



PROVINCIA
DI VITERBO



REGIONE
LAZIO



COMUNE DI
VITERBO

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA R.T.N. TERNA DELLA POTENZA DI PICCO 65,292 MW_p

Denominazione Impianto: **IMPIANTO FOTOVOLTAICO "VITERBO 2"**

Ubicazione: **Comune di Viterbo**

ELABORATO
02.VT2.RS.01

DOC.01.01.A

RELAZIONE TECNICA



CLEAN ENERGY NATURALLY

Project - Commissioning - Consulting
CEN SRL
STRADA DI GUINZA GRANDE
1 INT. 2 CAP 01014
MONTALTO DI CASTRO (VT)

Scala:

Data:
12/06/23

PROGETTO

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



Il Richiedente:

CCEN Viterbo 2 S.r.l.
PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE 8
39100 BOLZANO
KANZLEI ROEDL & PARTNER
P IVA 03210110213

Tecnici:

Ing. Mauro Marchino - Albo Ingegneri Viterbo n° A666

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	18/04/2024	Emissione	MARCHINO	MARCHINO	MARCHINO
02					
03					
04					

Firma Produttore

Firme

Indice generale

PREMESSA.....	2
NORMATIVE E LEGGI DI RIFERIMENTO.....	2
NORMATIVA FOTOVOLTAICA.....	2
ALTRA NORMATIVA SUGLI IMPIANTI ELETTRICI.....	3
NORMATIVA A CARATTERE GENERALE.....	4
CARATTERISTICHE GENERALI.....	6
PRESTAZIONI ED EMISSIONI EVITATE.....	9
SC1.....	9
SC2.....	10
SC3.....	11
SC4 – SC5.....	12
SC6.....	13
SC7.....	14
ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO.....	16
SOTTOCAMPO SC1.....	17
SOTTOCAMPO SC2.....	19
SOTTOCAMPO SC3.....	21
SOTTOCAMPO SC4 – SC5.....	23
SOTTOCAMPO SC6.....	25
SOTTOCAMPO SC7.....	27
COMPONENTI IMPIANTO DI PRODUZIONE.....	29
MODULI FOTOVOLTAICI.....	29
STRINGHE.....	32
INVERTER.....	33
STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI.....	34
SISTEMA DI SOSTEGNO FISSO.....	34
SISTEMA AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE TRACKER;.....	35
POWER STATION O CENTRI DI TRASFORMAZIONE tx.....	37
TRASFORMATORI.....	40
ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA.....	41
VIABILITÀ INTERNA.....	42
CABINE DI ANELLO E CABINA DI PARALLELO.....	42
CONTROL ROOM.....	44
RECINZIONE E CANCELLI DI INGRESSO.....	45
SISTEMA DI ACCUMULO.....	46
DEFINIZIONE POTENZE IMPIANTO AGROVOLTAICO "Viterbo 2".....	47
CONNESSIONE ALLA RETE.....	48
OPERE DI CONNESSIONE DI UTENZA.....	49
ELETTRDOTTO MT.....	49
OPERE DI CONNESSIONE DI RETE.....	54
NUOVA STAZIONE ELETTRICA TERNA 360/150/36 KV di TUSCANIA.....	54

PREMESSA

La presente relazione tecnica ha come fine illustrare dal punto di vista tecnico il progetto dell'impianto agrovoltaiico avanzato denominato impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" da realizzare nel Comune di Viterbo e le relative opere di connessione alla RTN che attraversano i Comuni di Viterbo (VT), Tuscania (VT) e Monte Romano (VT).

Il proponente dell'iniziativa è la CCEN Viterbo 2 srl con sede in Piazza Walther Von Vogelweide 8, 39100 Bolzano, PIVA 03210110213.

In particolare verranno illustrate le seguenti opere da autorizzare:

- Impianto di generazione da fonte solare fotovoltaica;
- Elettrodotto di connessione a 36 kV interrato tra l'impianto di generazione e la nuova Stazione Elettrica di elevazione 36 kV/380 kV di Tuscania;

La potenza di picco dell'impianto è pari a **65.292,36** kWp come somma delle potenze nominali dei singoli pannelli fotovoltaici che compongono l'impianto.

NORMATIVE E LEGGI DI RIFERIMENTO

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà realizzato in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali si segnalano le seguenti principali:

NORMATIVA FOTOVOLTAICA

CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

UNI 8477: Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta;

CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;

CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;

CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;

CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;

CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;

CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;

EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;

CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;

CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;

CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;

EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;

CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

ALTRA NORMATIVA SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

CEI 0-16 : Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;

CEI-UNEL 35027: Dimensionamento cavi in Media Tensione

CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;

CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;

CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);

CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);

CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)

CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);

CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;

CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

NORMATIVA A CARATTERE GENERALE

DM 81/08 sulla sicurezza nei cantieri mobili

D.Lgs. 380/01 Testo Unico sull'edilizia

D.Lgs. 285/92 Codice della Strada e Regolamento attuativo

D.Lgs. 152/01 Testo Unico sull'ambiente

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

CARATTERISTICHE GENERALI

Il progetto dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" dalle caratteristiche agrovoltaiiche avanzate si sviluppa su un unico sito, sul quale è presente un nocchieleto, e presenta come punto di connessione alla rete la nuova stazione TERNA a 36 kV nel Comune di Tuscania (VT).

Elettricamente l'impianto è costituito da sette sottocampi contigui come descritto nella tabella seguente

Denominazione	Comune	Latitudine	Longitudine	Superficie in sviluppo dei sostegni	Superficie recintata totale	Potenza di picco kW
SC-1	Viterbo	42.350761°	11.949437°	100 ha 15 a 45 ca	133 h 74 a 75 ca	5.506,200
SC-2				17 ha 54 a 09 ca		13.645,800
SC-3				16 ha 83 a 16 ca		8.458,800
SC-4				9 ha 40 a 87 ca		4.803,960
SC-5				81 a 37 ca		367,080
SC-6				4 ha 13 a 97 ca		23.253,720
SC-7				18 ha 96 a 56 ca		9.256,800
				114 ha 89 a 56 ca	133 ha 74 ha 75 ca	65.292,360

Tabella 1: Localizzazione impianto agrovoltaiico "Viterbo 2"



Illustrazione 1: Impianto su ortofoto

La potenza di picco (o di generazione) intesa come somma delle potenze dei moduli fotovoltaici è pari a **65.292,36 MW**.

La potenza nominale dell'impianto, per come definita dalla CEI 0-16, è pari a 61.573,8 MW

L'area dell'impianto fotovoltaico, intesa come involucro dei telai di sostegno dei moduli fotovoltaici, è un sottoinsieme dell'area occupata dalla coltivazione di nocciole esistente che andrà ad integrarsi con l'impianto stesso. Il posizionamento dei telai sull'area tiene conto della vincolistica esistente: le strutture di sostegno dei moduli così come tutto il resto della componentistica dell'impianto sono posizionati fuori da qualunque vincolo paesaggistico mentre la piantagione di nocciole esistente risulta più estesa.

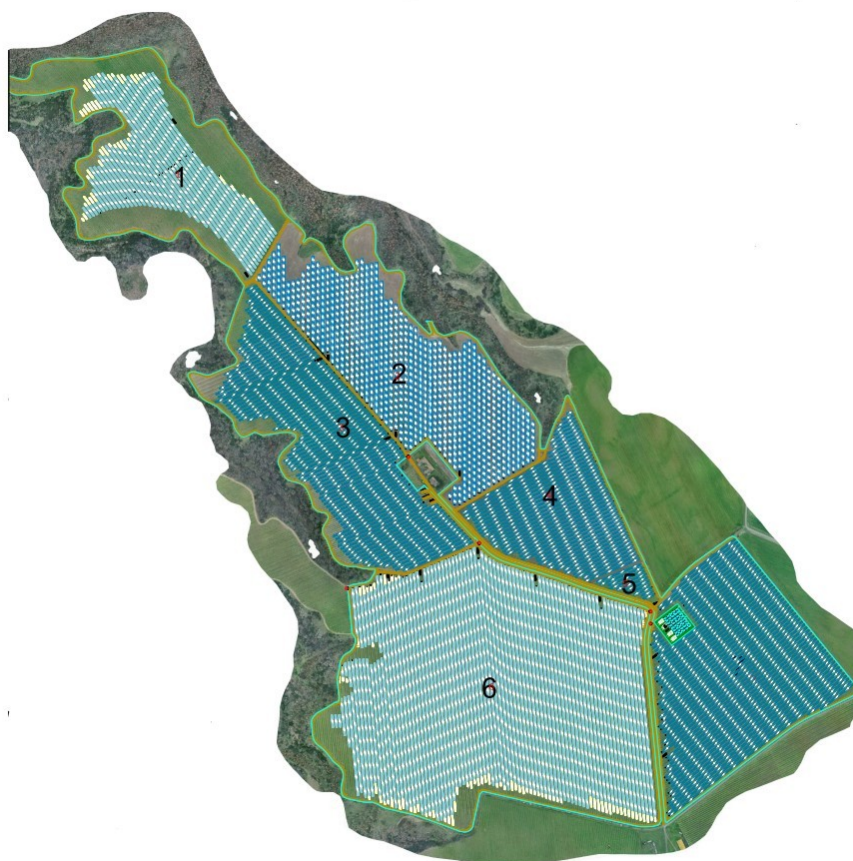


Illustrazione 2: Layout impianto

L'impianto agrovoltaiico Viterbo 2 integra inoltre un impianto di accumulo (BESS) di energia della potenza di 20 MW e con una capacità di accumulo di 80 Mwh.

L'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" si compone di sette sottocampi posizionati in contiguità fra di loro e in un'area con caratteristiche orografiche prettamente pianeggiante. I telai di sostegno dei moduli fotovoltaici presentano tipologie ed orientamenti differenti a seconda del sottocampo seguendo di fatto il sesto di impianto del nocciolo.

In particolare i sottocampi presentano le seguenti caratteristiche di orientamento e di tecnologia.

SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA DI PICCO (kW)
SC1	TRACKER ASSE ORIZZONTALE	37°	-	5.506,200
SC2	TRACKER ASSE ORIZZONTALE	0°	-	13.645,800
SC3	FISSO	23°	15°	8.458,800
SC4	FISSO	23°	15°	4.803,960
SC5	FISSO	23°	15°	367,080
SC6	TRACKER ASSE ORIZZONTALE	6°	-	23.253,720
SC7	FISSO	37°	15°	9.256,800

Tabella 2: Distribuzione dei telai per singolo sottocampo

Riepilogando in termini di sostegni ed orientamenti omogenei si ottiene la seguente configurazione:

TIPOLOGIA	SOTTOCAMPO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA kW
TRACKER ASSE ORIZZONTALE	SC1	37°	-	5506
TRACKER ASSE ORIZZONTALE	SC2	0°	-	13645
FISSO	SC3, SC4, SC5	23°	15°	13630
TRACKER ASSE ORIZZONTALE	SC6	6°	-	23254
FISSO	SC7	37°	15°	9257

PRESTAZIONI ED EMISSIONI EVITATE

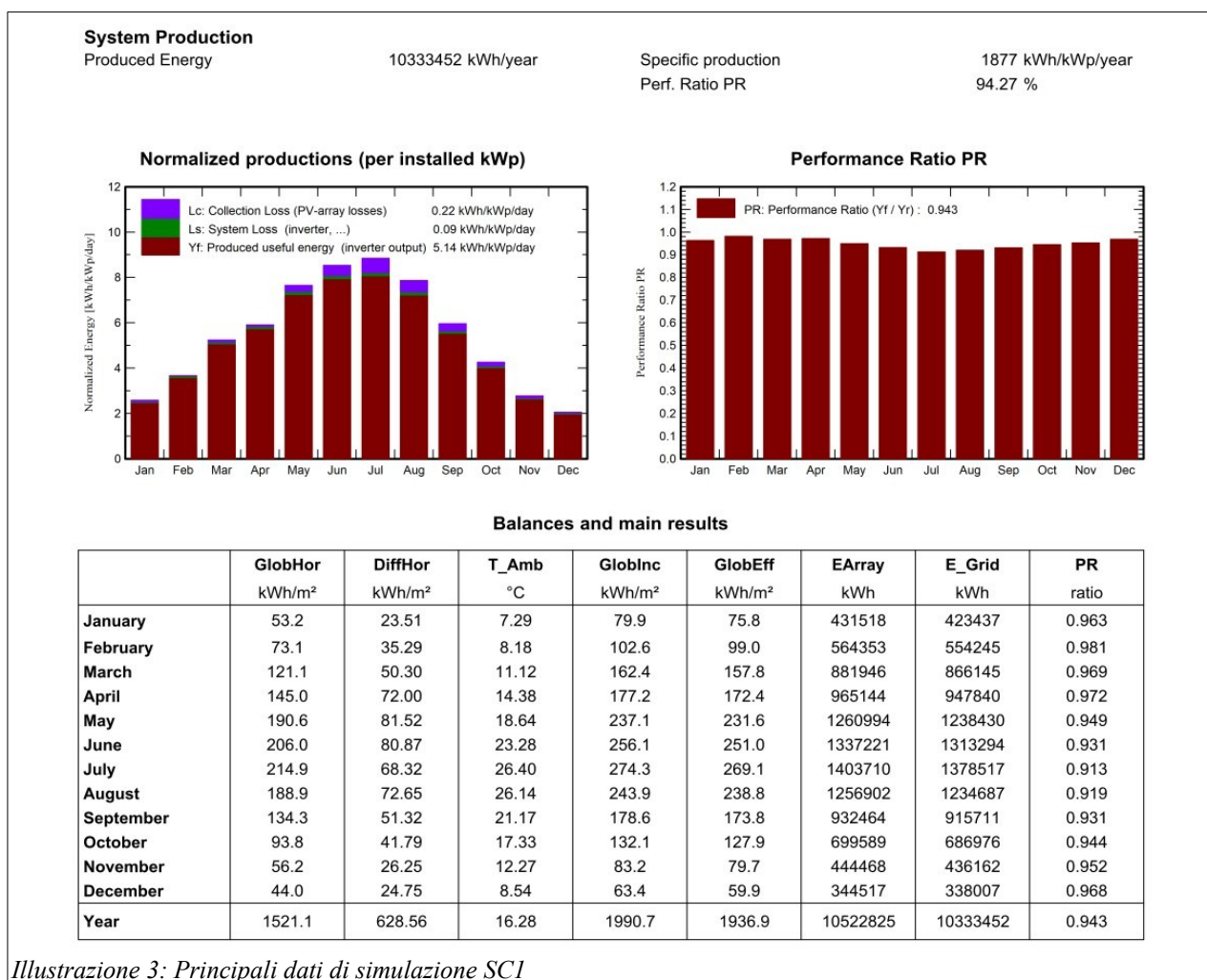
Effettuando una simulazione tramite il software PVsyst V7.4.5 v7.4.5 che utilizza i dati della banca dati Meteonorm 8.1 si ottengono per ogni singolo sottocampo, le seguenti prestazioni (per i dettagli si veda l'allegato :

