



COMUNE DI CAMINO AL TAGLIAMENTO
PROVINCIA DI UDINE
REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DENOMINATO "ELLO18
SOLAR 1" CON POTENZA DI PICCO PARI A 9'820,80 kWp E POTENZA IN
IMMISSIONE PARI A 8'172,00 kW

Proponente



Ellomay Solar Italy Eighteen Srl
Via Sebastian Altman, 9
39100 Bolzano (BZ)
C.F.: 03138530211

Progettazione



Preparato
Irina Giorgi

Verificato
Gianandrea Ing. Bertinazzo

Approvato
Vasco Ing. Piccoli

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

CAMINO AL TAGLIAMENTO STUDIO PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO

Elaborato N. R13	Data emissione 29/03/23			
	Nome file PRODUCIBILITA' IMPIANTO			
N. Progetto ELLO18 SOLAR 1	Pagina COVER	00	29/03/23	PRIMA EMISSIONE
		REV.	DATA	DESCRIZIONE

Sommario

1	Introduzione	3
2	Breve descrizione dell'impianto FV in oggetto	3
3	Producibilità energetica.....	6
4	Risparmio combustibile ed emissione evitate	8

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 Introduzione

La presente relazione costituisce parte integrante della documentazione progettuale relativa alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "Ello18 Solar 1" e ha lo scopo di quantificare la producibilità energetica e la conseguente riduzione di emissioni di gas serra in atmosfera derivante dalla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

2 Breve descrizione dell'impianto FV in oggetto

L'impianto fotovoltaico denominato "Ello18 Solar 1" sarà realizzato nel territorio del Comune di Camino al Tagliamento (UD) ed è identificato dalle seguenti coordinate geografiche relative alla posizione baricentrica dell'impianto FV:

- Lat.: 45.926163
- Long.: 12.965845

In Figura 1 è riportata la posizione del sito interessato su immagine satellitare, inquadrato nel territorio della Regione Friuli-Venezia Giulia.

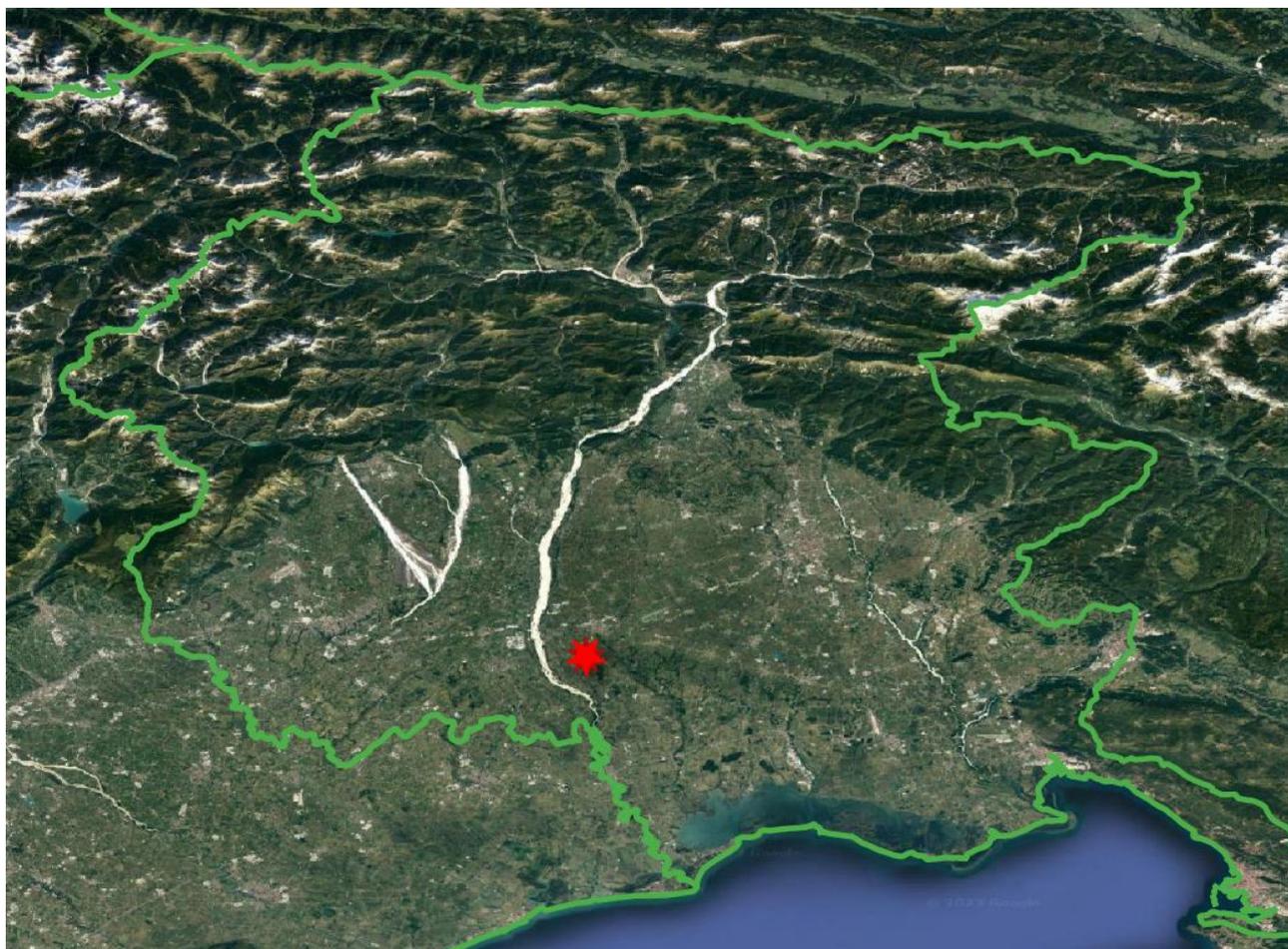


Figura 1 – Inquadramento dell'impianto FV su immagine satellitare

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli FV, è pari a 9'820,80 kWp, mentre la potenza in immissione in rete è determinata dalla potenza indicata sul preventivo di connessione, ed è pari a 8'172,00 kW.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Il progetto definitivo prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra in configurazione lotto di impianti su strutture ad inseguimento solare mono-assiale per un'estensione complessiva di circa 11 Ha.

