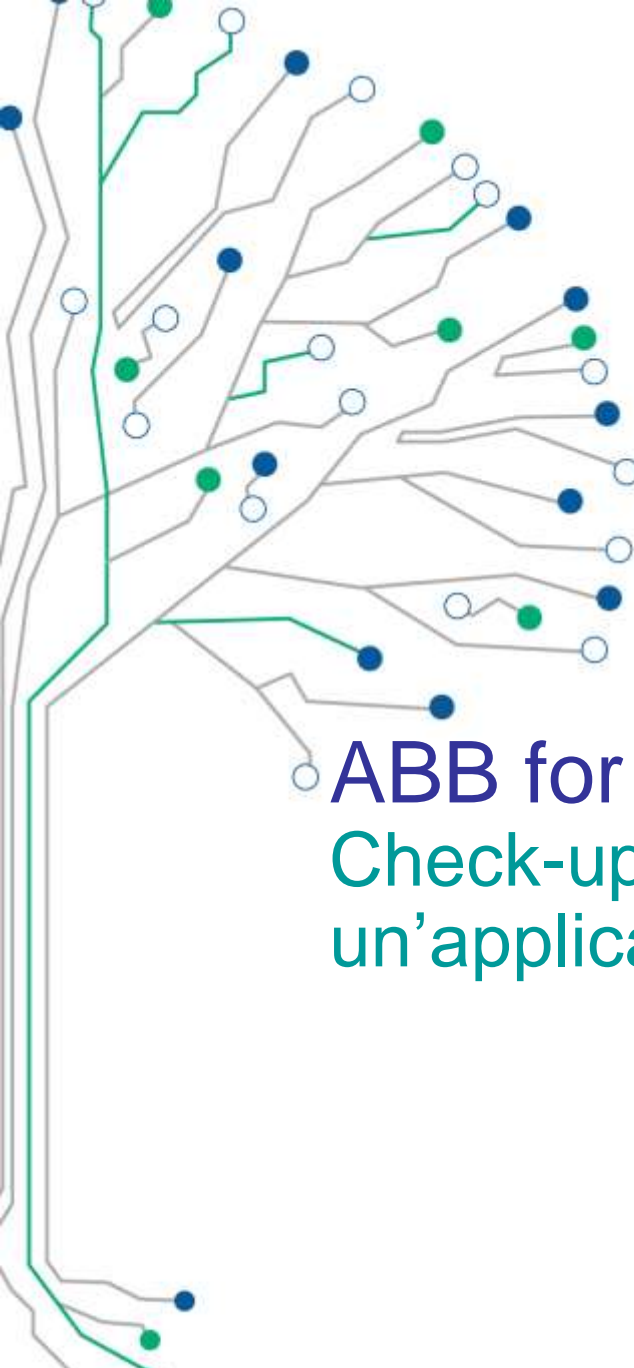




TELECONTROLLO  
RETI DI PUBBLICA  
UTILITÀ 2013

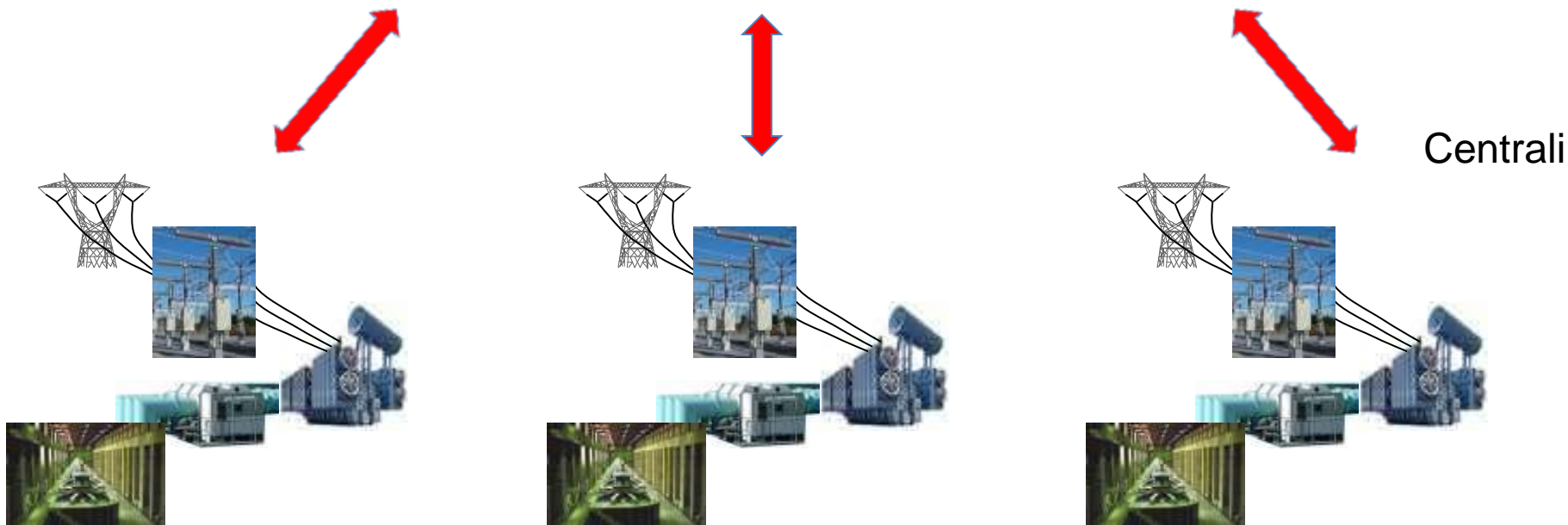
**ANIE**  
AUTOMAZIONE

A graphic on the left side of the slide depicting a tree where the branches are circuit board traces. The traces are colored in shades of green, blue, and white, and end in small circles of the same colors.

