



COMUNE DI CIMINNA
PROVINCIA DI PALERMO
REGIONE SICILIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE
RINNOVABILE FOTOVOLTAICA DENOM. "CIMINNA AGROVOLTAICO"
POT. IMP. FV 33.887,80 kWp - POT. IMM. IMP. FV 32.800,00 kWac
POT. IMP. SIST. ACCUMULO 15.750,00 kW - POT. IMM. 15.000,00 kWac

Proponente

Solar Energy Venti Srl
Via Sebastian Altmann 9, - 39100 - Bolzano (BZ)

Progettazione impianto FV

Progettazione SIA

Preparato
Rossella Ing. Sannasardo

Approvato
Antonio Ing. Nastri

Verificato
Francesco geom. Bruno



Gestore rete elettrica

CP: 202000577

Visto approvazione

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato

PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
RELAZIONE SPECIALISTICA

Elaborato N.	Data emissione			
RS06EPD0004A0	20/12/2021			
	Nome file CIMINNA AGRICOLO			
N. Progetto	Scala	00	20/12/2021	PRIMA EMISSIONE
	----	REV.	DATA	DESCRIZIONE

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO AD INSEGUIMENTO NEL
COMUNE DI CIMINNA POT. NOM. 33,8778 MW
E SISTEMA DI ACCUMULO DA 15,75 MW
DENOMINATO – CIMINNA AGROVOLTAICO –
NEL TERRITORIO COMUNALE DI CIMINNA
IN PROVINCIA DI PALERMO**

COMMITTENTE: SOLAR ENERGY VENTI s.r.l.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 2/41
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

INDICE

1	PREMESSA	3
1	OGGETTO E SCOPO	3
2	DATI DI PROGETTO	4
2.1	Titolare dell’impianto e Committente	4
2.2	Ubicazione dell’impianto fotovoltaico.....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
4	analisi delle alternative progettuali	17
4.1	Inseguitori ad un grado di libertà	17
4.2	Inseguitori a due gradi di libertà	22
4.3	Scelta del sistema d’inseguimento	25
5	ARCHITETTURA GENERALE IMPIANTO FOTOVOLTAICO	25
6	componenti dell’impianto fotovoltaico	27
6.1	Moduli fotovoltaici	27
6.2	Stringhe Fotovoltaiche	29
6.3	Gruppo di conversione CC/CA	30
	Inverter	30
	Trasformatore MT/BT:.....	32
	Quadro MT.....	32
	Compartimento BT	32
6.4	Strutture di Sostegno.....	33
7	dimensionamento dell’impianto fotovoltaico.....	34
7.1	Energia elettrica annua complessiva prodotta e parte conclusiva	35
8	calcoli elettrici cavi in corrente continua	35
8.1	Caratteristiche dei cavi in corrente continua	35
8.1.1	<i>Cavi solari di Stringa</i>	35
8.1.2	<i>Cavi DC</i>	35
8.2	Criteri di dimensionamento linee in corrente continua	36
8.2.1	<i>Verifica della Portata dei cavi CC</i>	36
8.2.2	<i>Verifica della caduta di tensione dei cavi CC</i>	37
8.2.3	<i>Protezione contro le sovracorrenti</i>	37
8.2.4	<i>Tabelle di dimensionamento cavi CC</i>	39
9	conclusioni	40

1 PREMESSA

Questo lavoro rientra fra le attività di promozione della realizzazione di impianti fotovoltaici a “**ridotto impatto ambientale**” nel rispetto della normativa internazionale e nazionale di settore: in particolare l’impianto fotovoltaico sarà del tipo ad inseguimento mono-assiale da **33.877,80 kW** nelle Contrada Pianotta, nel Comune di **Ciminna**, in provincia di **Palermo**.

L’impianto fotovoltaico immetterà in rete l’energia elettrica prodotta, la cui valorizzazione economica avverrà con i soli compensi derivanti dal processo di vendita: in tal modo la società proponente intende attuare la “**grid parity**” nel campo fotovoltaico, grazie all’installazione di impianti di elevata potenza che abbattano i costi fissi e rendono l’energia prodotta dal fotovoltaico una valida alternativa di produzione, energetica “**pulita**” rispetto alle fonti convenzionali “**fossili**”.

Lo scopo del documento è quello di definire le prime indicazioni per la stesura dei piani di sicurezza dell’opera, nonché le relative modalità di realizzazione dei lavori, ai fini dell’ottenimento del **Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale** di cui all’art. 27 bis del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii..

1 OGGETTO E SCOPO

Il presente documento rappresenta la **Relazione Generale Descrittiva** del progetto definitivo di un impianto fotovoltaico ad inseguimento mono-assiale per la produzione di energia elettrica da **33.877,80 KW** che la società proponente intende attuare nel Comune di **Ciminna** (PA), ed include:

- l’impianto fotovoltaico con moduli bifacciali ad inseguimento mono-assiale della potenza nominale di **32,80 MW**, costituito a sua volta da 8 sezioni rispettivamente di potenza:
 - campo 1 potenza nominale pari a 2,60 MW;
 - campo 2 potenza nominale pari a 3,00 MW;
 - campo 3 potenza nominale pari a 9,20 MW;
 - campo 4 potenza nominale pari a 1,20 MW;
 - campo 5 potenza nominale pari a 7,60 MW;
 - campo 6 potenza nominale pari a 1,20 MW;
 - campo 7 potenza nominale pari a 3,40 MW;
 - campo 8 potenza nominale pari a 4,60 MW;
- le dorsali di cavo interrato in Media Tensione (MT) a 36 kV per il vettoriamento dell’energia prodotta dalle 8 sezioni di impianto verso la Cabina Utente;
- La realizzazione del collegamento in **cavidotto interrato MT a 36 kV** tra la Cabina Generale e la Cabina Primaria “Ciminna”.

L’impianto FV sarà connesso alla rete elettrica nazionale in virtù della STMG proposta dal gestore della rete

E-Distribuzione (codice pratica: **202000577**) e relativa ad una potenza elettrica in immissione pari a 32,80 MW. Lo schema di collegamento alla RTN prevede il collegamento con cavo interrato a 36 kV di lunghezza pari a circa **0,36 km** (misurato a partire dalla Cabina Generale Utente) con la sezione a 36 kV fino alla nuova SST adiacente alla “CP Ciminna”.

Lo scopo del documento è quello di definire le caratteristiche tecniche dell’opera, nonché le relative modalità di realizzazione dei lavori, ai fini dell’ottenimento del **Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale** di cui all’art. 27 bis del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii..

2 DATI DI PROGETTO

2.1 Titolare dell’impianto e Committente

Il Titolare e Committente dell’impianto è:

Solar Energy Venti s.r.l.

Amministratore con poteri delegati: **Agnese Rocco**

Via Sebastian Altmann, 9

39100 Bolzano

P. Iva n. 03084580210

2.2 Ubicazione dell’impianto fotovoltaico

L’impianto fotovoltaico verrà realizzato su diversi lotti di terreno (*vedi fig. 3.2-1 impianto Ciminna agrovoltaico*), siti nel territorio di Ciminna (PA) Contrada Pianotta per un’area complessiva di circa **86,87 ettari**:



vedi fig. 3.2-1 - impianto Ciminna Agrovoltaiico

Da un punto di vista catastale, l'impianto ricade nei fogli N. **19, 20, 21, 27** e **34** del N.C.T. del comune di Ciminna ed interessa le particelle indicate nelle seguenti tabelle (tab.3.2-3- dati catastali lotto "**Ciminna agrovoltaiico**"):

Foglio	P.IIa	Proprietà	SUPERFICIE TERRENO		
			ha	are	ca
19	23	Catalano Vincenzo	7	41	-
	220	Alesi Giuseppe	1	34	35
	78	Caeti Domenico	1	34	34
	162		-	84	88
	65	Caeti Fortunato / Grutta Maria	1	53	31
	77		-	76	45
	66	Caeti Fortunato	-	21	20
	192		-	73	60
	445	Liccio Francesca / Prato Mariano	-	17	39
	446	Prato Mariano	-	17	39
	243	Rizzo Vito	1	12	20
	73	Accomando Giuseppe / Lo Cascio Rosa	1	8	6
	72	Leto Marianna / Leto Santo	1	10	40
	481	Cascio Maria	7	16	29
	477		-	7	30
Sommano			20	503	516
Totale ettari			25,08		

Foglio	P.IIa	Proprietà	SUPERFICIE TERRENO		
			ha	are	ca
20	537	Di Liberto Cascio Pierluigi	9	22	24
Sommano			9	22	24
Totale ettari			9,22		

Foglio	P.IIa	Proprietà	SUPERFICIE TERRENO		
			ha	are	ca
21	175	Avviniti Giuseppe andrea	-	75	90
	289		-	18	59
	290		-	33	70
	415		-	19	21
	226	Caeti Domenico	-	25	30
	170	Caeti Fortunato	-	16	-
	231	Cassata Barbara / Graziano Leonarda	-	82	12
	232	Giancola Girolama / Giancola Giuseppe / Giancola Vita	-	86	90
	508	Monastero Antonino	1	51	3
	509		-	2	63
	230	Monastero Leonarda	-	73	65
	497	Liccio Francesca / Prato Mariano	-	94	30
	498	Prato Mariano	-	94	40
	177	Rafti Maria / Urso Miano Francesco	1	-	20
	275		1	9	66
	465		-	20	81
	440		-	34	2
	176		1	9	66
	439	Urso Miano Francesco	-	54	83
	190	Mauro Domenico / Rizzo Rosa	2	19	35
Sommano			6	813	926
Totale ettari			14,22		

Foglio	P.IIa	Proprietà	SUPERFICIE TERRENO		
			ha	are	ca
27	57	La Monica Filippo	2	22	88
	58		1	70	50
	49	La Monica Filippo / Fiumefreddo Maria	-	77	50
	511	Urso Russo Salvatore / Urso Russo Vito	3	16	62
	70	Valefresco Sicily S.S.A. di Pilade Oreste Vito Del 1977, Catalano Salvo & C. Società Agricola con sede in Ciminna (PA)	-	85	45
	78		1	13	95
	112		-	55	76
	489		-	66	29
	492		1	32	79
	502		-	66	31
	514		2	47	60
	517		1	33	76
	520		1	15	62
	523		1	32	84
Sommano			13	629	887
Totale ettari			19,38		

Foglio	P.IIa	Proprietà	SUPERFICIE TERRENO		
			ha	are	ca
34	168	Cassata Francesco	2	35	80
	212		2	32	80
	172		-	-	40
	213		-	-	20
	23		1	62	50
	64		-	58	90
	456	La Monica Antonia	1	22	69
	42	La Monica Filippo / Speziale Maria	3	65	50
	234		-	-	15
	238		-	-	30
	52	Fiumefreddo Maria / La Monica Filippo	-	29	10
	229		-	28	14
	233		-	84	-
	236		-	84	90
	462	La Monica Filippo	1	22	69
	460	La Monica Giovanni	-	92	82
	458		-	29	88
	463	La Monica Stefano	1	22	70
	457	La Monica Virginia	-	92	63
	459		-	30	6
Sommano			11	786	1016
Totale ettari			18,96		

tab. 3.2-3- dati catastali lotto "Ciminna Agrovoltaiico"

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 7/41
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

I dati geografici di riferimento del lotto **Ciminna**, sono:

- Campo 1

- Latitudine = 37°52'20.53"N
- Longitudine = 13°31'10.99"E
- Altitudine = 330 m s.l.m.

- Campo 2

- Latitudine = 37°52'23.50"N
- Longitudine = 13°31'29.67"E
- Altitudine = 336 m s.l.m.

