



GIORNATE DELLA SOSTENIBILITA'

LE EMISSIONI DI CO₂ DEL POLITECNICO DI MILANO
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DEL PROGETTO PILOTA 2015
E PRIMI RISULTATI DEGLI STUDI DI APPROFONDIMENTO

 **POLITECNICO DI MILANO**



Sfruttamento degli edifici del Politecnico di Milano per l'implementazione di impianti fotovoltaici in autoconsumo

Maurizio Delfanti
Sebastian Alberto Avella Escandon

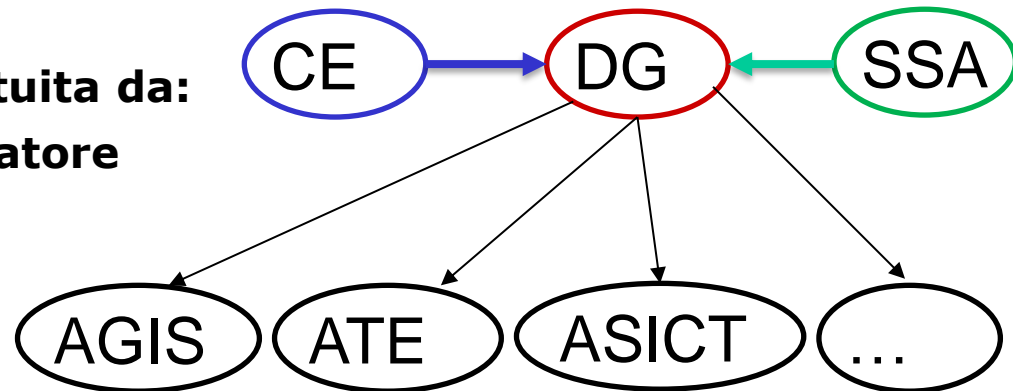
Martedì 24 maggio 2016



- La Commissione Energia è stata istituita l'11 giugno 2012.
- Ha come compiti prevalenti:
 - la definizione delle strategie di Ateneo in materia di Energy management, supportando l'Amministrazione per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio economico, di conservazione e uso razionale dell'energia;
 - la verifica della conformità delle azioni intraprese con le normative vigenti;
 - l'analisi dei contratti di fornitura dei servizi energetici;
 - la verifica della corretta gestione/manutenzione impianti;
 - il monitoraggio/controllo dei consumi di energia e acqua;
 - consuntivi energetici e bilanci di previsione.

• **La Commissione Energia è costituita da:**

- **Prof. Ennio Macchi - Coordinatore**
- **Prof. Maurizio Delfanti**
- **Prof. Gianpaolo Cugola**
- **Prof. Mario Motta**
- **Prof.ssa Manuela Grecchi**





Autoproduzione di energia: un solo soggetto; un produttore e un carico

3

Il risparmio economico dato dalla produzione locale di energia è legato alla realizzazione di particolari assetti, all'interno dei quali il trasporto di energia elettrica non si configura come attività di trasmissione e/o di distribuzione...

... ma come attività di auto approvvigionamento energetico

Il sistema efficiente di utenza (SEU) è un sistema:

- con uno o più impianti di produzione di energia elettrica
 - alimentati da FER o CAR
 - gestiti da un produttore, anche diverso dal cliente finale
- direttamente connessi, con un collegamento privato senza obbligo di connessione di terzi, all'unità di consumo di un solo cliente finale
- realizzato all'interno di un'area, senza soluzione di continuità, al netto di strade, strade ferrate, corsi d'acqua e laghi, di proprietà o nella piena disponibilità del cliente e messa a disposizione del produttore.

✓ Obbligo FER
o CAR

✗ Vincoli di
data

✓ Vincoli di
assetto



Quale risparmio con i SEU?

4

Valore energia; oneri di rete; oneri di sistema...?

- SEU e SEESEU consentono un risparmio in bolletta: permettono l'applicazione della parte variabile dei costi di rete e degli oneri generali **non** alla totale energia consumata; parte dell'energia in autoconsumo è esente dall'applicazione di queste componenti.