# ABB for Renewable Energy

## Check-up predittivo di macchinari: un'applicazione alle centrali idroelettriche

# Connessione continua Centrali Quartier Generale



# CBM – Condition Based Monitoring

## DIAGNOSTICA AVANZATA

- Verifica continua dell'effettivo stato dell'impianto
- Determinazione centrali, macchinari, componenti critici
- Suggerimenti manutentivi
- Invio *messaggi* al Quartier generale

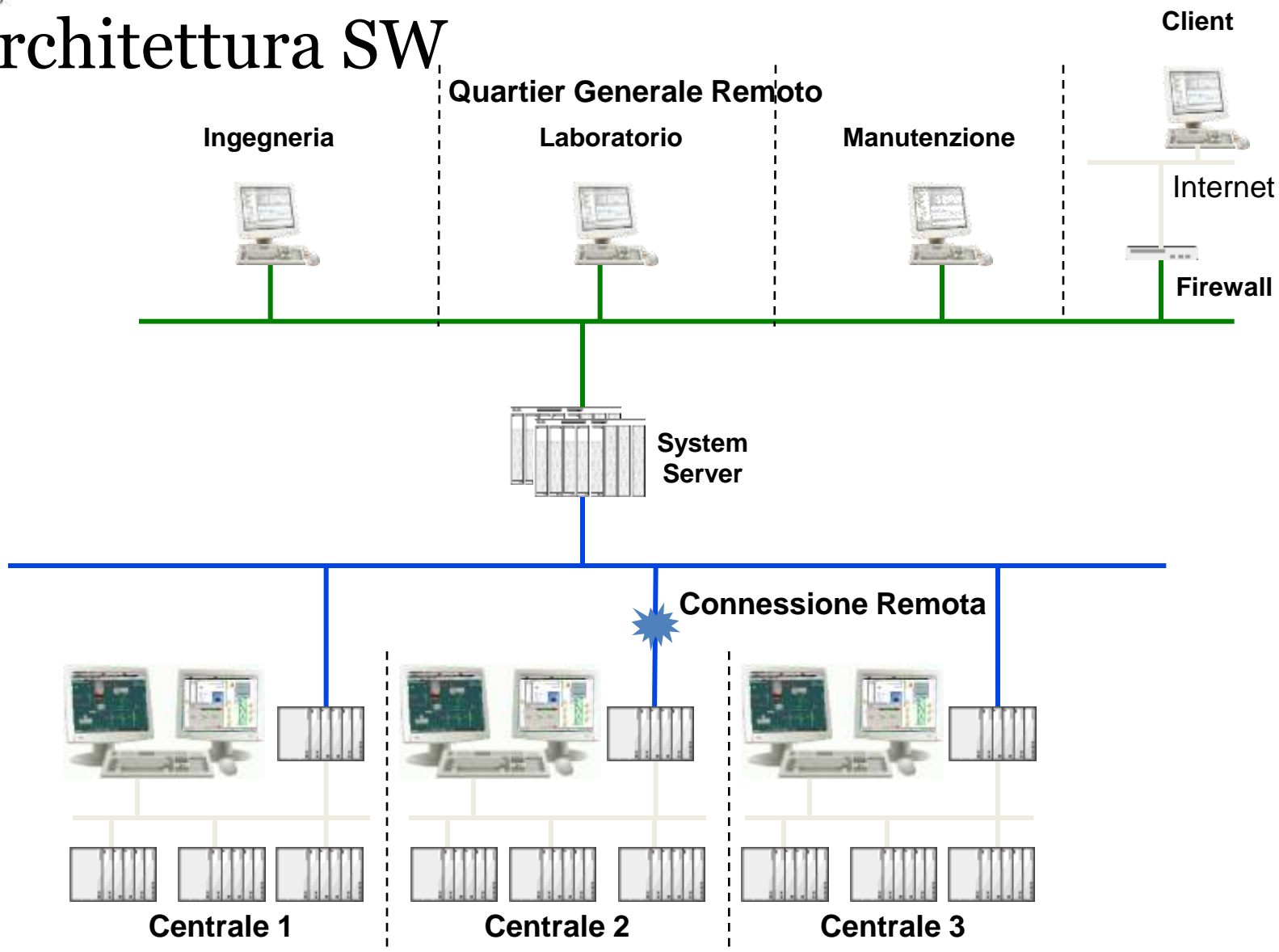
Centrali -> QG