- Campo 3

- Latitudine = 37°52'19.79"N
- Longitudine = 13°31'10.99"E
- Altitudine = 339 m s.l.m.

- Campo 4

- Latitudine = 37°52'7.13"N
- Longitudine = 13°31'32.01"E
- Altitudine = 325 m s.l.m.

- Campo 5

- Latitudine = 37°51'41.70"N
- Longitudine = 13°31'18.50"E
- Altitudine = 313 m s.l.m.

- Campo 6

- Latitudine = 37°51'18.01"N
- Longitudine = 13°31'28.71"E
- Altitudine = 307 m s.l.m.

- Campo 7

- Latitudine = 37°51'14.30"N
- Longitudine = 13°32'0.38"E
- Altitudine = 312 m s.l.m.

- Campo 8

- Latitudine = 37°50'43.10"N
- Longitudine = 13°32'13.81"E
- Altitudine = 330 m s.l.m.

La nuova **SSU** è ubicata in prossimità del punto di connessione alla RTN, **in contrada Porrazzi** nel comune di Ciminna (PA) al **Foglio 19 P.IIa n. 23**.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 8/41
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

I dati geografici di riferimento della nuova SSU, sono:

- Latitudine = 37°52'20.81" N
- Longitudine = 13°31'4.42" E
- Altitudine = 321 m s.l.m.

I riferimenti topografici sono:

- Quadro d'unione IGM – **Ciminna** – Riquadro n. **259 IV SO**;
- Carta Tecnica Regionale CTR, scala 1:10.000, fogli n. **608100, 608110, 608140, 608150**.

La **Solar Energy Venti s.r.l.** ha in essere, “*contratti preliminare per la costituzione dei diritti reali di superficie e di servitù per i terreni interessati alla realizzazione di un impianto fotovoltaico e opere connesse*” per un’area di circa **86,87** aventi i proprietari indicati nelle tabelle precedenti.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 9/41
--	-----------------------------------	------------------	-----------------------

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'impianto sarà progettato e realizzato in accordo alla normativa seguente:

Leggi e decreti

- Legge 1 marzo 1968, n. 186: “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”;
- Legge 5 Novembre 1971, N. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Legge 18 ottobre 1977, n. 791 Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità europee (n° 73/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione.
- Legge 5 marzo 1990, n.46 Norme tecniche per la sicurezza degli impianti (abrogata dall'entrata in vigore del D.M. n.37del 22 /01/2008, ad eccezione degli art. 8, 14 e 16);
- D.P.R. 18 aprile 1994, n. 392 Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza;
- D.M. 16 gennaio 1996: “Norme tecniche relative ai criteri generali per la sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- Circolare ministeriale 4/7/96 n. 156 Istruzioni per l'applicazione del D.L. 16 Gennaio 1996
- D.L. 12 novembre 1996, n. 615 Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 3 maggio 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28 aprile 1992, dalla direttiva 93/68/CEE del Consiglio del 22 luglio 1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29 ottobre 1993;
- D.L. 25 novembre 1996, n. 626 Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione;
- D.L. 16 marzo 1999, n. 79 Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica
- D.M. 11 novembre 1999 Direttive per l'attuazione delle norme in materia di energia elettrica da fonti rinnovabili di cui ai commi 1, 2 e 3 dell'articolo 11 del D.Lgs. 16 marzo 1999, n. 79.
- Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274 Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.L. 29 dicembre 2003, n.387 Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità;
- Legge 23 agosto 2004, n. 239: “Riordino del settore energetico, nonché delega al governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia d'energia”;

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 10/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

- Ordinanza PCM 3431 (03/05/2005) Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».
- D.M. 14/09/05 Testo unico norme tecniche per le costruzioni.
- Normativa ASL per la sicurezza e la prevenzione infortuni;
- D.M. 28 luglio 2005: “Criteri per l’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare”;
- D.M. 6 febbraio 2006: “Criteri per l’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare”;
- Decreto interministeriale 19 febbraio 2007: “Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell’articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n.387”.
- Legge 26 febbraio 2007, n. 17: “Norme per la sicurezza degli impianti”;
- DLgs. 22 gennaio 2008, n. 37: “Regolamento concernente l’attuazione dell’articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”;
- D.Lgs. 9 aprile 2008 , n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Deliberazioni AEEG

- Delibera n. 188/05 Definizione del soggetto attuatore e delle modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti fotovoltaici, in attuazione dell'articolo 9 del decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, 28 luglio 2005
- Delibera 281/05 Condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con tensioni nominale superiore ad 1KV i cui gestori hanno obbligo di connessione a terzi.
- Delibera n. 40/06: “Modificazione e integrazione alla deliberazione dell’Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas 14 settembre 2005, n. 188/05, in materia di modalità per l’erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti fotovoltaici”;
- Testo coordinato delle integrazioni e modifiche apportate con deliberazione AEEG 24 febbraio 2006, n. 40/06 alla deliberazione AEEG n. 188/05.
- Delibera n. 182/06 Intimazione alle imprese distributrici ad adempiere alle disposizioni in materia di servizio di misura dell'energia elettrica in corrispondenza dei punti di immissione di cui all'Allegato A alla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 30 gennaio 2004, n. 5/04.
- Delibera n. 260/06 Modificazione ed integrazione della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 14 settembre 2005, n. 188/05 in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici
- Delibera n. 88/07: “Disposizioni in materia di misura dell’energia elettrica prodotta da impianti di generazione”;

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 11/41
--	-----------------------------------	------------------	------------------------

- Delibera n. 90/07: “Attuazione del decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare 19 febbraio 2007, ai fini dell’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici”.
- Delibera n. 280/07 Modalità e condizioni tecnico-economiche per il ritiro dell’energia elettrica ai sensi dell’articolo 13, commi 3 e 4, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387/03, e del comma 41 della legge 23 agosto 2004, n. 239/04.
- Delibera ARG/elt 33/08: “Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell’energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV”.
- Delibera ARG/elt 119/08: “Disposizioni inerenti l’applicazione della deliberazione dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas ARG/elt 33/08 e delle richieste di deroga alla norma CEI 0-16, in materia di connessioni alle reti elettriche di distribuzione con tensione maggiore di 1 kV”.

Norme

Criteri di progetto e documentazione

- CEI 0-2: “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- CEI EN 60445: “Principi base e di sicurezza per l’interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità di conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico”;

Sicurezza elettrica

- 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 64-8: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”;
- CEI 64-12: “Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario”;
- CEI 64-14: “Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori”;
- IEC TS 60479-1 CORR 1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- CEI EN 60529 (70-1): “Gradi di protezione degli involucri (codice IP)”;
- CEI 64-57 Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Impianti di piccola produzione distribuita.
- CEI EN 61140 "Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature".

Parte 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;

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 12/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

- 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 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- 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 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

Quadri elettrici

- CEI EN 60439-1 (17-13/1): “Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)”;
- CEI EN 60439-3 (17-13/3): “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD”;
- CEI 23-51: “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”;

Rete elettrica ed allacciamenti degli impianti

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 13/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

- CEI 0-16 ed.II: “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 11-1: “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”;
- CEI 11-17: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo”;
- CEI 11-20: “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alla rete di I e II categoria”;
- CEI 11-20, V1: “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alla rete di I e II categoria - Variante”;
- CEI EN 50110-1 (11-40) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50160: “Caratteristica della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell’energia elettrica (2003-03)”;

Cavi, cavidotti ed accessori

- CEI 20-19/1: “Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali”;
- CEI 20-19/4: “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 4: Cavi flessibili”;
- CEI 20-19/10: “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 10: Cavi flessibili isolati in EPR e sotto guaina in poliuretano”;
- CEI 20-19/11: “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 11: Cavi flessibili con isolamento in EVA”;
- CEI 20-19/12: “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 12: Cavi flessibili isolati in EPR resistenti al calore”;
- CEI 20-19/13: “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 13: Cavi unipolari e multipolari, con isolante e guaina in miscela reticolata, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi”;
- CEI 20-19/14: “Cavi isolati con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 14: Cavi per applicazioni con requisiti di alta flessibilità”;
- CEI 20-19/16: “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V Parte 16: Cavi resistenti all’acqua sotto guaina di policloroprene o altro elastomero sintetico equivalente”;
- CEI 20-20/1: “Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali”;
- CEI 20-20/3: “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 3: Cavi senza guaina per posa fissa”;
- CEI 20-20/4: “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi con guaina per posa fissa”;
- CEI 20-20/5: “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 5: Cavi flessibili”;

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 14/41
--	-----------------------------------	------------------	------------------------

- CEI 20-20/9: “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi senza guaina per installazione a bassa temperatura”;
- CEI 20-20/12: “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili resistenti al calore”;
- CEI 20-20/14: “Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 14: Cavi flessibili con guaina e isolamento aventi mescole termoplastiche prive di alogeni”;
- CEI-UNEL 35024-1: “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria. FASC. 3516”;
- CEI-UNEL 35026: “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa interrata. FASC. 5777”;
- CEI 20-40: “Guida per l’uso di cavi a bassa tensione”;
- CEI 20-67: “Guida per l’uso dei cavi 0,6/1kV”;
- CEI EN 50086-1: “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali”;
- CEI EN 50086-2-1: “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori”;
- CEI EN 50086-2-2: “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori”;
- CEI EN 50086-2-3: “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori”;
- CEI EN 50086-2-4: “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati”;
- CEI EN 60423 (23-26): “Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori”;

Conversione della potenza

- CEI 22-2: “Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione”;
- CEI EN 60146-1-1 (22-7): “Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali”;
- CEI EN 60146-1-3 (22-8): “Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori”;
- CEI UNI EN 455510-2-4 Guida per l’approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza

Scariche atmosferiche e sovratensioni

- CEI 81-3: “Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato nei comuni d’Italia, in ordine alfabetico”;
- CEI 81-4: “Protezione delle strutture contro i fulmini – Valutazione del rischio dovuto al fulmine”;

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 15/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

- CEI 81-8: “Guida d’applicazione all’utilizzo di limitatori di sovratensione sugli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione”;
- CEI 81-10: “Protezione contro i fulmini”;
- CEI EN 50164-1 (81-5): “Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione”;
- CEI EN 61643-11 (37-8): “Limitatori di sovratensione di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensione connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove”;
- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10): “Protezione contro i fulmini – Principi generali”;
- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10): “Protezione contro i fulmini – Analisi del rischio”;
- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10): “Protezione contro i fulmini – Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone”;
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10): “Protezione contro i fulmini – Impianto elettrici ed elettronici nelle strutture”;

Dispositivi di potenza

- CEI EN 60898-1 (23-3/1): “Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata”;
- CEI EN 60947-4-1 (17-50): “Apparecchiature di bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori – Contattori e avviatori elettromeccanici”;

Compatibilità elettromagnetica

- CEI 110-26: “Guida alle norme generiche EMC”;
- CEI EN 50081-1 (110-7): “Compatibilità elettromagnetica – Norma generica sull’emissione – Parte 1: Ambienti residenziali, commerciali e dell’industria leggera”;
- CEI EN 50082-1 (110-8): “Compatibilità elettromagnetica – Norma generica sull’immunità – Parte 1: Ambienti residenziali, commerciali e dell’industria leggera”;
- CEI EN 50263 (95-9): “Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione”;
- CEI EN 60555-1 (77-2): “Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni”;
- CEI EN 61000-2-2 (110-10): “Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione”;
- CEI EN 61000-3-2 (110-31): “Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)”;
- CEI EN 61000-3-3 (110-28): “Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – sezione 3: Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale ≤ 16 A”;

Energia solare

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 16/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

- UNI 8477: “Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell’energia raggiante ricevuta”;
- UNI EN ISO 9488: “Energia solare – Vocabolario”;
- UNI 10349: “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici”;

Altri documenti

- UNI/ISO e CNR UNI 10011- “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione (Per la parte meccanica di ancoraggio dei moduli)”.