Tipologia	Costi di rete (trasporto, distribuzione, misura, UC3 e UC6)		Oneri generali di sistema (Componenti A2, A3, A4, A5, Ae, AS, UC4, UC7)				
	parte fissa	parte variabile	Componente A (parte fissa)	Componente UC (parte fissa)	Componenti UC (parte variabile)	Componenti A (parte variabile)	Componente MCT
SSP-A	Si paga per ogni punto di connession e	Si paga in base all'energia elettrica prelevata	Si paga per ogni punto di connessione	Si paga per ogni punto di connessione	Si pagano soltanto sull'energia elettrica prelevata dalla rete		
SSP-B			Si paga per ogni punto di connessione + Maggiorazione A3*				
SEESEU-A			Si paga per ogni punto di connessione		Si pagano su tutta l'energia elettrica consumata		
SEESEU-B							
SEU							
SEESEU-C							
ASAP			Si paga per ogni punto di connessione				
ASE							

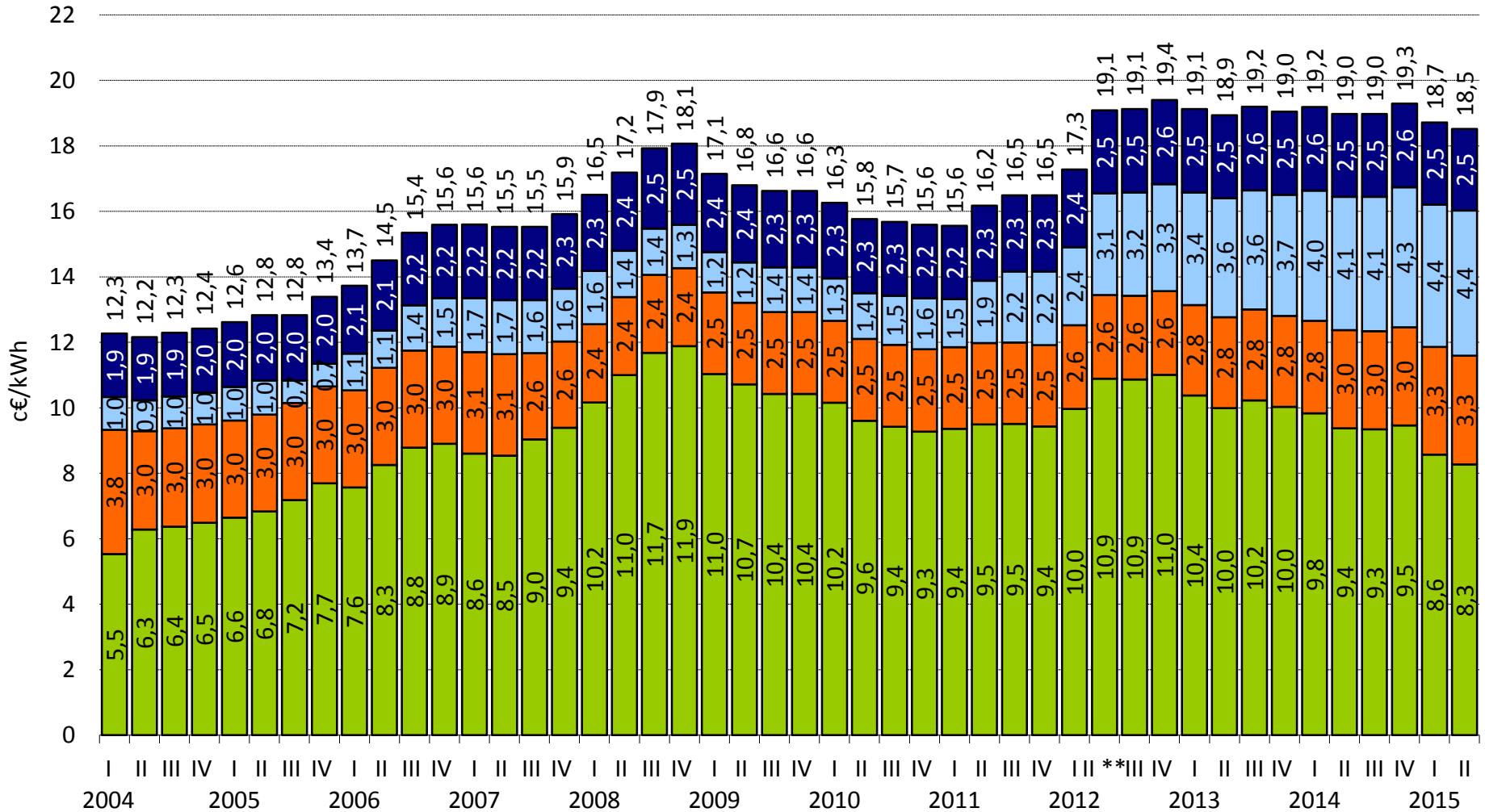
* la maggiorazione della A3 si applica solo a partire dal 1 gennaio 2015.