## SCOPO

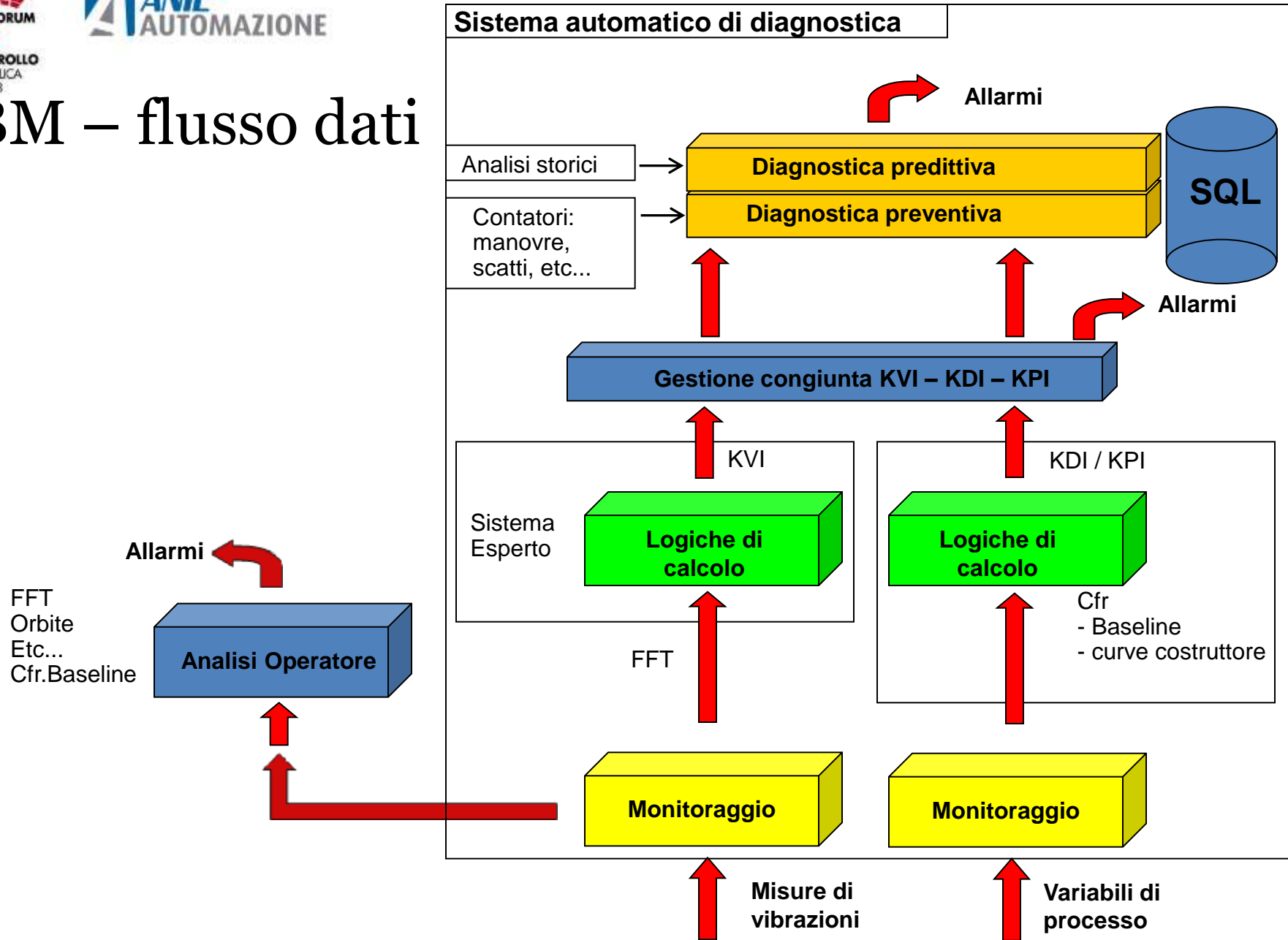
- Ottimizzazione Manutenzione
- Ottimizzazione Gestione Centrali

QG-> Centrali

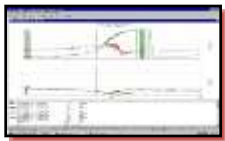
# Architettura SW



# CBM – flusso dati



Sistema analisi vibrazioni

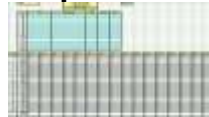


OPC

Manutenzione  
Predittiva



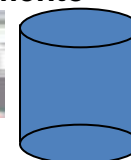
Report Excel



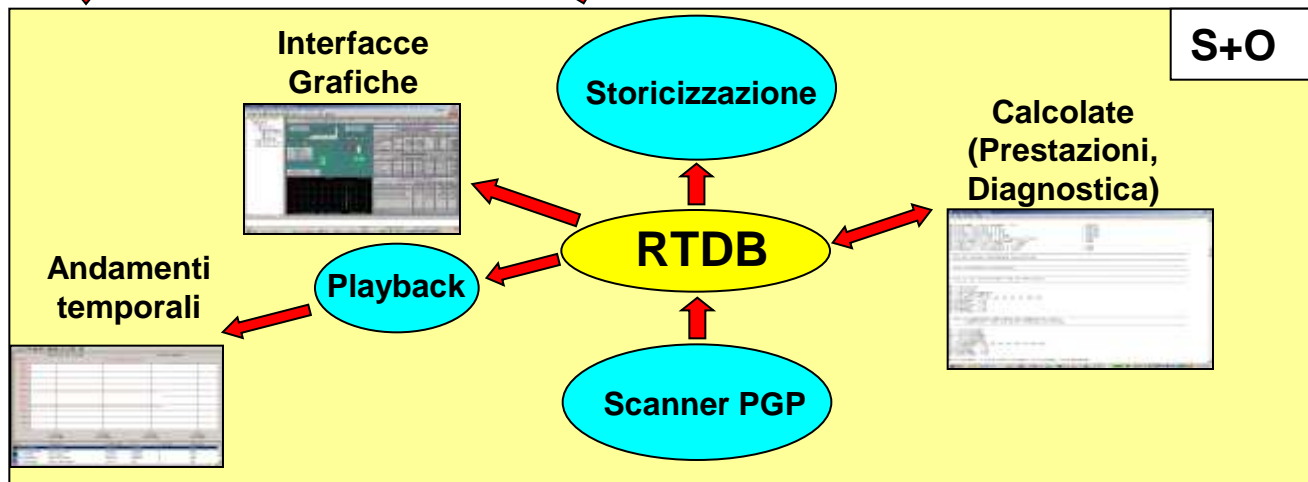
Validazione Sensori -  
Valori di riferimento