SC1

Tabella 3: Caratteristiche SC1

SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA kW
SC1	TRACKER ASSE ORIZZONTALE	37°	-	5.506,200

Tabella 4: Riepilogo dati SC1



La produzione di energia elettrica per il sottocampo SC1 risulta essere **10.333.452 kWh/anno**

SC2

SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA DI PICCO (kW)
SC2	TRACKER ASSE ORIZZONTALE	0°	-	13.645,800

Tabella 5: Riepilogo dati SC2

System Production

Produced Energy

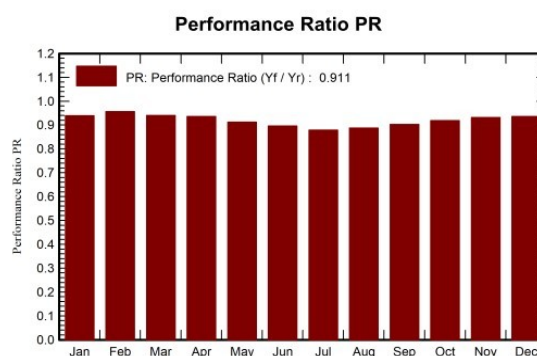
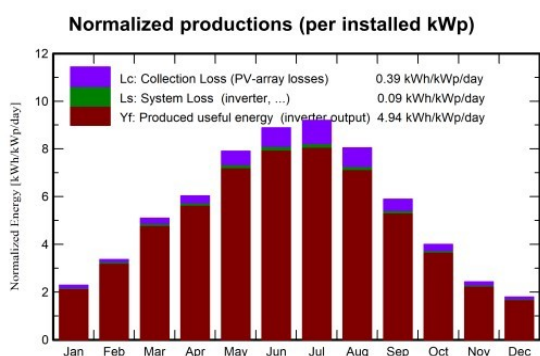
25484796 kWh/year

Specific production

1802 kWh/kWp/year

Perf. Ratio PR

91.05 %



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	53.2	23.51	7.29	70.8	65.9	957199	939554	0.939
February	73.1	35.29	8.18	94.2	89.4	1297026	1274060	0.957
March	121.1	50.30	11.12	158.0	151.4	2141037	2102663	0.941
April	145.0	72.00	14.38	180.9	174.0	2437897	2393759	0.936
May	190.6	81.52	18.64	245.1	236.9	3220618	3162130	0.912
June	206.0	80.87	23.28	266.6	258.6	3440877	3378406	0.896
July	214.9	68.32	26.40	285.1	276.9	3607821	3541948	0.879
August	188.9	72.65	26.14	249.5	241.7	3187735	3130704	0.887
September	134.3	51.32	21.17	176.9	170.0	2297861	2256417	0.902
October	93.8	41.79	17.33	123.9	117.9	1639183	1609774	0.919
November	56.2	26.25	12.27	72.7	68.3	976312	958334	0.932
December	44.0	24.75	8.54	55.7	51.3	751239	737047	0.936
Year	1521.1	628.56	16.28	1979.3	1902.4	25954805	25484796	0.911

Illustrazione 4: Principali dati di simulazione SC2

La produzione di energia elettrica per il sottocampo SC2 risulta essere **25.484.796 kWh/anno**

SC3

SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA DI PICCO (kW)
SC3	FISSO	23°	15°	8.458,800

Tabella 6: Riepilogo dati SC3

System Production

Produced Energy

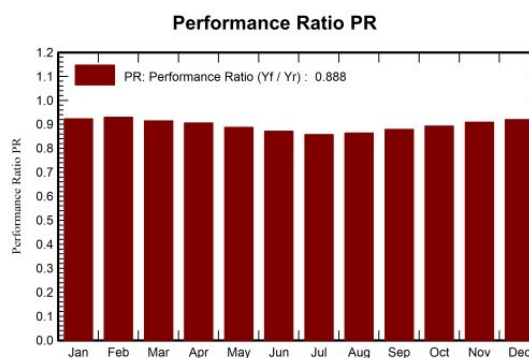
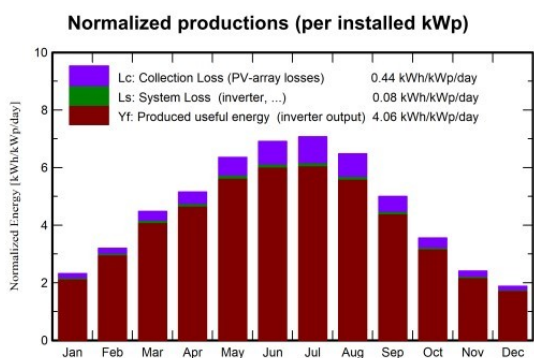
12549777 kWh/year

Specific production

1484 kWh/kWp/year

Perf. Ratio PR

88.81 %



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	53.2	23.51	7.29	71.9	69.0	572462	561785	0.924
February	73.1	35.29	8.18	89.5	86.7	716430	703592	0.929
March	121.1	50.30	11.12	138.9	135.0	1094143	1074365	0.915
April	145.0	72.00	14.38	154.7	150.7	1206961	1185070	0.906
May	190.6	81.52	18.64	197.0	192.1	1506124	1478832	0.887
June	206.0	80.87	23.28	207.4	202.3	1556234	1527988	0.871
July	214.9	68.32	26.40	219.3	214.1	1620300	1590782	0.858
August	188.9	72.65	26.14	200.9	196.1	1495270	1468509	0.864
September	134.3	51.32	21.17	150.2	146.0	1136522	1115918	0.879
October	93.8	41.79	17.33	110.3	106.7	848967	833512	0.893
November	56.2	26.25	12.27	72.2	69.5	565683	555139	0.909
December	44.0	24.75	8.54	58.3	55.9	463008	454286	0.920
Year	1521.1	628.56	16.28	1670.6	1624.1	12782104	12549777	0.888

Illustrazione 5: Principali dati di simulazione SC2

La produzione di energia elettrica per il sottocampo SC3 risulta essere **12.549.777 kWh/anno**

SC4 – SC5

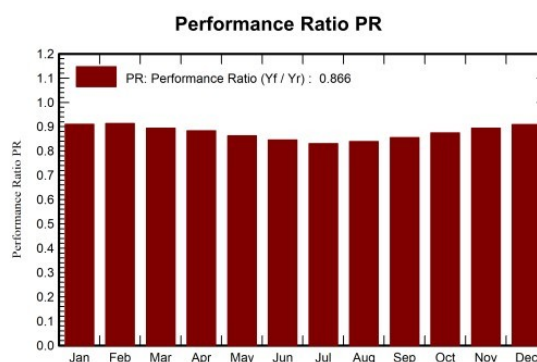
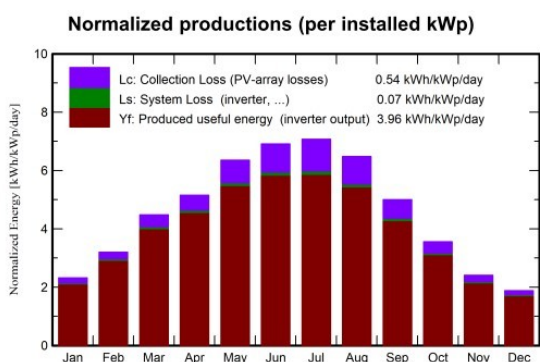
Stante la continuità elettrica dei due sottocampi e l'omogenità dei sostegni e degli orientamenti è stata effettuata una simulazione congiunta dei due sottocampi

SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA DI PICCO (kW)
SC4 - SC5	FISSO	23°	15°	5.171,040

Tabella 7: Riepilogo dati SC4 - SC5

System Production

Produced Energy 7481447 kWh/year Specific production 1447 kWh/kWp/year
 Perf. Ratio PR 86.60 %



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
January	53.2	23.51	7.29	71.9	69.0	344691	338270	0.910
February	73.1	35.29	8.18	89.5	86.7	430346	422637	0.913
March	121.1	50.30	11.12	138.9	135.0	653731	641929	0.894
April	145.0	72.00	14.38	154.7	150.7	720056	707018	0.884
May	190.6	81.52	18.64	197.0	192.1	895563	879363	0.863
June	206.0	80.87	23.28	207.4	202.3	923490	906756	0.845
July	214.9	68.32	26.40	219.3	214.1	959229	941788	0.830
August	188.9	72.65	26.14	200.9	196.1	887747	871882	0.839
September	134.3	51.32	21.17	150.2	146.0	676721	664474	0.856
October	93.8	41.79	17.33	110.3	106.7	508408	499169	0.875
November	56.2	26.25	12.27	72.2	69.5	340214	333886	0.894
December	44.0	24.75	8.54	58.3	55.9	279525	274274	0.909
Year	1521.1	628.56	16.28	1670.6	1624.1	7619720	7481447	0.866

Illustrazione 6: Principali dati di simulazione SC4 - SC5

La produzione di energia elettrica per i sottocampi SC4 - SC5 risulta essere **7.481.447 kWh/anno**

SC6

Stante la continuità elettrica dei due sottocampi e l'omogenità dei sostegni e degli orientamenti è stata effettuata una simulazione congiunta dei due sottocampi

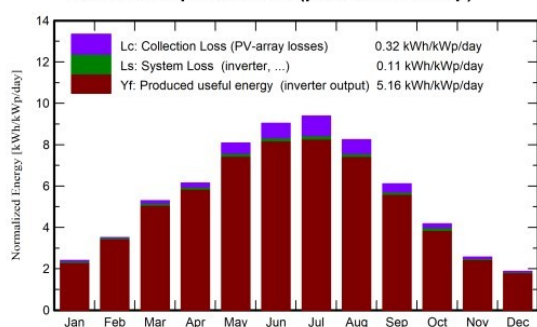
SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA DI PICCO (kW)
SC6	TRACKER ASSE ORIZZONTALE	6°	-	23.253,720

Tabella 8: Riepilogo dati SC6

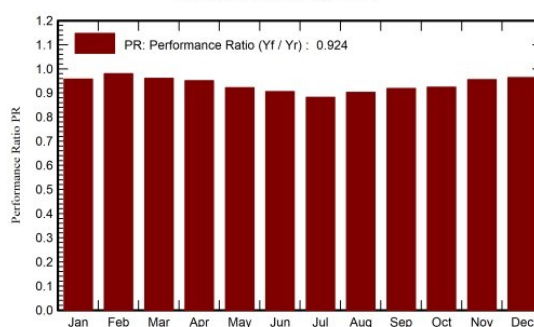
System Production

Produced Energy 44085906 kWh/year Specific production 1883 kWh/kWp/year
 Perf. Ratio PR 92.40 %

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 kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	53.2	23.51	7.29	74.7	70.3	1717418	1673836	0.957
February	73.1	35.29	8.18	98.4	94.4	2300662	2259553	0.981
March	121.1	50.30	11.12	163.9	158.5	3756937	3687673	0.961
April	145.0	72.00	14.38	184.6	178.8	4189603	4111776	0.952
May	190.6	81.52	18.64	250.5	243.6	5509068	5405731	0.922
June	206.0	80.87	23.28	271.3	264.6	5862866	5752515	0.906
July	214.9	68.32	26.40	290.9	284.1	6127899	6011882	0.883
August	188.9	72.65	26.14	255.5	249.1	5502767	5400328	0.903
September	134.3	51.32	21.17	183.4	177.6	4017995	3943173	0.918
October	93.8	41.79	17.33	129.3	124.5	2904776	2799509	0.925
November	56.2	26.25	12.27	77.1	73.3	1757252	1725179	0.956
December	44.0	24.75	8.54	58.2	54.5	1342517	1314750	0.964
Year	1521.1	628.56	16.28	2037.9	1973.4	44989760	44085906	0.924

Illustrazione 7: Principali dati di simulazione SC6

La produzione di energia elettrica per i sottocampi SC6 risulta essere **44.085.906 kWh/anno**

SC7

SOTTOCAMPO	SOSTEGNO	ORIENTAMENTO	TILT	POTENZA DI PICCO (kW)
SC7	FISSO	37°	15°	9.256,800

Tabella 9: Riepilogo dati SC7

System Production

Produced Energy

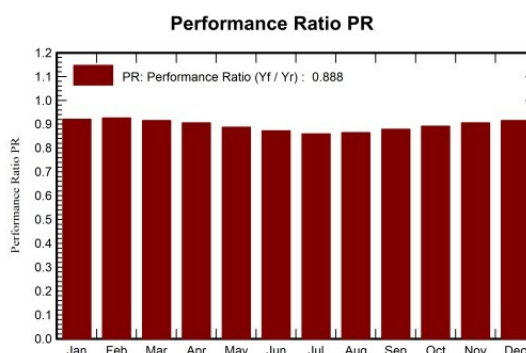
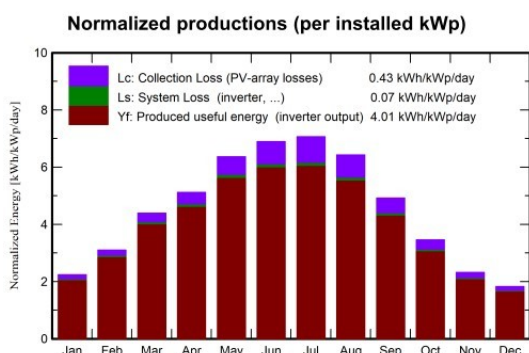
14207613 kWh/year

Specific production

1464 kWh/kWp/year

Perf. Ratio PR

88.78 %



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	53.2	23.51	7.29	69.5	66.5	632753	620977	0.921
February	73.1	35.29	8.18	86.9	83.9	795525	781269	0.927
March	121.1	50.30	11.12	136.1	132.3	1231608	1209292	0.916
April	145.0	72.00	14.38	153.6	149.5	1374804	1349787	0.906
May	190.6	81.52	18.64	197.2	192.3	1730288	1698790	0.888
June	206.0	80.87	23.28	206.8	201.9	1783306	1750770	0.872
July	214.9	68.32	26.40	218.9	213.9	1859072	1824997	0.859
August	188.9	72.65	26.14	199.3	194.5	1702477	1671800	0.865
September	134.3	51.32	21.17	147.6	143.4	1282417	1259080	0.879
October	93.8	41.79	17.33	107.1	103.3	943870	926673	0.892
November	56.2	26.25	12.27	69.6	66.8	623616	612016	0.906
December	44.0	24.75	8.54	56.5	53.9	511829	502161	0.916
Year	1521.1	628.56	16.28	1649.2	1602.1	14471565	14207613	0.888

Illustrazione 8: Principali dati di simulazione SC7

La produzione di energia elettrica per i sottocampi SC7 risulta essere **14.207.613 kWh/anno**

Riassumendo i valori per le singole simulazioni di ottiene una produzione totale di energia elettrica pari a:

SOTTOCAMPO	PRODUZIONE (kWh/anno)
SC1	10.333.452
SC2	25.484.796
SC3	12.549.777
SC4 -SC5	7.481.447
SC6	44.085.906
SC7	14.207.613
TOTALE PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA	114.142.991

In termini di TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) risparmiate, considerando un fattore di correlazione pari a 0,23 TEP/MWh indicato nell'allegato n. 3, "Tabella di conversione TEP", del decreto direttoriale 19 marzo 2014 come modificato dal Decreto del Ministero Sviluppo Economico del 27 marzo 2014 **si ottiene un risparmio annuo in tal senso pari a:**

$$114.143 * 0,23 = 26.253 \text{ TEP}$$

mentre in termini di emissioni di CO₂ evitate, calcolate sulla base dei fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica riportati nella tabella Tabella 2.24 del rapporto ISPRA *Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico 363/2022*, l'impianto agrovoltaiico Viterbo 2 presenta i seguenti risultato:

Inquinanti	Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	Energia Elettrica rinnovabile prodotta dall'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" [kWh]/anno	Emissioni evitate in un anno [t]	Emissioni evitate in 30 anni [t]
CO ₂	449,100	114.142.991	51.261 t/anno	51.261 x 30 = 1.537.848 t

Tabella 10: Emissioni CO₂ evitate

Il valore delle emissioni di CO₂ è stato calcolato sulla base del fattore aggiornato al 2020 e dove è esclusa l'elettricità prodotta da rifiuti biodegradabili, biogas e biomasse di origine vegetale in quanto va da se che, l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, andrà a sostituire solo quella prodotta da fonti fossili.

ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO

L'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" si compone di sette sottocampi. Ogni sottocampo presenta delle caratteristiche dei sostegni dei telai differenti in modo da perseguire la migliore integrazione con l'attività agricola che vi si svolge al di sotto. L'architettura dell'impianto fotovoltaico è la seguente:

- moduli fotovoltaici monocristallini bifacciali a tecnologia della potenza PERC ciascuno di 665 W connessi in serie da 24 moduli;
- strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, fondati su profili in acciaio zincato infissi direttamente al suolo, sia ad inseguimento monoassiale (o tracker) sia su strutture fisse. In particolare sono utilizzati le seguenti tipologie:

SOSTEGNO	SOTTOCAMPO DI UTILIZZO	DESCRIZIONE	NUMERO DI SOSTEGNI
TRACKER H 2X3	SC1, SC6	2 file di moduli /3 moduli per fila – posizione moduli orizzontali	80, 144
TRACKER H 2X12	SC1, SC6	2 file di moduli /12 moduli per fila – posizione moduli orizzontali	325, 1421
TRACKER V 2X12	SC2	2 file di moduli /12 moduli per fila – posizione moduli verticali	855
FIX 1X12	SC3, SC4, SC5, SC7	1 fila di moduli/12 moduli per fila – posizione moduli orizzontali	1060, 602, 46, 1160

- inverter ciascuno della potenza nominale di 300 kW ciascuno distribuiti all'interno dell'impianto (inverter di stringa);
- Cabine di campo prefabbricate:

DESCRIZIONE	NUMERO
cabine di parallelo degli inverter di stringa	16
cabine di trasformazione alla tensione di connessione 36 kV	16
cabine di media tensione (cabine di anello (o ring) e cabine di parallelo MT	16
Cabine di parallelo sottocampi (Cabine di RING)	3
cabina prefabbricata con la funzione di control room	1
Cabina di consegna e di parallelo con il BESS	1

La cabine di ciascun campo sono fra loro connesse a livello di media tensione con un'architettura di tipo ad anello (RING) in modo tale da ridurre il numero di cavi in media tensione da utilizzare e nel contempo, a seconda dell'assetto assunto (anello chiuso o anello aperto), consentire fuori servizio per ragioni di manutenzione di una delle cabine senza interrompere il funzionamento delle altre.

A servizio dell'impianto viene poi realizzata una illuminazione con fari posti su pali che sostengono anche le telecamere per la videosorveglianza. Nell'area di ciascun impianto è presente una viabilità interna costituita da inerti. Tale viabilità viene utilizzata sia per la fase di costruzione dell'impianto sia per la manutenzione durante la fase operativa oltre che per

la coltivazione del nocciolo esistente.

Di seguito per ogni sottocampo si riportano nel dettaglio le caratteristiche elencate:

SOTTOCAMPO SC1

Il sottocampo SC1 si sviluppa su una superficie intesa come involucro dei telai di sostegno tracker tipo H (moduli disposti in orizzontale su due file parallele) dei moduli pari a ~ 10 ettari. I moduli utilizzati sono 8280 per una potenza di picco del sottocampo, calcolata come somma delle potenze dei moduli, pari a 5506,200 kW

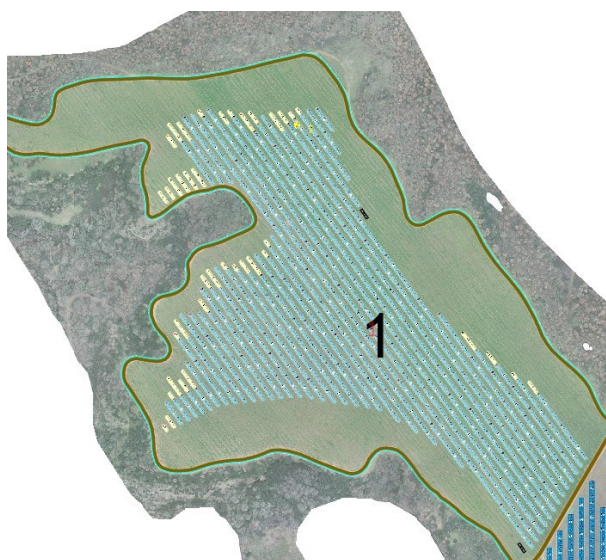


Illustrazione 9: Sottocampo SC1 su ortofoto

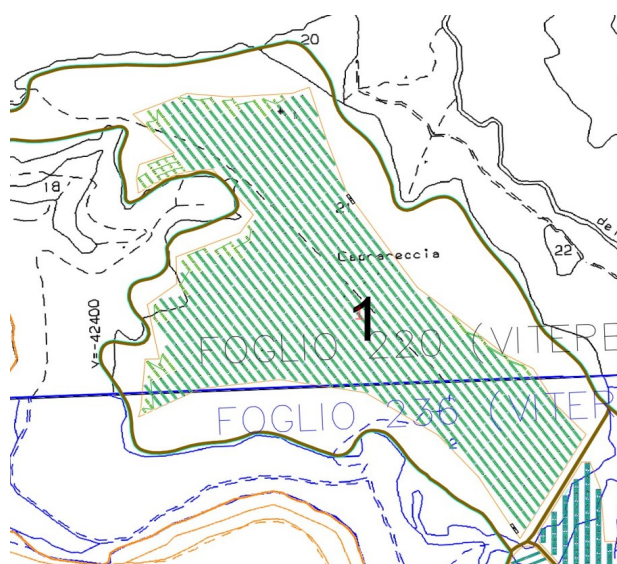


Illustrazione 10: Sottocampo SC1 su catastale

Il sottocampo SC1 si compone di:

SC1	
Numero di moduli	8280
TX1 TX2	
Power Station TX (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	Potenza trafo 3400 kVA 3400 kVA
	Numero di inverter 10 9
Numero totale di inverter	19
Numero totale di trasformatori	2
Cabina di utenza di media tensione	RING 1

Tabella 11: Organizzazione della sezione SC-2

Il sottocampo SC1 presenta le seguenti strutture di sostegno

No.	FIX 1X12	TRACKER H 2X12	TRACKER V 2X12	TRACKER H 2X3	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
1	-	325	-	80	8280	9.000	9.000	28.77	5506.200	0.3

Tabella 12

SOTTOCAMPO SC2

Il sottocampo SC2 si sviluppa su una superficie intesa come involucro dei telai di sostegno tracker tipo V (moduli disposti in verticale su due file parallele) dei moduli pari a ~ 17,54 ettari. I moduli utilizzati sono 20520 per una potenza di picco del sottocampo, calcolata come somma delle potenze dei moduli, pari a 13645.800 kW.

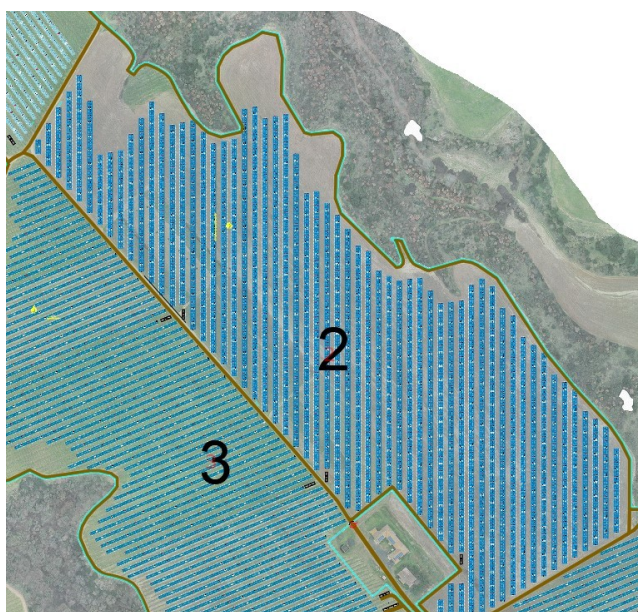


Illustrazione 11: Ortofoto SC2

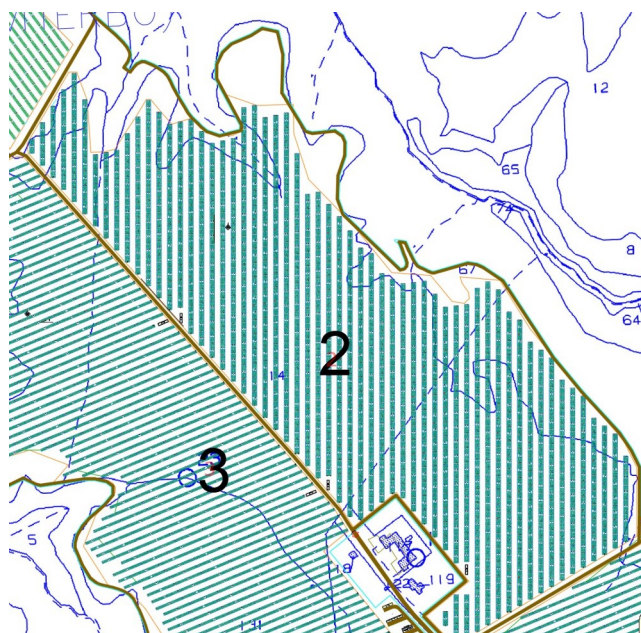


Illustrazione 12: Sottocampo SC2 su catastale

Il sottocampo SC2 presenta le seguenti caratteristiche:

SC2				
Numero di moduli		20520		
		TX3	TX4	TX5
Power Station TX (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	Potenza trafo	5800 kVA	5800 kVA	4800
	Numero di inverter	16	16	13
Numero totale di inverter		45		
Numero totale di trasformatori		3		
Cabina di utenza di media tensione		RING 1		

Tabella 13: Organizzazione della sezione SC2

Il sottocampo SC2 presenta le seguenti strutture di sostegno

No.	FIX 1X12	TRACKER H 2X12	TRACKER V 2X12	TRACKER H 2X3	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
2	-	-	855	-	20520	12.000	12.000	37	13345,800	0,4

Tabella 14

SOTTOCAMPO SC3

Il sottocampo SC3 si sviluppa su una superficie intesa come involucro dei telai di sostegno fissi dei moduli pari a ~ 16,83 ettari. I moduli utilizzati sono 12720 per una potenza di picco del sottocampo, calcolata come somma delle potenze dei moduli, pari a 8458.800 kW.

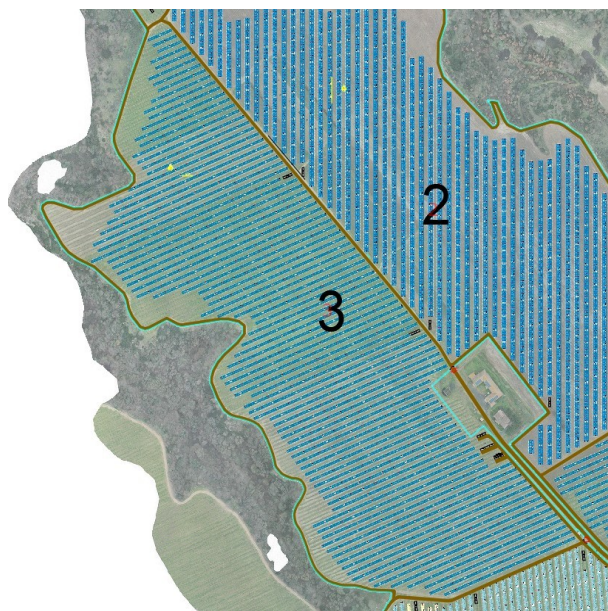


Illustrazione 13: Ortofoto SC3

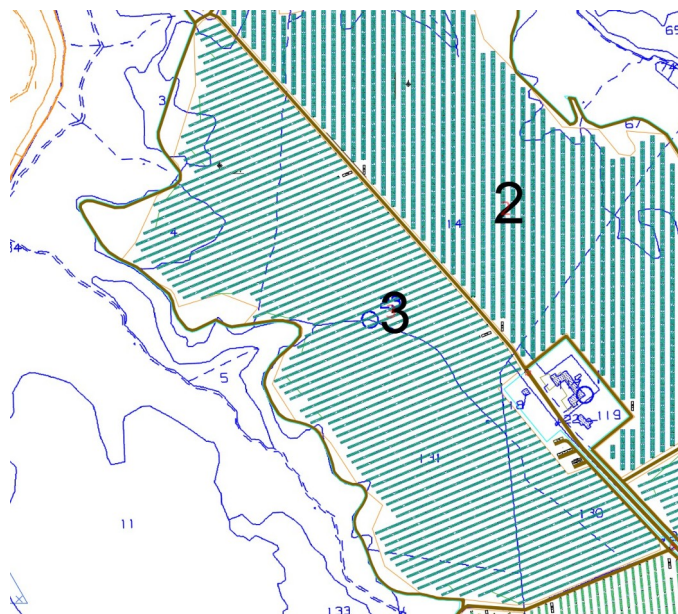


Illustrazione 14: Sottocampo SC3 su catastale

Impianto Agrovoltaiico Avanzato "Viterbo 2" di 65.292,36 kWp connesso alla RTN con sistema di accumulo di 20 MW
 Regione Lazio – Comune di Viterbo (VT)
 Società CCEN Viterbo 2 srl srl Piazza Walther von Vogelweide 8 – 39100 Bolzano (BZ)

SC3				
Numero di moduli	12720			
		TX6	TX7	TX8
Power Station TX (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	Potenza trafo	3600 kVA	3600 kVA	3000
	Numero di inverter	10	10	7
Numero totale di inverter	27			
Numero totale di trasformatori	3			
Cabina di utenza di media tensione	RING 1			

Tabella 15 Organizzazione della sezione SC3

No.	FIX 1X12	TRACKER H 2X12	TRACKER V 2X12	TRACKER H 2X3	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
3	1060	-	-	-	12720	9.000	9.000	22,9	8458,800	0,26

Tabella 16

SOTTOCAMPO SC4 – SC5

I sottocampi SC4 e SC5 anche se separati, presentano una continuità elettrica e pertanto li si considera come un unico sottocampo. La superficie occupata sempre considerata come involucro dei telai di sostegno dei moduli di tipo fissi (tipo FIX 1X12) è pari a ~ 10,22 ettari. I moduli utilizzati sono 7776 per una potenza di picco del sottocampo, calcolata come somma delle potenze dei moduli, pari a 5171,040 kW.

