



**CNR ENERGY+** PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT

Monitoraggio dei consumi e catasto energetico del CNR



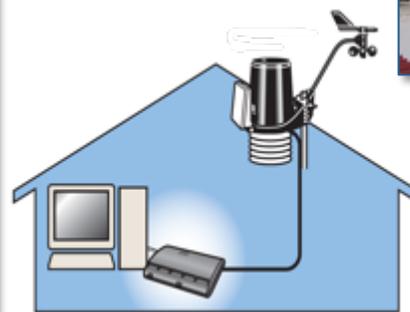
**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE**  
**DIITET DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA, ICT E TECNOLOGIE PER L'ENERGIA E I TRASPORTI**

Convegno  
CNR, Aula Marconi  
Roma, 27 novembre 2015

## **Energy management nelle strutture del CNR**

Il progetto **E**nergy+

Il network delle stazioni meteo CNR Energy+ ed il simulatore fotovoltaico  
Salvatore Di Cristofalo  
Energy manager IAMC-CNR



Istituto per l'Ambiente marino Costiero (IAMC) U.O.S. di Capo Granitola (TP)

coordinate geografiche: 37.573011,  
12.658199

$I$  = Radiazione solare globale su orizzontale [ $W/m^2$ ]



$T$  = Temperatura dell'aria esterna e interna [ $^{\circ}C$ ]

$U_r$  = Umidità relativa esterna e interna [%]



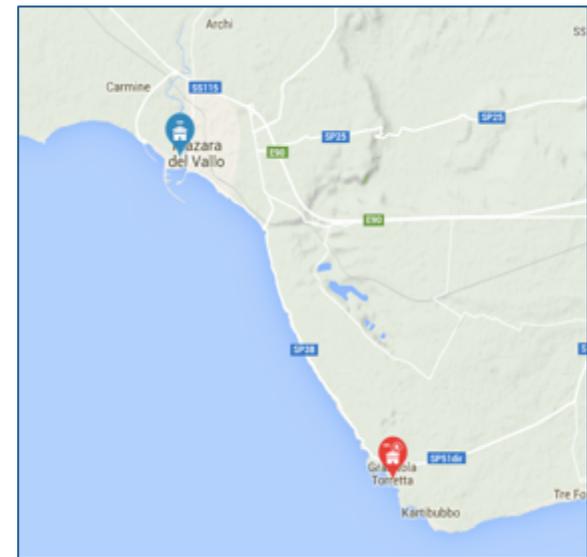
Precipitazioni [mm/hr]



Velocità [m/sec] e Direzione del vento [ $^{\circ}$ ]



Pressione atmosferica [mbar]





**Centro di costo** IRC - Sede via Metastasio

**Descrizione** Stazione situata presso la sede dell'Istituto di Ricerche sulla Combustione del CNR, coordinate geografiche: 40.831445, 14.197310

**Data** Lunedì, 02 Marzo 2015

**Attivazione**

Ultimo Aggiornamento: Lunedì, 23 Novembre 2015 11:04

## Dati meteo

- **11.6 °C** Temperatura
- **2.0 m/s 33 'Northeast'** Velocità e direzione del vento
- **74 W/m<sup>2</sup>** Radiazione solare
- **79 %** Umidità
- **1016 mbar** Pressione
- **0.0 mm** Pioggia
- **8.3 °C** Punto di rugiada
- **11.7 °C** Indice di calore

Station Summary	Current	Today's Highs		Today's Lows	
Outside Temp	19.7 C	21.3 C	11:28	15.3 C	04:17
Outside Humidity	67%	82%	04:22	54%	11:29
Inside Temp	30.6 C	30.8 C	00:00	30.4 C	07:07
Inside Humidity	33%	33%	14:14	30%	00:00
Heat Index	20.0 C	20.6 C	11:08		
Wind Chill	20.0 C			15.6 C	03:16
Dew Point	13.3 C	13.9 C	13:33	11.1 C	00:31
Barometer	1020.6mb	1025.0mb	00:00	1020.6mb	14:53
Bar Trend	Falling Rapidly				
Wind Speed	0.9 m/s	6.3 m/s	11:51		
Wind Direction	S 180°				
Solar Radiation	79 W/m <sup>2</sup>	624 W/m <sup>2</sup>	12:49		
UV Radiation	n/a	0.0 Index	n/a		
12 Hour Forecast	Increasing clouds and warmer. Precipitation possible within 12 to 24 hours. Windy.				
Wind	2 Minute	10 Minute			
Average Wind Speed	0.7 m/s	0.9 m/s			
Wind Gust Speed		2.2 m/s			
Rain	Rate	Day	Storm	Month	Year
Rain	0.0mm/Hour	0.0mm	0.0mm	31.5mm	849.6mm
Last Hour Rain	0.0mm				
ET		1.47mm		38.1mm	1262.6mm

**CNR ENERGY+**

PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT DEL CNR





## Il codice di calcolo

# SIMULAZIONE DELLA COPERTURA SOLARE FOTOVOLTAICA

Compila i seguenti campi e premi su calcola per avviare la simulazione...