OPC



SQL



# APPLICAZIONE: Centrali idroelettriche

## Componenti principali:

- Turbina Idraulica;
- Cuscinetti;
- Generatore;
- Circuito Oleodinamico;
- Trasformatore;
- .....



# Indici di Prestazione (KPI) (1/2)

## TURBINA

- Perdite di carico condotta aspirazione:  $H_p = \frac{f_a l v^2}{2gd}$

ove:  
 $f_a$  fattore d'attrito =  $f(\text{Re})$ ;  
 $g$  accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>];  
 $l$  lunghezza della condotta [m];  
 $d$  diametro condotta [m];  
 $v$  velocità acqua in condotta [m/s].

- Carico netto:  $H_N = H_{in} - H_{out} - H_p$

ove:  
 $H_{in}$  carico geodetico ingresso [m];  
 $H_{out}$  carico geodetico scarico [m];  
 $H_p$  perdite di carico [m].

- Potenza attiva attesa:  $J_{L\_att} = (\rho g H_N \dot{V}_{att}) \eta_{att}$

ove:  
 $L$ : lordo  
 $N$ : netto  
 $_{att}$ : atteso  
 $_{eff}$ : effettivo  
 $\dot{V}_{att}$ : portata volumetrica attesa [m<sup>3</sup>/s];



# Indici di Prestazione (KPI) (2/2)

- Rendimenti turbina

$$\eta_{L\_Eff} = \frac{J_L}{\rho g H \dot{V}}$$

$$\eta_{N\_Eff} = \frac{J_N}{\rho g H \dot{V}}$$

$$(\eta_{Net})_{att} = \frac{J_{L\_att} - J_{ausiliari\_att}}{\rho g H_N \dot{V}_{att}}$$

ove:

$\eta_{L\_Eff}$  rendimento lordo effettivo;

$\eta_{N\_Eff}$  rendimento netto effettivo;

$\eta_{Netatt}$  rendimento netto atteso

## GENERATORE

- Rendimento teorico (curve costruttore)

### Prestazioni Turbina - Gruppo 1

Assetto: Normale    Stato: Regime    Tempo Calcolo: 9:18:16

**Carico Netto**

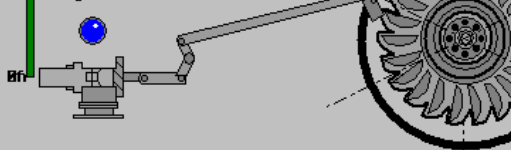
T amb. 15.00 °C  
p amb. 1025 mbar  
Um amb. 62.00 %

Velocità 600 rms  
Coppia 0.00 kNm

**Indici di Prestazione**

		Effettivo	Atteso	Delta
Potenza Netta	MW	7.99	-0.10	8.09
Potenza Lorda	MW	8.09	0.00	8.09
Portata	m3/s	0.98	0.00	0.98
Rendimento Lordo Turbina	%	100.00	0.00	100.00

**Tegolo**



**Rendimento [%]**



### Prestazioni Generatore - Gruppo 1

Assetto: Normale    Stato: Regime    Tempo Calcolo: 9:21:16

**Condizioni Ambiente - Carico**

T amb. 15.00 °C    p amb. 1025 mbar    Um amb. 62.00 %

Potenza Lrd. 7.99 MW

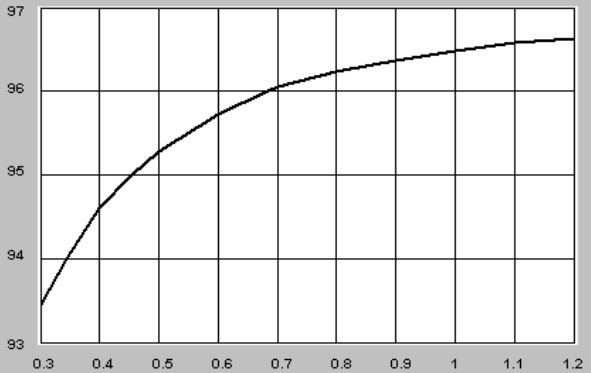
Part. Diagnostica

**Indici di Prestazione**

		Effettivo	Atteso	Delta
Coppia Meccanica	Nm	0.00	0.00	0.00
Coppia Elettromagnetica	Nm	0.00	0.00	0.00