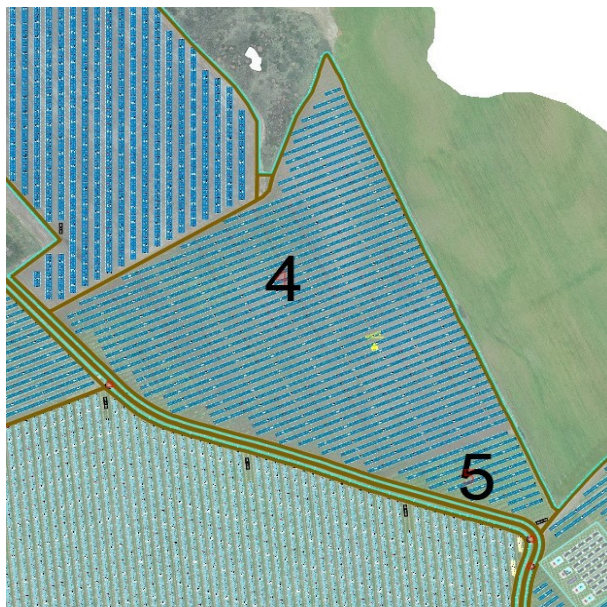


Illustrazione 15: Ortofoto SC4 - SC5

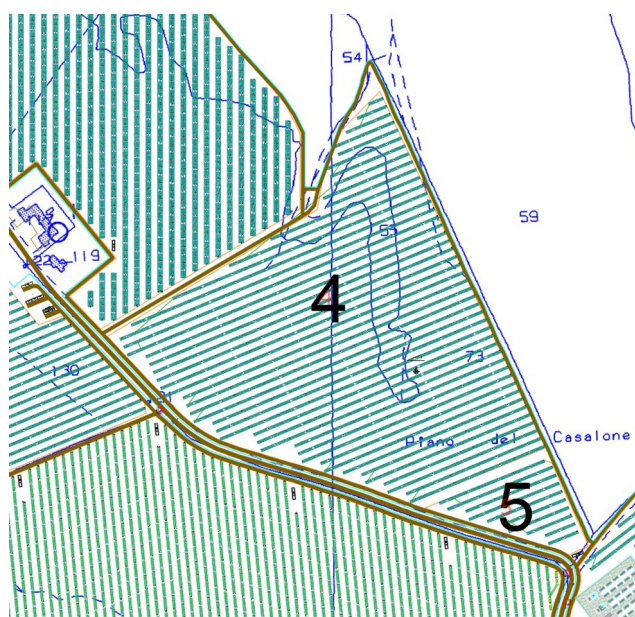


Illustrazione 16: Sottocampo SC-5 su catastale

SC4 - SC5		
Numero di moduli	7776	
	TX16	
Power Station TX (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	Potenza trafo	5800 kVA
	Numero di inverter	16
Numero totale di inverter	16	
Numero totale di trasformatori	1	
Cabina di utenza di media tensione	RING 2	

Tabella 17: Organizzazione della sezione SC4-SC5

No.	FIX 1X12	TRACKER H 2X12	TRACKER V 2X12	TRACKER H 2X3	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
4	602	-	-	-	7224	9.000	9.000	23,36	4803,960	0,26
5	16	-	-	-	552	9.000	9.000	20,63	367,080	0,26

Tabella 18

SOTTOCAMPO SC6

Il sottocampo SC6 si sviluppa su una superficie intesa come involucro dei telai di sostegno dei moduli di tipo tracker (tipo H 2X12 e H 2X3) pari a ~ 41,32 ettari. I moduli utilizzati sono 34968 per una potenza di picco del sottocampo, calcolata come somma delle potenze dei moduli, pari a 23253.720 kW.

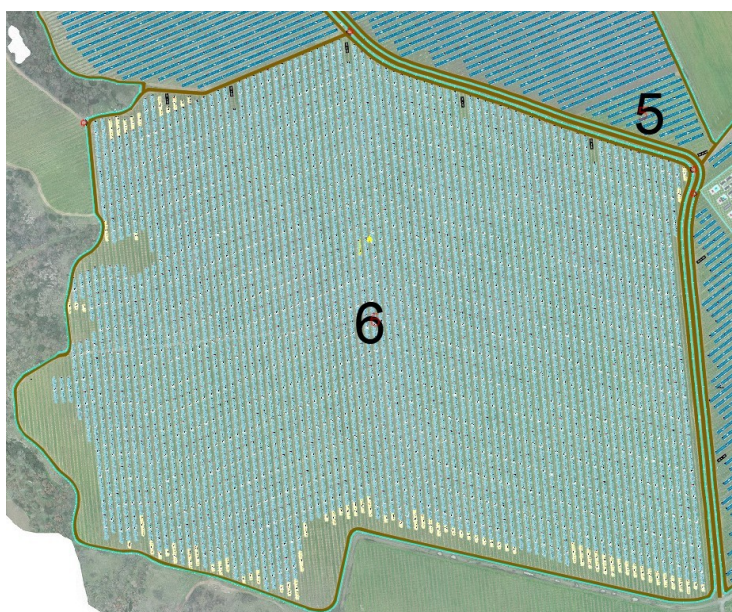


Illustrazione 17: Ortofoto SC6

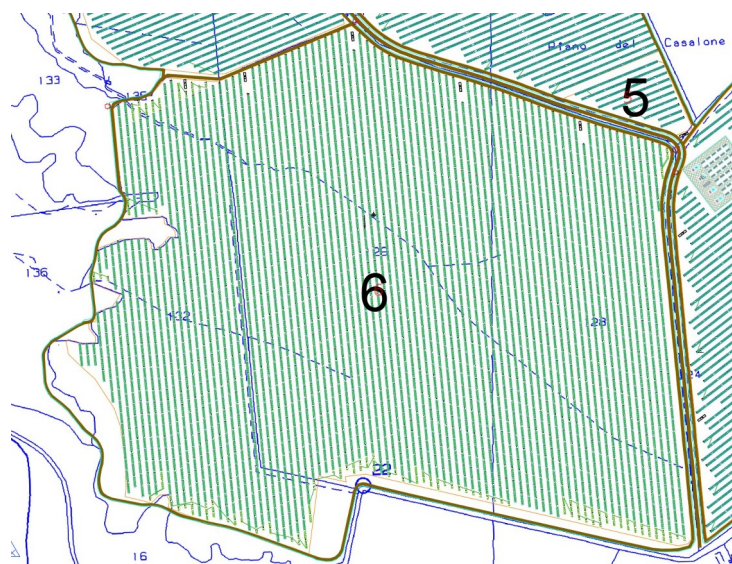


Illustrazione 18: Sottocampo SC6 su catastale

Impianto Agrovoltaiico Avanzato "Viterbo 2" di 65.292,36 kWp connesso alla RTN con sistema di accumulo di 20 MW
 Regione Lazio – Comune di Viterbo (VT)
 Società CCEN Viterbo 2 srl srl Piazza Walther von Vogelweide 8 – 39100 Bolzano (BZ)

SC6						
Numero di moduli		34968				
		TX11	TX12	TX13	TX14	TX15
Power Station TX (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	Potenza trafo	5800 kVA	5800 kVA	5800 kVA	5800 kVA	3600 kVA
	Numero di inverter	16	16	16	16	10
Numero totale di inverter		74				
Numero totale di trasformatori		5				
Cabina di utenza di media tensione		RING 2				

Tabella 19: Organizzazione della sezione SC6

No.	FIX 1X12	TRACKER H 2X12	TRACKER V 2X12	TRACKER H 2X3	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
6	-	1421	-	144	34968	9.000	9.000	29,43	23253.720	0,3

Tabella 20

SOTTOCAMPO SC7

Il sottocampo SC7 si sviluppa su una superficie intesa come involucro dei telai di sostegno dei moduli di tipo fisso (tipo FIX 1X12) pari a ~ 18,97 ettari. I moduli utilizzati sono 13920 per una potenza di picco del sottocampo, calcolata come somma delle potenze dei moduli, pari a 9256.800 kW.

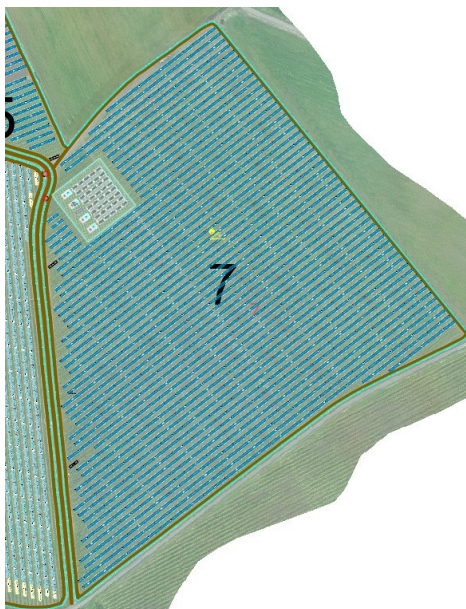


Illustrazione 19: sottocampo sc7

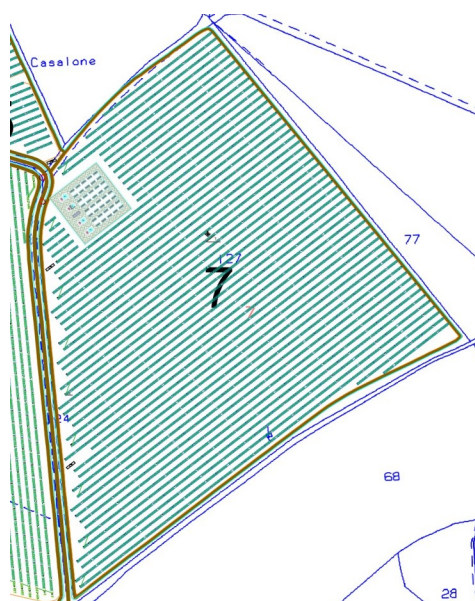


Illustrazione 20: Sottocampo SC7 su catastale

SC7			
Numero di moduli	34968		
Power Station TX (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	TX9	TX10	
	Potenza trafo	5800 kVA	4800 kVA
	Numero di inverter	16	13
Numero totale di inverter	29		
Numero totale di trasformatori	2		
Cabina di utenza di media tensione	RING 2		

Tabella 21: Organizzazione della sezione SC7

No.	FIX 1X12	TRACKER H 2X12	TRACKER V 2X12	TRACKER H 2X3	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
7	1160	1421	-	-	.	9.000	9.000	22,33	9256,900	0,26

Tabella 22

Riepilogando l'impianto agrovoltaiico Viterbo 2 presenta le seguenti caratteristiche

	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	TOTALE
Totale superficie impianto	10 01 54	17 54 09	16 83 16	9 40 87	0 81 37	41 31 97	18 96 56	114 ha 89 a 56 ca
Area recintata totale m ²								133 ha 74 a 75 ca
Numero totali pannelli	8280	20520	12720	7224	552	34968	13920	98184
Numero di power station	2	3	3	1		5	2	16
Numero di inverter	19	45	27	16		74	29	210
Potenza kW	5.506,200	13.645,800	8.458,800	4.803,960	367,080	23.253,72	9.256,80	65.292,36
Superficie pannelli fotovoltaici m ²	25.721	63.742	39.513	22.440	1.715	108.623	43.240	304.994
Sedime area sistema di accumulo m ²								5.256,00

Tabella 23: Caratteristiche geometriche

COMPONENTI IMPIANTO DI PRODUZIONE

Le componenti fondamentali dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" sono:

- MODULI FOTOVOLTAICI
- INVERTER
- CABINE ELETTRICHE
- STRUTTURE DI SOSTEGNO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE (TRACKER) E FISSE
- ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE
- RECINZIONE (Esistente in parte per la presenza del nonccioleto), VIABILITÀ (Esistente per la presenza del noccioleto)
- IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE E VIDEO SORVEGLIANZA
- IMPIANTO DI ACCUMULO

MODULI FOTOVOLTAICI

Il presente progetto è stato sviluppato sulla base di una tipologia di moduli bifacciali della potenza di 665 W in grado cioè di captare la radiazione solare anche dalla faccia non direttamente esposta alla radiazione solare. L'utilizzo della tecnologia dei moduli bifacciali associa l'affidabilità e la sicurezza sia in termini impiantistici sia in termini ambientali dei classici moduli fotovoltaici a tecnologia a silicio cristallino, sia le più recenti applicazioni connesse alla ricerca di ottimizzazioni delle prestazioni delle celle. In particolare la tecnologia PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) viene impiegata per le celle fotovoltaiche al fine di aumentare le prestazioni e l'efficienza delle stesse e consiste nell'applicazione di uno strato posteriore passivante in grado di riflettere e recuperare la luce non assorbita dalla cella. In questo modo è possibile ottimizzare la cattura degli elettroni, sfruttandone il maggior numero possibile per ogni cella e trasformando in elettricità una maggiore quantità di energia solare. L'efficienza della tecnologia PERC si somma poi al fatto di usare moduli bifacciali che sono costituiti da celle in grado di "trasformare" l'energia solare sia frontalmente che posteriormente. L'energia catturata dal retro dei moduli è quella resa possibile dal fattore di albedo della superficie su cui i moduli si trovano.