Centro di Costo:

Pstc - Potenza dell'impianto in condizioni standard:  kW<sub>p</sub>

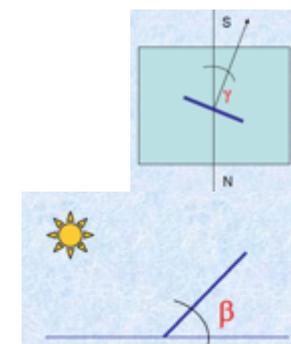
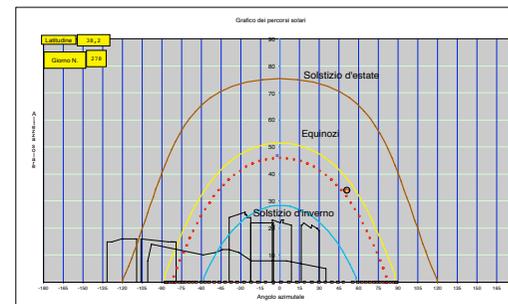
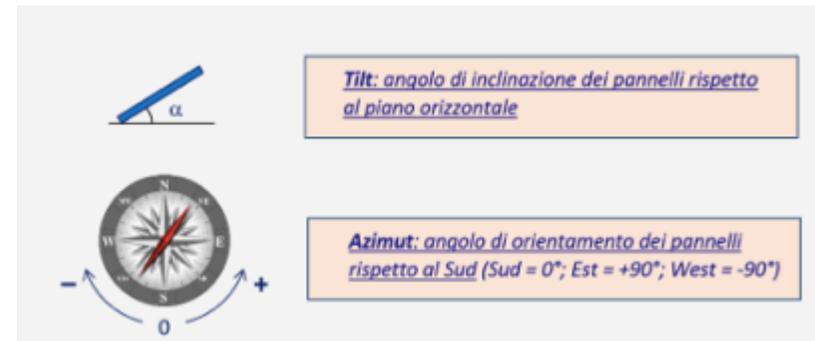
Tilt - angolo inclinazione pannelli (in gradi):

Azimut - angolo orientamento pannelli rispetto al sud (in gradi):

Coefficiente di albedo:

Bos - Perdita del sistema:

**Calcola**





## Il codice di calcolo

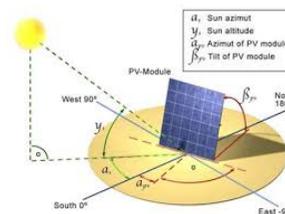
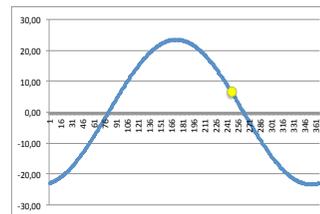
Irraggiamento solare extraterrestre normale ( $I_{en}$ ) e locale ( $I_o$ )

$I$  = Radiazione solare globale sul piano orizzontale

Viene scomposta in ....

$I = I_b + I_d =$  diretta + diffusa sul piano orizzontale

- Declinazione
- Altezza del sole
- Angolo orario
- Angolo zenitale del sole
- Angolo azimutale del sole
- Inclinazione della superficie rispetto all'orizzontale (**tilt**)
- Angolo azimutale della superficie (**azimut**)