I moduli fotovoltaici, realizzati in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 24 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale, in configurazione a doppia fila (configurazione 2-P). I moduli saranno opportunamente innalzati dal livello del terreno e le strutture di sostegno distanziate (pitch pari a 8,5m).

L'utilizzo di tracker consente la rotazione dei moduli FV attorno ad un unico asse orizzontale avente orientazione Nord-Sud, al fine di massimizzare la radiazione solare captata dai moduli stessi e conseguentemente la produzione energetica del generatore FV.

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di inverter centralizzati, posizionati direttamente in campo, a ciascuno dei quali saranno collegate fino ad un massimo di 14 cassette di stringa (o "string box"). A sua volta, ogni cassetta di stringa può ricevere in input un massimo di 12 stringhe di moduli fotovoltaici.

All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista l'installazione di quattro cabine di trasformazione realizzate tramite soluzione containerizzata, contenenti fondamentalmente gli inverter centralizzati (due per ogni cabina), i trasformatori MT/BT e i quadri elettrici MT e BT.

L'energia generata dall'impianto fotovoltaico, composto da due impianti di generazione distinti dal punto di vista elettrico (configurazione "lotto d'impianti" connessi in media tensione), viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 20 kV che confluiscono presso le due cabine di consegna situate nel comune di Codroipo al Foglio 35 p.lla 82, in posizione accessibile dalla viabilità pubblica, presso le quali è ubicato il punto di consegna dell'energia generata alla rete di distribuzione.

Un elettrodotto interrato in Media Tensione a 20 kV di lunghezza pari a circa 580 m trasporterà quindi l'energia generata presso la cabina primaria nel comune di Codroipo (UD).

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Figura 2 - Inquadramento dell'impianto FV e relative opere di connessione su ortofoto

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3 Producibilità energetica

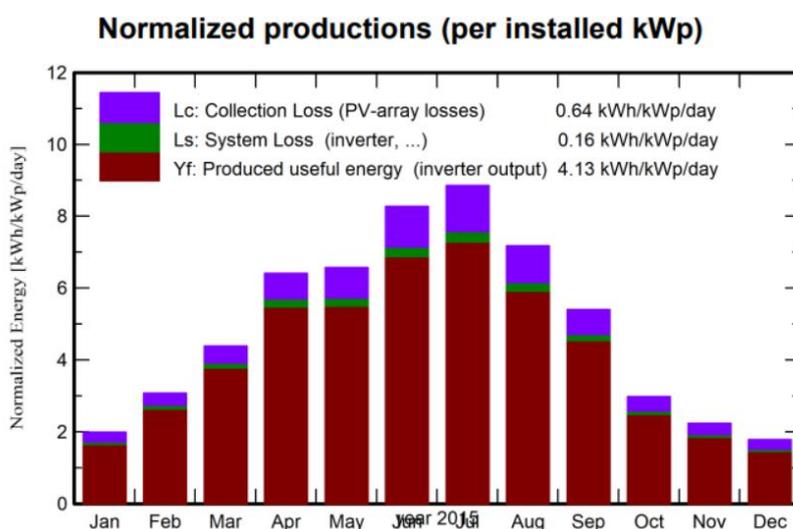
Al fine di stimare la producibilità energetica annua dell'impianto FV è stato utilizzato il software PVsyst (versione 7.2.16), software di riferimento per il settore fotovoltaico, diffusamente utilizzato e riconosciuto a livello internazionale come valido strumento per questo genere di simulazioni.

La disponibilità di radiazione solare costituisce il fattore di maggior rilevanza per conseguire una elevata produzione energetica e garantire la sostenibilità economica dell'iniziativa progettuale. Nella presente analisi, sono stati utilizzati i dati di radiazione solare contenuti nel database PVGIS SARAH2 2015, aggiornati alla data di stesura del progetto definitivo per la seguente località geografica:

- Lizzano: 45.93°N – 12.96°E

In seguito ad un'attenta analisi dell'orografia del sito considerato è stato possibile escludere la presenza di ombreggiamenti localizzati, inizialmente tramite l'ausilio di strumenti software e rilievi satellitari che sono stati confermati tramite sopralluoghi e rilievi altimetrici effettuati tramite drone.

Nella seguente tabella viene riportato l'andamento mensile della radiazione solare incidente sul piano dei moduli FV, considerando la configurazione impiantistica adottata per il presente impianto FV con particolare riferimento alla sezione con tracker (sezione più ampia):



	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²
January	54.2	32.32	9.58	66.7	62.9
February	71.1	38.27	10.50	89.0	84.5
March	121.9	59.93	13.30	153.1	145.7
April	151.1	65.02	16.30	193.7	185.3
May	194.1	78.16	21.24	246.3	235.7
June	205.3	78.60	26.26	263.0	252.2
July	211.5	79.20	29.80	273.7	262.4
August	188.2	72.65	29.56	244.2	234.1
September	135.4	59.77	23.72	172.9	165.1
October	98.8	42.73	19.57	128.4	122.4
November	58.3	34.98	15.05	73.7	69.6
December	46.9	26.96	11.07	58.8	55.6
Year	1536.8	668.59	18.88	1963.4	1875.4

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Nel software PVSyst è stata quindi riprodotta la configurazione d'impianto adottata, inserendo informazioni geometriche relative alla disposizione dei moduli FV sulle relative strutture di sostegno e degli inseguitori mono-assiali all'interno dei terreni, nonché le caratteristiche tecniche dei principali componenti d'impianto (moduli FV ed inverter in primis).