Normativa nazionale e Normativa tecnica - Campi elettromagnetici

- Decreto del 29.05.08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica"
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991, "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell’esercizio di linee aeree esterne" (G.U. Serie Generale del 16/01/1991 n.40)
- Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449, "Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne"
- CEI 106-12 2006-05 “Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”
- CEI 106-11 2006-02 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8/07/2003 (art.6)- Parte I: Linee elettriche aeree in cavo”
- CEI 11-17 1997-07 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 211-6 2001-01 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana"
- CEI 211-4 1996-12 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- CEI 11-60 2000-07 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne"

L’elenco normativo riportato non è esaustivo, per cui leggi o norme applicabili, anche se non citate, vanno comunque applicate.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 17/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

4 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Al fine di stabilire la migliore soluzione impiantistica per gli impianti fotovoltaici a terra, di seguito verrà condotta un'analisi delle varie tecnologie disponibili sul mercato evidenziandone vantaggi e svantaggi. Al termine di tale analisi, si motiverà la scelta progettuale che ha condotto all'impiego, nel presente progetto, della tecnologia ad **inseguimento monoassiale**.

Gli impianti fotovoltaici a “terra” si distinguono in “fissi” e ad “inseguimento”, quest'ultimi a loro volta possono distinguersi in base al grado di libertà che offrono al movimento del pannello fotovoltaico in “inseguitori ad un grado di libertà” ed “inseguitori a due gradi di libertà”.

Utilizzando come primo criterio quello della massimizzazione della produzione energetica, la scelta si è orientata sin da subito verso i sistemi ad “inseguimento”, i quali garantiscono un guadagno sulla producibilità variabile dal 10% al 35% in più rispetto ad i sistemi “fissi” anche se per contro si hanno:

- Maggiori costi dell'impianto (10-15%);
- Maggiori costi di manutenzione a causa dei componenti di attuazione e controllo del sistema ad inseguimento;
- Minore affidabilità di un sistema dinamico (il sistema d'inseguimento in avaria potrebbe bloccare la superficie dei moduli in una posizione penalizzante per l'esposizione);
- Maggiore spazio occupato, soprattutto per gli impianti di media e grande dimensione disposti su più file per evitare fenomeni di ombreggiamento (occorre uno spazio circa il doppio che per un impianto fisso).

L'ultimo punto analizzato, se da un lato impegna in modo maggiore da un punto di vista economico la società proponente, dall'altro ha dei risvolti di natura ambientale e paesaggistica positivi, infatti anche se l'impegno complessivo di area degli impianti fotovoltaici ad inseguimento, al lordo della superficie compresa tra le strutture porta moduli, è superiore rispetto agli impianti fissi, l'area di proiezione a terra delle sole strutture porta moduli risulta essere mediamente inferiore, nell'arco della rotazione giornaliera di un sistema ad inseguimento, rispetto alle strutture fisse; d'altra parte la maggiore distanza tra le file dei sistemi ad inseguimento, superiore ai 6 m, consente di valorizzare gli impianti fotovoltaici anche da un punto di vista “agronomico” in quanto vi è la possibilità di coltivare tra le strutture, in modo del tutto meccanizzato, piante a basso fusto ad elevata redditività economica (zenzero, cumino, piante aromatiche/officinali, ecc...).

Di seguito si analizzeranno i vari sistemi ad inseguimento, al fine di individuarne i vantaggi/svantaggi.

4.1 Inseguitori ad un grado di libertà

Gli inseguitori fotovoltaici monoassiali sono dispositivi che "inseguono" il Sole ruotando attorno a un solo asse (Figura 3.1-1). A seconda dell'orientazione di tale asse, possiamo distinguere quattro tipi di inseguitori: inseguitori di tilt, inseguitori di rollio, inseguitori di azimut, inseguitori ad asse polare.

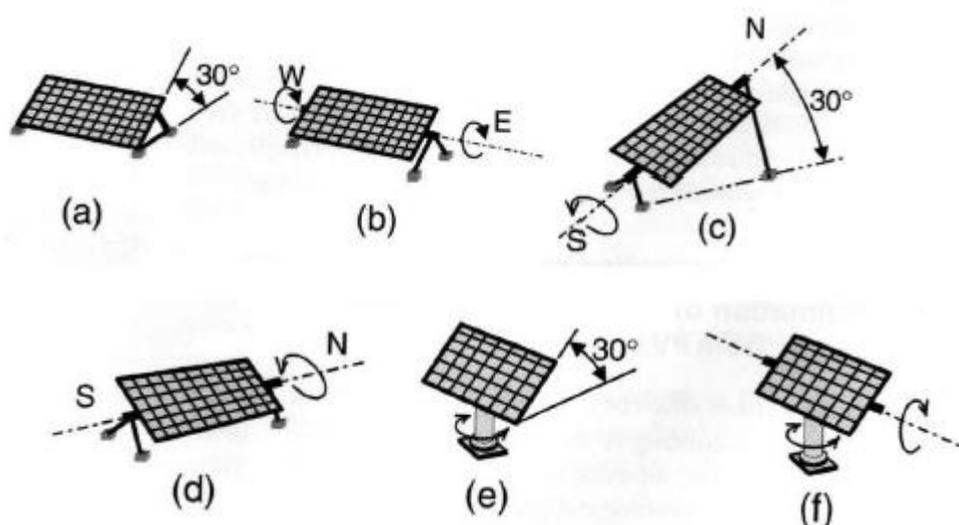


Figura 3.1-1 movimenti degli inseguitori Monoassiali (b, c, d) e Biassiali (e, f)

Gli inseguitori di tilt (o di "beccheggio") - che sono gli inseguitori solari più semplici da realizzare ed anche più economici - ruotano attorno all'asse est-ovest. Poiché normalmente i pannelli solari sono orientati verso sud, ciò vuol dire aumentare o diminuire l'inclinazione del pannello rispetto al terreno di un piccolo angolo, in modo che l'angolo rispetto al suolo - detto angolo di tilt - sia statisticamente ottimale rispetto alla stagione. Infatti, l'angolo di tilt ideale non varia solo con la latitudine (alle latitudini italiane l'angolo ideale varia dai 29° del Sud Italia ai 32° del Nord), ma anche nel corso del tempo, poiché il Sole raggiunge altezze diverse durante l'anno. Questa operazione viene di solito eseguita manualmente due volte l'anno, grazie a una montatura apposita che permette di abbassare o sollevare a mano i pannelli rispetto all'orizzonte: poiché l'incremento nella produzione di energia offerto da questo tipo di inseguitori non supera il 10%, raramente sarebbe giustificato l'impiego di un servomeccanismo (Figura 3.1-2).



Figura 3.1-2 Inseguitori di Tilt

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 3.1-1) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori di Tilt monoassiali:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE MONOASSIALE DI TILT				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Contenuto, in quanto le strutture non superano i 4,5 m alla massima inclinazione	più 2%	Semplice e non gravoso, paragonabile ai sistemi fissi	più 10%	1. Tali impianti essendo simili a quelli fissi, hanno una distanza tra le file limitata che esclude ogni tipo di coltivazione meccanizzata

Tab. 3.1-1 Caratteristiche Inseguitori di Tilt

Gli inseguitori di rollio si prefiggono di seguire il sole lungo la volta celeste nel suo percorso quotidiano, a prescindere dalla stagione di utilizzo. In questo caso l'asse di rotazione è nord-sud, mentre l'altezza del sole rispetto all'orizzonte viene ignorata. Questi inseguitori sono particolarmente indicati per i paesi a bassa latitudine (Italia compresa, specialmente al sud), in cui il percorso del sole è mediamente più ampio durante l'anno. La rotazione richiesta a queste strutture è più ampia del tilt, spingendosi a volte fino a $\pm 60^\circ$.

Una caratteristica avanzata di questi inseguitori è detta backtracking, e risolve il problema degli ombreggiamenti che inevitabilmente le file di moduli fotovoltaici causano all'alba e al tramonto sollevandosi verso l'orizzonte. Questa tecnica prevede che i servomeccanismi orientino i moduli in base ai raggi solari solo nella fascia centrale della giornata, ma invertano il tracciamento a ridosso di alba e tramonto. La posizione notturna di un campo fotovoltaico con backtracking è perfettamente orizzontale rispetto al suolo, e dopo l'alba il disassamento dell'ortogonale dei moduli rispetto ai raggi solari viene progressivamente ridotto mano a mano che le ombre lo permettono. Prima del tramonto viene eseguita un'analoga procedura al contrario, riportando il campo fotovoltaico in posizione orizzontale per il periodo notturno. L'incremento nella produzione di energia offerto tali inseguitori si aggira intorno al 15% (Figura 3.1-3).



Figura 3.1-3 Inseguitori di Rollio

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 3.1-2) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori di Rollio

monoassiali:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE MONOASSIALE DI ROLLIO				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Contenuto, in quanto le strutture non superano i 4,5 m alla massima inclinazione	più 3-5 %	Semplice e non gravoso, rispetto ai sistemi fissi bisogna considerare la sola manutenzione dei motori elettrici dei Trackers	più 15%	1. essendo elevata la distanza tra le file (almeno 7 m) è possibile coltivare in modo meccanizzato lo spazio tra le strutture portamoduli. 2. Le strutture possono alloggiare i moduli bifacciali, che sono maggiormente trasparenti consentendo un minore ombreggiamento

Tab. 3.1-2 Caratteristiche Inseguitori di Rollio

Gli inseguitori di azimut ruotano intorno a un asse verticale perpendicolare al suolo. I pannelli sono montati su una base rotante complanare al terreno che, tramite un servomeccanismo, segue il movimento del Sole da est a ovest durante il giorno ma, a differenza degli inseguitori di tilt e di rollio, senza mai variare l'inclinazione del pannello rispetto al suolo. Ovviamente, gli inseguitori di azimut normalmente hanno i pannelli solari inclinati di un certo angolo rispetto all'asse di rotazione. I progetti che utilizzano questo tipo di inseguitori devono tener opportunamente conto degli ombreggiamenti per evitare perdite di energia e per ottimizzare l'utilizzo del terreno. Tuttavia, l'ottimizzazione in caso di raggruppamento ravvicinato è limitata a causa della natura delle ombre che si creano nel corso dell'anno, perciò sono adatti, sostanzialmente, quando si abbiano a disposizione degli spazi relativamente ampi. L'incremento nella produzione di energia offerto da questo tipo di inseguitori è intorno al 25% (Figura 3.1-4).



Figura 3.1-4 Inseguitori di Azimut

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 3.1-2) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori di Azimut monoassiali:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE MONOASSIALE DI AZIMUT				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Elevato, l'altezza delle strutture arriva a 9 m	più 25-30 %	Complesso per la difficoltà nella pulizia dei pannelli oltre alla manutenzione del sistema Trackers System	più 25%	1.Non vi sono spazi disponibili per la coltivazione, inquanto tali inseguitori necessitano di ampi spazi disponibili per consentire la rotazione delle strutture.