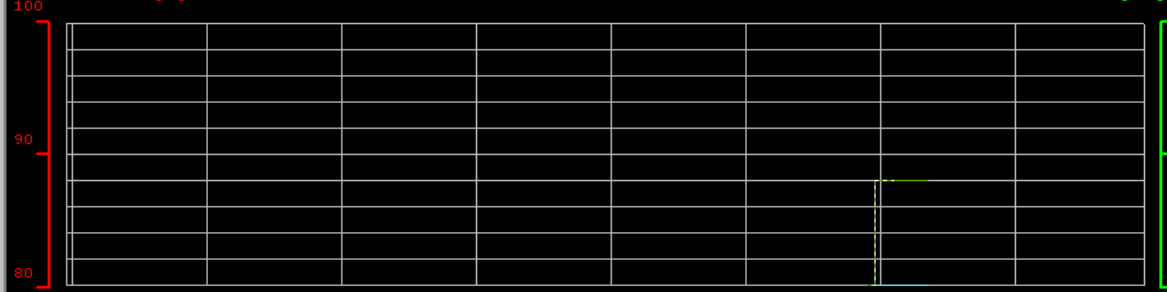
	Teorico	Eff. P	Eff. C
Rendimento Generatore	97.48	0.00	0.00

**Eff. [%]**



◆ Teorico (da curva)    ◆ Effettivo (da potenze)    ◆ Effettivo (da coppie)    Pnct/Pn [ ]

**Rendimento [%]**



# Indici Diagnostici (KDI) (1/2)

- KDI associati a componenti, macchinari, unità, centrali
- registrazione baseline al variare del carico di funzionamento, condizioni ambientali, etc...

- $$KDI_{componenti} = 100 \pm [(x - x_{ref}) * 100 / Range]$$

ove:

$x$  variabile monitorata;

$x_{ref}$  valore della variabile  $x$  in condizioni ottimali di funzionamento (da baseline);

$Range$  intervallo di validità della misura

- $$KDI_{macchinari} = \Sigma [(KDI_{componenti})_i / W_i]$$
- $$KDI_{unità} = \Sigma [(KDI_{macchinari})_j / W_j]$$
- $$KDI_{Centrali} = \Sigma [(KDI_{unità})_k / W_k]$$

ove:

$I$  N° componenti singolo macchinario;

$J$  N° macchinari per ogni unità

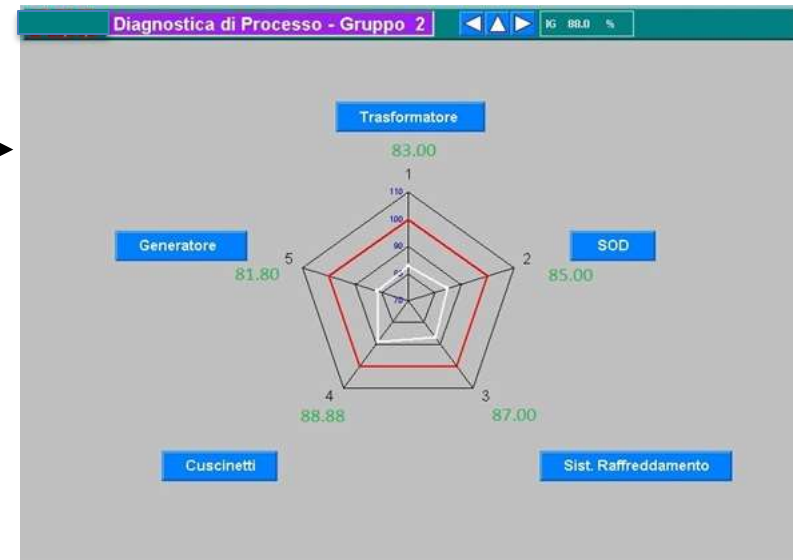
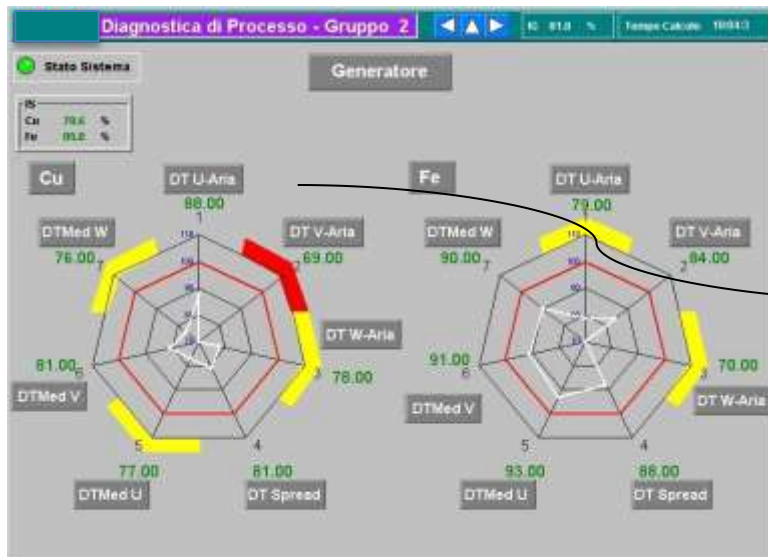
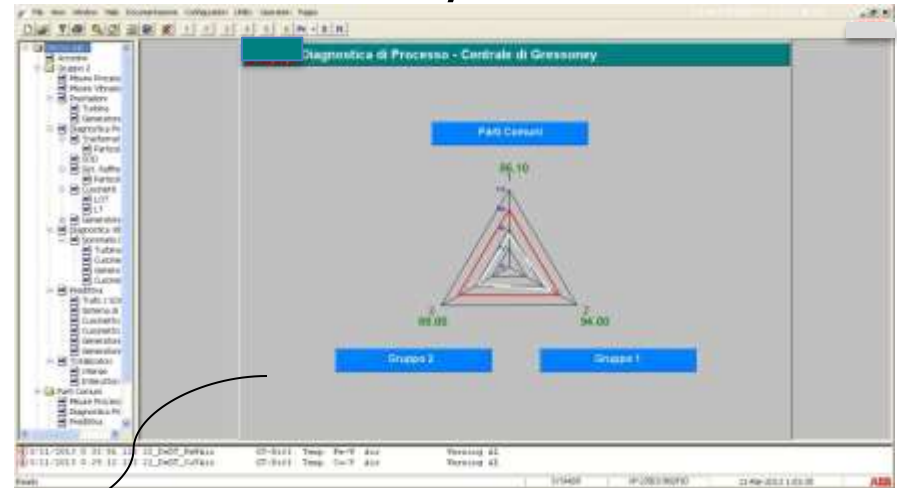
$K$  N° di unità per ogni centrale