Sulla base delle informazioni di input sopra menzionate, in termini di disponibilità di radiazione solare, caratteristiche ambientali del sito analizzato, e caratteristiche dei componenti, il software è in grado di stimare le principali voci di perdita energetica che vengono riscontrate durante il reale funzionamento dell'impianto FV.

Di seguito si riporta un elenco delle principali voci di perdite energetiche, suddivise per sezione (tracker):

- Perdite per ombreggiamento: 1.95 % - ovvero le perdite causate dall'ombreggiamento reciproco tra i filari di moduli FV. Si evidenzia come i sistemi di inseguimento solare mono-assiale utilizzati per il presente progetto implementino la strategia di inseguimento solare con "back-tracking", che verrà descritta più in dettaglio nel prosieguo della presente relazione, in grado di minimizzare tale voce di perdita;
- Perdite per "soiling": 2% - ovvero le perdite causate dall'inevitabile deposizione di sporcizia sulla superficie frontale dei moduli FV che ne riduce conseguentemente l'output energetico;
- Perdite causate dalla temperatura: 3.13 % - perdite causate dall'inevitabile decadimento delle prestazioni dei moduli FV durante il funzionamento a temperature di cella FV superiori di 25°C, temperatura STC di riferimento alla quale è determinata l'efficienza nominale di un modulo FV;
- Perdite per mismatch, moduli e stringhe: 2,10% - ovvero le perdite causate non perfetto accoppiamento tra moduli e tra stringhe, identiche nella teoria, ma differenti nella realtà e quindi il cui accoppiamento (collegamento in parallelo DC) crea delle perdite di accoppiamento;
- Decadimento prestazioni moduli FV: 0.40 % - ovvero pari al valore comunicato, e certificato, dal produttore dei moduli FV (vedere data sheet);
- Perdite elettriche di distribuzione CC – 1,0/1.5 % @STC – ovvero le perdite sui cavi DC, valore calcolato puntualmente con il calcolo di dimensionamento dei cavi DC;
- Perdite elettriche di distribuzione CA BT – 1,38 % @STC – ovvero le perdite sui cavi AC BT, valore del tutto trascurabile vista la configurazione inverter centralizzato in questo impianto;

La producibilità energetica dell'impianto così stimata risulta essere pari a **14,80 GWh/anno**, per il primo anno, ovvero **1'509 kWh/kWp**, con un rendimento atteso pari a circa **83,8%**.

Nell'elaborato dedicato "*Stima producibilità energetica impianto*" sono riportati i PVSyst report che sono stati generati per determinare questi risultati.

L'energia attesa prodotta negli anni successivi al primo dovrà tener conto: della perdita di prestazioni del modulo FV (pari -0,40% all'anno – vedere data sheet), della disponibilità dell'impianto che diminuisce con il passare degli anni per effetto di rotture e guasti dei vari componenti.

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4 Risparmio combustibile ed emissione evitate

In questa sezione si vuole indicare calcolare l'impatto che questo progetto ha dal punto di vista di miglioramento ambientale

Il dato da cui partire per il calcolo di questi kg parte dal valore stimato di produzione di energia elettrica calcolato nel precedente paragrafo e pari a

14,80 GWh nel primo anno

Come riportato anche precedente paragrafo, l'energia attesa prodotta negli anni successivi al primo dovrà tener conto: della perdita di prestazioni del modulo FV (pari -0,40% all'anno – vedere data sheet), della disponibilità dell'impianto che diminuisce con il passare degli anni per effetto di rotture e guasti dei vari componenti.

I benefici ambientali si calcolano come risparmio di combustibile ed emissioni evitate in atmosfera.

Il risparmio di combustibile si misura come energia primaria, ovvero Tonnellate Equivalenti di Petrolio (TEP); si utilizza il fattore di conversione:

0,0116 TEP/MWh

E quindi i TEP risparmiati annui sono pari a:

$14'800 \text{ MWh} \times 0,0116 \text{ TEP/MWh} = 171,68 \text{ TEP nel primo anno}$

Calcoliamo le emissioni evitate in atmosfera di CO₂, SO₂, NO₂:

CO₂ → $14'800 \text{ MWh} \times 0,483 \text{ t/MWh} = 7'148,4 \text{ t nel primo anno}$

SO₂ → $14'800 \text{ MWh} \times 0,0014 \text{ t/MWh} = 20,72 \text{ t nel primo anno}$

NO₂ → $14'800 \text{ MWh} \times 0,0019 \text{ t/MWh} = 28,12 \text{ t nel primo anno}$

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

00	29-03-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Ello18 Solar 1

Variant: V0

Trackers single array, with backtracking

System power: 9821 kWp

Gorizzo - Italy

Autore

GSB Consulting Srl (Italy)



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

GSB Consulting Srl (Italy)

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Gorizzo	Latitude 45.93 °N	Albedo 0.20
Italy	Longitude 12.96 °E	
	Altitude 34 m	
	Time zone UTC+1	
Meteo data		
Gorizzo		
PVGIS-SARAH2 - 2015		

System summary

Grid-Connected System	Trackers single array, with backtracking		
PV Field Orientation	Tracking algorithm	Near Shadings	
Orientation	Astronomic calculation	Linear shadings	
Tracking plane, horizontal N-S axis	Backtracking activated		
Axis azimuth 0 °			
System information			
PV Array	Inverters		
Nb. of modules 15840 units	Nb. of units 8 units		
Pnom total 9821 kWp	Pnom total 8168 kWac		
	Pnom ratio 1.202		
User's needs			
Unlimited load (grid)			

Results summary

Produced Energy 14.82 GWh/year	Specific production 1509 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 83.76 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Horizon definition	6
Near shading definition - Iso-shadings diagram	7
Main results	8
Loss diagram	9
Predef. graphs	10
Single-line diagram	11



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

GSB Consulting Srl (Italy)