- Secondo il Dlgs 91/14, SEU e i SEESEU, a partire dal 1/1/15, pagano:
 - i costi di rete sull'energia prelevata (l'energia autoconsumata è esente per il 100%);
 - il totale importo unitario degli oneri generali di sistema (parte variabile della componenti tariffarie A, esclusa AE, e MCT) sull'EE prelevata (come prima) e il 5% dell'importo su tutta l'energia autoconsumata (per ora forfettario...)



Evoluzione delle componenti della tariffa elettrica

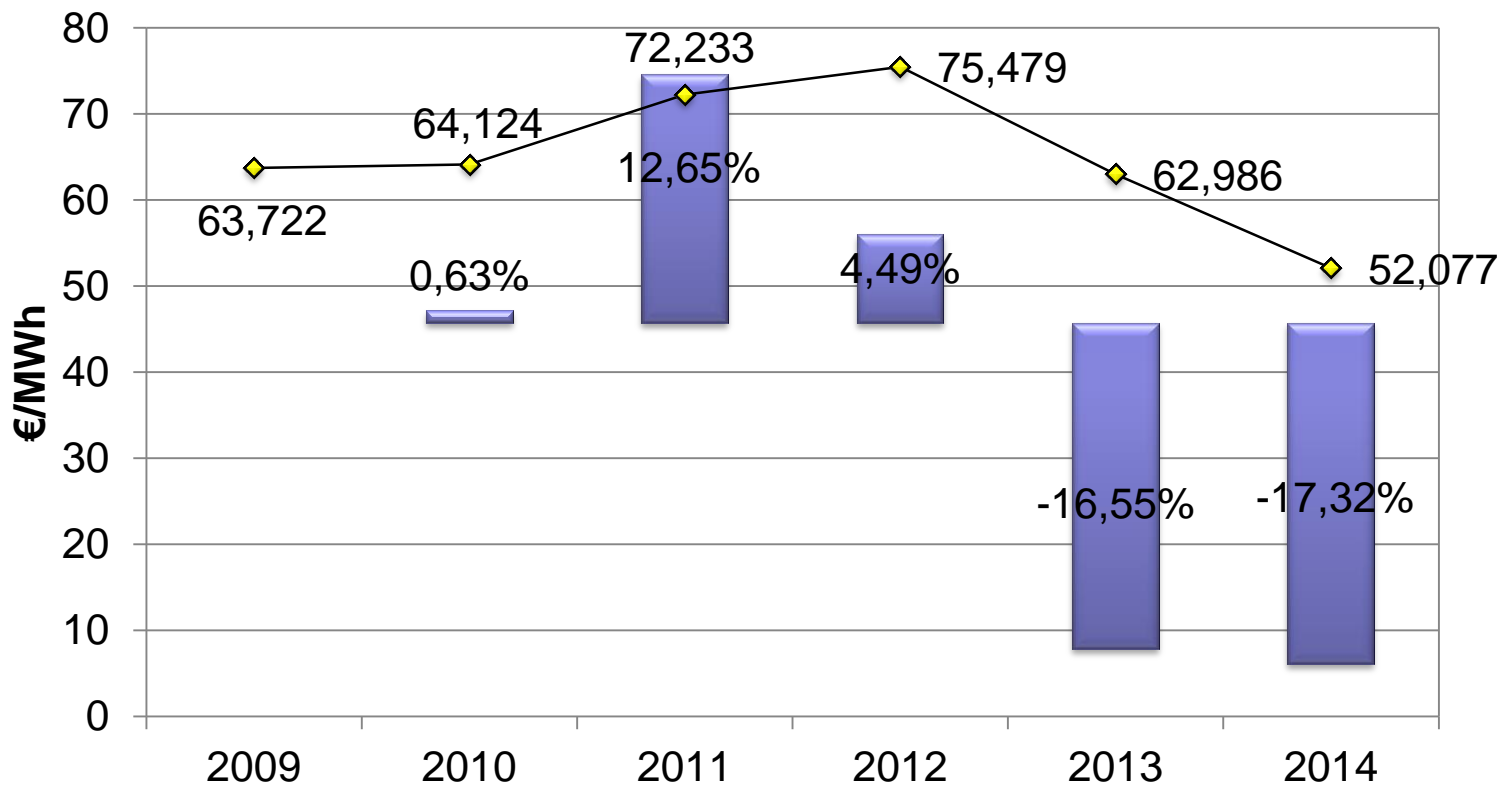
■ energia e approvvigionamento
 ■ costi di rete
 ■ oneri generali di sistema
 ■ imposte