Spencer, 1982  
 $I_{qbal}$   
Erbs

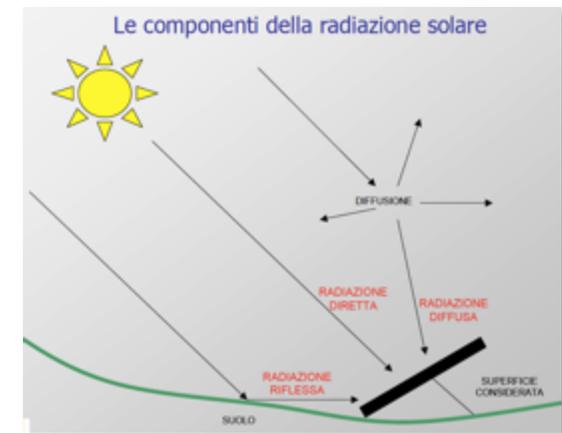
$$I_o = I_{en} (\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega)$$

dove:

$$I_{en} = I_{sc} [1 + 0.033 \cos(360n / 365)]$$

dove:

$$I_{sc} = 1367 \text{ W / mq}$$



$$I_t = I_{dt} + I_{bt} + I_{rt}$$



## Il codice di calcolo

### Potenza di picco ed efficienza

Se conosci la potenza di picco del sistema non hai bisogno di conoscere l'efficienza, tranne che per calcolare l'area totale dei moduli del sistema. Ecco perchè:

$$P_{pk} = A \cdot eff_{nom}$$

la **potenza attuale** dipende dall'**irradianza**  $G$  e l'**efficienza reale**  $eff$  che è una funzione dell'irradianza e della temperatura dei moduli  $T_m$ . Allora la potenza attuale diventa:

$$P = G/1000 * A * eff(G, T_m) = G/1000 * A * eff_{nom} * eff_{rel}(G, T_m)$$

Dove l'**efficienza attuale** intesa come il prodotto dell'efficienza nominale  $eff_{nom}$  l'efficienza relativa  $eff_{rel}(G, T_m)$ .

$$P = G/1000 * P_{pk} * eff_{rel}(G, T_m)$$

$$\eta_{rel}(G', T') = 1 + k_1 \cdot \ln G' + k_2 \cdot [\ln G']^2 + T' (k_3 + k_4 \cdot \ln G' + k_5 [\ln G']^2) + k_6 \cdot T'^2$$

dove  $G' = G/1000$ .

$$T_c = 0.028 \cdot G + 0.943 \cdot T_a - 1.528 \cdot V_w + 4.3$$



## Il codice di calcolo

### Input

#### CENTRO DI COSTO

Capo Granitola

- **37.573** Latitudine
- **12.6582** Longitudine

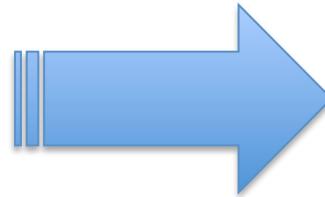
#### DATI IMPIANTO

Giovedì, 26 Novembre 2015 09:45

- **100** Pstc
- **30** tilt
- **10** azimut
- **0.13** albedo
- **0.14** bos

#### DATI METEO

- **14.3 °C** Temperatura
- **11.0 m/s 265 ° 'West'** Velocità e direzione del vento
- **148 W/m<sup>2</sup>** Radiazione solare
- **73 %** Umidità
- **997 mbar** Pressione
- **0.0 mm** Pioggia



### Output

#### ANGOLI E PARAMETRI SOLARI

- **-21.35 °**  $\delta$  - Declinazione Solare in gradi
- **1404 W/m<sup>2</sup>**  $I_{EN}$  - Radiazione solare extraterrestre normale ai raggi solari
- **550 W/m<sup>2</sup>**  $I_0$  - Radiazione solare extraterrestre locale normale ai raggi solari
- **0.27**  $K_t$  - Indice di nuvolosità
- **0.97**  $K_d$  - Rapporto tra la radiazione diffusa e la globale su un piano orizzontale (Erbs, 1982)
- **5 W/m<sup>2</sup>**  $I_b$  - Radiazione solare diretta su orizzontale
- **142 W/m<sup>2</sup>**  $I_d$  - Radiazione solare diffusa su orizzontale
- **66.94 °**  $\theta_z$  - Angolo Zenitale del sole
- **23.06 °**  $\alpha$  - Altezza del sole

#### RADIAZIONE SOLARE ORARIA SU SUPERFICIE INCLINATA

- **9 W/m<sup>2</sup>** Diretta
- **133 W/m<sup>2</sup>** Diffusa
- **1 W/m<sup>2</sup>** Riflessa
- **144 W/m<sup>2</sup>** Totale superficie inclinata

#### COPERTURA SOLARE FOTOVOLTAICO - RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

- **13.6 kW** Potenza fornita dal fotovoltaico
- **5.1 °C** Temperatura del modulo
- **45.8 kW** Richiesti dall'utenza
- **32.2 kW** Prelevati dalla rete
- **0.0 kW** Iniettati in rete
- **13.6 kW** Autoconsumo
- **28.9 %** Copertura Solare Istantanea