Tab. 3.1-3 Caratteristiche Inseguitori di Azimut

Gli inseguitori ad asse polare ruotano, con l'ausilio di un servomeccanismo, intorno a un asse parallelo all'asse nord-sud di rotazione terrestre (asse polare), e dunque inclinato rispetto al suolo. Si noti che negli inseguitori di rollio l'asse di rotazione è ugualmente orientato in direzione nord-sud, ma esso (e i pannelli) è parallelo al suolo, non all'asse terrestre. Negli inseguitori ad asse polare, invece, l'asse di rotazione è inclinato rispetto al suolo per poter essere circa parallelo all'asse di rotazione terrestre. L'asse di rotazione di tali inseguitori, quindi, è simile a quello attorno al quale il Sole disegna la propria traiettoria nel cielo, ma non uguale, a causa delle variazioni dell'altezza del Sole nel cielo nelle varie stagioni. Gli inseguitori ad asse polare, dunque, riescono a tenere i pannelli solari all'incirca perpendicolari rispetto al Sole durante tutto l'arco della giornata (trascurando le suddette oscillazioni di altezza stagionali) e danno la massima efficienza (+30%) che si possa ottenere con un solo asse di rotazione (Figura 3.1-5).



Figura 3.1-5 Inseguitori ad asse polare

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 3.1-2) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori ad Asse Polare monoassiali:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE MONOASSIALE AD ASSE POLARE				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Moderato l'altezza delle strutture arriva a 6 m	più 10-15 %	Semplice e non gravoso, rispetto ai sistemi fissi bisogna considerare la sola manutenzione dei motori elettrici dei Trackers	più 30%	1.l'utilizzo dei basamenti in CLS non rende possibile la coltivazione agricola meccanizzata. 2. Le strutture possono alloggiare i moduli bifacciali, che sono maggiormente trasparenti consentendo un minore ombreggiamento

Tab. 3.1-4 Caratteristiche Inseguitori ad Asse Polare

4.2 Inseguitori a due gradi di libertà

Gli inseguitori più sofisticati dispongono di due gradi di libertà, con cui si prefiggono di allineare perfettamente e in tempo reale l'ortogonale dei pannelli fotovoltaici con i raggi solari. Il modo più economico, ma non l'unico, per realizzarli è montare un inseguitore a bordo di un altro. Con questi inseguitori si registrano aumenti di produzione elettrica che raggiungono anche il 35 % - 40 %, a fronte però di una maggior complessità costruttiva. Gli inseguitori fotovoltaici biassiali hanno due assi di rotazione, solitamente perpendicolari fra loro (Figura 4.4.2-1).



Figura 3.2-1 Inseguitori Biassiale

Grazie ad essi, e con l'ausilio di una strumentazione elettronica più o meno sofisticata, è possibile puntare perfettamente e in tempo reale i pannelli verso il Sole via via che si sposta sulla volta celeste, massimizzando l'efficienza dei pannelli solari. Esistono due tipi di inseguitori biassiali molto comuni, i quali si differenziano per la diversa orientazione degli assi di rotazione: quelli azimut-elevazione e quelli tilt-rollio.

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 3.2-1) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori Biassiali:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE BIASSIALE				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Elevato, l'altezza delle strutture arriva a 9 m	più 25-30 %	Complesso per la difficoltà nella pulizia dei pannelli oltre alla manutenzione del sistema Trackers System	più 30-40%	1. essendo elevata la distanza tra le file (almeno 7 m) è possibile coltivare in modo meccanizzato lo spazio tra le strutture portamoduli.

Tab. 3.2-1 Caratteristiche Inseguitori Biassiali

Gli inseguitori azimut-elevazione, che inseguono il Sole assistiti da un computer il quale calcola la posizione prevista nel cielo oppure da un sensore di luce che controlla i motori, hanno il loro asse di rotazione principale verticale rispetto al terreno, e quello secondario perpendicolare ad esso, per cui si muovono un po' come il cannone di un carro armato (movimento orizzontale della torretta e verticale della canna). Questa montatura (detta altazimutale), permette di puntare con l'ausilio dell'elettronica qualsiasi punto del cielo, ed è usata anche per orientare riflettori parabolici per il solare termico o che montano motori Stirling per produrre elettricità. La progettazione di impianti che facciano uso di tale tipo di inseguitori deve tener conto degli ombreggiamenti per evitare perdite di energia e per ottimizzare lo sfruttamento del terreno, anche se in caso di inseguitori ravvicinati fra loro l'ottimizzazione risulta limitata a causa della natura stessa delle ombre che si manifestano nel corso dell'anno (Figura 3.2-2).



Figura 3.2-2 Inseguitori Azimut- elevazione

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 3.2-2) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori Biassiali

Azimut- Elevazione:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE AZIMUT- ELEVAZIONE				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Elevato, l'altezza delle strutture arriva a 9 m	più 30-35 %	Complesso per la difficoltà nella pulizia dei pannelli oltre alla manutenzione del sistema Trackers System	più 30-40%	1. l'elevato incombro del sistema ad inseguimento non rende possibile la coltivazione

Tab. 3..2-2 Caratteristiche Inseguitori Biassiali Azimut- Elevazione

Gli inseguitori tilt-rollio hanno l'asse principale parallelo al suolo, mentre quello secondario è normalmente perpendicolare all'asse primario. I posti disponibili alle estremità dell'asse primario possono essere condivisi con più gruppi di pannelli, permettendo costi di installazione più bassi. Per evitare il problema degli ombreggiamenti reciproci che con file di questi inseguitori si verificherebbero all'alba e al tramonto, viene impiegata la cosiddetta tecnica del backtracking: i moduli seguono il movimento del Sole ruotando lungo l'asse di rollio solo nelle ore centrali del giorno, invertendo il movimento a ridosso dell'alba e del tramonto, quando raggiungono un allineamento perfettamente orizzontale (eccetto che per l'inclinazione lungo l'asse di tilt). Ad ogni modo, la geometria di questi inseguitori risulta molto flessibile. Gli inseguitori di tilt-rollio sono tipicamente allineati con l'asse principale lungo il meridiano che passa per il nord, anche se con l'ausilio del computer è possibile allinearli lungo qualsiasi direzione (Figura 3.2-3).



Figura 4.4.2-3 Inseguitori Tilt- Rollio

Di seguito si riporta la Tabella (Tab. 4.4.4-3) che riassume le caratteristiche salienti degli inseguitori Biassiali Tilt- Rollio:

CARATTERISTICHE INSEGUITORE TILT- ROLLIO				
Impatto Visivo	Incremento Costo investimento Vs. impianto fisso	Operation e Maintenance	Guadagno produzione energetica Vs. impianto fisso	Altre Caratteristiche
Elevato, l'altezza delle strutture arriva a 9 m	più 30-35 %	Complesso per la difficoltà nella pulizia dei pannelli oltre alla manutenzione del sistema Trackers System	più 30-40%	1. essendo elevata la distanza tra le file (almeno 7 m) è possibile coltivare in modo meccanizzato lo spazio tra le strutture portamoduli.

Tab. 3.2-3 Caratteristiche Inseguitori Biassiali Tilt- Rollio

4.3 Scelta del sistema d'inseguimento

La scelta del sistema di inseguimento dipende da numerosi fattori, che includono le dimensioni e le caratteristiche sia della struttura sia del luogo di installazione, la latitudine e le condizioni meteorologiche e climatiche locali. Tipicamente, gli inseguitori biassiali vengono impiegati nei piccoli impianti residenziali e nei Paesi che godono di incentivi molto elevati. Invece, negli altri casi e per i grandi parchi fotovoltaici, risultano indicati gli inseguitori monoassiali di rollio, per sfruttare i bassi costi, nonché la semplicità e robustezza dell'installazione, che permette grandi risparmi di scala a fronte di un miglioramento comunque interessante nella produzione di energia, che è rilevante soprattutto di pomeriggio.

Analizzando le caratteristiche principali dei sistemi ad inseguimento, la scelta della società proponente si è indirizzata verso i Sistemi ad Inseguimento Monoassiale di Rollio i quali garantiscono:

- Costi di investimento e gestione contenuti, paragonabili ai sistemi fissi;
- Un significativo incremento della produzione energetica rispetto ai sistemi fissi;
- Consentono la coltivazione meccanizzata negli spazi tra le strutture portamoduli;
- Consentono l'utilizzo di moduli bifacciali che oltre ad incrementare la produzione energetica, diminuiscono l'ombreggiamento sotto le strutture con la possibilità di coltivare piante tipo lo zenzero che riescono ad attecchire anche nelle zone di penombra.

5 ARCHITETTURA GENERALE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico utilizza come componente principale il modulo composto da celle di silicio che grazie all'effetto fotovoltaico trasforma l'energia luminosa dei fotoni in corrente elettrica continua.

Dal punto di vista elettrico più moduli fotovoltaici vengono collegati in serie a formare una stringa e più stringhe vengono collegate ad un inverter. L'energia prodotta è convogliata attraverso cavi DC agli inverter e più inverter sono poi collegati in parallelo attraverso opportuni quadri di bassa tensione ai trasformatori elevatori. I quadri di bassa tensione ed i trasformatori saranno collocati all'interno di opportune cabine di trasformazione ospitanti anche il quadro di media tensione dal quale partirà la dorsale MT per il collegamento dei Campi alla Cabina Utente a 36 kV (Impianto di Utenza).

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 26/41
--	-----------------------------------	------------------	------------------------

Si vedano come riferimento gli elaborati elettrici:

- **RS06EPD0015A0÷26A0– Layout e schema elettrico CC - Sottocampo 1-12;**
- **RS06EPD0043A0 – Opere connessione - Schema elettrico generale CA.**

L'Architettura generale dell'impianto fotovoltaico è caratterizzata dei seguenti elementi:

- N° **164 unità** di generazione costituite da moduli fotovoltaici, così distinte:

- Campo 1 (Cabina 1): costituito da **N.13 unità**, ognuna costituita da **N.9÷13** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **4020** Moduli FV, **134** Stringhe su **52** Tracker ed una potenza totale di **2.653,20** kWp;
- Campo 2 (Cabina 2): costituito da **N.15 unità**, ognuna costituita da **N.9÷13** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **4620** Moduli FV, **154** Stringhe su **53** Tracker ed una potenza totale di **3.049,20** kWp;
- Campo 3 (Cabine 3-4-5): costituiti da **N.46 unità**, ognuna costituita da **N.9÷13** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **14430** Moduli FV, **481** Stringhe su **183** Tracker ed una potenza totale di **9.523,80** kWp;
- Campo 4 (Cabina 6): costituito da **N.6 unità**, ognuna costituita da **N.10÷13** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **2040** Moduli FV, **68** Stringhe su **24** Tracker ed una potenza totale di **1.346,40** kWp;
- Campo 5 (Cabine 7-8-9): costituito da **N.38 unità**, ognuna costituita da **N.9÷12** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **11880** Moduli FV, **396** Stringhe su **137** Tracker ed una potenza totale di **7.840,80** kWp;
- Campo 6 (Cabina 10): costituito da **N.6 unità**, ognuna costituita da **N.9÷12** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **1920** Moduli FV, **64** Stringhe su **24** Tracker ed una potenza totale di **1.267,20** kWp;
- Campo 7 (Cabina 11): costituito da **N.17 unità**, ognuna costituita da **N.9÷12** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **5370** Moduli FV, **179** Stringhe su **61** Tracker ed una potenza totale di **3.544,20** kWp;
- Campo 8 (Cabina 12): costituito da **N.23 unità**, ognuna costituita da **N.9÷12** Stringhe x **N. 30** Moduli per stringa per un totale di **7050** Moduli FV, **235** Stringhe su **85** Tracker ed una potenza totale di **4.653,00** kWp.

Le **164 unità** di generazione, e quindi inverters, sono distinte in termini di potenza nominale in un'unica tipologia pari a $P_n = 200$ kVA.