Andamento medio del PUN: media prezzi MGP dal 2009 al 2014

6



**PUN
medio
2015
< 50
€/MWh**

- Dinamiche di mercato differenti per le diverse tecnologie negli ultimi 3 anni:
 - l'incidenza sul totale delle vendite MGP dei CCGT si è ridotta (dal 44% del 2011 al 32% del 2013)
 - l'incidenza delle FER è aumentata (dal 20% del 2011 al 33% del 2013)
→ «spiazzamento» degli impianti convenzionali.



Reduction of Politecnico di Milano CO2 emissions through the production of photovoltaic solar energy for self-consumption

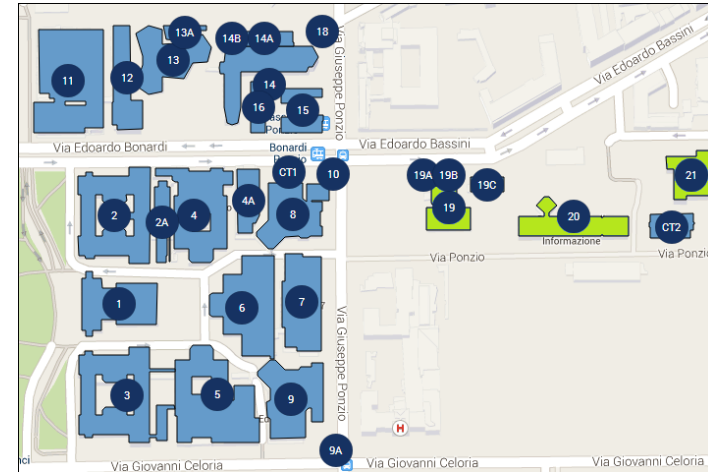
- Definition of data source
- Study, classification and organization of locations
- Creation of the profiles (consumption and production)
- Solar PV simulation
- Complete simulation (consumption and production)
- Creation of technical and economic method for analysis
- Application of the method
- Optimization of solar PV system
- Economic analysis
- Results analysis and constraints of the optimal system



Description of the initial study: Leonardo Campus

8

- Building description from Politecnico di Milano campus by campus
 - Polimi maps application
- Data Classification of each building by POD
 - considering electricity bills and consumption (xl files)
- Data Acquisition: Electricity bills month by month
- Data acquisition: consumption profile hour by hour
- Data processing from electricity bill month by month
 - to obtain payments for electricity withdrawn as well as taxes
- Use of the POD IT012E00489302 (Campus Leonardo, highest consumption) as base of the study
 - after completing the analysis, the same procedure can be applied for each building of each campus and can be used as a powerful tool to determine the most useful PV configuration for each location