General parameters

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Orientation

Tracking plane, horizontal N-S axis
Axis azimuth 0 °

Models used

Transposition Perez
Diffuse Imported DHI
Circumsolar separate

Horizon

Average Height 1.1 °

Trackers single array, with backtracking

Tracking algorithm

Astronomic calculation
Backtracking activated

Near Shadings

Linear shadings

Backtracking array

Nb. of trackers 33 units
Single array

Sizes

Tracker Spacing 8.50 m
Collector width 4.90 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 57.7 %
Phi min / max. -/+ 60.0 °

Backtracking strategy

Phi limits for BT -/+ 54.7 °
Backtracking pitch 8.50 m
Backtracking width 4.90 m

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

Array #1 - Sottocampo #4

PV module

Manufacturer Suntech
Model STP620S-C78/Nmh+
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 620 Wp
Number of PV modules 7920 units
Nominal (STC) 4910 kWp
Modules 330 Strings x 24 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 4558 kWp
U mpp 1008 V
I mpp 4522 A

Inverter

Manufacturer Santerno
Model Sunway TG 900 1500V TE - 660 EV
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 1029 kWac
Number of inverters 4 units
Total power 4116 kWac
Operating voltage 940-1200 V
Pnom ratio (DC:AC) 1.19

Array #2 - Sottocampo #2

PV module

Manufacturer Suntech
Model STP620S-C78/Nmh+
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 620 Wp
Number of PV modules 7920 units
Nominal (STC) 4910 kWp
Modules 330 Strings x 24 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 4558 kWp
U mpp 1008 V
I mpp 4522 A

Inverter

Manufacturer Santerno
Model Sunway TG 900 1500V TE - 650 EV
(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 1013 kWac
Number of inverters 4 units
Total power 4052 kWac
Operating voltage 930-1300 V
Pnom ratio (DC:AC) 1.21



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

GSB Consulting Srl (Italy)

PV Array Characteristics

Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	9821 kWp	Total power	8168 kWac
Total	15840 modules	Number of inverters	8 units
Module area	43847 m ²	Pnom ratio	1.20
Cell area	2471040 m ²		

Array losses

Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		LID - Light Induced Degradation	
Loss Fraction	2.0 %	Module temperature according to irradiance		Loss Fraction	1.0 %
		Uc (const)	29.0 W/m ² K		
		Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s		
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	-0.4 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

DC wiring losses

Global wiring resistance 1.5 mΩ
Loss Fraction 1.2 % at STC

Array #1 - Sottocampo #4

Global array res. 2.4 mΩ
Loss Fraction 1.0 % at STC

Array #2 - Sottocampo #2

Global array res. 3.6 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

System losses

Auxiliaries loss

Proportionnal to Power 3.0 W/kW
0.0 kW from Power thresh.

AC wiring losses

Inv. output line up to MV transfo

Inverter voltage 660 Vac tri
Loss Fraction 0.02 % at STC

Inverters: Sunway TG 900 1500V TE - 660 EV, Sunway TG 900 1500V TE - 650 EV

Wire section (8 Inv.) Alu 8 x 3 x 1000 mm²
Average wires length 3 m

MV line up to Injection

MV Voltage 20 kV
Average each inverter
Wires Copper 3 x 120 mm²
Length 7300 m
Loss Fraction 1.38 % at STC



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

GSB Consulting Srl (Italy)

AC losses in transformers

MV transfo

Medium voltage 20 kV

One transfo parameters

Nominal power at STC 4.83 MVA
Iron Loss (24/24 Connexion) 4.11 kVA
Iron loss fraction 0.08 % at STC
Copper loss 57.19 kVA
Copper loss fraction 1.18 % at STC
Coils equivalent resistance 3 x 1.07 mΩ

Operating losses at STC (full system)

Nb. identical MV transfos 2
Nominal power at STC 9.67 MVA
Iron loss (24/24 Connexion) 8.22 kVA
Copper loss 114.37 kVA



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

Horizon definition

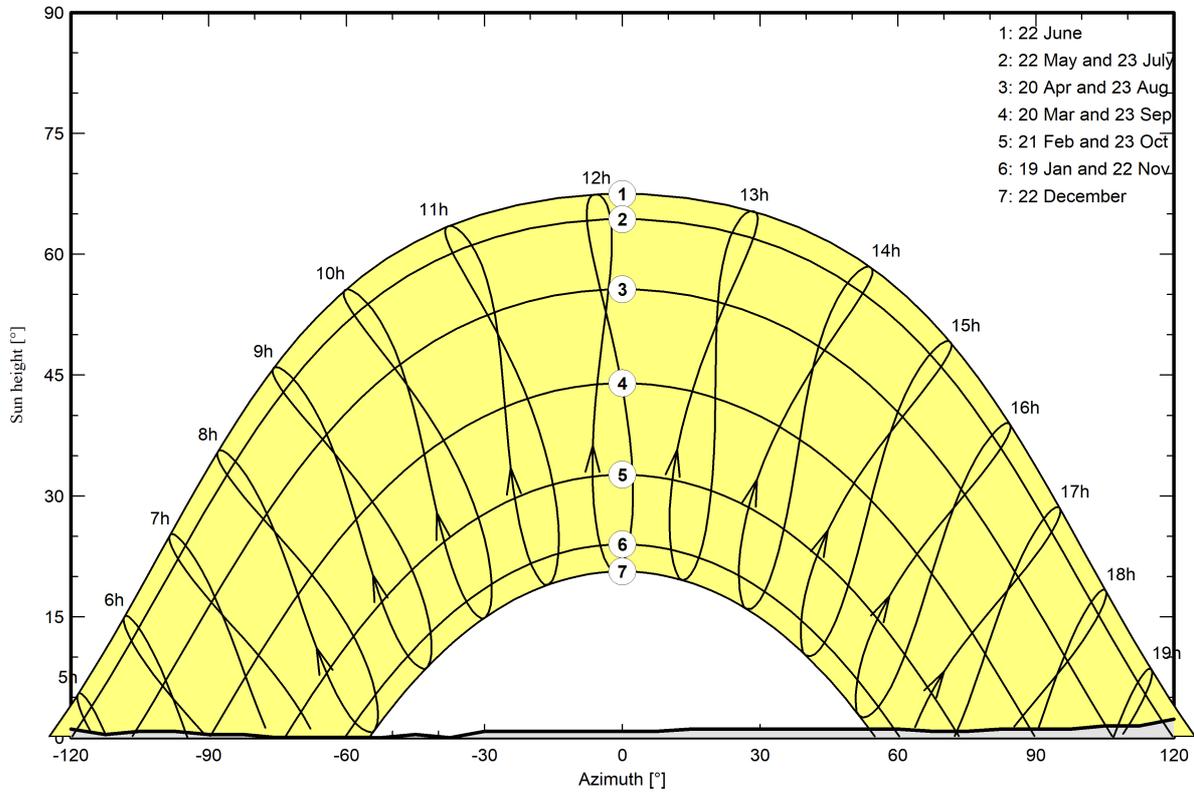
Horizon from PVGIS website API, Lat=45°55'33', Long=12°57'55', Alt=28m