Il "coefficiente di Albedo", che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie, viene espresso con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

Neve e ghiaccio	Alto potere riflettente	0,75
Superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare)	Medio potere riflettente	0,6
Superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure)	Basso potere riflettente	0,27

Tabella 24: Coefficiente di albedo

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere: di conseguenza, anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali sarà più o meno elevata.

In questo modo si sfrutta la radiazione diffusa e riflessa per albedo, aumentando il rendimento di trasformazione dell'energia solare in elettrica.

Nelle simulazione prestazionali del progetto è stato utilizzato un coefficiente di albedo pari a 0,3.

Il tipologico del modulo utilizzato è il seguente:

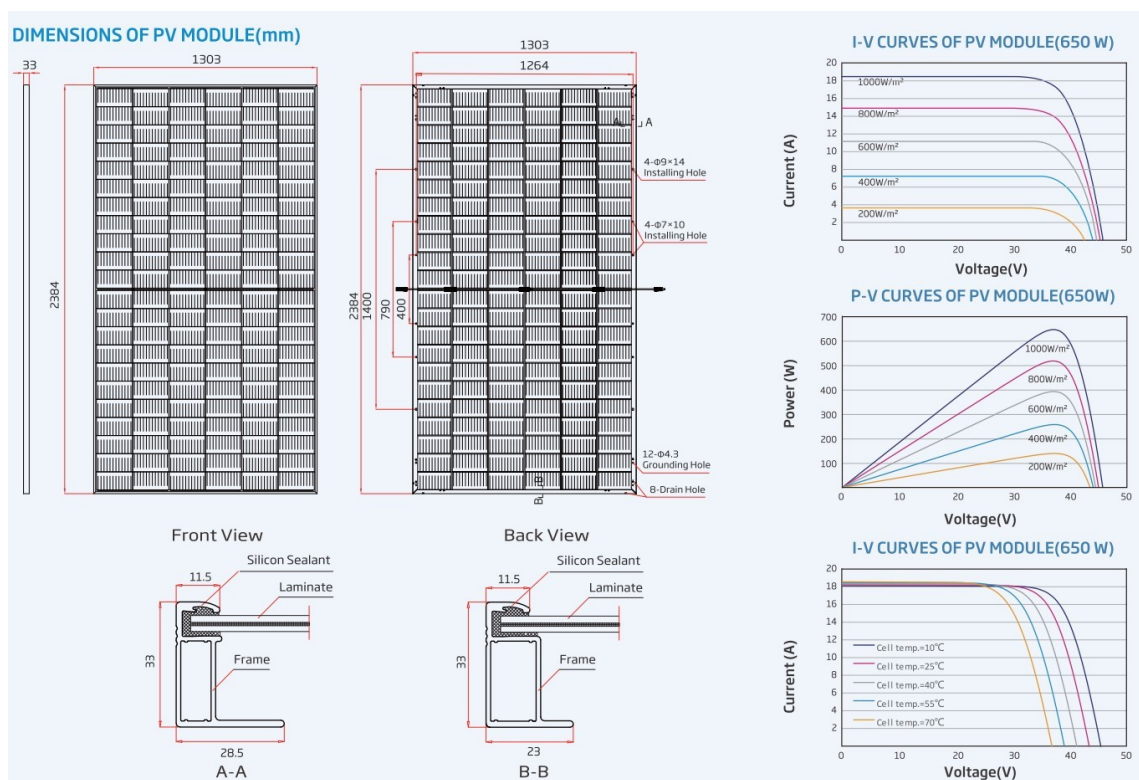


Illustrazione 21: Tipologico del modulo da 665 W

Dal punto di vista elettrico il tipologico di modulo utilizzato nel progetto presenta le seguenti caratteristiche:

ELECTRICAL DATA (STC) TSM-XXXDEG21C.20(XXX=640-665)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	665
Power Selection- P_{MAX} (W)	
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	38.3
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.39
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	46.1
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.50
Module Efficiency η_m (%)	21.4

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	712
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	38.3
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.60
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	46.1
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	19.79
Irradiance ratio (rear/front)	10%

Power Bifaciality:70±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	504
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	35.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	14.16
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	43.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	14.91

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind speed 1m/s.

Illustrazione 22: Caratteristiche elettriche del tipologico del modulo utilizzato

Infine dal punto di vista meccanico e prestazionale, il tipologico di modulo in progetto si caratterizza con i seguenti valori:

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / Trina Solar TS4

TEMPERATURE RATINGS

NOCT(Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

Illustrazione 23: Caratteristiche dimensionali, meccaniche e prestazionali del tipologico di modulo in progetto

STRINGHE

I moduli fotovoltaici da 665 W sono collegati fra di loro in serie in modo da formare delle stringhe. Tutte le stringhe sono composte da 24 moduli. In termini elettrici, il collegamento in serie dei moduli fa sì che la corrente di uscita della singola stringa rimanga pari al valore della corrente del singolo modulo, mentre la tensione di stringa è data dalla somma delle tensioni dei singoli moduli.

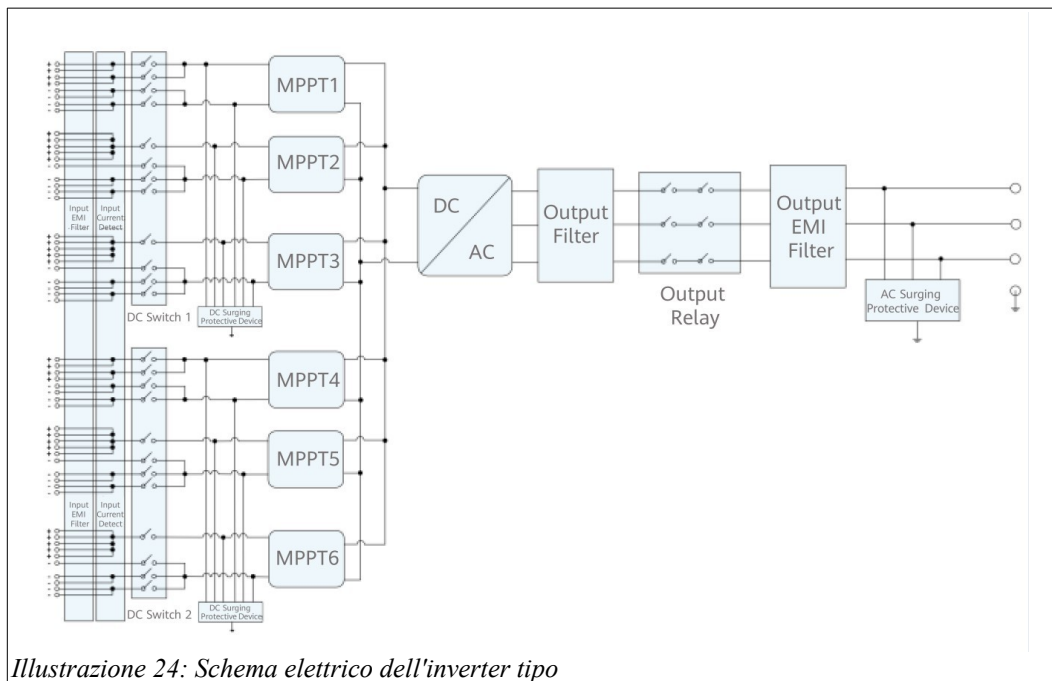
CARATTERISTICHE ELETTRICHE DI UNA SINGOLA STRINGA TIPO IN CONDIZIONI STC	
Numero di moduli per stringa	24
Potenza singola stringa (kw)	15,96 kW
Tensione di stringa V _{mp} (V)	919,2 V
Corrente di stringa I _{mp} (A)	17,39 A
Tensione di stringa V _{oc} (V)	1106,4 V
Corrente di stringa I _{sc} (A)	18,5 A

Tabella 25: Caratteristiche elettriche di una stringa tipo

INVERTER

Gli inverter utilizzati sono di stringa, ossia le stringhe sono connesse direttamente agli inverter senza quadri di parallelo di stringa. In questo modo gli inverter sono posizionati direttamente sul campo, in prossimità dei tracker stessi.

Di seguito lo schema elettrico del tipologico dell'inverter scelto per il progetto del presente impianto.



Dal punto di vista elettrico, gli inverter presentano le seguenti caratteristiche.

	Input (DC)				Output (AC)			
	Numero di MPP indipendenti	Mpp range di tensione VDC	Max tensione in ingresso VDC,max	Max input corrente in ingresso per singolo MPP	Potenza nominale AC (CEI 0-16)	Max corrente in uscita IAC	Tensione nominale AC in uscita	AC power frequency
INVERTER TIPO	6	500 - 1500 V	1500 V	65 A	300 kW	238,2 A	800 V	50/60 Hz

Tabella 26: Grandezze elettriche dell'inverter tipo

General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤ 112 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100% (Non-condensing)
DC Connector	HH45MM4TMSPA / HH45FM4TMSPA
AC Connector	Support OT / DT Terminal (Max. 400 mm²)
Protection Degree	IP 66
Anti-corrosion Protection	C5-Medium
Topology	Transformerless

Illustrazione 25: Caratteristiche meccaniche e dimensionali dell'inverter tipo

In questo caso, così come per i moduli fotovoltaici indicati, le caratteristiche riportate sono dell'inverter tipo e possono essere oggetto di variazioni al momento della realizzazione dell'impianto. Tali caratteristiche tuttavia non influiscono sul resto delle grandezze identificative del progetto (superfici occupate, potenza di picco, tensioni di esercizio, ecc ecc).

STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI

Nel caso dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" vengono utilizzati concettualmente due tipologie di sostegni in funzione del particolare utilizzo agricolo del suolo sottostante. Tutti i telai comunque sono realizzati con profili in acciaio zincato a caldo ed fondati su pali, sempre in acciaio zincato, infissi direttamente al suolo mediante macchina battipalo senza utilizzo di ancoranti di tipo cementizio o altro. La portanza e la resistenza allo sfilaggio sono assicurate dall'attrito fra terreno e palo che viene infisso ad una profondità che dipende dalle caratteristiche del terreno: solitamente la profondità di infissione varia da 1 m fino ad un massimo di 3 m

SISTEMA DI SOSTEGNO FISSO

Questa tipologia di sostegno denominato *FIX 1X12* consiste in un telaio di sostegno per 12 moduli disposti orizzontalmente ad una altezza minima di 3,50 m e con un angolo di tilt di 15°. In questo modo ogni due telai si realizza una stringa da 24 moduli. Il pitch previsto per questa tipologia di tracker è di 9 m.

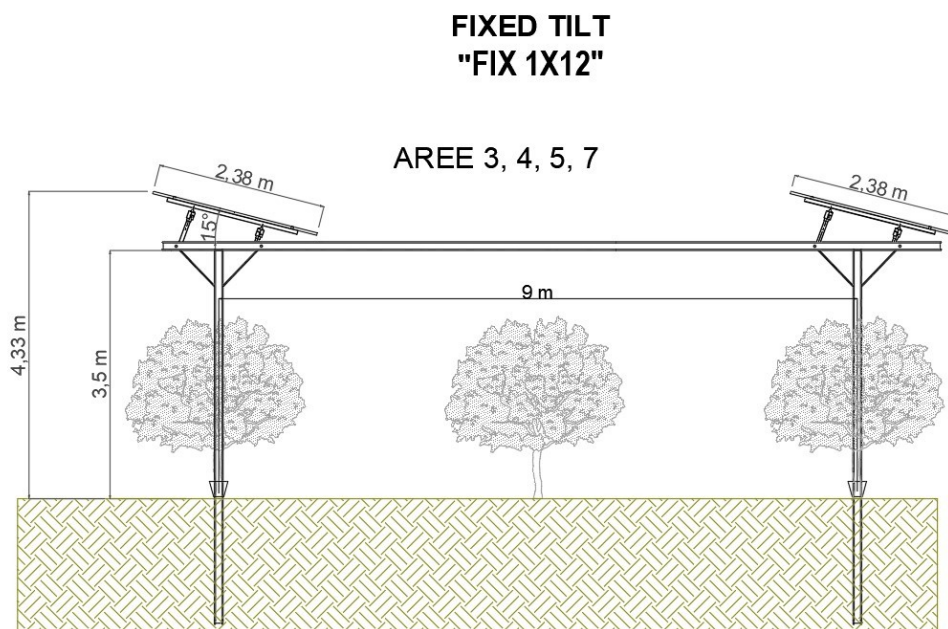


Illustrazione 26: Strutture fisse FIX 1X12

Questa tipologia di sostegno viene utilizzato nei sottocampi SC3, SC4, SC5, e SC7 con un pitch multiplo del sesto di impianto del nocchieleto.

SISTEMA AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE TRACKER;

I tracker sono suddivisi in due tipologie:

- Un sistema con due file parallele da 12 moduli disposti verticalmente denominato **TRACKER V 2X12**

Questa tipologia di tracker viene installato con un pitch di 12 metri nel sottocampo SC2 dove al momento non c'è la presenza di nocchie. In questo caso ogni telaio sostiene una stringa di 24 moduli.