Impianto elettrico che raccoglie e veicola l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico verso la RTN è costituito da:

- N° 12 Cabine di campo BT/MT, saranno costituite da:
 - o N.2 costituite da N.1 trasformatore 0,8/36 kV/kV da 5 MVA per le Cabine 8 e 12;
 - o N.3 costituite da N.1 trasformatore 0,8/36 kV/kV da 4 MVA per le Cabine 4, 5 e 11;

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 27/41
--	-----------------------------------	------------------	------------------------

- N.2 costituite da N.1 trasformatore 0,8/36 kV/kV da 3 MVA per le Cabine 1 e 2;
- N.5 costituita da N.1 trasformatore 0,8/36 kV/kV da 2 MVA per le Cabine 3, 6, 7, 9 e 10;
- N° 1 Magazzino-Sala controllo;
- N° 1 Ufficio O&M - Security;
- le dorsali di cavo interrato in Media Tensione (MT) a 36 kV per il vettoriamento dell'energia prodotta dalle 12 sezioni di impianto verso la Cabina Utente;
- la realizzazione di una cabina generale “**Utente**” **36 kV** sita in contrada “**Pianotta**” nel comune di **Ciminna (PA)**, al fine di consentire il parallelo delle 12 sezioni di impianto.
- La realizzazione del collegamento in **cavidotto interrato MT a 36 kV** tra la cabina generale utente e la nuova SST adiacente alla “CP Ciminna”.
- Una rete telematica interna di monitoraggio in fibra ottica e/o RS485 per il controllo dell'impianto fotovoltaico (parametri elettrici relativi alla generazione di energia e controllo delle strutture tracker) e trasmissione dati via modem o via satellite;
- Una rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, sicurezza, illuminazione, TVCC, forza motrice ecc.) e dei tracker (motore di azionamento).
- Opere civili di servizio, costituite principalmente da basamenti cabine/power station, container magazzini e sala controllo prefabbricati, opere di viabilità, posa cavi, recinzione.

Il **layout generale dell'impianto** è riportato nella Tavola **RS06EPD0010A0-Layout impianto FV su CTR**.

6 COMPONENTI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

6.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono del tipo in silicio monocristallino ad alta efficienza (>21%) e ad elevata potenza nominale (**660 Wp**). Questa soluzione, che permette di ridurre il numero totale di moduli necessari per coprire la taglia prevista dell'impianto, **ottimizza l'occupazione del suolo**, nel pieno rispetto del punto 16.1.C della Parte IV “*Inserimento degli impianti nel paesaggio e sul territorio*” del DM 10.09.2010 che prescrive: “*il ricorso a criteri progettuali volti ad ottenere il minor consumo possibile del territorio, sfruttando al meglio le risorse energetiche disponibili*”.

Per la tipologia di impianto ad inseguimento monoassiale, **per ridurre gli ombreggiamenti a terra e quindi evitare la sterilizzazione del suolo**, è previsto l'utilizzo di moduli fotovoltaici bifacciali o, quantomeno, di moduli fotovoltaici monofacciali con EVA trasparente e doppio vetro. Tale scelta è in accordo con il punto 16.1.F della Parte IV “*Inserimento degli impianti nel paesaggio e sul territorio*” del DM 10.09.2010 che prescrive: “*la ricerca e la sperimentazione di soluzioni progettuali e componenti tecnologici innovativi, volti ad ottenere una maggiore sostenibilità degli impianti e delle opere connesse da un punto di vista dell'armonizzazione e del migliore inserimento degli impianti stessi nel contesto storico, naturale e paesaggistico*”.

La tipologia specifica sarà definita in fase esecutiva cercando di favorire la filiera di produzione locale.

Le caratteristiche preliminari dei moduli utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono riportate nella seguente tabella (Tab. 5.1-1):

GRANDEZZA CARATTERISTICA	VALORE
Tecnologia:	Monocristallino Bifacciale
Potenza massima (Pmax) Wp:	660
V_{Mpp} Tensione a Pmax STC [V]:	38,10
I_{Mpp} Corrente a Pmax STC [A]:	17,35
V_{oc} Tensione a circuito aperto STC [V]:	45,9
I_{sc} Corrente di corto circuito STC [A]:	18,45
Lunghezza x Larghezza x Spessore [mm]:	2.384 x 1.303 x 35
Classe di isolamento:	II
Massima tensione d'isolamento [V]	1.500

Tab. 5.1-1 Caratteristiche Moduli fotovoltaici

Nella parte posteriore di ogni modulo sono collocate le scatole di giunzione per il collegamento dei moduli al resto dell'impianto. Tali scatole, che hanno grado di protezione meccanica IP55, sono dotate di diodi di by-pass per evitare il flusso di corrente in direzione inversa (ad esempio in caso di ombreggiamento dei moduli) e conseguenti fenomeni di hotspot che potrebbero danneggiare i moduli stessi.

I moduli sono marcati CE e sono certificati in classe di isolamento II e rispondenti alla norma CEI 82-25.



Fig. 5.1-1 Tipico Modulo fotovoltaico Bifacciale

6.2 Stringhe Fotovoltaiche

I moduli fotovoltaici sono collegati tra loro in serie attraverso dei connettori di tipo maschio-femmina (tipo MC4 e/o MC3), formando una “**Stringa Fotovoltaica**”. Ogni stringa è formata da **30 moduli**, per un totale di **1711** stringhe per l'intero l'impianto fotovoltaico.

La seguente figura 5.2-1 riporta un tipico del cablaggio di due stringhe fotovoltaiche:



Fig. 5.2-1 Tipico Cablaggio Stringa

Le stringhe sono collegate direttamente all'inverter tramite cavi DC. Gli inverters sono installati all'esterno, sotto le vele, e il loro involucro garantirà lunga durata e massima sicurezza.

L'intero impianto Fotovoltaico contiene N. **1711** Stringhe, così suddivise:

Campo 1: N. **134** Stringhe, per un totale di **4.020** Moduli FV;

Campo 2: N. **154** Stringhe, per un totale di **4.620** Moduli FV;

Campo 3: N. **481** Stringhe, per un totale di **14.430** Moduli FV;

Campo 4: N. **68** Stringhe, per un totale di **2.040** Moduli FV;

Campo 5: N. **396** Stringhe, per un totale di **11.880** Moduli FV;

Campo 6: N. **64** Stringhe, per un totale di **1.920** Moduli FV.

Campo 7: N. **179** Stringhe, per un totale di **5.370** Moduli FV.

Campo 8: N. **235** Stringhe, per un totale di **7.050** Moduli FV.

Ognuno degli inverter installati può ricevere in ingresso al più N. **18** ingressi a polarità suddivisi su N.**9** ingressi MPPT (al più N.2 stringhe per ogni MPPT).

Gli schemi elettrici degli elaborati **RS06EPD0015A0/26A0– Layout e schema elettrico CC - Sottocampo 1-12** riportano la distribuzione delle stringhe ed il numero delle stringhe caratterizzate da N. **9, 10, 11, 12 o 13 ingressi**.

Le caratteristiche elettriche di una stringa fotovoltaica, formata da n. 30 moduli FV collegati in serie, sono di seguito riportate:

Stringa con moduli da 660 Wp	
Numero di moduli fotovoltaici	30 (connessi in serie)
Tensione a circuito aperto Voc (STC)	38,10 x 30 = 1.143,00 V
Corrente di corto circuito Isc (STC)	17,35 A
Tensione al punto massima potenza Vmpp (STC)	45,90 x 30 = 1.377,00 V
Corrente al punto di massima potenza Impp (STC)	18,45 A
Potenza nominale di picco (STC)	19.800,00 Wp

Tab. 5.2-1 Caratteristiche elettriche stringa fotovoltaica

Inoltre, poiché il numero di stringhe connesse in parallelo nei rispettivi inverter è variabile, è possibile distinguere diverse configurazioni, in particolare avremo:

- Inverter da **215 kWp** con **N.9** stringhe formate da 30 moduli di 660 Wp;
- Inverter da **215 kWp** con **N.10** stringhe formate da 30 moduli di 660 Wp;
- Inverter da **215 kWp** con **N.11** stringhe formate da 30 moduli di 660 Wp;
- Inverter da **215 kWp** con **N.12** stringhe formate da 30 moduli di 660 Wp;
- Inverter da **215 kWp** con **N.13** stringhe formate da 30 moduli di 660 Wp.

6.3 Gruppo di conversione CC/CA

Inverter

L'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente continua è veicolata negli Inverters di ognuno dei **N. 12 Sottocampi**.

Gli inverter sono del tipo “di stringa” e potranno essere installati all'esterno in corrispondenza della vela del tracker.

Gli inverter sono dotati di idonei dispositivi atti a sezionare e proteggere il lato in corrente alternata, alloggiati in appositi quadri da installare in prossimità degli inverter stessi.

Per il presente progetto è previsto l'impiego di inverter di stringa **Huawei Technologies SUN2000-215/KTL-H0** (Figura 5.3-3 - Inverter di stringa Huawei Technologies).



Figura 5.3-3 - Inverter di stringa Huawei Technologies

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questo inverter sono compatibili con quelli delle stringhe di moduli FV ad esso afferenti, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita (800 V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Gli inverter avranno in ingresso i cavi DC provenienti dalle; ogni inverter è in grado di ricevere fino a 18 input; ciascun ingresso in corrente continua sarà protetto tramite un fusibile dedicato mentre la sezione in corrente alternata sarà protetta tramite interruttore.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 66, saranno installati direttamente sulle vele dei tracker e risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV (intervallo di temperatura ambiente operativa: -20...+50 °C).

L'uscita in corrente alternata di ciascun inverter sarà collegata al circuito secondario del trasformatore di potenza BT/MT attraverso un quadro di bassa tensione sul quale sarà effettuato il parallelo di più inverter.

Ciascun inverter è in grado di monitorare, registrare e trasmettere automaticamente i principali parametri elettrici in corrente continua ed in corrente alternata. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16.

Le seguenti tabelle riportano le principali caratteristiche tecniche degli inverter selezionati utilizzati nella definizione del progetto:

- **Tipologia Gruppo di Conversione CC/CA:**

GRANDEZZA CARATTERISTICA	VALORE
Tensione Massima in Ingresso [V]	1500 V
Tensione di Uscita alla P_{nom} [V]	0,8 kV
Frequenza di uscita	50 Hz
cos φ	0,8-1
Grado di protezione	IP66
Range di temperatura di funzionamento	-25 +60 °C
Massima corrente di corto circuito in ingresso CC [A]	450
Potenza nominale in uscita (CA)	200 kVA
Rendimento europeo	98,6%

Tab. 5.3-2 Caratteristiche sistema di Conversione CC/CA- Tipo 2

Si ritiene opportuno sottolineare che la scelta definitiva del produttore/modello dell'inverter di stringa sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all'esito positivo della procedura autorizzativa, sulla

base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità da parte dei produttori. L'architettura d'impianto non subirà comunque alcuna variazione significativa.

Trasformatore MT/BT:

Il trasformatore elevatore è di tipo a secco o isolato in olio. In quest'ultimo caso è prevista una vasca di raccolta dell'olio in acciaio inox, adeguatamente dimensionata.

Il trasformatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, relè Buchholtz., ecc..

Quadro MT

All'interno della cabina di trasformazione, nel comparto MT, è installato il Quadro MT, composto da 2 o 3 scomparti, a seconda che avvenga un entra-esce verso un'altra cabina o meno (Cella MT arrivo, partenza e trasformatore).