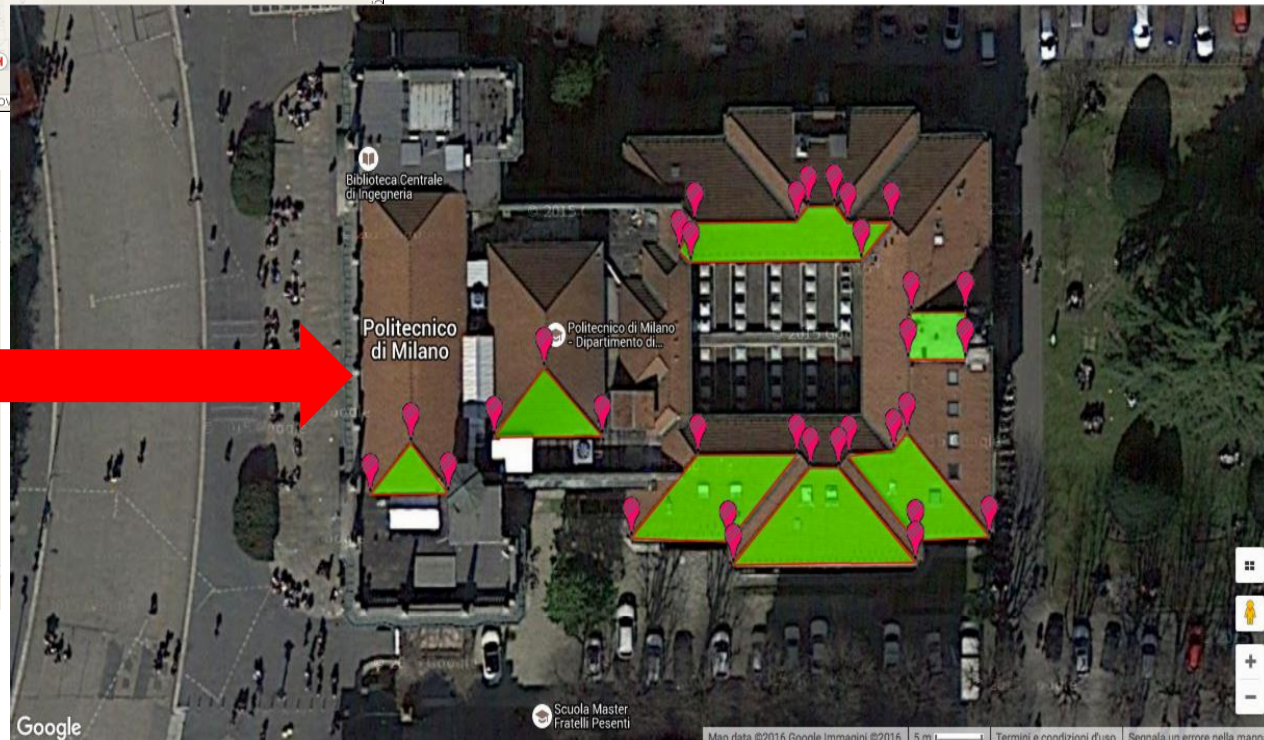
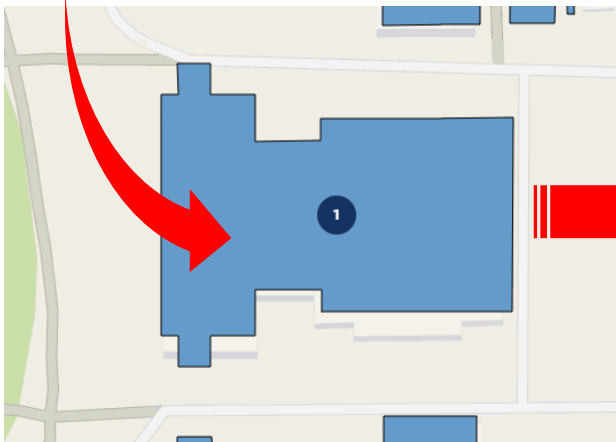
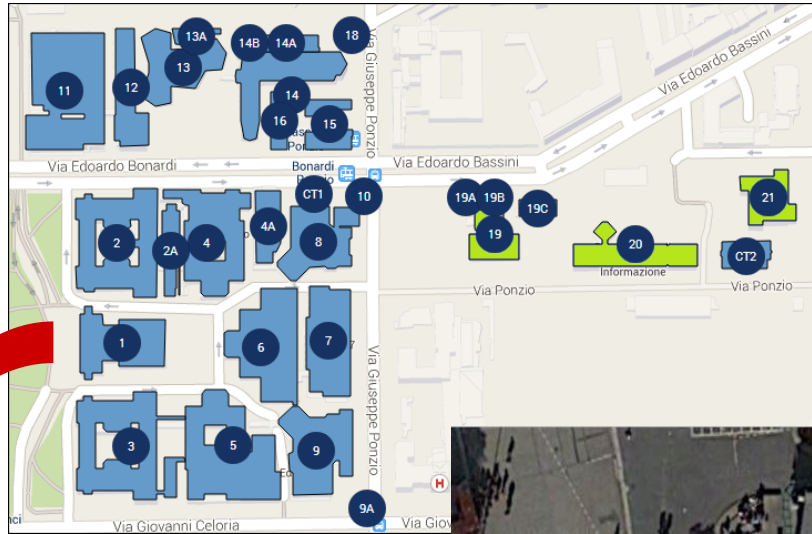




- Area estimation building by building to determine the maximum total available Power that can be obtained from the roofs of each building (17 buildings). Only roof surfaces heading south have been considered.
 - The maximum available power is 1.8 MW
- Based on this parameter, MATLAB has been used to set up simulations as well as PVSyst 5.3 to obtain a Solar Production profile for each month of the year
- The Consumption profile has been created starting from April 2015 (first month available from Gala) till March 2016 and also by considering the CHP installed on this POD, additional considerations have been taken into account for the profile.
 - Additional data from Energy Team Monitoring tool has been used to improve the profile