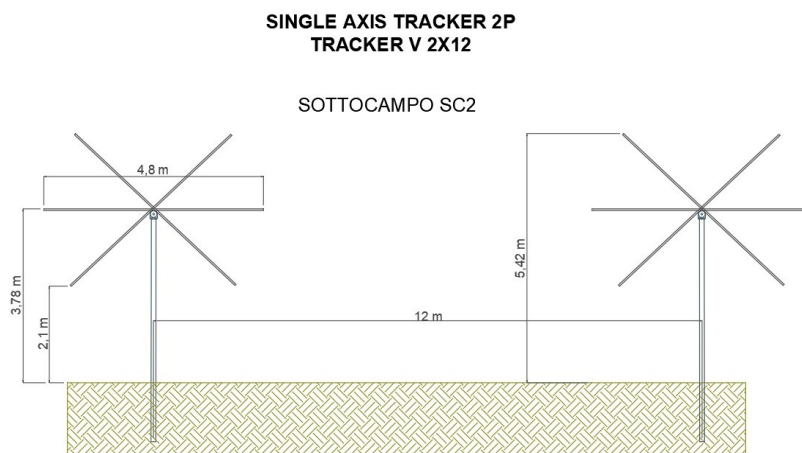


Illustrazione 27: Tracker V 2x12

- Un sistema con due file parallele da 12 moduli disposti orizzontalmente **TRACKER H 2X12**;

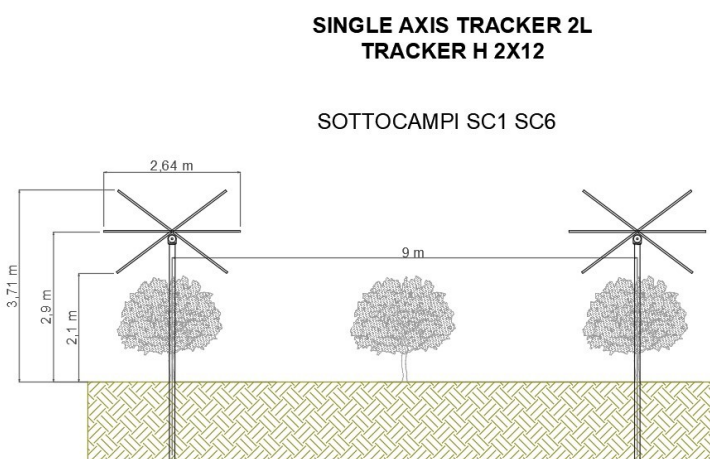


Illustrazione 28: Tracker H 2x12

Questa tipologia di tracker viene installato nei sottocampi SC1 e SC6 con un pitch di 9 metri multiplo del sesto di impianto del nocchie esistente. Ogni telaio Tracker H 2x12 sostiene una stringa.

Per questa tipologia di tracker con i moduli disposti verticalmente esiste una variante con due file da 3 moduli in maniera tale che ogni 4 telai si realizza una stringa (telaio tipo TRACKER V 2X3).

Ogni tracker è dotato di un motore elettrico, alimentato dai moduli fotovoltaici stessi, che garantisce la rotazione dell'asse in modo tale da orientare il piano dei moduli il più possibile perpendicolare ai raggi solari.

Tipo di telaio	Numero di Telai per Stringa	Numero di Moduli per singolo telaio	Disposizione dei moduli	File di moduli
FIX 1X12	2	12	Portrait (verticale)	1
TRACKER H 2X12	1	24	Landscape (orizzontale)	2
TRACKER V 2X12	1	24	Portrait (verticale)	2
TRACKER V 2X3	4	6	Portrait (verticale)	2

Tabella 27: Caratteristiche geometriche dei sostegni tipo

Il tracker tipo è in grado di orientare i moduli in un range da +/-45° a +/- 60° a seconda della velocità del vento. I singoli tracker sono dotati di un PLC in grado di autorientarsi, basandosi su orologio astronomico, oltre ad essere programmato con un software in grado di ottimizzare gli ombreggiamenti reciproci dei tracker, tipicamente la mattina e la sera.



Posizione Tracker 55°

Illustrazione 29: Posizione inclinata a 55° del tracker tipo



Posizione Tracker 0°

Illustrazione 30: Posizione orizzontale del tracker tipo

Tutti i tracker sono poi azionabili da remoto e consentono di essere posti nella posizione di massima inclinazione quando necessario.

POWER STATION O CENTRI DI TRASFORMAZIONE TX

L'elevazione della tensione di uscita degli inverter di stringa alla tensione di connessione a 36 kV avviene nelle Power Station (o centri di trasformazione chiamati TX).

Le Power Station o TX di fatto sono costituite da tre cabine all'interno delle quali si trova installato:

1. Trasformatore elevatore da bassa tensione di uscita degli inverter alla media tensione a 36 KV;
2. Scomparti di connessione e di protezione in media tensione;
3. Quadri di parallelo di bassa tensione e trasformatore per servizi ausiliari di cabina e di monitoraggio

Dal punto di vista costruttivo le Power Station si compongono di un basamento in cemento armato che funge da platea di fondazione sulla quale vengono posizionate le cabine che alloggiavano le componenti sopra elencate. Dal punto di vista geometrico presentano tutte le stesse dimensioni in pianta secondo il seguente schema tipo:

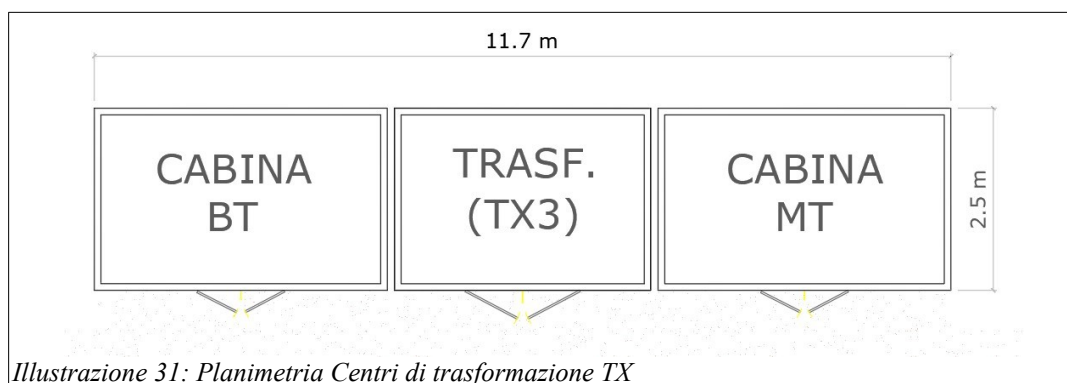
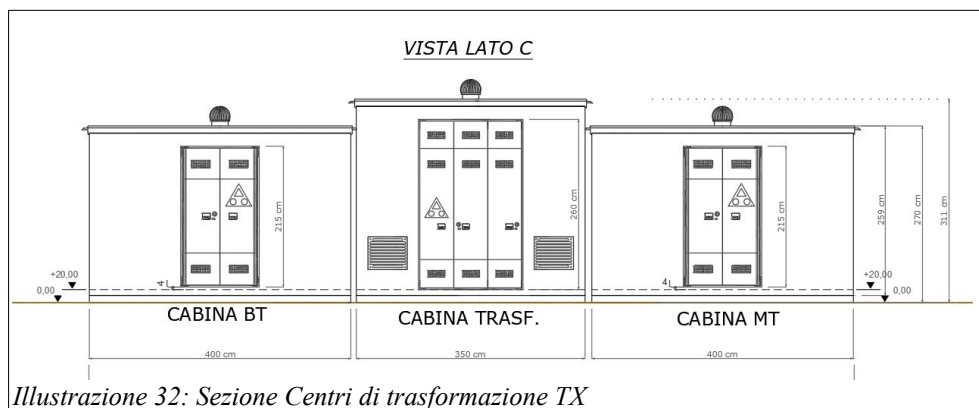
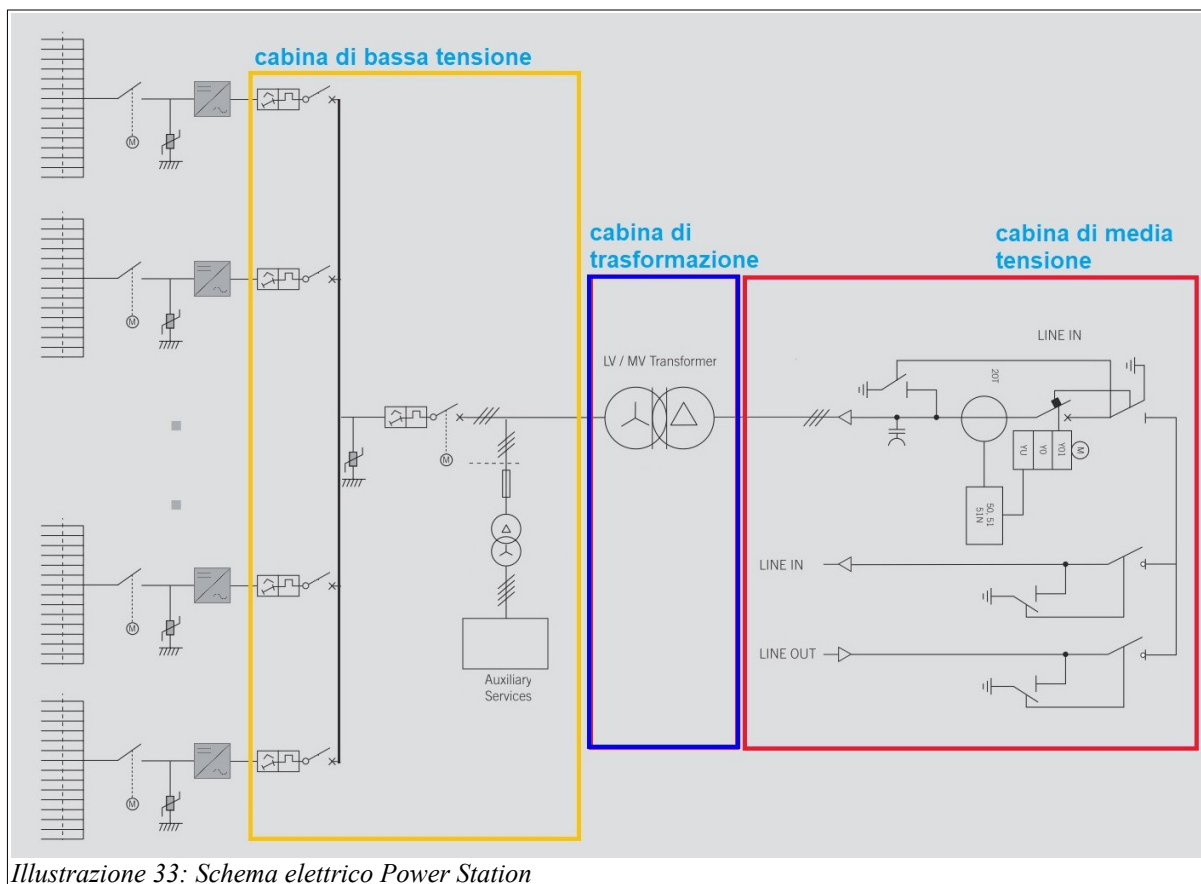


Illustrazione 31: Planimetria Centri di trasformazione TX



Il trasformatore di media tensione è in olio, sigillato ermeticamente, e comunque fornito di vasca di ritenzione per le eventuali perdite dello stesso olio.

Dal punto di vista ambientale presentano un range di funzionamento compreso fra -20 °C e +60 °C. Dal punto di vista della potenza, si differenziano a seconda del numero di inverter di cui sono forniti.



La potenza nominale è funzione della potenza del singolo inverter installato. Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche in tal senso:

TRASFORMATORI	Numero inverter per SC	Potenza nominale singolo inverter	Potenza nominale SC	Numero di trasformatori/TX
SC1	19	300 kW	5.700 kW	2
SC2	45	300 kW	13.500 kW	3
SC3	27	300 kW	8.100 kW	3
SC4	16	300 kW	4.800 kW	1
SC5				
SC6	74	300 kW	22.200 kW	2
SC7	29	300 kW	8.700 kW	5
TOTALE	210		57.900 kW	16

Tabella 28: Caratteristiche di potenza delle TX

TRASFORMATORI

Ogni CT è dotata di un trasformatore di media tensione che innalza la tensione di uscita degli inverter, alla media

tensione di 36.000 V.



Illustrazione 34: Trasformatore tipo di Media Tensione

I trasformatori sono di tipo trifase a perdite ridotte con avvolgimenti in alluminio ed isolamento in olio minerale di potenza in funzione della tipologia di CT. Il volume di olio contenuto in ciascun trasformatore è superiore a 1000 litri.

I trasformatori sono classificati secondo lo standard IEC 60076, che offre perdite di potenza ridotte, minori esigenze di manutenzione oltre ad essere adatto sia per uso interno che esterno.

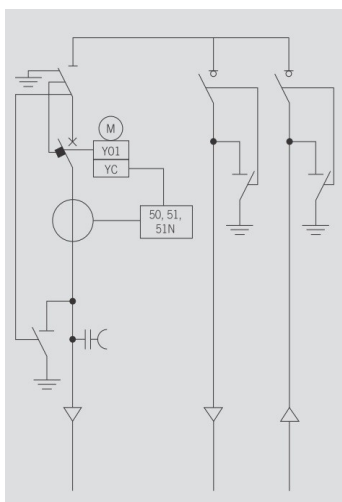
Le caratteristiche del trasformatore tipo sono riportate nelle tabelle seguenti:

Classe di isolamento	Avvolgimento primario	36 kV: 36 / 70 / 170 kV
	Avvolgimento secondario	800 V
Primario/Secondario materiale	Alluminio/Alluminio (Rame opzionale)	
Gruppo vettoriale	Dyn11	
Schema connessione primario	Triangolo	
Schema connessione secondario	Stella + neutro	
Massima sovratemperatura	+75°/ +60° K	
No load current	< 1%	
Max. peak starting current	< 15 x I _n	
Istallazione	Interna/Esterna	
Tipo di raffreddamento	ONAN	
Max. altitudine sul livello del mare	4500 m	
Impedenza di corto circuito a 75 °C	8,00%	
Frequenza nominale	50 / 60Hz	
Efficienza alla potenza nominale	99,00%	
Regolazione della tensione al primario	± 2 x 2.5 %	

Tabella 29: Caratteristiche del trasformatore tipo

Le caratteristiche dei trasformatori sono funzione del numero di inverter connessi allo stesso. In generale è previsto l'uso di trasformatori di potenza nominale compresa fra 3000 kVA e 2800 kVA.

L'uscita del trasformatore è collegata allo scomparto MT di protezione trafo. Lo scomparto di protezione è poi completato da altri due scomparti che fungono da entra-esce per le PS adiacenti secondo lo schema seguente:



*Illustrazione 35: schema
MT della PS*

Tale soluzione impiantistica si articola in:

1. ingresso linea con sezionatore e sezionatore di terra;
2. uscita linea con sezionatore e sezionatore di terra;
3. interruttore automatico con protezione 50/51 e 50N/51N e sezionatore di terra;

Questa soluzione consente di poter isolare qualunque PS mettendola fuori servizio per le normali o straordinarie operazioni di manutenzione senza per questo mettere fuori tensione il resto dell'impianto. In condizioni di normale funzionamento l'anello è gestito in modalità aperto.

Dal punto di vista costruttivo, gli scomparti di MT sono rispondenti alla norma IEC 62271-200 e presentano una protezione con interruttore automatico con funzione 50/51 - 50N/51N (massima corrente di fase e omopolare, I e II soglia) e relè di protezione autoalimentato disponibile nell'intero intervallo di potenza IP65 per le parti isolate a gas.

ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA

Il sistema di illuminazione e di videosorveglianza è montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato, ed è esteso lungo la viabilità principale. I pali, di altezza massima di 3,5 m, sono dislocati circa ogni 40-50 m di recinzione, e sostengono sia le videocamere di sorveglianza che i corpi illuminanti. E' bene sottolineare che l'illuminazione è realizzata solo per motivi di anti-intrusione e di sicurezza, pertanto essa si attiverà solo in caso di

allarme/intrusione, mentre nelle normali condizioni di esercizio sarà sempre spenta durante tutto l'anno. L'illuminazione e le telecamere sono alimentate direttamente dalle cabine di anello nelle quali è presente un trasformatore per i servizi ausiliari. Il particolare del palo di sostegno, dei faretti e delle telecamere è indicato nella relativa tavola.

VIABILITÀ INTERNA

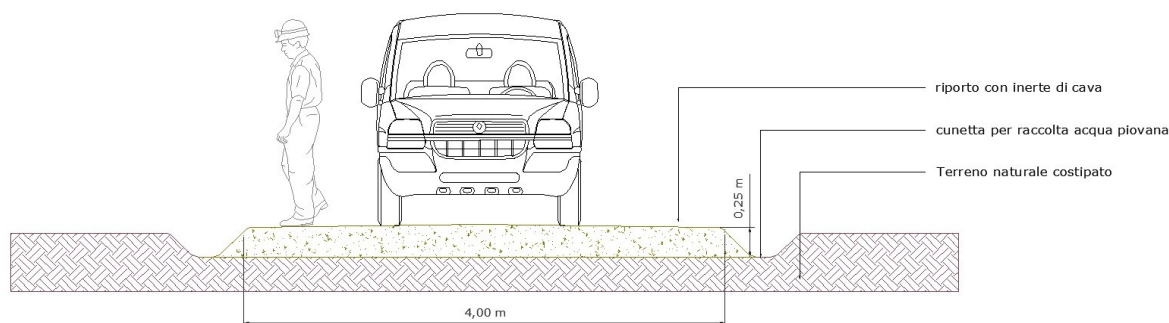


Illustrazione 36: Sezione tipo viabilità interna

La viabilità interna all'impianto, come descritta in planimetria nella tavola del layout dell'impianto e nella sezione tipo riportata nella figura precedente è realizzata in terra battuta ed inerte di cava, ove necessario, per consentire una adeguata portanza al transito dei mezzi eventualmente necessari per la manutenzione dell'impianto. La larghezza è di 4 metri.

CABINE DI ANELLO E CABINA DI PARALLELO

L'impianto è dotato di due cabine elettriche di media tensione, denominate di anello o cabine RING che fungono da collettore per i vari settori di ogni sottocampo. All'interno di queste sono alloggiati gli scomparti di media tensione a 36 kV e un trasformatore per i servizi ausiliari. Per i dettagli dimensionali si veda la tavola allegata.

Una cabina, chiamata cabina parallelo dei RING è invece dedicata al parallelo elettrico dei vari settori.

Nella cabina di parallelo sono presenti:

- Scomparti MT
- Trasformatore servizi ausiliari
- Contatori di energia

I rami dei ring confluiscono nella cabina di parallelo posta all'interno dell'area di impianto.

Nella cabina sono alloggiati:

1. Scomparti media tensione di arrivo e scomparto di partenza del Ring

2. Scomparto per il trasformatore dei servizi ausiliari di cabina;
3. Scomparto per trasformatori di tensione per protezioni (67N) e misure;
4. Trasformatore per servizi ausiliari;

Le cabine sono costruite in CAV a pannelli prefabbricati.

CONTROL ROOM

Per la gestione dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" è realizzata una struttura di controllo in pannelli prefabbricati denominata control room nella quale sono ricavati anche i servizi e i locali per i pezzi di ricambio. Le dimensioni e le destinazioni d'uso dei vari locali sono descritte nella relativa tavola allegata.

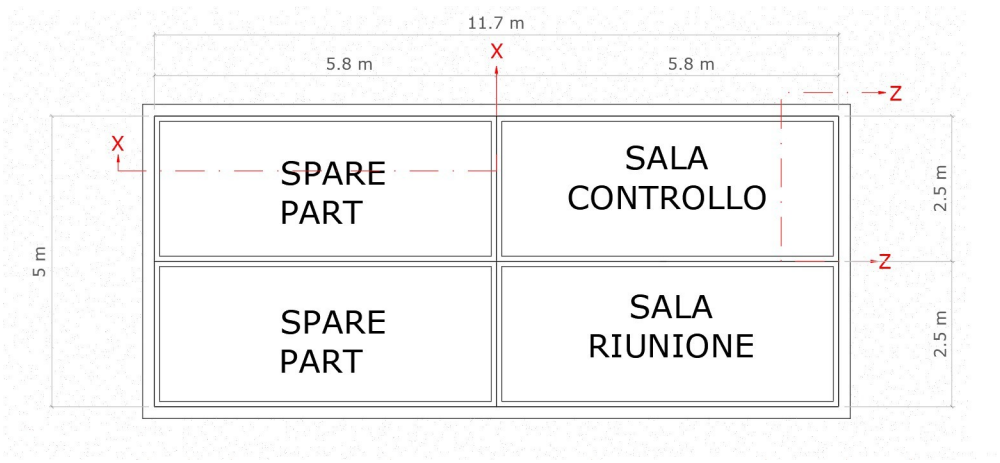


Illustrazione 37: Tipologico Control room



Illustrazione 38: Prospetto Tipologico Control Room

RECINZIONE E CANCELLI DI INGRESSO

L'area di impianto risulta interamente recintata tramite rete metallica di altezza 2,0 m sormontata da filo spinato. I pali sono metallici mentre lungo la recinzione sono praticati dei fori a livello del terreno di dimensioni 30 cm x 100 cm per consentire il passaggio della fauna selvatica. Il dettaglio è descritto nella relativa tavola allegata.

I tipologici della recinzione utilizzata e dei cancelli di ingresso sono dettagliati nella tavola allegata.

Data la conformazione dell'impianto e per consentire un agevole accesso ad ogni sua parte, anche per la presenza dell'attività agricola connessa, sono previsti 5 cancelli di accesso come descritto nella tavola relativa.

SISTEMA DI ACCUMULO

L'impianto agrovoltaiico *Viterbo 2* presenta una sezione dedicata all'accumulo dell'energia prodotta dall'impianto stesso. La potenza del sistema di accumulo è di 20 MW realizzata tramite l'installazione di 8 inverter dedicati all'accumulo, ciascuno di potenza pari a 2500 kW.

La capacità del sistema di accumulo è pari a 80 MWh ed è realizzata tramite batterie agli ioni di litio, che utilizza il litio-ferro-fosfato come materiale catodico.

Il sistema di accumulo viene installato sull'area del SC7.

Il sistema di accumulo si compone di:

- 40 container per le batterie: ognuno per una capacità di 2.064 kWh;
- 4 CT composte ciascuna da:
 - 1 cabina di bassa tensione di alloggiamento degli inverter dedicati al sistema di accumulo;
 - 1 cabina per la trasformazione MT/bt;
- 1 cabina di parallelo

L'area sulla quale viene installato il sistema di accumulo presenta le dimensioni in pianta 73 m x 72 m.

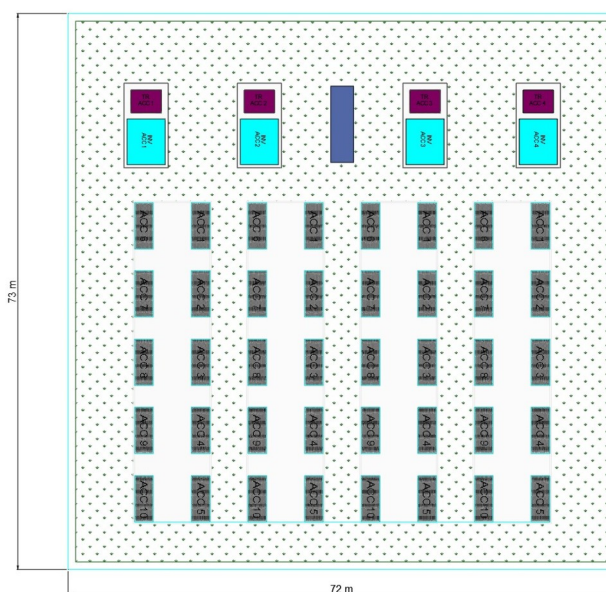


Illustrazione 39: Area sistema di accumulo (BESS)

I particolari del sistema di accumulo sono meglio descritti nella tavola allegata.

DEFINIZIONE POTENZE IMPIANTO AGROVOLTAICO "VITERBO 2"

La norma tecnica CEI 0-16 ed. 2022-03 in vigore al momento della redazione della presente relazione tecnica, definisce, per gli impianti di produzione di energia elettrica, le seguenti potenze caratteristiche:

Potenza massima

Secondo l'art. 2 punto 16 del Regolamento UE 2016/631 "Potenza attiva massima erogata in modo continuativo da un gruppo di generazione, escludendo l'eventuale assorbimento necessario a facilitare il funzionamento del gruppo e non immesso in rete, come specificato nel contratto di connessione o concordato tra il gestore di sistema pertinente e il titolare dell'impianto di generazione"

Per l'impianto fotovoltaico si assume questa come la potenza somma delle potenze dei singoli moduli fotovoltaici e pertanto la potenza massima o di picco dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" è pari a **65.292,36 kW**.

Potenza degli inverter e potenza nominale

Potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate (kVA). Nel caso di generatori FV, la potenza attiva massima erogabile è limitata dalla potenza nominale dell'inverter, qualora questa sia minore della somma delle potenze STC dei moduli FV.

Nel caso specifico dell'impianto agrovoltaiico avanzato "Viterbo 2" la somma delle potenze degli inverter è pari a 63.000 MW mentre la potenza nominale dell'impianto assume il valore di 61.573,8 kW.

Potenza immessa nella rete

Potenza attiva che transita sul collegamento o sui collegamenti fra l'impianto di produzione e la rete. Detta potenza può essere inferiore alla potenza efficiente dell'impianto di produzione.

Nel caso dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" tale potenza è pari a 57,9 MW.

Riepilogando l'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" presenta le seguenti potenze caratteristiche:

POTENZA MASSIMA O DI PICCO	65.292,36 kW
POTENZA NOMINALE	61.573,8 kW
POTENZA IN IMMISSIONE	61.573,8 kW

Tabella 30

Dal punto di vista autorizzativo la potenza di interesse è la potenza di picco ossia 65.292,36 kW

CONNESSIONE ALLA RETE

La connessione dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" alla rete elettrica nazionale avviene sulla base di quanto previsto nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) rilasciata da TERNA ed identificata con il Codice Pratica 202202817. Tale STMG, accettata dal produttore, prevede come opere di connessione prevede che l'impianto venga collegato in doppia antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV del futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150/36 kV della RTN di Toscana (VT). Dal punto di vista delle competenze, le opere di connessione si dividono in:

- **impianto di utenza** per la connessione: elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell'impianto alla Stazione Elettrica della RTN elettrodotto MT a 36 kV che una volta realizzato rimane nella disponibilità del produttore;
- **impianto di rete** per la connessione: stallo arrivo produttore a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) Toscana a 380/150/36 kV della RTN di Toscana (VT).

Entrambe le opere di connessione (di utenza e di rete) sono da ritenersi come opere connesse e infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti alimentati da fonti rinnovabili ai sensi dell'art 12 del D.Lgs 387/03 di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti, alla stessa stregua dell'impianto stesso.

Al fine di azzerare gli impatti paesaggistici l'elettrodotto di connessione è realizzati in soluzione interrata e si sviluppa prevalentemente lungo la viabilità esistente.

La nuova stazione di TERNA a 36 kV dove è prevista la connessione alla rete elettrica nazionale, è situata nel Comune di Toscana (VT) e precisamente alle seguenti coordinate geografiche:

NUOVA STAZIONE TERNA A 36 KV		
LATITUDINE	42°22'41.54"N	42.378205°
LONGITUDINE	11°49'56.68"E	11.832412°
QUOTA MEDIA SLM	146 m	

Tabella 31: Localizzazione della Nuova Stazione TERNA a 36 kV di Toscana (VT)

Catastalmente la porzione di area destinata alla nuova stazione di TERNA a 36 kV di Toscana è identificata da:

AMPLIAMENTO SOTTOSTAZIONE TERNA			
Comune	Foglio	Particella	Superficie
Toscana (VT)	79	59	~ 4 ha 50 a

Tabella 32: Dati catastali dell'area prevista per la nuova stazione TERNA di Toscana (VT)

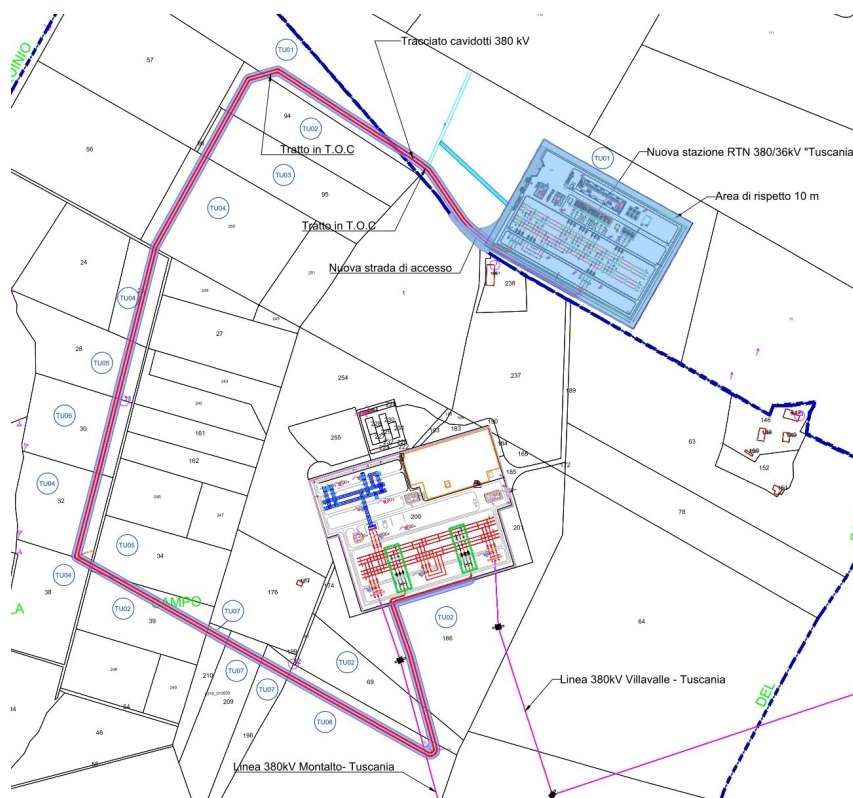


Illustrazione 40: Ipotesi posizione NUOVA STAZIONE 36k V TERNA

OPERE DI CONNESSIONE DI UTENZA

ELETTRODOTTO MT

La connessione dell'impianto agrovoltaiico "Viterbo 2" viene realizzato con un elettrodotto interrato a 36 kV che lo collega allo stallo a 36 kV posto nella nuova stazione TERNA di Toscana (VT).