La seguente figura (Fig. 5.3-4) mostra un tipico schema elettrico di un Gruppo di Conversione che comprende sia il lato CC che quello CA:

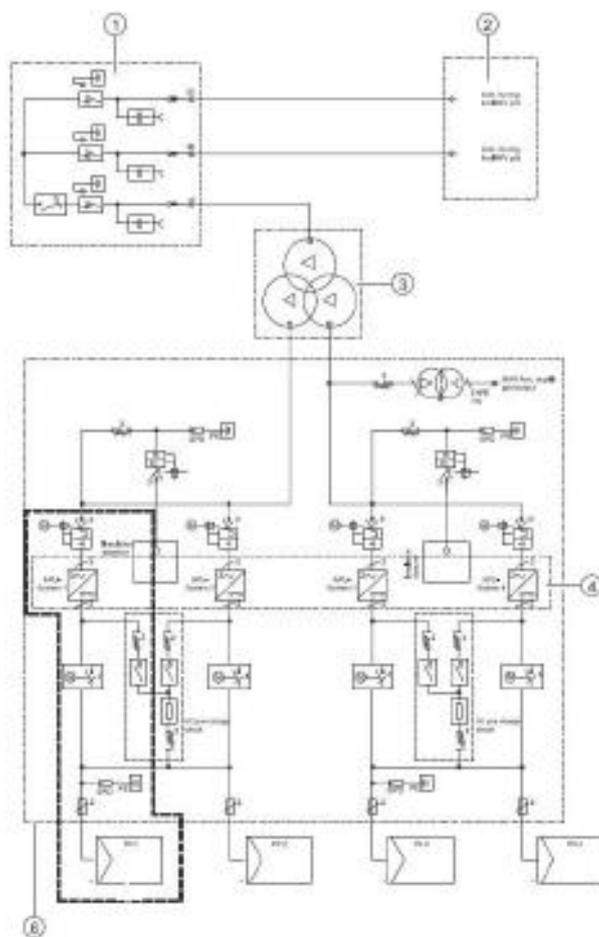


Fig. 5.3-4 Schema elettrico Gruppo di Conversione CC/CA

Compartimento BT

All'interno della cabina di trasformazione, nel comparto BT, sono installate le seguenti apparecchiature di bassa tensione:

- Quadro BT per il parallelo degli inverters facenti parte del sottocampo;
- Quadro BT per alimentazioni ausiliarie (F.M., illuminazione, ausiliari quadri, ecc);
- Pannello contatori per la misura dell'energia attiva prodotta;
- UPS per alimentazioni ausiliarie delle apparecchiature di monitoraggio d'impianto alloggiato nella cabina di trasformazione;
- Trasformatore di tensione per i servizi ausiliari.

6.4 Strutture di Sostegno

L'impianto in progetto, del tipo ad **inseguimento monoassiale (inseguitori di rotolamento)**, prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di **5,50 m**), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla successiva Figura 5.4-1:

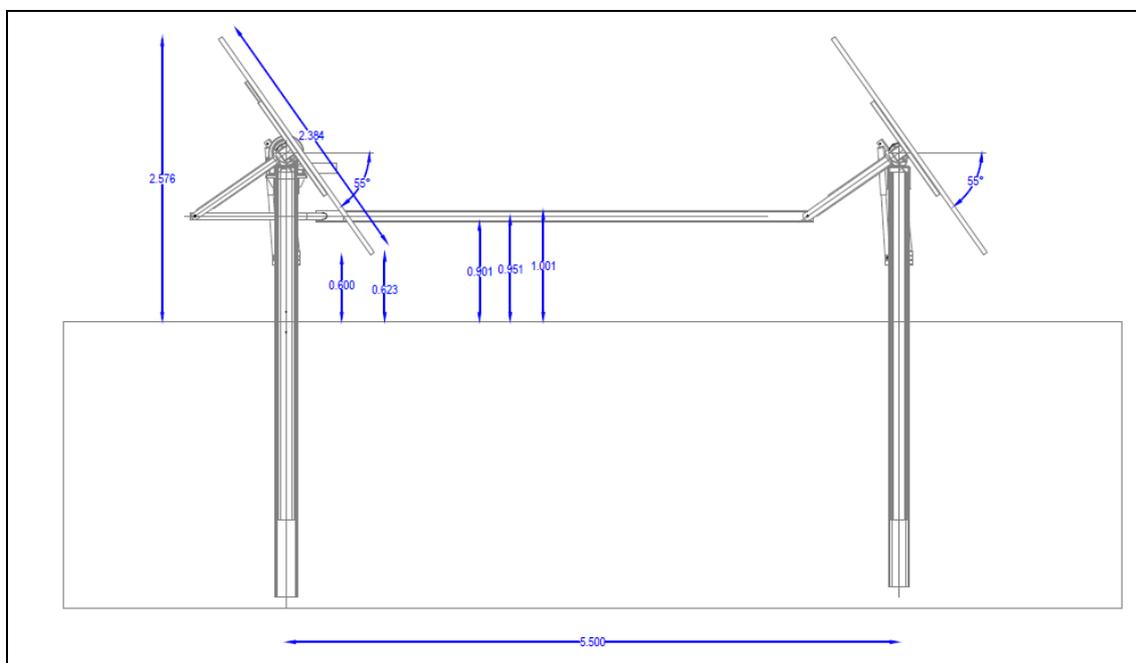


Fig. 5.4-1 Tipico struttura di supporto

Le strutture di supporto sono costituite essenzialmente da tre componenti (si veda la Figura 5.4-2):

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno (nessuna fondazione prevista);
- 2) La struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale viene posata una fila di moduli fotovoltaici (in totale **30 o 45** moduli disposti su una fila in verticale);
- 3) L'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli. L'inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico (controllato da un software), che tramite un'asta collegata al profilato centrale della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per minimizzare la deviazione e dall'ortogonalità dei raggi solari incidenti, ed ottenere per ogni cella un surplus di energia fotovoltaica generata.



7 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma ENEA e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento):

in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma ENEA, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di **Provincia di Palermo**.

L'**Allegato 1** riporta il dimensionamento e il calcolo di producibilità dell'impianto FV in questione.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 35/41
--	----------------------------	-----------	-----------------

7.1 Energia elettrica annua complessiva prodotta e parte conclusiva

L'energia elettrica complessiva prodotta al primo anno dall'intero impianto fotovoltaico è pari alla somma delle energie prodotte dai singoli sottocampi ed è pari a:

E impianto FV = 65.327,00 MWh

Considerato che la perdita di efficienza annuale si può assumere pari a **0,9%**, e che la vita dell'impianto è di **30** anni, la produzione totale di energia nell'arco dei 30 anni è pari a **1.763.829,00 MWh**.

8 CALCOLI ELETTRICI CAVI IN CORRENTE CONTINUA

Nell'ambito del coordinamento delle attività di Progettazione definitiva per il parco fotovoltaico "**FV Ciminna Agrovoltaiico**", il presente documento stabilisce i criteri tecnici e normativi per il dimensionamento dei cavi in continua che connettono le stringhe di campo all'inverter.

8.1 Caratteristiche dei cavi in corrente continua

Di seguito vengono specificate le caratteristiche dei cavi "Solari di Stringa" e dei "Cavi DC"

8.1.1 Cavi solari di Stringa

Sono definiti cavi solari di stringa, i cavi che collegano le stringhe (i moduli in serie) ai quadri DC di parallelo e hanno una sezione variabile da 6 a 10 mmq (in funzione della distanza del collegamento).

I cavi solari di stringa sono alloggiati all'interno del profilato della struttura e interrati per brevi tratti (tra inizio vela e quadro DC di parallelo).

I cavi saranno del tipo FG21M21 o equivalenti (rame o alluminio), tipicamente utilizzati per le interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni.

Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre sono testati per durare nel tempo secondo la EN 60216.

Le condizioni di posa sono:

- Temperatura minima di installazione e maneggio: -40 °C
- Massimo sforzo di tiro: 15 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 4D:

8.1.2 Cavi DC

Sono definiti cavi solari DC, i cavi che collegano i quadri di parallelo DC agli inverter e hanno una sezione variabile da 70 a 400 mm² (dipende dal numero di stringhe in parallelo e dalla distanza quadro DC-Inverter).

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 36/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

I cavi solari DC sono direttamente interrati e solo in alcuni brevi tratti possono essere posati sulla struttura all'interno del profilato della struttura portamoduli.

I cavi saranno del tipo FG21M21 o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni.

Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre sono testati per durare nel tempo secondo la EN 60216.

Le condizioni di posa sono:

- Temperatura minima di installazione e maneggio: -40°C
- Massimo sforzo di tiro: 15 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 6D).

8.2 Criteri di dimensionamento linee in corrente continua

Il dimensionamento delle linee in cavo ed il coordinamento delle relative protezioni sono stati effettuati considerando i seguenti dati di base, sui quali si basa il presente dimensionamento:

Corrente di impiego IB:

Corrente che può fluire in un circuito nel servizio ordinario.

- $IB_{CS} = 9,26$ A per i cavi di stringa (corrente alla massima potenza dei pannelli);
- $IB_{DC} = N \times 9,26$ A per i cavi di connessione dalle SB agli Inverter (con N che può assumere i seguenti valori: 16 e 18 a seconda delle stringhe afferenti alle SB);

Temperatura:

- Temperatura massima per i conduttori solari di 120°C;
- Temperatura massima per i conduttori isolati in EPR di 90°C;
- Temperatura max ambiente di 40°C;
- Temperatura media giornaliera 30°C.

Posa dei conduttori:

- In tubo protettivo interrato o in aria libera

8.2.1 Verifica della Portata dei cavi CC

La portata dei cavi **IZ** dipende dal tipo di posa, dalla temperatura ambiente in cui lavora il cavo, dalla vicinanza o meno di altri conduttori attivi e dalla disposizione dei cavi (fascio o strato). Per determinare i coefficienti di riduzione delle portate ordinarie dei cavi vengono utilizzate le tabelle CEI UNEL 35024/1 per i cavi posati in aria libera e CEI-UNEL 35026 per i cavi interrati. La portata del cavo viene quindi determinata secondo la seguente relazione:

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltaiico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 37/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

$$IZ=I_0 \times K_1 \times K_2$$

dove:

I_0 = portata ordinaria a 30°C per cavi posati in aria e a 20°C per cavi interrati;

K_1 = fattore di correzione per temperature diverse da 30°C per cavi posati in aria e a 20°C per cavi interrati;

K_2 = fattore di correzione per tipologia di posa.

8.2.2 Verifica della caduta di tensione dei cavi CC

Il calcolo è svolto in modo tale che la somma delle cadute di tensione medie (che in valore relativo coincidono con le perdite di potenza) dei vari tratti in cavo compresi fra le stringhe e l'ingresso lato DC dell'inverter non superi il valore di progetto del 1,5%. Le cadute di tensione vengono calcolate considerando la corrente pari alla corrente alla massima potenza delle stringhe, il che rende cautelativo il dimensionamento in quanto, per natura della conversione fotovoltaica associata alla radiazione solare, la condizione di funzionamento alla massima potenza risulta limitata nel tempo e mediamente le correnti di impiego dei cavi sono più basse.

La caduta di tensione è definita dalla relazione:

$$\Delta U = 2 \times R \times I \times L$$

dove:

ΔU = caduta di tensione;

R = resistenza per unità di lunghezza del conduttore in Ω/m ;

I = corrente in A;

L = lunghezza della linea in m.