Building 1 example for surface analysis





- Technical analysis

Technical analysis of PV plant project, including the evaluation of the adequacy of system architecture, the equipment used and the guarantees that cover the ordinary wear

- Forecast of available output energy

Evaluation of the energy actually produced by a PV plant during its useful life based on the technical data and the provided information

- Economic analysis

Based on CAPEX, OPEX, annual cash flow, calculation of

- the payback period (T_p),

- the Net Present Value (NPV) and of

- the internal rate of return (IRR) of the investment

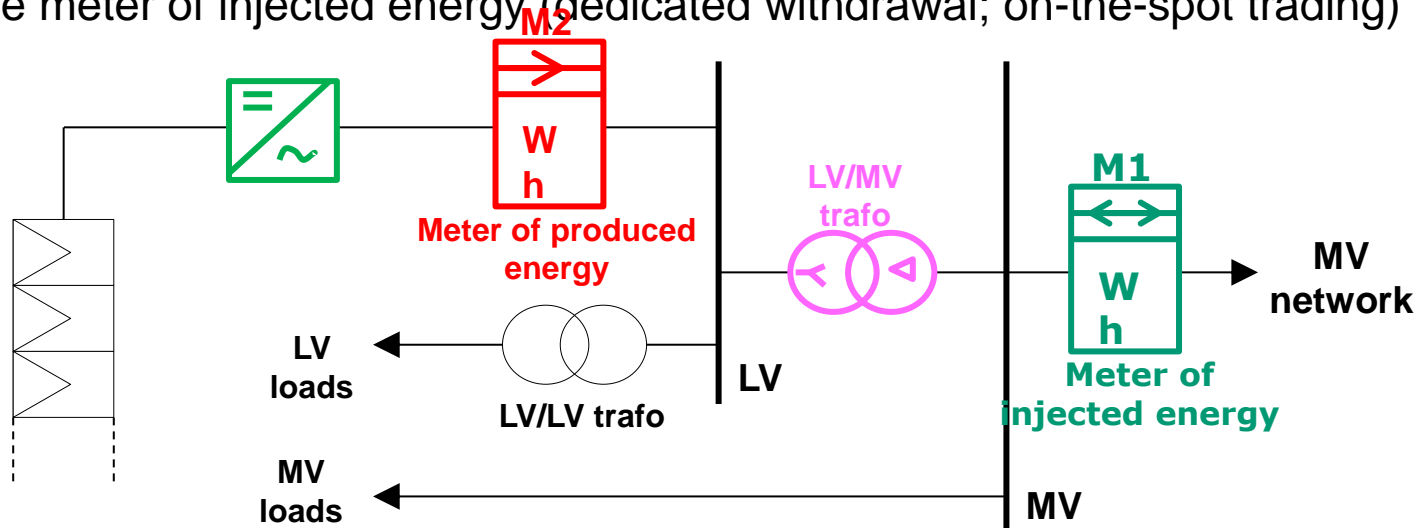


- Analysis of the technical features and of the guarantees against wear provided for the most important equipment and comparison with the state of the art:

- PV modules
- Inverter
- LV/LV and LV/MV transformers



- Review of the PV plant scheme with particular attention to the position
 - of the meter of produced energy (under a feed-in premium scheme) and
 - of the meter of injected energy (dedicated withdrawal; on-the-spot trading)





Meteorological data: a homogeneous sample of continuous measurements from 1981 to 2007 is available.

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	700	Nominal PV Power	49.0 kWp
Module area	441 m ²	Maximum PV Power	46.7 kWdc
Nb. of inverters	13	Nominal AC Power	35.8 kWac

Homogeneous System

Presizing Help

No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m²

Select the PV module

Sort modules: Power Technology Manufacturer

70 Wp 14V Si-mono BP270L BP Solar Manufacturer

Sizing voltages: V_{mpp} (60°C) **14.5 V**
V_{oc} (-10°C) **24.0 V**

Select the inverter

Sort inverters by: Power Voltage (max) Manufacturer

2.8 kW 268 - 480 V 50/60 Hz Sunw Boy SB 3000 SMA

Nb. of inverters: Operating Voltage: **268-480 V** Global Inverter's power: **35.8 kWac**
Input maximum voltage: **600 V**

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: should be between 19 and 25

Nbre strings:

Overload loss: 1.7 % Show sizing

P_{nom} ratio: 1.37

Nb. modules: 700 Area: 441 m²

Operating conditions

The inverter power is slightly undersized.