# Il codice di calcolo

## Input

### COPERTURA SOLARE FOTOVOLTAICO - RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

- 13.6 kW Potenza fornita dal fotovoltaico
- 5.1 °C Temperatura del modulo
- 45.8 kW Richiesti dall'utenza
- 32.2 kW Prelevati dalla rete
- 0.0 kW Iniettati in rete
- 13.6 kW Autoconsumo
- 28.9 % Copertura Solare Istantanea

### ARCHIVIO CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA

POD: IT001E00007192

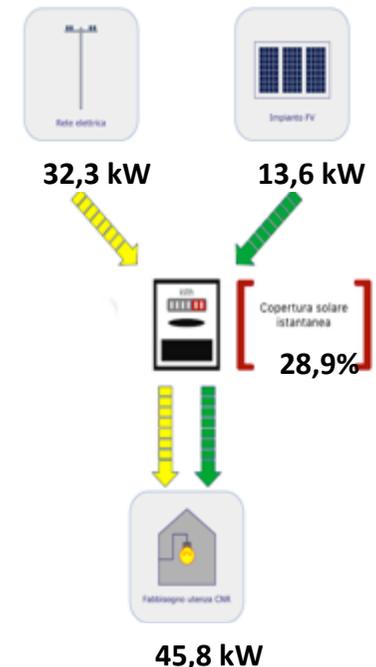
- Indirizzo: via Ugo La Malfa, 153 - 90146 Palermo PA
- Livello di tensione: MT
- Potenza Impegnata: 1000 kW
- Potenza Disponibile: 1000
- Distributore Locale: Enel Distribuzione S.p.A.

Inserisci nella tabella seguente i dati presenti nella bolletta elettrica, utilizzando il tasto "Aggiungi". Dopo aver inserito i dati, archivia la bolletta in formato pdf.

Cerca

Data inizio periodo	Data fine periodo	consumi fascia F1 (kWh)	consumi fascia F2 (kWh)	consumi fascia F3 (kWh)	consumi totali (kWh)	Costo bolletta - IVA inclusa (€)	Visualizza bolletta
01/01/2014	31/01/2014	78105	32272	60870	171247	Eu 35.221,31	
01/02/2014	28/02/2014	69925	31065	51688	152678	Eu 29.714,04	

% [kW]	Distribuzione oraria percentuale della potenza prelevata dalla rete in un giorno tipico di uno specifico mese dell'anno											
ora del giorno	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
H1	3,5%	3,6%	3,7%	4,0%	4,0%	3,6%	3,5%	3,7%	3,5%	3,7%	3,8%	3,9%
H2	3,5%	3,6%	3,8%	4,0%	4,0%	3,6%	3,4%	3,9%	3,5%	3,6%	3,8%	3,9%
H3	3,5%	3,7%	3,6%	4,0%	4,0%	3,5%	3,4%	3,8%	3,5%	3,7%	3,9%	3,9%
H4	3,4%	3,7%	3,8%	4,0%	4,0%	3,6%	3,3%	3,7%	3,5%	3,6%	3,9%	4,0%
H5	3,4%	3,7%	3,8%	4,0%	4,0%	3,6%	3,4%	3,6%	3,4%	3,6%	3,9%	4,0%
H6	3,3%	3,7%	3,7%	4,0%	4,0%	3,5%	3,4%	3,5%	3,4%	3,6%	3,9%	4,0%
H7	3,3%	3,6%	3,7%	4,0%	4,1%	3,5%	3,3%	3,5%	3,5%	3,7%	4,0%	3,9%
H8	3,8%	3,8%	3,7%	3,9%	4,0%	3,6%	3,5%	3,6%	3,5%	3,7%	3,8%	3,9%
H9	4,4%	4,4%	4,2%	4,0%	4,1%	4,3%	4,3%	4,2%	4,2%	4,0%	3,8%	3,9%
H10	4,8%	4,7%	4,5%	4,1%	4,2%	4,6%	4,7%	4,3%	4,5%	4,3%	4,1%	4,2%
H11	5,1%	5,1%	5,0%	4,4%	4,3%	4,9%	5,0%	4,5%	4,9%	4,6%	4,3%	4,4%
H12	5,2%	5,1%	5,0%	4,4%	4,3%	4,9%	5,1%	4,5%	5,0%	4,8%	4,5%	4,4%
H13	5,3%	5,1%	5,0%	4,4%	4,3%	4,9%	5,1%	4,6%	4,9%	4,8%	4,5%	4,5%
H14	5,2%	5,0%	5,0%	4,3%	4,3%	4,8%	5,0%	4,7%	4,9%	4,8%	4,6%	4,5%
H15	5,1%	4,9%	4,9%	4,3%	4,3%	4,8%	5,0%	4,8%	5,0%	4,8%	4,5%	4,4%
H16	5,1%	4,9%	4,9%	4,3%	4,4%	4,8%	5,3%	4,9%	5,1%	4,9%	4,6%	4,5%
H17	4,9%	4,8%	4,7%	4,6%	4,5%	4,9%	5,2%	4,9%	5,2%	4,9%	4,7%	4,5%
H18	4,8%	4,5%	4,3%	4,6%	4,4%	4,9%	5,1%	4,8%	5,0%	4,9%	4,8%	4,7%
H19	4,4%	4,3%	4,3%	4,4%	4,3%	4,7%	4,8%	4,8%	4,7%	4,7%	4,5%	4,6%
H20	3,7%	3,8%	3,8%	4,1%	4,2%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,1%	4,2%	4,2%
H21	3,6%	3,5%	3,6%	4,1%	4,1%	3,7%	3,5%	3,7%	3,7%	3,8%	4,0%	4,0%
H22	3,5%	3,6%	3,6%	4,1%	4,1%	3,8%	3,7%	4,0%	3,7%	3,8%	3,9%	4,0%
H23	3,5%	3,5%	3,5%	4,0%	4,1%	3,7%	3,7%	4,2%	3,7%	3,8%	3,9%	4,0%
H24	3,6%	3,5%	3,6%	4,0%	4,0%	3,6%	3,5%	3,8%	3,5%	3,7%	3,8%	3,9%
Day	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