Average Height	1.1 °	Albedo Factor	0.93
Diffuse Factor	0.98	Albedo Fraction	100 %

Horizon profile

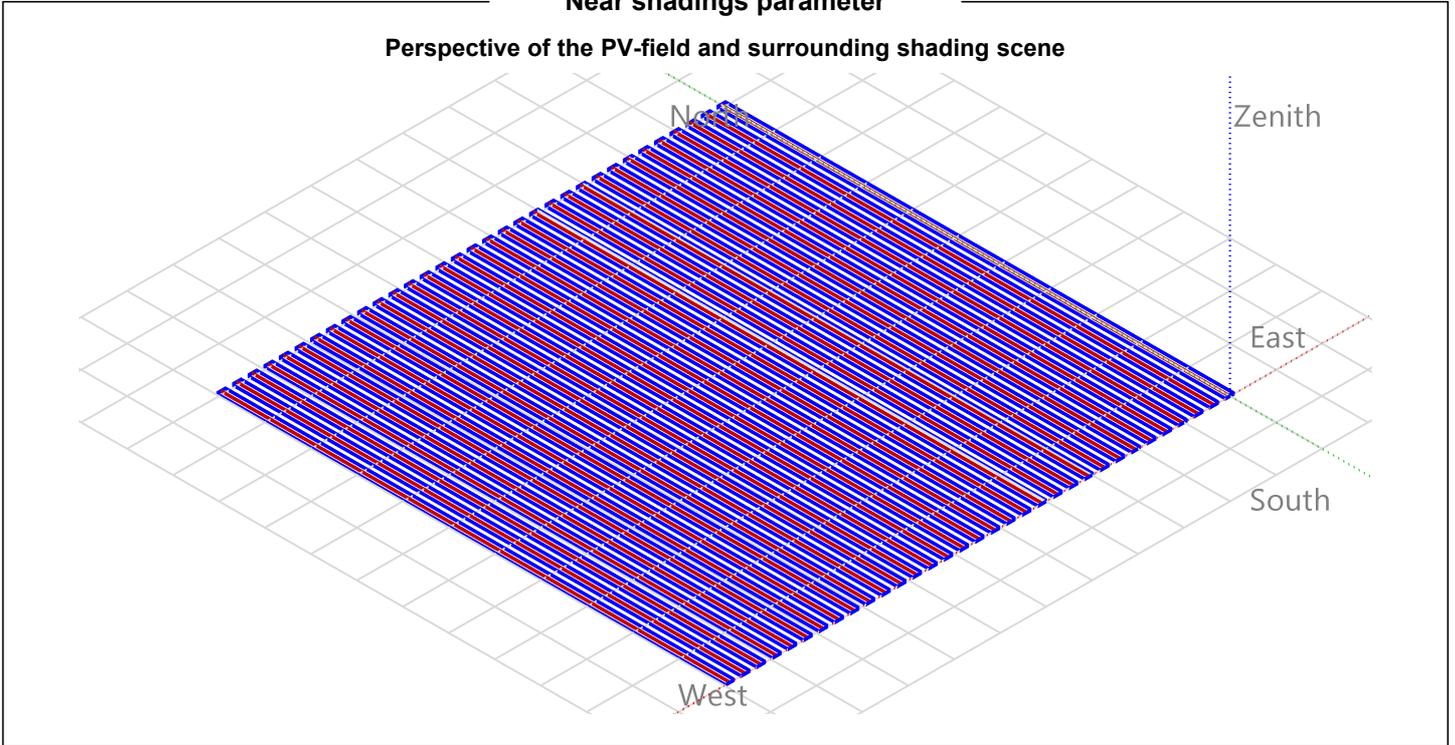
Azimuth [°]	-180	-173	-165	-158	-150	-143	-135	-128	-120	-113	-105	-98	-90
Height [°]	1.9	1.5	1.5	1.9	1.5	1.9	1.5	1.5	1.1	0.4	0.8	0.8	0.4
Azimuth [°]	-83	-75	-53	-45	-38	-30	8	15	60	68	75	83	98
Height [°]	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.8	0.8	1.1	1.1	0.8	0.8	1.1	1.1
Azimuth [°]	105	113	120	128	135	143	150	158	165	173	180		
Height [°]	1.5	1.5	2.3	2.3	1.9	2.3	1.9	1.5	1.9	1.5	1.9		

Sun Paths (Height / Azimuth diagram)