V _{mpp} (60°C)	363 V
V _{mpp} (20°C)	439 V
V _{oc} (-10°C)	600 V

Plane irradiance: **1000 W/m²** Max. in data STC

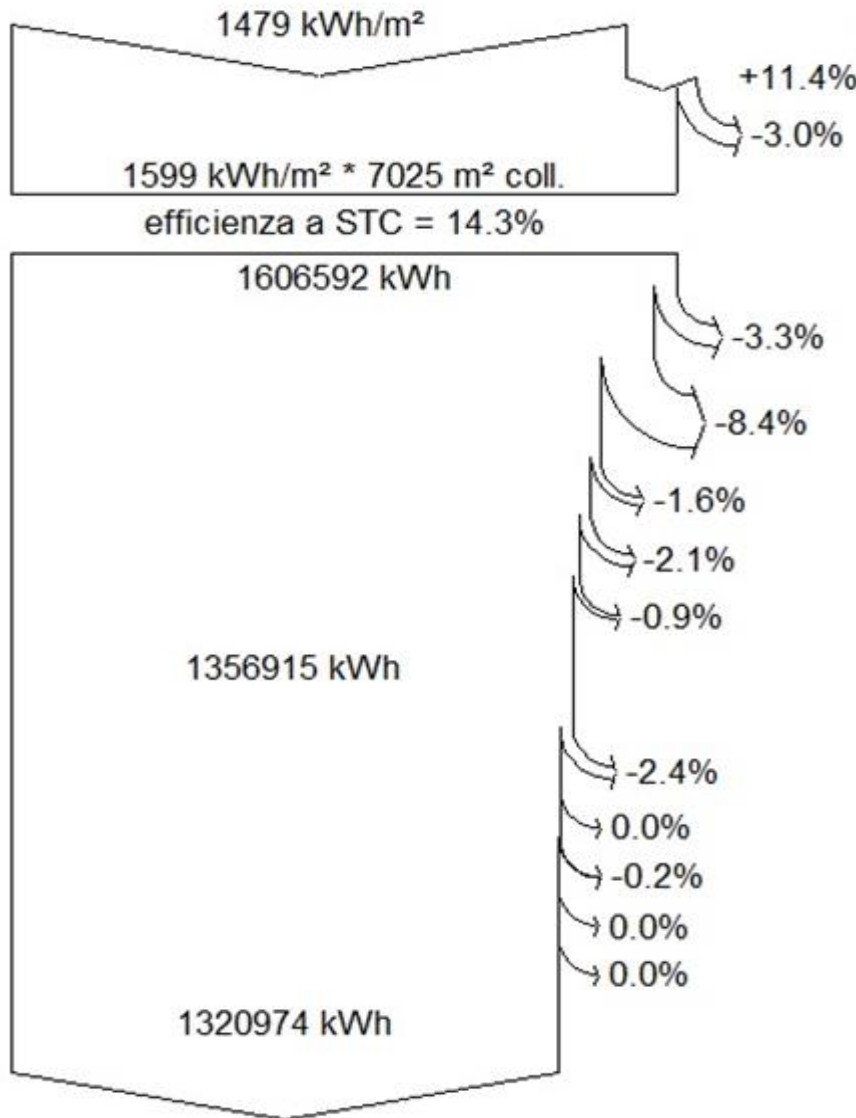
I _{mpp} (STC)	115 A	Max. operating power	44.2 kW
I _{sc} (STC)	127 A	at 1000 W/m ² and 50°C	

I_{sc} (at STC): 125 A **Array nom. Power (STC): 49.0 kWp**

User's needs Detailed losses Cancel OK

- The study, the sizing and the data analysis of the PV system is developed by the software package PVSYST V5.3
- The available output energy is calculated wrt the PV-module nominal power as stated by the manufacturer for STC conditions (+ all losses).

- The calculation of losses starts from the rough evaluation of the nominal energy, using the global effective irradiance and the efficiency of the plant at STC.
- PV model behavior according to the environmental variables is considered.