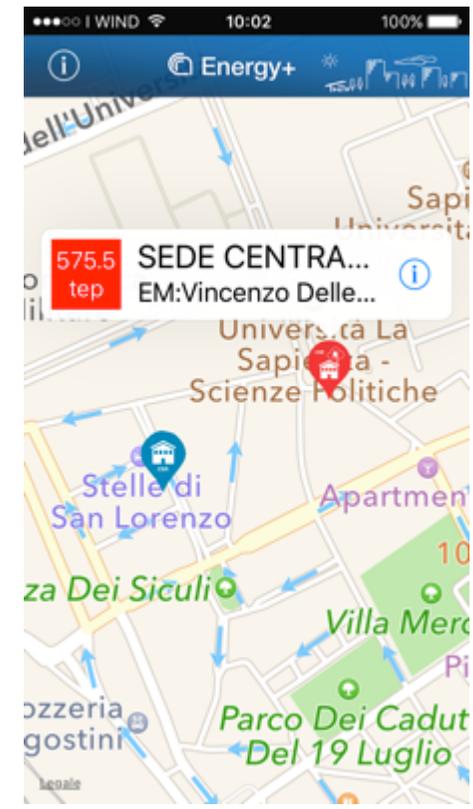
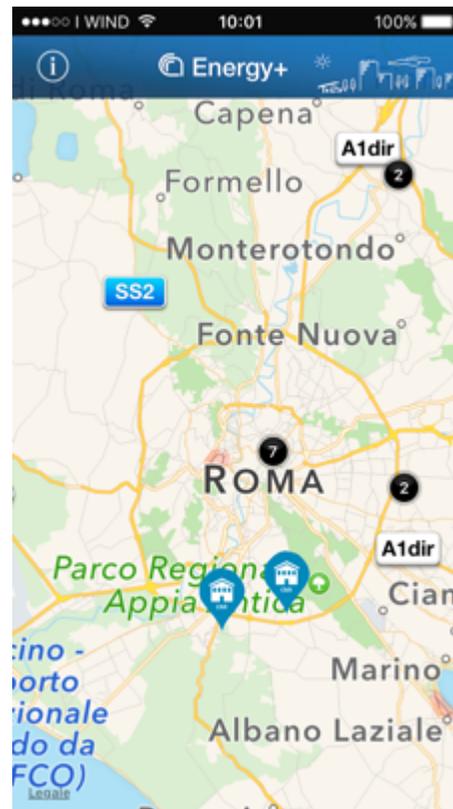
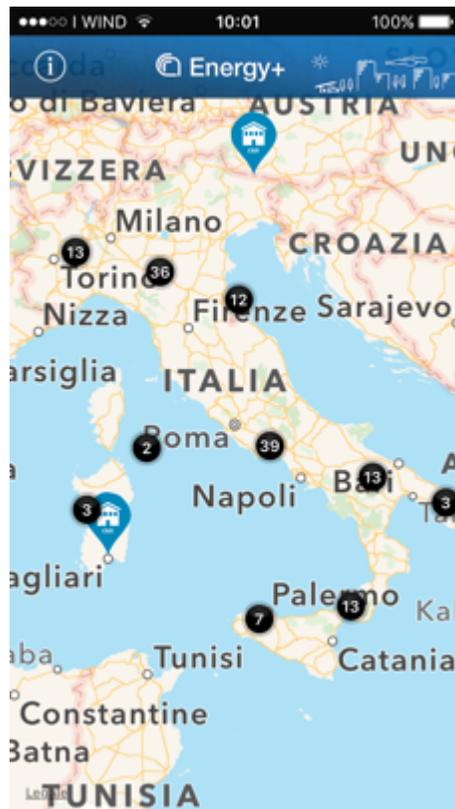