8.2.3 Protezione contro le sovracorrenti

Generalità

I conduttori attivi di un circuito elettrico devono essere protetti da dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando si produce sovracorrente dovuta a sovraccarico o a corto circuito. Per assicurare la protezione il dispositivo deve:

- interrompere sia la corrente di sovraccarico sia quella di corto circuito, interrompendo, nel secondo caso, tutte le correnti di corto circuito che si presentano in un punto qualsiasi del circuito, prima che esse provochino nel conduttore un riscaldamento tale da danneggiare l'isolamento;
- essere installato in generale all'origine di ogni circuito e di tutte le derivazioni aventi portate differenti (diverse sezioni dei conduttori, diverse condizioni di posa e ambientali, nonché un diverso tipo di isolamento del conduttore).

Sovraccarico

Per quanto concerne le condizioni di sovraccarico:

- il dispositivo può essere installato lungo tutto il percorso della condotta invece che all'origine, purché questa non attraversi luoghi con pericolo di incendio ed esplosione, né vi siano su di essa derivazioni né prese a

spina poste a monte del dispositivo di protezione stesso;

- per assicurare la protezione, le caratteristiche del dispositivo devono essere coordinate con quelle del conduttore, cioè devono essere soddisfatte le seguenti due condizioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove:

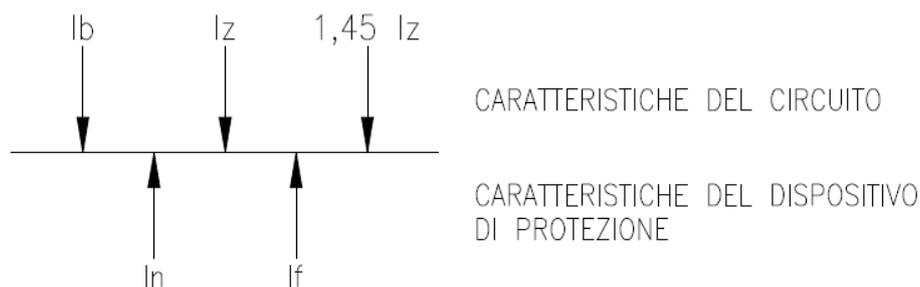
I_B = corrente di impiego del circuito;

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (nei dispositivi regolabili la I_n è la corrente regolata scelta);

I_Z = portata del cavo a regime permanente;

I_f = per gli interruttori: corrente che assicura il funzionamento del dispositivo entro il tempo convenzionale in condizioni definite che corrisponde a 1,45 I_n per interruttori modulari (CEI 17- 23) e 1,3x I_n per interruttori scatolati (CEI EN 60947-2); per i fusibili gG: corrente di fusione entro un tempo convenzionale.

Le condizioni di coordinamento sopra citate sono nella figura riportata di seguito.



Cortocircuito

Per quanto concerne le condizioni di corto circuito, il dispositivo di protezione:

- può essere installato lungo la conduttura ad una distanza dall'origine non superiore a 3 m, purché questo tratto sia rinforzato in modo da ridurre al minimo il rischio di corto circuito (non si applica in ambienti a maggior rischio d'incendio ed esplosione);
- non deve essere posto vicino a materiale combustibile o in luoghi con pericolo di esplosione.

Inoltre per assicurare la protezione deve soddisfare le due seguenti condizioni:

- avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto in cui è installato;
- deve intervenire in un tempo inferiore a quello che farebbe superare al conduttore la massima temperatura ammissa.

Deve cioè essere verificata, qualunque sia il punto della conduttura interessata al corto circuito, la condizione:

$$(I^2 t) \leq K^2 S^2$$

dove:

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 39/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

- $(I_2 t) =$ integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, per la durata del corto circuito, dal dispositivo di protezione;
- $I =$ corrente di corto circuito in ampere in valore efficace;
- $K =$ fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento per una durata di corto circuito ≤ 5 sec (143 per cavi in Cu isolati in EPR e 115 per cavi in Cu isolati in PVC);
- $S =$ sezione dei conduttori da proteggere in mm²;
- $t =$ tempo di intervento del dispositivo di protezione assunto ≤ 5 sec..

8.2.4 *Tabelle di dimensionamento cavi CC*

Il dimensionamento è stato condotto considerando come limite il valore della perdita di potenza lato DC dell'intero campo inferiore all'1,5% della potenza nominale. Essendo il sistema di distribuzione in corrente continua, il valore relativo della perdita di potenza coincide numericamente con il valore relativo della caduta di tensione. Il dimensionamento viene quindi effettuato con il metodo della caduta di tensione e, in funzione della sezione individuata si verifica la perdita di potenza media su tutte le condutture.

Per il dimensionamento dei cavi lato DC la caduta di tensione si compone della somma di due contributi:

1. c.d.t. del cavo di stringa che connette ogni stringa al relativo quadro di campo;
2. c.d.t. del cavo che connette ogni quadro di parallelo stringa al relativo ingresso all'inverter.

Il dimensionamento è stato condotto considerando le condizioni peggiori.

Il contributo 1) alla c.d.t. globale è stato calcolato quindi considerando come lunghezza del collegamento la distanza della stringa più lontana dal relativo quadro di collegamento; inoltre il cavo è stato considerato alla corrente massima di stringa.

Il contributo 2) alla c.d.t. globale è stato calcolato considerando come lunghezza del collegamento la distanza del quadro di parallelo stringa dall'inverter percorso dalla corrente massima (somma delle correnti massime delle stringhe che sono parallele sul quadro).

Sono state accettate cadute di tensione nominali superiori su alcune condutture per i seguenti motivi:

- la caduta di tensione è omogenea per le stringhe collegate allo stesso inverter, limitando quindi le perdite per mismatch;
- L'energia generata dall'impianto avviene per potenze mediamente ridotte rispetto alla potenza nominale di progetto;
- Anche alla potenza nominale, la perdita di potenza media dell'impianto è comunque inferiore al limite di progetto del 1,5%.

L'**Allegato 2** riporta la tabella dei calcoli elettrici in corrente continua.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 40/41
--	-----------------------------------	------------------	------------------------

9 CONCLUSIONI

Al termine dei lavori, dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- progetto esecutivo in versione “come costruito”, corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.

Progetto: Impianto fotovoltaico nel comune di Ciminna da 33,8778 MW denominato – Ciminna Agrovoltico – Elaborato: 'RS06REL0004A0 - Relazione specialistica	Data: 20/12/2021	Rev. 0	Pagina 41/41
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

Allegato- 1 Dimensionamento e Calcolo producibilità impianto FV

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: Impianto_FV_Ciminna_Agricolo_v2

Variante: Nuova variante di simulazione

Nessuna scena 3D, nessuna ombreggiatura

Potenza di sistema: 33.88 MWc

Pignaro - Italia

Autore

Studio Tecnico Ing. Antonio Nastri (Italy)



Progetto: Impianto_FV_Ciminna_Agricolo_v2

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.1.8

VCO, Simulato su
20/12/21 13:19
con v7.1.8

Studio Tecnico Ing. Antonio Natri (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico Pignaro Italia	Ubicazione Latitudine 37.87 °N Longitudine 13.52 °E Altitudine 292 m Fuso orario UTC+1	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo Pignaro PVGIS api TMY		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete	Nessuna scena 3D, nessuna ombreggiatura		
Orientamento campo FV Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	Ombre vicine Senza ombre	Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)	
Informazione sistema Campo FV		Inverter	
Numero di moduli	51330 unità	Numero di unità	164 unità
Pnom totale	33.88 MWc	Pnom totale	32.80 MWac
		Rapporto Pnom	1.033

Sommario dei risultati

Energia prodotta	65327 MWh/anno	Prod. Specif.	1928 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR	82.40 %
------------------	----------------	---------------	-------------------	----------------------	---------

Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Risultati principali	7
Diagramma perdite	8
Grafici speciali	9



Progetto: Impianto_FV_Ciminna_Agricolo_v2

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.1.8

VCO, Simulato su
20/12/21 13:19
con v7.1.8

Studio Tecnico Ing. Antonio Nastri (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete

Nessuna scena 3D, nessuna ombreggiatura

Orientamento campo FV

Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S

Asse dell'azimut 0 °

Configurazione inseguitori

No 3D scene defined

Modelli utilizzati

Trasposizione Perez

Diffuso Importato

Circumsolare separare

Orizzonte

Orizzonte libero

Ombre vicine

Senza ombre

Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

Caratteristiche campo FV

Modulo FV

Costruttore

Trinasolar

Modello

Vertex-660

(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit.

660 Wp

Numero di moduli FV

51330 unità

Nominale (STC)

33.88 MWc

Inverter

Costruttore

Huawei Technologies

Modello

SUN2000-215KTL-H0

(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit.

200 kWac

Numero di inverter

164 unità

Potenza totale

32800 kWac

Campo #1 - CABINA 1

Numero di moduli FV

4020 unità

Nominale (STC)

2653 kWc

Moduli

134 Stringhe x 30 In serie

Numero di inverter

13 unità

Potenza totale

2600 kWac

In cond. di funz. (50°C)

Pmpp

2444 kWc

U mpp

1062 V

I mpp

2300 A

Voltaggio di funzionamento

500-1500 V

Potenza max. (=>25°C)

215 kWac

Rapporto Pnom (DC:AC)

1.02

Campo #2 - CABINA 2

Numero di moduli FV

4620 unità

Nominale (STC)

3049 kWc

Moduli

154 Stringhe x 30 In serie

Numero di inverter

15 unità

Potenza totale

3000 kWac

In cond. di funz. (50°C)

Pmpp

2809 kWc

U mpp

1062 V

I mpp

2644 A

Voltaggio di funzionamento

500-1500 V

Potenza max. (=>25°C)

215 kWac

Rapporto Pnom (DC:AC)

1.02

Campo #3 - CABINA 3

Numero di moduli FV

2940 unità

Nominale (STC)

1940 kWc

Moduli

98 Stringhe x 30 In serie

Numero di inverter

9 unità

Potenza totale

1800 kWac

In cond. di funz. (50°C)

Pmpp

1787 kWc

U mpp

1062 V

I mpp

1682 A

Voltaggio di funzionamento

500-1500 V

Potenza max. (=>25°C)

215 kWac

Rapporto Pnom (DC:AC)

1.08

Campo #4 - CABINA 4

Numero di moduli FV

5340 unità

Nominale (STC)

3524 kWc

Moduli

178 Stringhe x 30 In serie

Numero di inverter

17 unità

Potenza totale

3400 kWac

In cond. di funz. (50°C)

Pmpp

3246 kWc

U mpp

1062 V

I mpp

3056 A

Voltaggio di funzionamento

500-1500 V

Potenza max. (=>25°C)

215 kWac

Rapporto Pnom (DC:AC)

1.04



Caratteristiche campo FV

Campo #5 - CABINA 5

Numero di moduli FV	6150 unità	Numero di inverter	20 unità
Nominale (STC)	4059 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	205 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	3739 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.01
I mpp	3519 A		

Campo #6 - CABINA 6

Numero di moduli FV	2040 unità	Numero di inverter	6 unità
Nominale (STC)	1346 kWc	Potenza totale	1200 kWac
Moduli	68 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	1240 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.12
I mpp	1167 A		

Campo #7 - CABINA 7

Numero di moduli FV	2040 unità	Numero di inverter	6 unità
Nominale (STC)	1346 kWc	Potenza totale	1200 kWac
Moduli	68 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	1240 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.12
I mpp	1167 A		

Campo #8 - CABINA 8

Numero di moduli FV	7350 unità	Numero di inverter	24 unità
Nominale (STC)	4851 kWc	Potenza totale	4800 kWac
Moduli	245 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	4468 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.01
I mpp	4206 A		