$W$  peso di criticità di ogni singolo componente/macchinario/unità;

# Indici Diagnostici (KDI) (2/2)

Visualizzazione «Generale-Particolare»:

- localizzare malfunzionamento
- quantificare malfunzionamento



# Indici Vibrazionali (KVI) (1/2)

- KVI associati ai singoli componenti
- registrazione baseline al variare del carico di funzionamento, condizioni ambientali, etc...
- cfr singole armoniche VS baseline:

$$Z_i = \frac{H_{AV} - H_{RV}}{\sigma}$$

ove:

$H_{AV}$

valore effettivo della singola armonica;

$H_{RV}$

= f (carico, cond amb, etc..) valore riferimento

$\sigma$

= f (carico, cond amb, etc..) deviazione standard

$i$

numero di ordine/armonica di riferimento

$$Z_i \text{ vs } H_{thrs} / HH_{thrs} \Rightarrow AS_i$$

ove:

$H_{thrs}$

soglia adimensionale di warning (=2);

$HH_{thrs}$

soglia adimensionale di allarme (=4);

$AS_i$

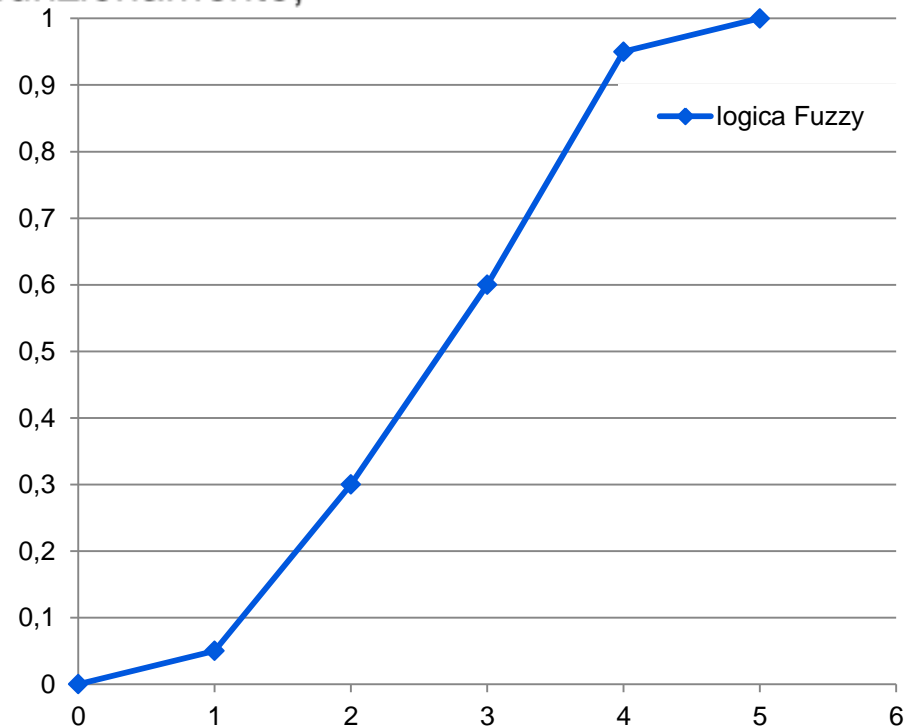
stato di warning/allarme per ogni armonica

- Logiche esperte su  $AS_i$  (al variare di  $i$ )