**CNR ENERGY+** PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT

Monitoraggio dei consumi e catasto energetico del CNR



Download on the  
**App Store**



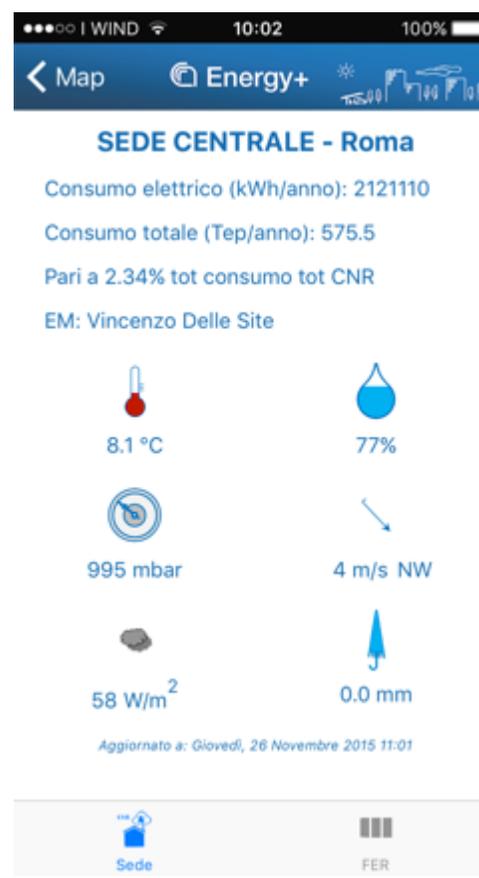


**CNR ENERGY+** PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT

Monitoraggio dei consumi e catasto energetico del CNR



Download on the  
**App Store**



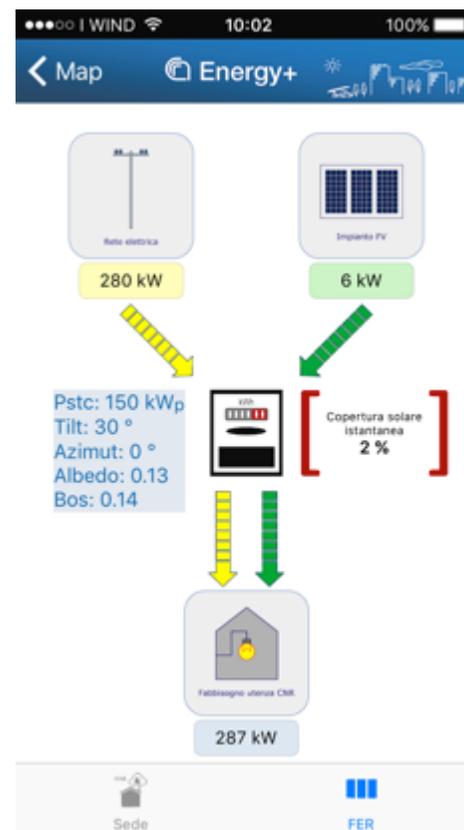
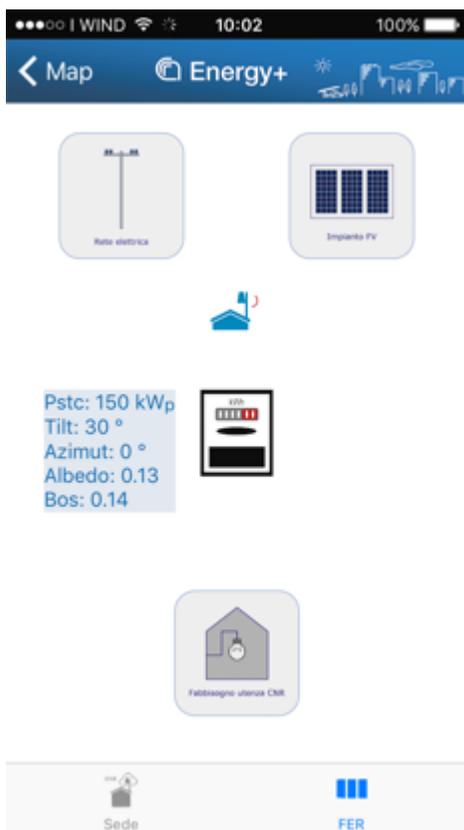