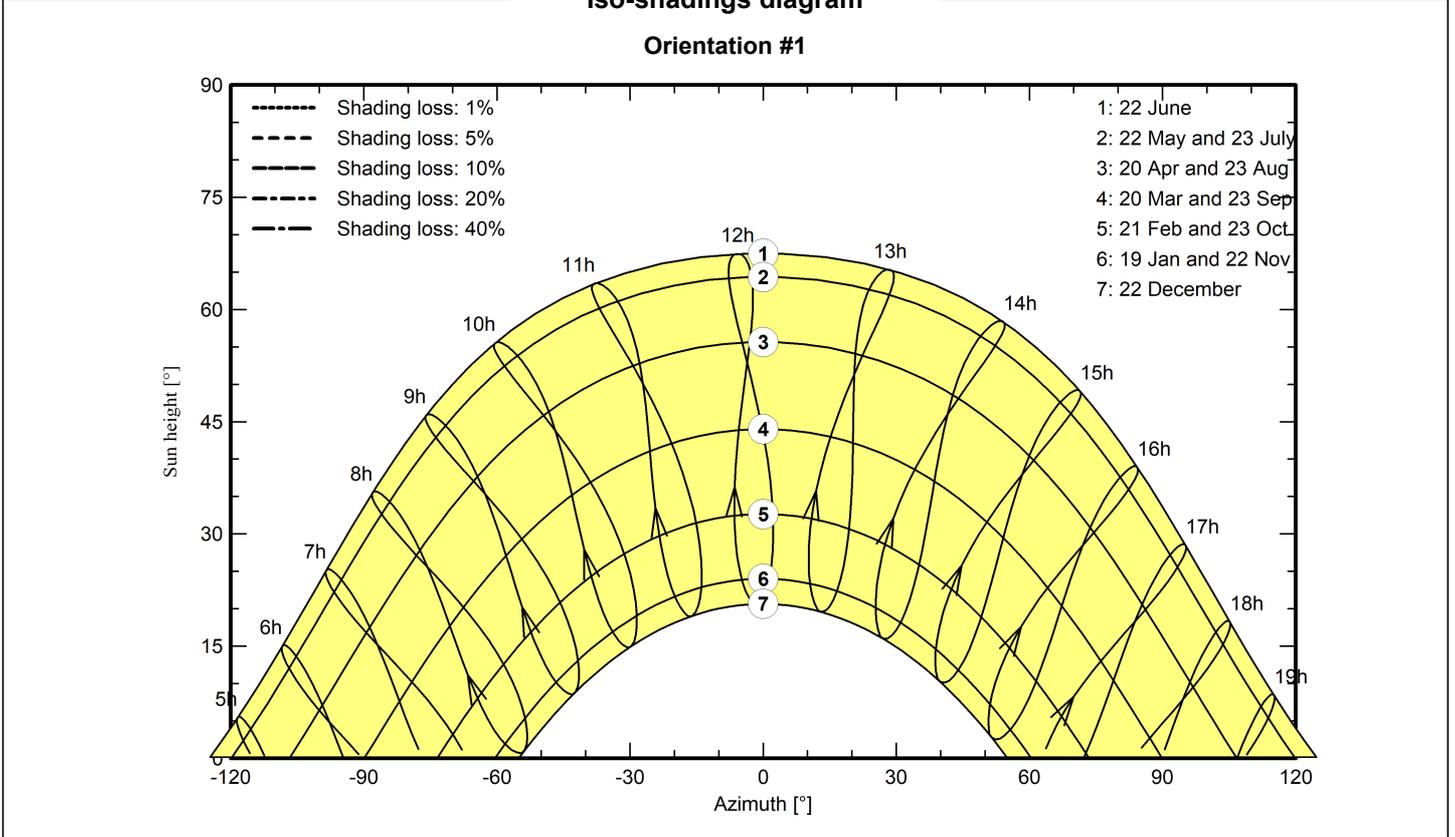


Near shadings parameter



Iso-shadings diagram

Orientation #1





Main results

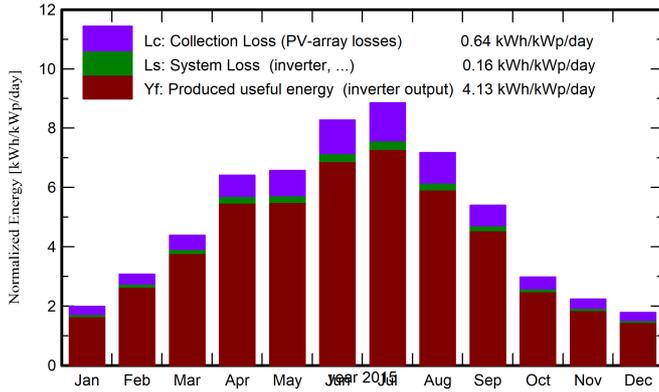
System Production

Produced Energy 14.82 GWh/year

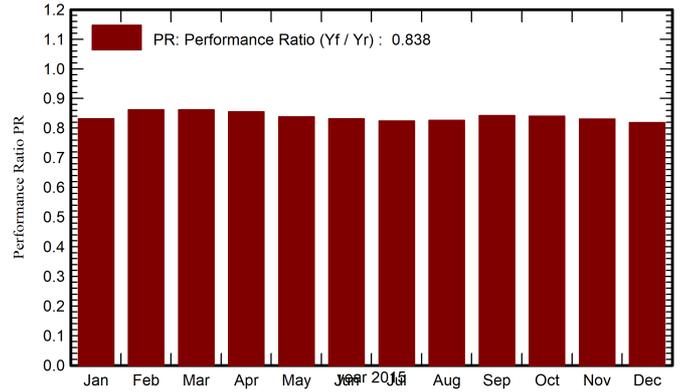
Specific production
Performance Ratio PR

1509 kWh/kWp/year
83.76 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
Jan. 15	48.8	20.90	4.66	61.7	54.6	0.526	0.504	0.831
Feb. 15	68.0	27.52	5.11	86.0	78.7	0.755	0.727	0.862
Mar. 15	109.7	48.32	8.47	136.1	126.6	1.196	1.152	0.862
Apr. 15	155.0	57.88	11.64	192.5	181.3	1.681	1.617	0.856
May 15	169.7	68.67	17.28	203.9	192.6	1.746	1.677	0.838
June 15	201.5	75.20	21.12	248.3	235.4	2.109	2.028	0.832
July 15	220.5	70.40	25.16	274.5	261.1	2.310	2.221	0.824
Aug. 15	178.5	62.77	24.14	222.5	210.9	1.875	1.805	0.826
Sep. 15	129.2	51.77	18.27	162.0	151.9	1.391	1.339	0.842
Oct. 15	75.4	38.26	13.45	92.1	84.4	0.790	0.760	0.840
Nov. 15	53.0	23.58	8.88	67.0	60.0	0.569	0.546	0.830
Dec. 15	43.6	18.49	5.25	55.3	48.2	0.463	0.444	0.818
Year	1452.8	563.76	13.68	1801.8	1685.6	15.411	14.821	0.838