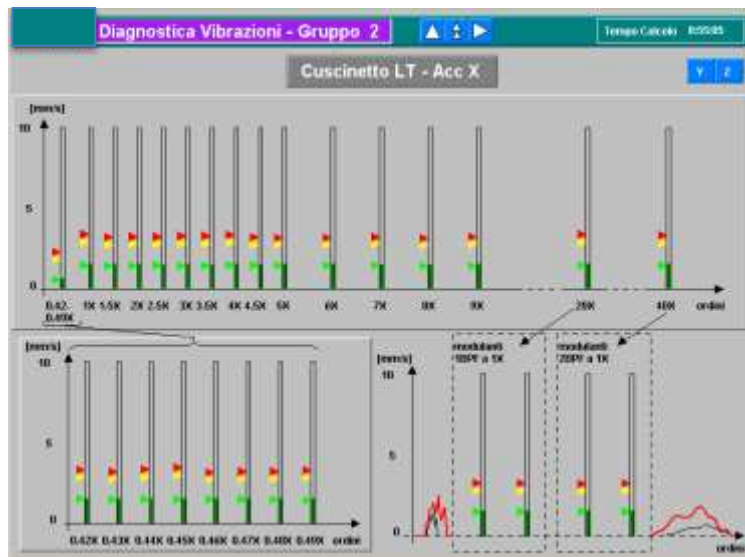


determinazione/localizzazione malfunzionamento

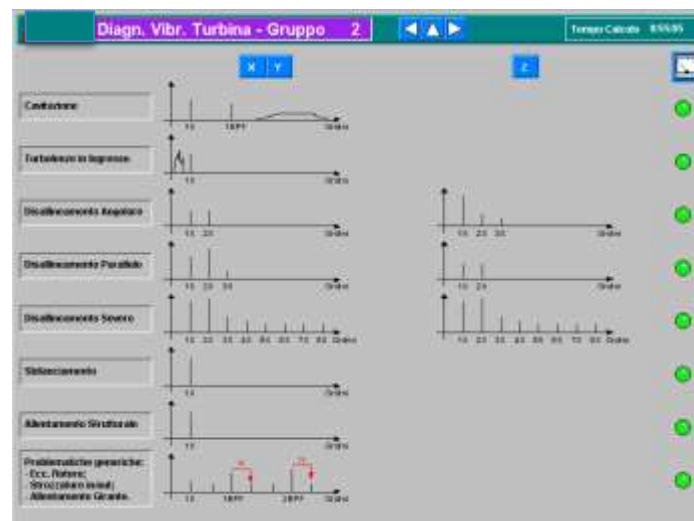
- Logiche Fuzzy per la quantificazione del malfunzionamento



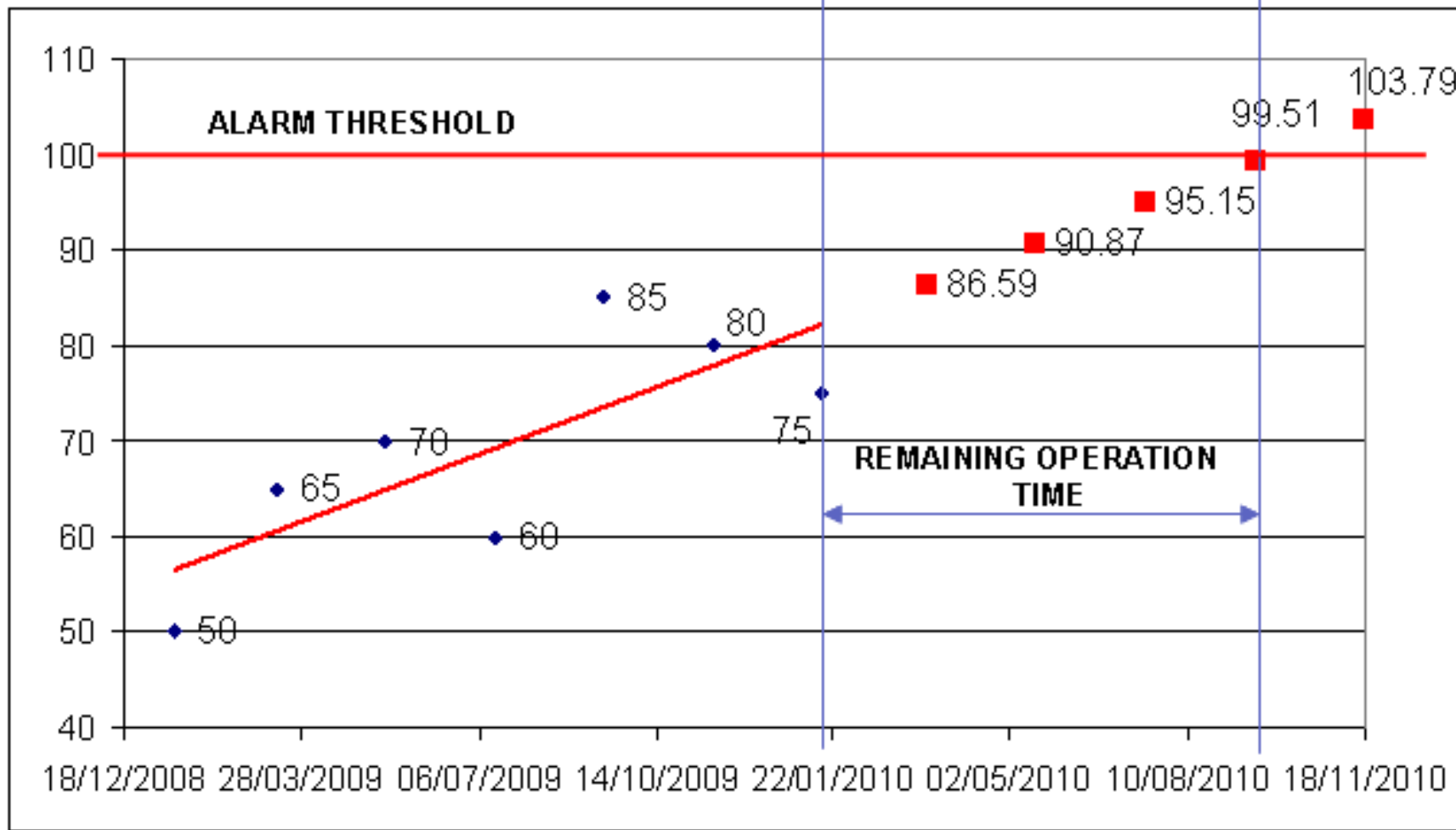
# Indici Vibrazionali (KVI) (1/2)