Lo scavo avviene per la maggior parte lungo la viabilità esistente sterrata o asfaltata, in gran parte pubblica, e dove possibile in banchina laterale.

L'elettrodotto si sviluppa per una lunghezza di circa 20 km e viene realizzato tramite terne di cavi unipolari interrati ad una profondità di circa 140 cm.

In particolare segue il seguente percorso meglio dettagliato nella tavola allegata di cui si riporta l'immagine:

Impianto Agrovoltaico Avanzato "Viterbo 2" di 65.292,36 kWp connesso alla RTN con sistema di accumulo di 20 MW
Regione Lazio – Comune di Viterbo (VT)
Società CCEN Viterbo 2 srl srl Piazza Walther von Vogelweide 8 – 39100 Bolzano (BZ)

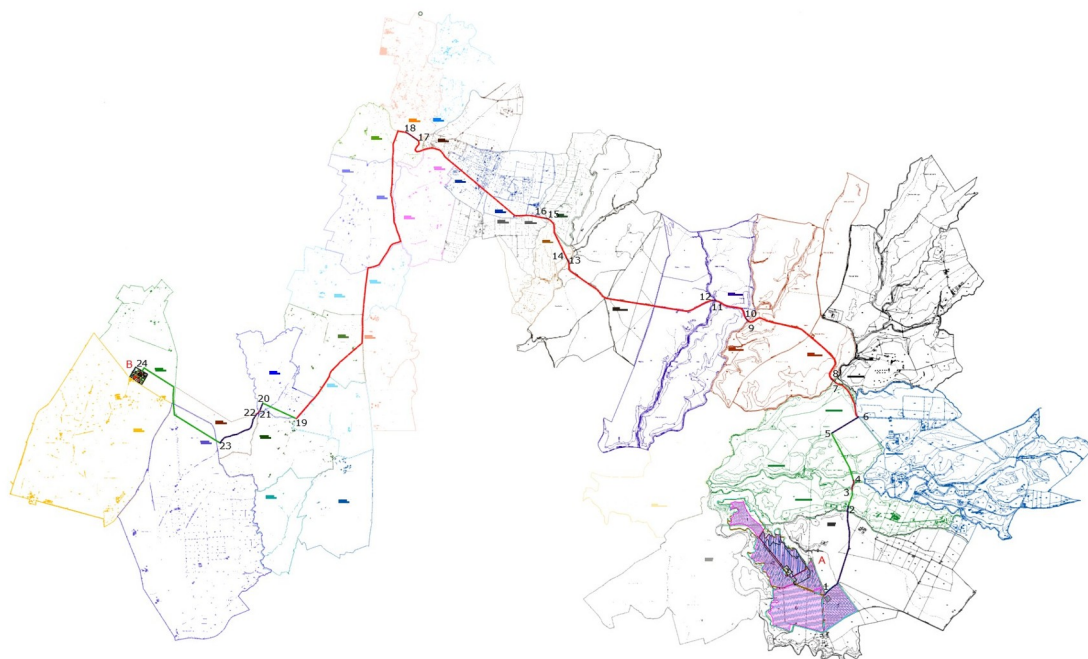


Illustrazione 41: Riepilogo generale impianto Viterbo 2

DA	A	TIPO	LUNGHEZZA	CARETTERISTICHE
1	2	3	1418	Strada sterrata
2	3	2	230	Terreno naturale
3	4	1	168	TOC
4	5	2	757	Terreno naturale
5	6	3	460	Strada sterrata
6	7	4	631	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
7	8	1	97	TOC
8	9	4	1767	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
9	10	1	89	TOC
10	11	4	533	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
11	12	1	78	TOC
12	13	4	2383	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
13	14	1	83	TOC
14	15	4	637	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
15	16	1	75	TOC
16	17	4	2429	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
17	18	1	212	TOC
18	19	4	5031	In fiancheggiamento stradale/su strada asfaltata
19	20	2	536	Terreno naturale
20	21	3	110	Strada sterrata
21	22	1	83	TOC
22	23	3	742	Strada sterrata
23	24	2	1772	Terreno naturale
TOTALE			20321	

Tabella 33: Tratti degli elettrodotti di connessione alla rete

Su strada sterrata e lungo la strada asfaltata il reinterro avviene con la stessa terra di scavo posta sopra l'inerte che viene usato anche per ricoprire le terne, come dai tipolgici riportati nelle figure sottostanti.

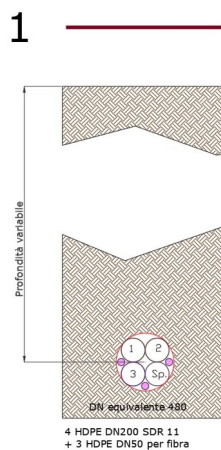
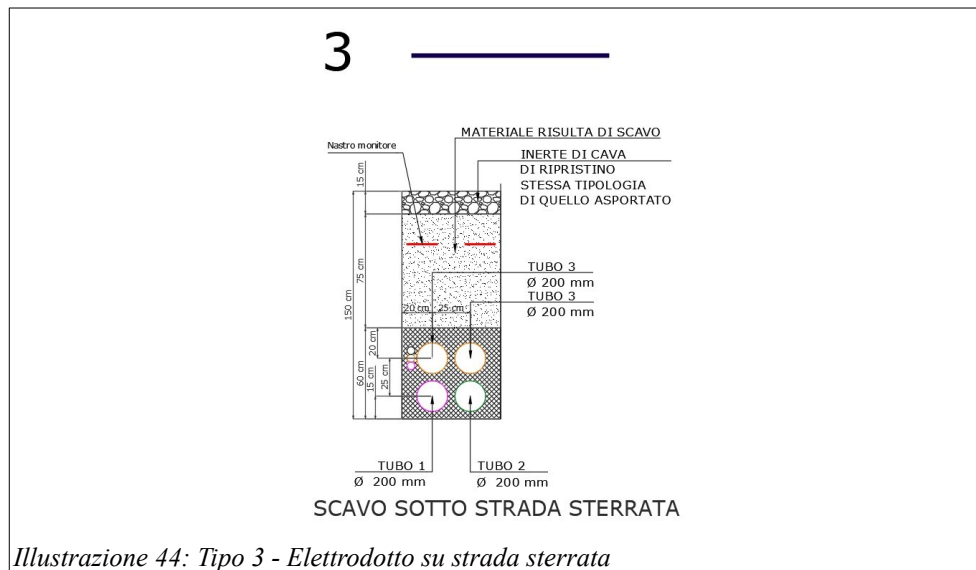
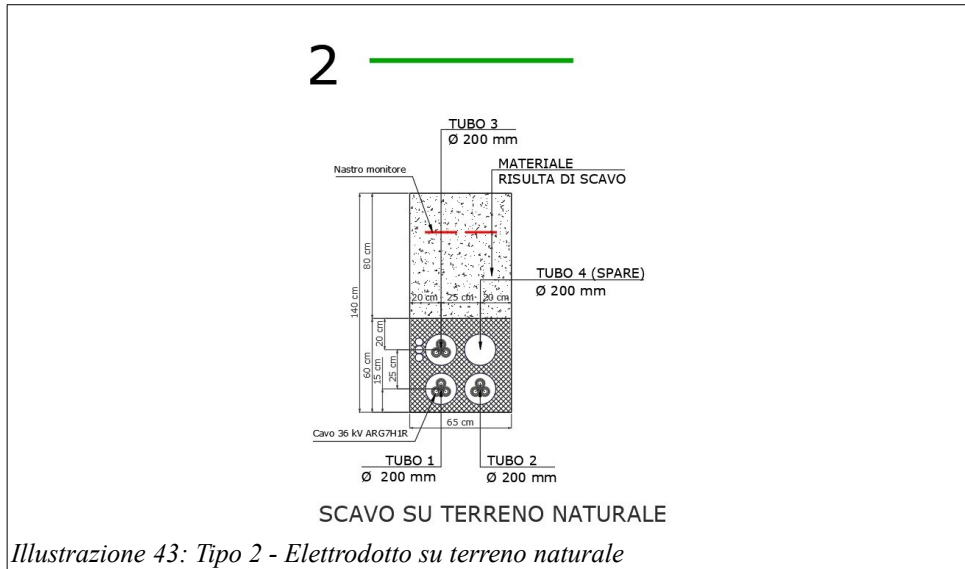


Illustrazione 42: Tipo 1 - Elettrodotto in TOC



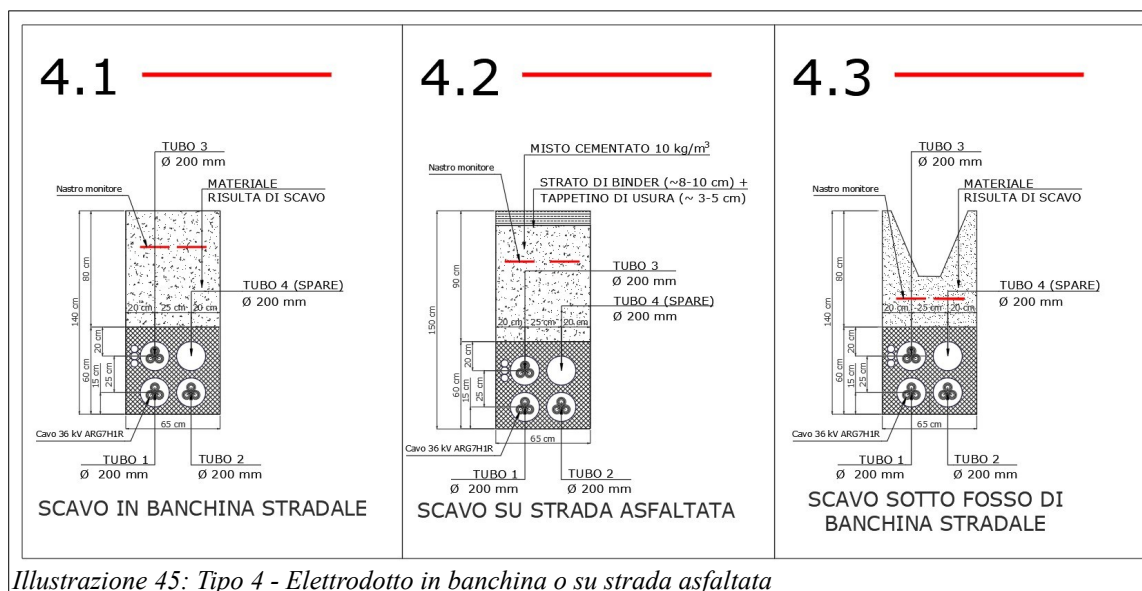


Illustrazione 45: Tipo 4 - Elettrodotti in banchina o su strada asfaltata

Il dimensionamento della sezione e del numero di conduttori viene effettuato cautelativamente sulla base della potenza massima o di generazione di ogni sottocampo, sulla base della relazione seguente.

Stante che:

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi) \cdot \sqrt{3}$$

con:

- $V = 36 \text{ kV}$
- $\cos(\varphi) = 0,944$ (Capability minima richiesta dall'allegato A68 al CdR rev. 03 dicembre 2019 prevista per gli impianti con punto di connessione in AT. Per questa verifica è utilizzato anche a livello di rete a 36 kV di impianto)

Si è scelto un conduttore di sezione 630 mm^2 .

Sulla base dei coefficienti sotto riportati si ottengono le portate dei relativi conduttori

	Pn	Coefficiente per posa tre circuiti con cavi unipolari in tre tubi distanziati 25 cm	Coefficiente Ktt Temperatura terreno (25%)	Coefficiente Kp Profondità di posa (1,25 m)	
Portata $630 \text{ mm}^2 \text{ Al}$	706	0,75 (cautelativo)	0,94	0,95	473

Tabella 34: Calcolo portate dei cavi

	Potenza massima (kw)	Corrente massima (A)	Linea elettrica	Portata della linea (A)
VITERBO 2	85,292 MW	1376	$3 \times (3 \times 1 \times 630) \text{ mm}^2$	$473 \times 3 = \mathbf{1418}$

Tabella 35: Verifica in termini di portata

Si tenga presente che la potenza massima con la quale è stato effettuato il dimensionamento è stata calcolata come somma della massima potenza di picco dell'impianto di generazione 65,292 MW_p più la potenza massima di erogazione dell'impianto di accumulo pari a 20 MW. Questa combinazione è estremamente cautelativa in quanto la potenza di generazione massima dell'impianto è di fatto la potenza nominale che risulta essere pari a 61,573 MW.

Inoltre l'impianto di accumulo eroga la massima potenza normalmente nelle ore notturne, quando l'impianto di generazione è spento.

Nel normale assetto di funzionamento dell'impianto la potenza massima è quindi 61,573 MW pari ad una corrente massima di 993 A < 1418 A.

L'uso degli inerti di ricoprimento differenti dalla terra di scavo (tipo sabbia o pozzolana) si rende necessario per una uniforme distribuzione della pressione intorno a tubi.

L'elettrodotto di connessione in MT rimane di proprietà del produttore e viene rispettata una fascia di asservimento di 4 metri (2 metri per lato dall'asse dello scavo).

OPERE DI CONNESSIONE DI RETE

Le opere di connessione di rete sono quelle opere funzionali a poter connettere l'impianto di produzione che rimangono poi nella disponibilità del distributore, in questo caso TERNA.

NUOVA STAZIONE ELETTRICA TERNA 360/150/36 KV di TUSCANIA

La STMG rilasciata ed accettata dal produttore CCEN srl, identificata con il Codice Pratica 202200019, prevede come opere di rete la realizzazione di una nuova stazione TERNA a 36 kV nel Comune di Tuscania (VT). Tale nuova stazione viene realizzato per consentire alla CCEN Viterbo 2 srl ed altri produttori che condividono la stessa opera di rete la connessione in Media Tensione a 36 kV.

Il progetto delle opere di connessione di rete, in carico al produttore capofila New Green srl, è in fase di validazione da parte di TERNA.