**CNR ENERGY+** PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT

Monitoraggio dei consumi e catasto energetico del CNR



Download on the  
**App Store**





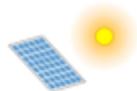
**CNR ENERGY+** PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT

Monitoraggio dei consumi e catasto energetico del CNR



Download on the  
**App Store**

10:04 100%



Simulatore Fotovoltaico  
CNR Energy+

Pstc :  kW

Potenza dell'impianto fotovoltaico in condizioni standard

Tilt :  gradi

Inclinazione dei pannelli fotovoltaici rispetto al piano orizzontale

Azimut :  gradi

Orientamento dei pannelli fotovoltaici rispetto alla direzione sud

Albedo :

Riflessione delle superfici circostanti

Bos :

Perdite del sistema

Annulla

Calcola

10:03 100%



Pstc: 300 kWp  
Tilt: 15 °  
Azimut: 0 °  
Albedo: 0.13  
Bos: 0.14



10:04 100%



272 kW

14 kW

Pstc: 300 kWp  
Tilt: 15 °  
Azimut: 0 °  
Albedo: 0.13  
Bos: 0.14



287 kW



10:03 100%



272 kW

14 kW

Pstc: 300 kWp  
Tilt: 15 °  
Azimut: 0 °  
Albedo: 0.13  
Bos: 0.14



Copertura solare istantanea  
4 %



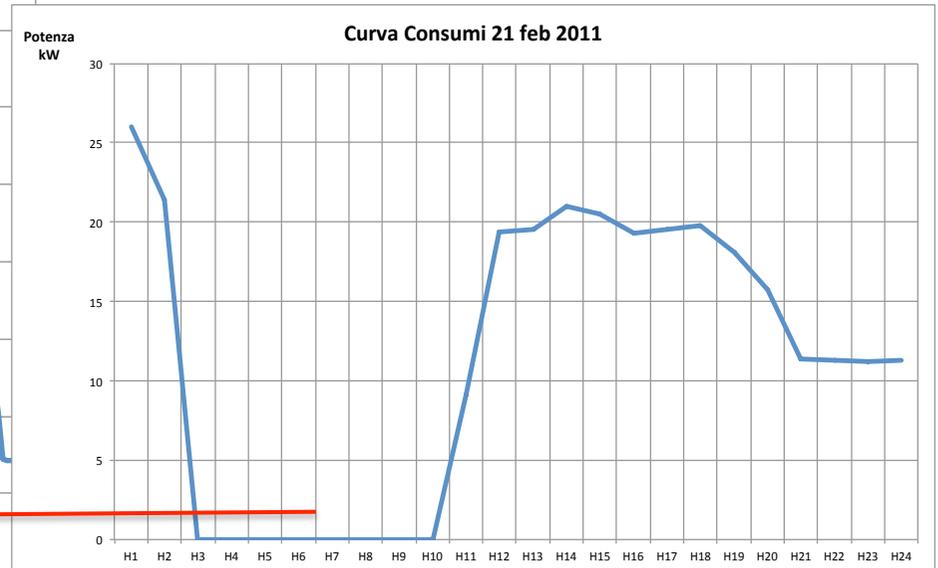
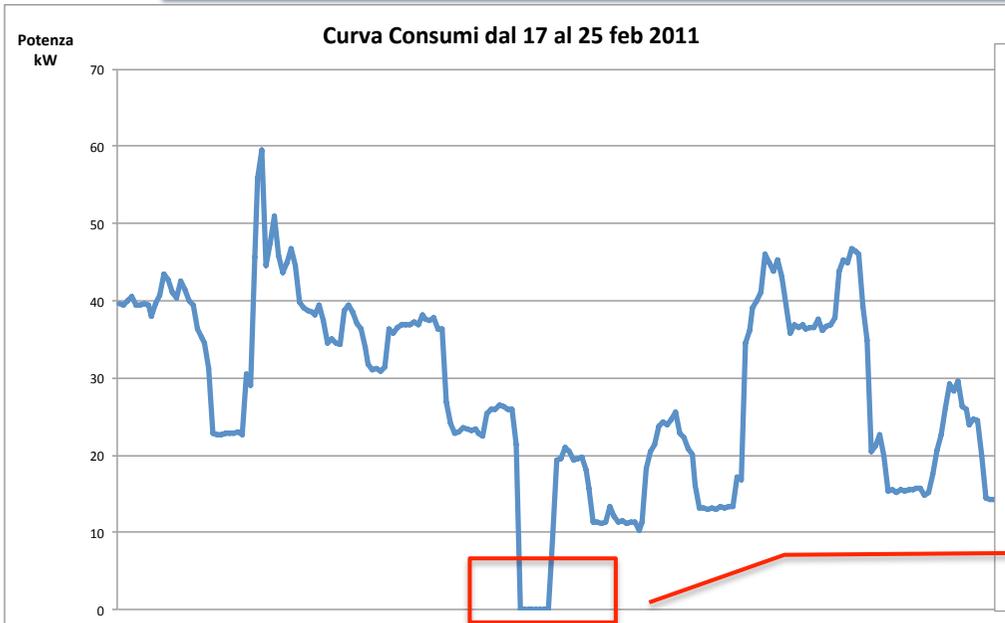
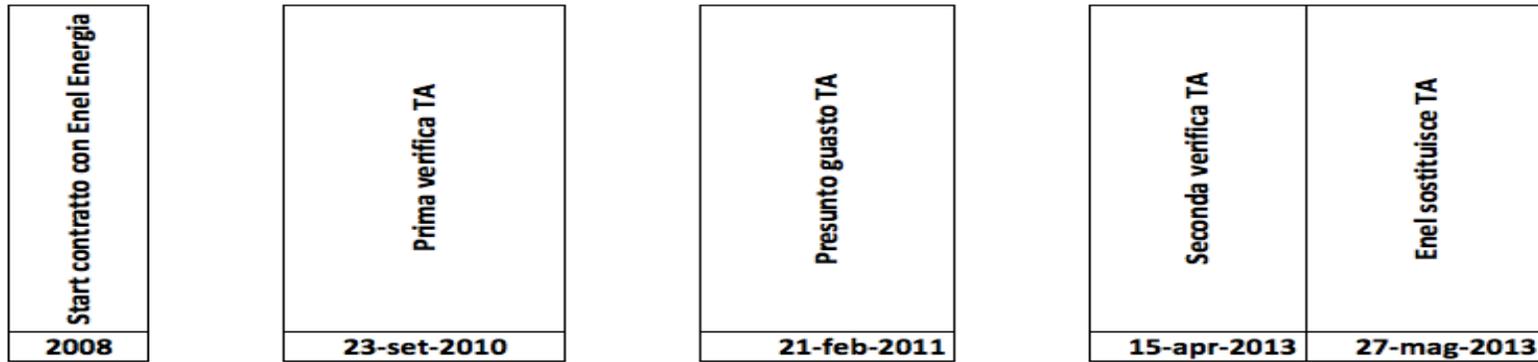
287 kW





## Attenzione alle verifiche di Enel distribuzione

**227.729 kWh = 67.000 euro**





**CNR ENERGY+** PIATTAFORMA DI ENERGY MANAGEMENT

Monitoraggio dei consumi e catasto energetico del CNR



# Grazie per l'attenzione

[salvatore.dicristofalo@cnr.it](mailto:salvatore.dicristofalo@cnr.it)

Convegno  
CNR, Aula Marconi  
Roma, 27 novembre 2015

## Energy management nelle strutture del CNR

Il progetto **E**nergy+

Il network delle stazioni meteo CNR Energy+ ed il simulatore fotovoltaico  
Salvatore Di Cristofalo  
Energy manager IAMC-CNR