Horizontal global irradiation
 Global incident in coll. Plane
 IAM factor on global
 Effective irradiance on collectors
 PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Module array mismatch loss

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPPT

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. Power

Inverter Loss due to power threshold

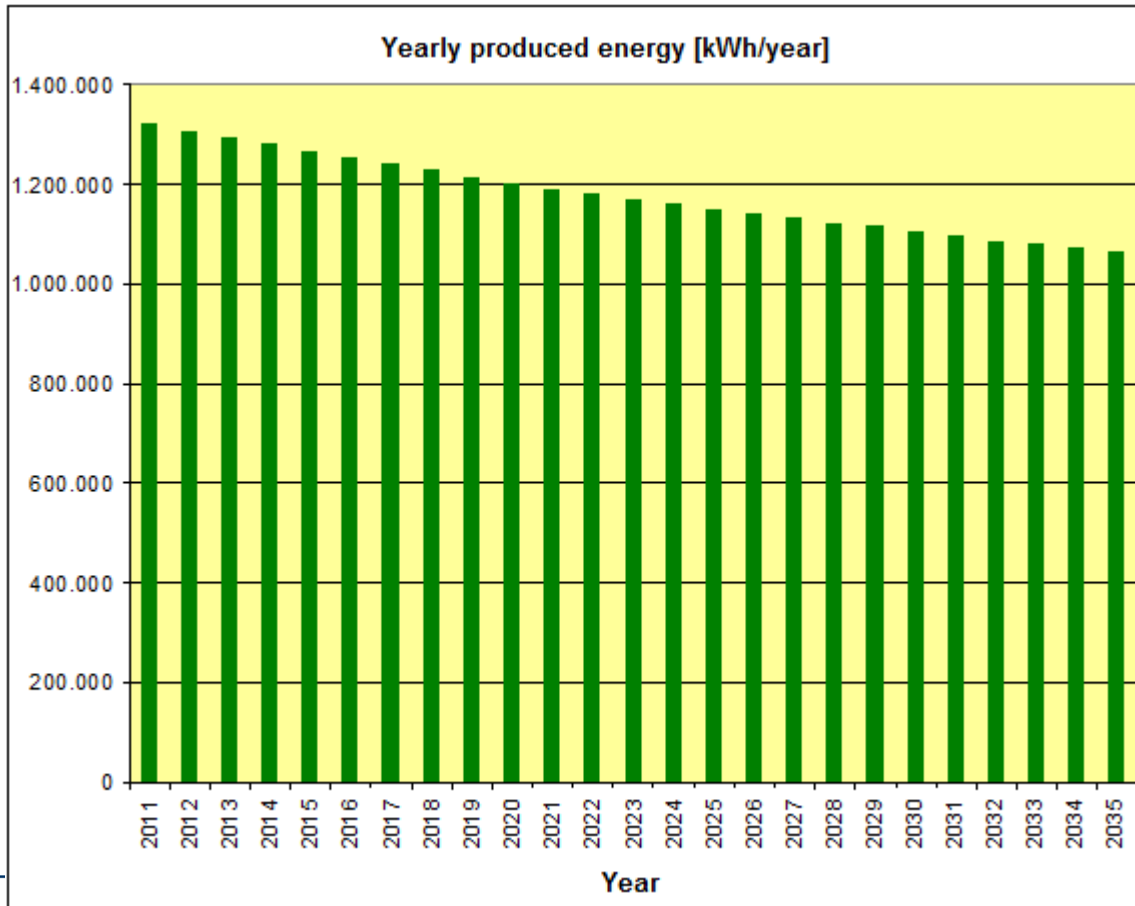
Inverter Loss over nominal inv. Voltage

Inverter Loss due to voltage threshold

Available Energy at Inverter Output (E_p)

Yearly average produced energy (E_p): results

- The total produced energy (at inverter output) for the first year is equal to 1.320.974 kWh (E_p).
- The energy produced over 25 years is shown in the graph.



PRODUCED ENERGY
→
TO BE MATCHED WITH CONSUMPTION



- After the technical simulation, an economic evaluation of the system is performed based on the parameters defined and/or the simulation results.
- The net investment - for the owner - is derived from the gross investment by subtracting eventual subsidies and adding a tax percentage (VAT).
- Choosing a loan duration and an interest rate, it is possible to compute the annual financial cost, supposing a loan pay back as constant annuities. The loan duration should correspond to the expected lifetime of the system
- The total annual cost is the sum of the annuities and the operating costs.
- Divided by the effectively produced energy, it gives an evaluation of the energy cost (price of the kWh).
- The long term profitability is estimated according to different consumption or feed-in tariffs conditions.
- It is possible to compute the Payback period, the Net Present Value and the Internal Rate of Return.
- Finally, avoided CO₂ emissions are determined



work in progress...
for further information,
maurizio.delfanti@polimi.it