Campo #9 - CABINA 9

Numero di moduli FV	2490 unità	Numero di inverter	8 unità
Nominale (STC)	1643 kWc	Potenza totale	1600 kWac
Moduli	83 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	1514 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.03
I mpp	1425 A		

Campo #10 - CABINA 10

Numero di moduli FV	1920 unità	Numero di inverter	6 unità
Nominale (STC)	1267 kWc	Potenza totale	1200 kWac
Moduli	64 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	1167 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.06
I mpp	1099 A		



Progetto: Impianto_FV_Ciminna_Agricolo_v2

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.1.8

VCO, Simulato su
20/12/21 13:19
con v7.1.8

Studio Tecnico Ing. Antonio Nastri (Italy)

Caratteristiche campo FV

Campo #11 - CABINA 11

Numero di moduli FV	5370 unità	Numero di inverter	17 unità
Nominale (STC)	3544 kWc	Potenza totale	3400 kWac
Moduli	179 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	3264 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.04
I mpp	3073 A		

Campo #12 - CABINA 12

Numero di moduli FV	7050 unità	Numero di inverter	23 unità
Nominale (STC)	4653 kWc	Potenza totale	4600 kWac
Moduli	235 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	500-1500 V
Pmpp	4286 kWc	Potenza max. (=>25°C)	215 kWac
U mpp	1062 V	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.01
I mpp	4034 A		

Potenza PV totale

Nominale (STC)	33878 kWp
Totale	51330 moduli
Superficie modulo	159449 m ²

Potenza totale inverter

Potenza totale	32800 kWac
N. di inverter	164 unità
Rapporto Pnom	1.03



Perdite campo

Fatt. di perdita termica		Perdita di qualità moduli		Perdite per mismatch del modulo	
Temperatura modulo secondo irraggiamento		Fraz. perdite	2.5 %	Fraz. perdite	2.0 % a MPP
Uc (cost)	20.0 W/m²K				
Uv (vento)	0.0 W/m²K/m/s				
Perdita disadattamento Stringhe		Fattore di perdita IAM			
Fraz. perdite	0.1 %	Param. ASHRAE: IAM = 1 - bo(1/cos i -1)			
		Param. bo		0.05	

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale di cablaggio	0.59 mΩ		
Fraz. perdite	1.5 % a STC		
Campo #1 - CABINA 1		Campo #2 - CABINA 2	
Res. globale campo	7.6 mΩ	Res. globale campo	6.6 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #3 - CABINA 3		Campo #4 - CABINA 4	
Res. globale campo	10 mΩ	Res. globale campo	5.7 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #5 - CABINA 5		Campo #6 - CABINA 6	
Res. globale campo	4.9 mΩ	Res. globale campo	15 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #7 - CABINA 7		Campo #8 - CABINA 8	
Res. globale campo	15 mΩ	Res. globale campo	4.1 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #9 - CABINA 9		Campo #10 - CABINA 10	
Res. globale campo	12 mΩ	Res. globale campo	16 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #11 - CABINA 11		Campo #12 - CABINA 12	
Res. globale campo	5.7 mΩ	Res. globale campo	4.3 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC



Progetto: Impianto_FV_Ciminna_Agricolo_v2

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.1.8
VCO, Simulato su
20/12/21 13:19
con v7.1.8

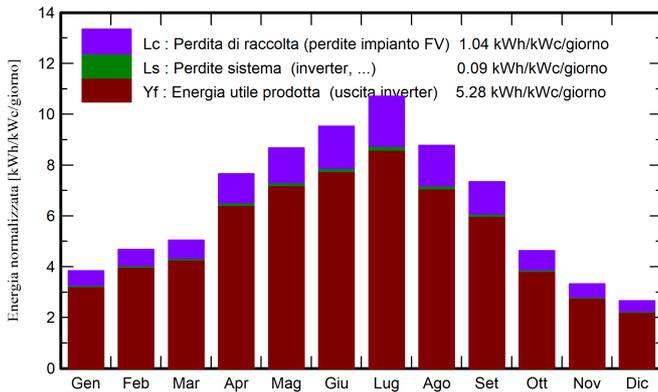
Studio Tecnico Ing. Antonio Natri (Italy)

Risultati principali

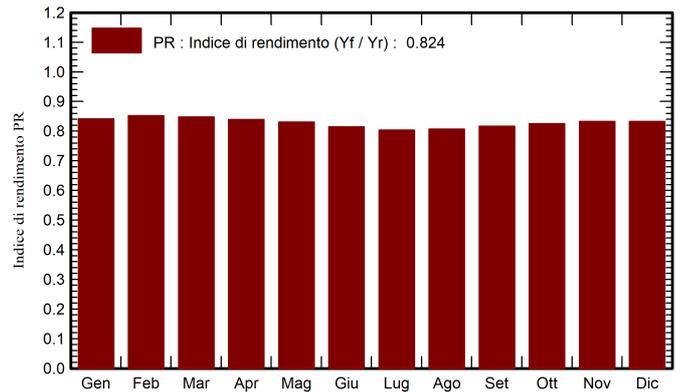
Produzione sistema

Energia prodotta **65327 MWh/anno** Prod. Specif. **1928 kWh/kWc/anno**
 Indice di rendimento PR **82.40 %**

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

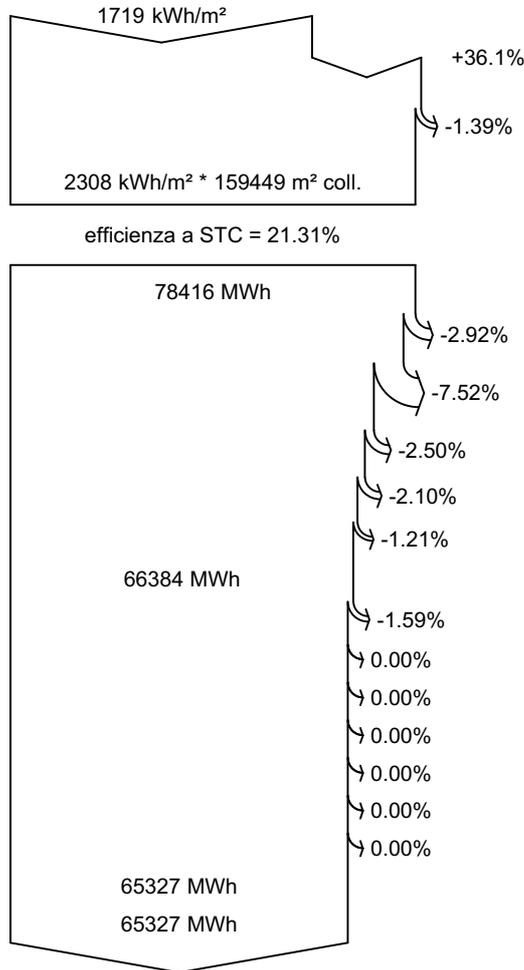
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	80.8	29.07	9.84	118.9	115.1	3438	3388	0.841
Febbraio	94.0	36.95	8.31	131.0	127.9	3838	3781	0.852
Marzo	116.3	57.41	10.25	156.2	153.4	4555	4486	0.848
Aprile	170.7	66.93	13.80	229.8	227.1	6634	6530	0.839
Maggio	203.7	77.91	17.15	268.7	266.3	7685	7563	0.831
Giugno	215.3	66.99	21.63	285.8	283.8	8016	7883	0.814
Luglio	243.3	61.37	25.69	331.8	329.9	9180	9027	0.803
Agosto	197.5	63.82	24.70	271.9	269.7	7555	7430	0.807
Settembre	161.8	56.85	21.79	220.3	217.5	6188	6089	0.816
Ottobre	104.6	47.97	16.77	143.6	140.7	4078	4014	0.825
Novembre	72.1	36.58	12.39	99.7	96.6	2853	2810	0.832
Dicembre	59.5	30.30	9.67	82.5	79.5	2363	2327	0.832
Anno	1719.4	632.15	16.05	2340.1	2307.6	66384	65327	0.824

Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale EArray Energia effettiva in uscita campo
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz. E_Grid Energia immessa in rete
 T_Amb Temperatura ambiente PR Indice di rendimento
 GlobInc Globale incidente piano coll.
 GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre



Diagramma perdite



Irraggiamento orizzontale globale

Globale incidente piano coll.

Fattore IAM su globale

Irraggiamento effettivo su collettori

Conversione FV

Energia nominale campo (effic. a STC)

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

Perdita disadattamento moduli e stringhe

Perdite ohmiche di cablaggio

Energia apparente impianto a MPPT

Perdita inverter in funzione (efficienza)

Perdita inverter per superamento Pmax

Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso

Perdita inverter per superamento Vmax

Perdita inverter per non raggiungimento Pmin

Perdita inverter per non raggiungimento Vmin

Consumi notturni

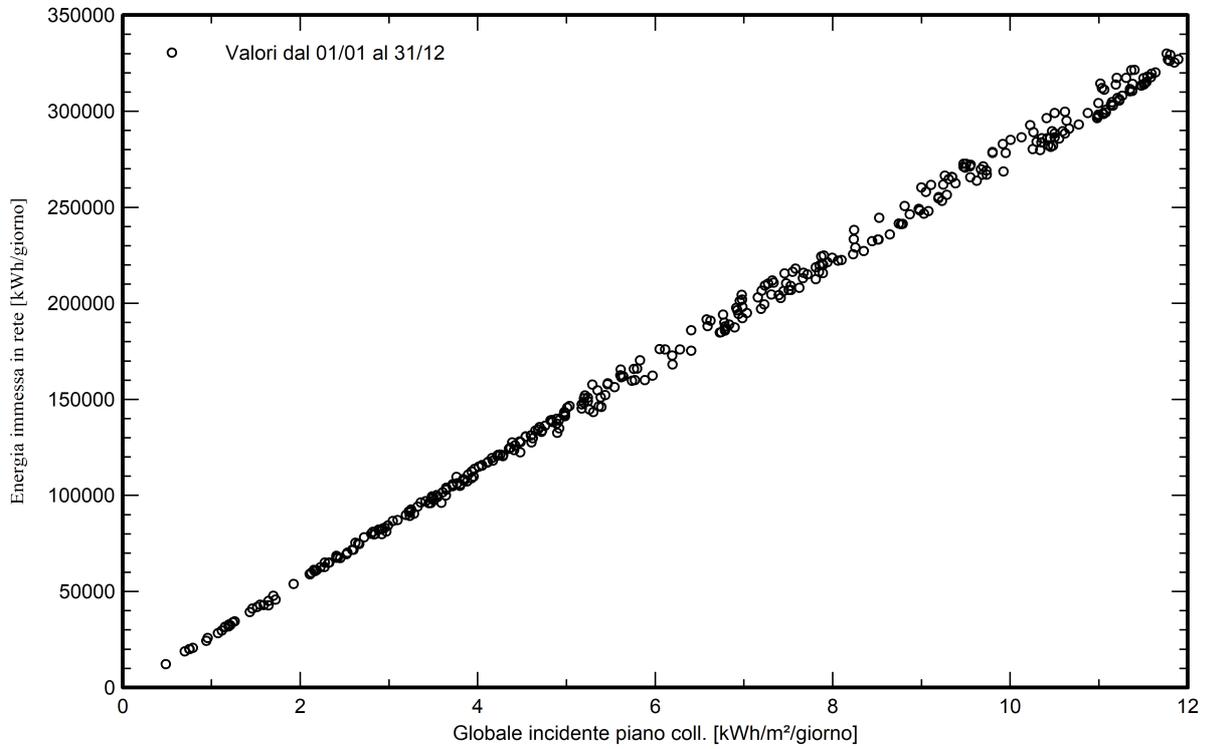
Energia in uscita inverter

Energia immessa in rete



Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