Legends

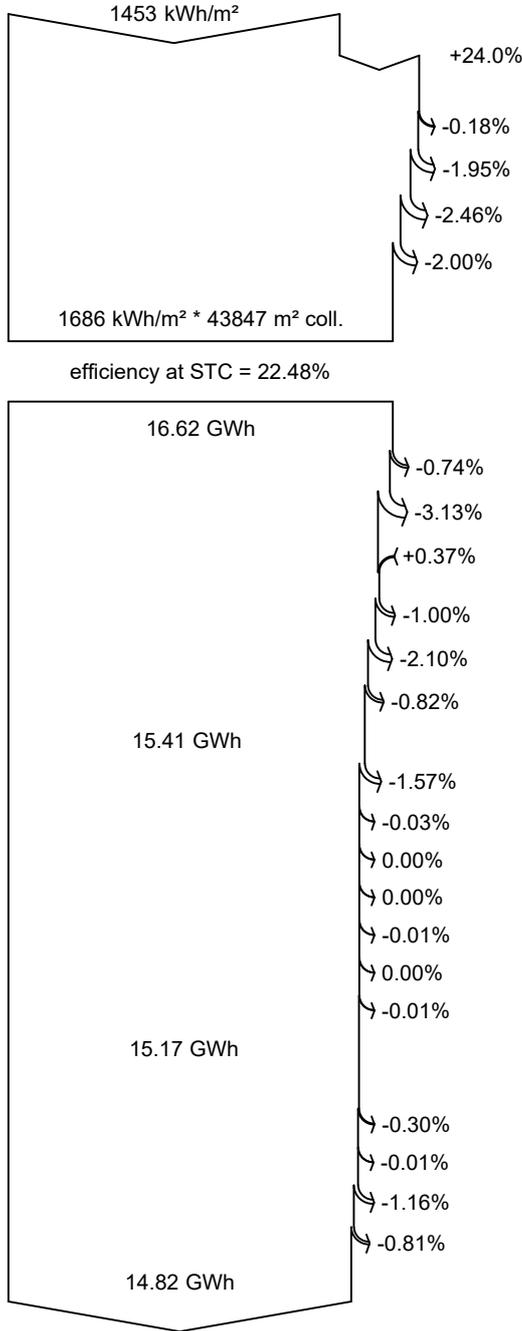
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Far Shadings / Horizon

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Night consumption

Available Energy at Inverter Output

Auxiliaries (fans, other)