utilizzo di regole «esperte»  
continuo cfr con baseline



# Indici Predittivi (KFI) (1/2)





# Indici Predittivi (KFI) (2/2)

- Variabili calcolate (es. LMTD, TTD,  $\eta$ , etc...)
  - $KFI = KDI [\%]$
  - soglie in % (tipicamente 70%)
- Variabili «semplici» (es. T,  $\Delta T$ ,  $\Delta p$ , etc...)
  - $KFI = \text{variabile misurata [e.u.]}$
  - soglie fisiche (es. per  $T_{\text{avvolgimenti}} \Rightarrow \text{Soglia} = 0.7 \cdot (T_{\text{isolante}})$ )

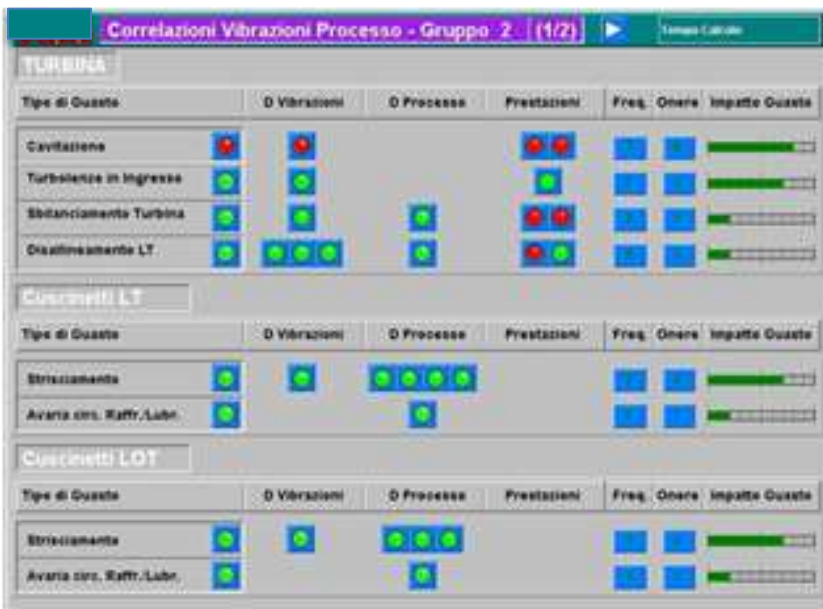
PREDITTIVA - Gruppo 2   (5/6)			
Indice	Stato	Tempo [gg]	
Generatore (Co)			
GT Temp. Co S.1	●	23.000	Predittivo
GT Temp. Co S.2	●	26.000	Predittivo
GT Temp. Co S.3	●	35.000	Predittivo
GT Temp. Co V.1	●	37.000	Predittivo
GT Temp. Co V.2	●	37.000	Predittivo
GT Temp. Co V.3	●	41.000	Predittivo
GT Temp. Co W.1	●	23.000	Predittivo
GT Temp. Co W.2	●	21.000	Predittivo
GT Temp. Co W.3	●	25.000	Predittivo
GT DMR. Avg. Temp. Co II	●	23.000	Predittivo
GT DMR. Avg. Temp. Co V	●	21.000	Predittivo
GT DMR. Avg. Temp. Co W	●	26.000	Predittivo
GT DMR. Temp. Co II Air	●	19.000	Predittivo
GT DMR. Temp. Co V Air	●	32.000	Predittivo
GT DMR. Temp. Co W Air	●	6.000	Predittivo
GT Speed Temp. Co	●	22.000	Predittivo

PREDITTIVA - Gruppo 2   (6/6)			
Indice	Stato	Tempo [gg]	
Generatore (Ho)			
GT Temp. Ho S.1	●	26.000	Predittivo
GT Temp. Ho S.2	●	28.000	Predittivo
GT Temp. Ho S.3	●	37.000	Predittivo
GT Temp. Ho V.1	●	42.000	Predittivo
GT Temp. Ho V.2	●	37.000	Predittivo
GT Temp. Ho V.3	●	28.000	Predittivo
GT Temp. Ho W.1	●	29.000	Predittivo
GT Temp. Ho W.2	●	24.000	Predittivo
GT Temp. Ho W.3	●	28.000	Predittivo
GT DMR. Avg. Temp. Ho II	●	31.000	Predittivo
GT DMR. Avg. Temp. Ho V	●	26.000	Predittivo
GT DMR. Avg. Temp. Ho W	●	24.000	Predittivo
GT DMR. Temp. Ho II Air	●	19.000	Predittivo
GT DMR. Temp. Ho V Air	●	24.000	Predittivo
GT DMR. Temp. Ho W Air	●	19.000	Predittivo
GT Speed Temp. Ho	●	3.000	Predittivo



# Diagnostica esperta – CBI (condition based index)

- gestione simultanea dei CBI (KPI, KDI, KVI) => allarmi critici
- definizione Impatto Guasto per ogni tipo di malfunzionamento:
  - $IG = FG \times IE$
  - ove:
    - FG            frequenza di guasto;
    - IE            impatto economico di ogni singolo guasto



# Trasmissione info Centrali / Quartier Generale