AC ohmic loss

Medium voltage transfo loss

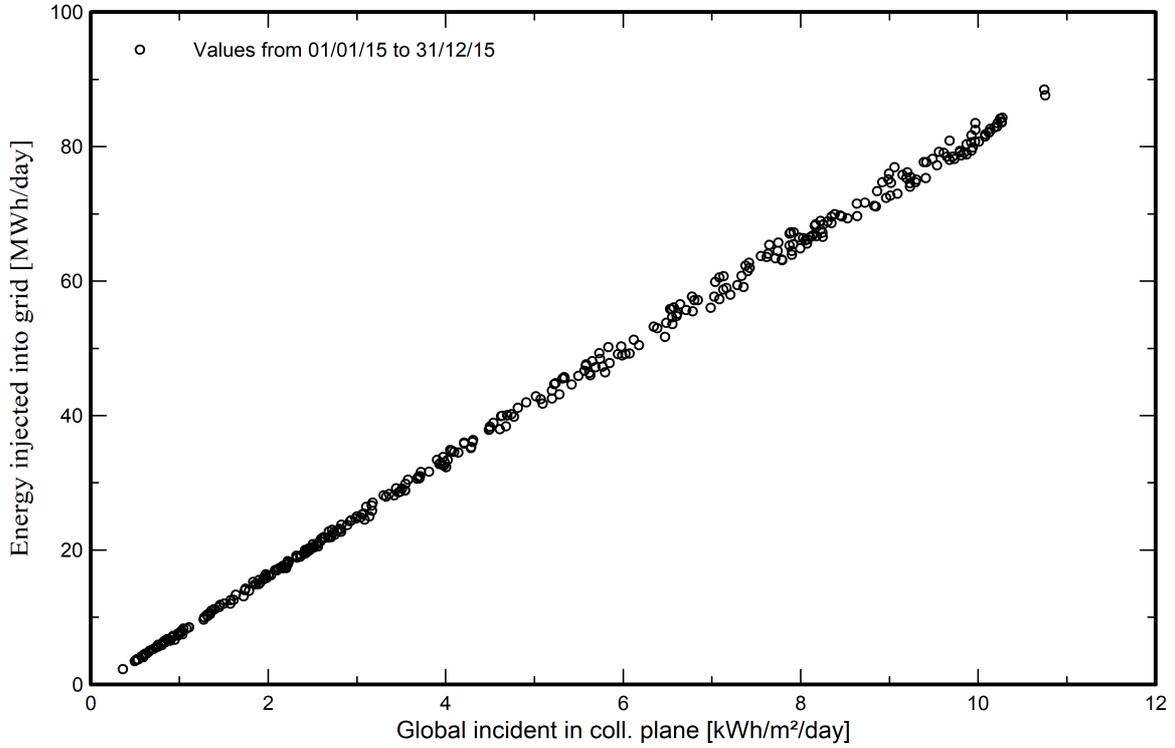
MV line ohmic loss

Energy injected into grid

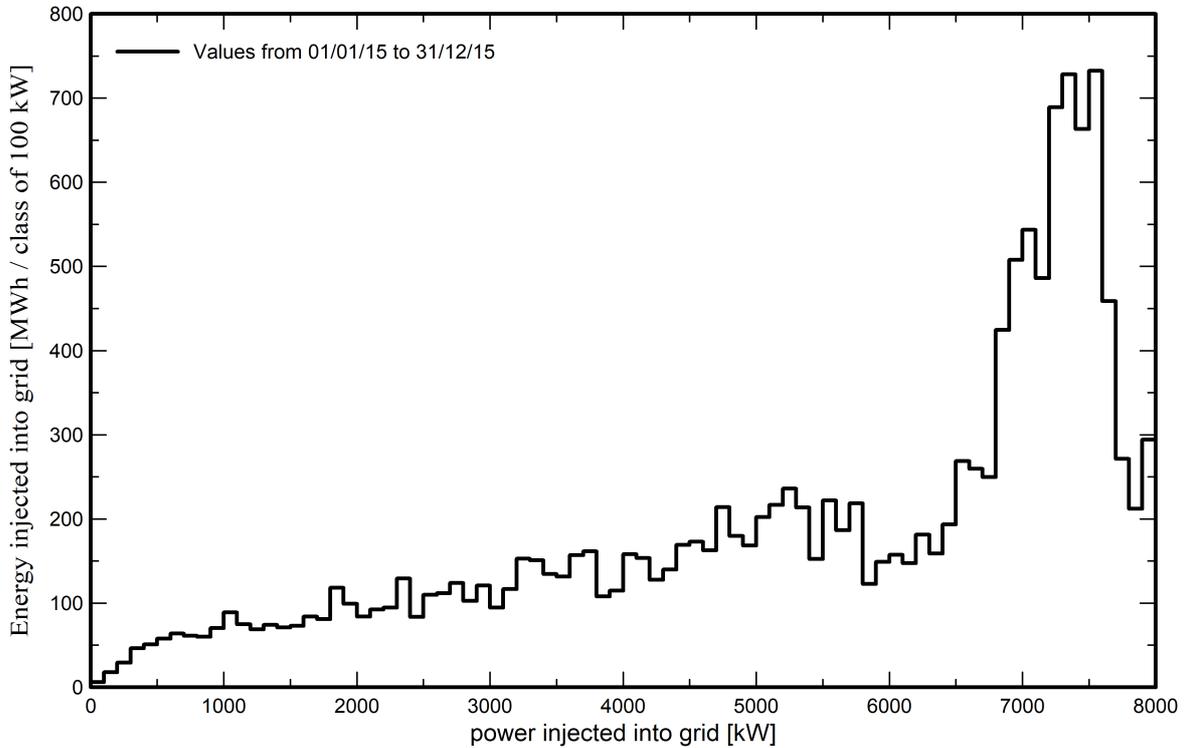


Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



Distribuzione potenza in uscita sistema

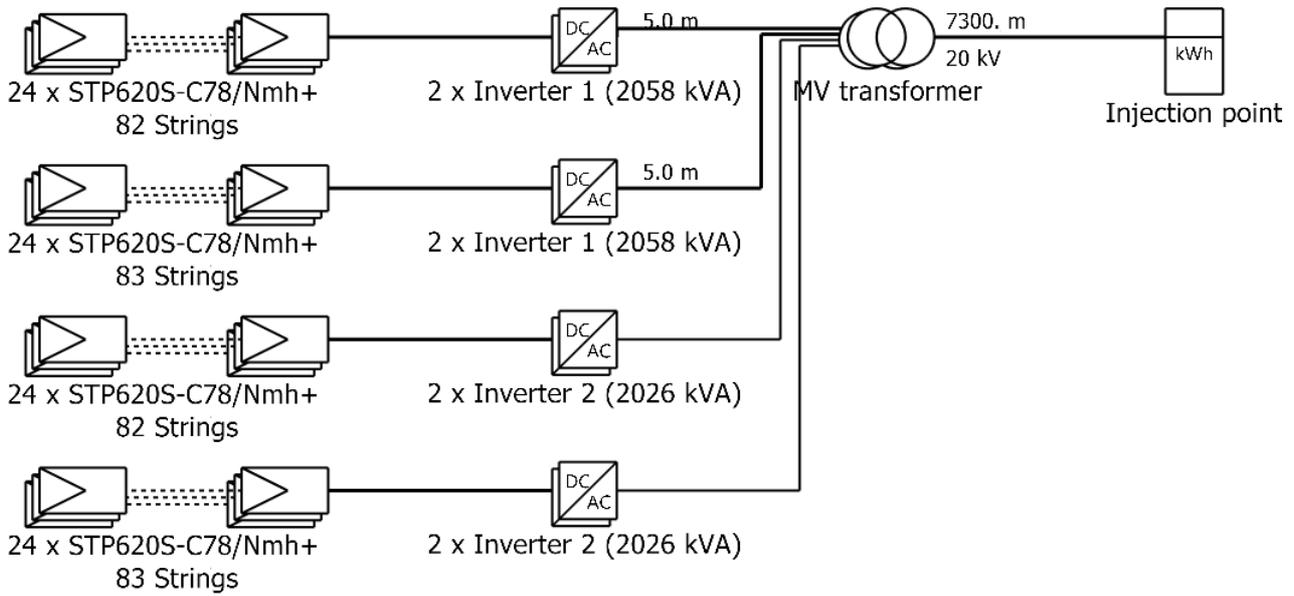




PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
15/02/23 16:45
with v7.3.1

Single-line diagram



PV module	STP620S-C78/Nmh+
Inverter 1	Sunway TG 900 1500V TE - 660 EV
Inverter 2	Sunway TG 900 1500V TE - 650 EV
String	24 x STP620S-C78/Nmh+

Ello18 Solar 1

GSB Consulting Srl

VCO : V0

15/02/23