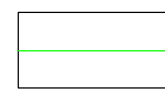

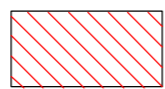



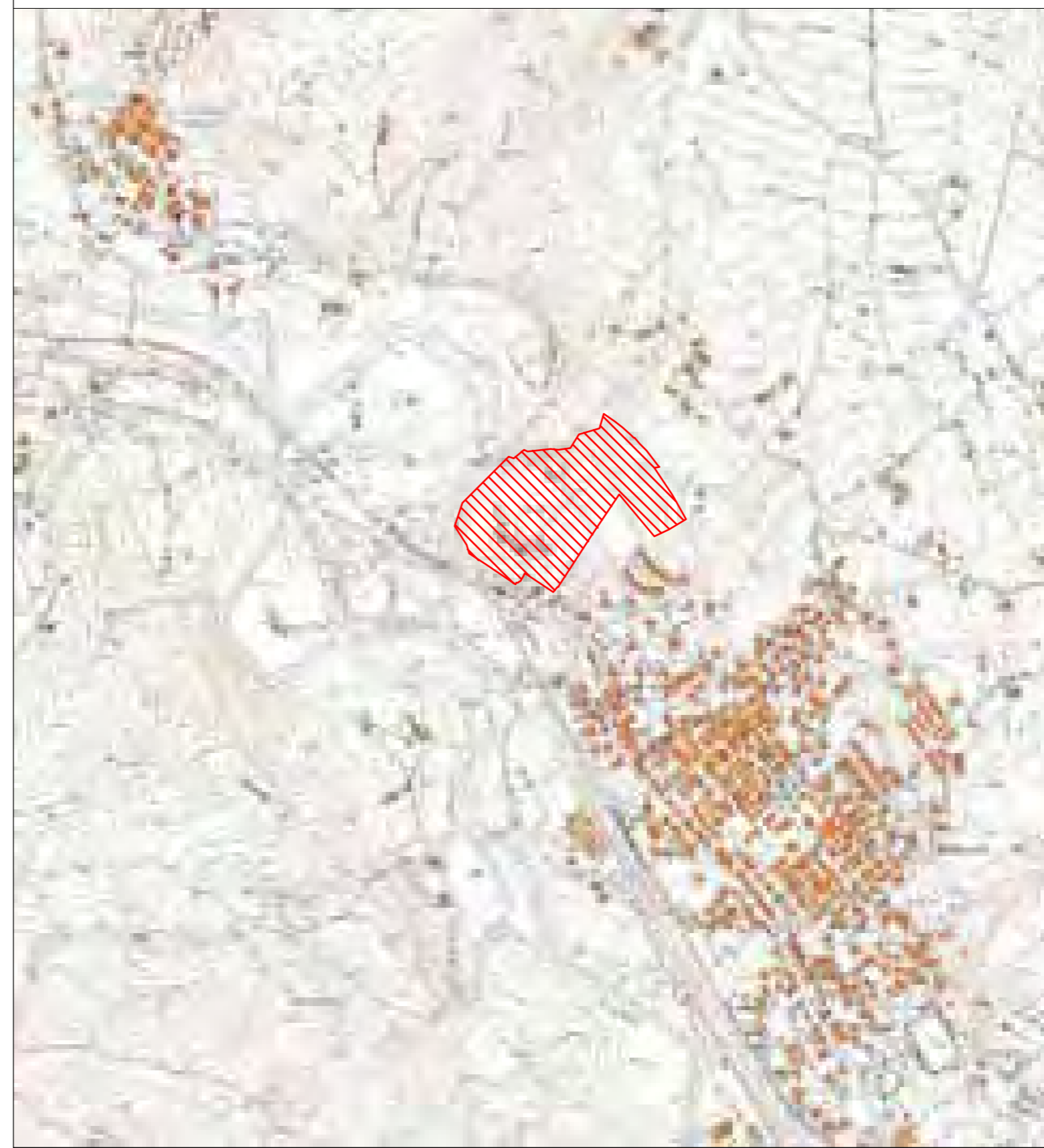
Legenda

-  Area intervento "Balsorano"
-  Particelle catastali fg.8 n°224, 357, 358
-  Area impianto "Balsorano"



Legenda

-  Area intervento "Balsorano"



COMUNE DI BALSORANO

Provincia di L'Aquila

OGGETTO

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "BALSORANO" PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E L'IMMISSIONE NELLA RETE ELETTRICA NAZIONALE P = 2.006,40 kWp

COMMITTENTE: COMUNE DI BALSORANO
PROVINCIA: L'AQUILA

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Descrizione elaborato	Inquadramento territoriale -CTR - Stralcio catastale su ortofoto-		
Coordinamento Progettazione	Ansaldo T&D Power & Care	Scala	-:-
		Tavola	
		Data	giugno 2010

Coordinamento Progettazione	E.Labor. sit srl Engineering sit c.so della Libertà, 61 67051 Avezzano Lq	PROGETTAZIONE
		Dot. Ing. Vittorio FERRONI
		COLLABORAZIONE
		Dott. Antonello Ricci

**Impianto fotovoltaico da 2.006,40 kWp denominato
“BALSORANO ” per la produzione di energia
elettrica e l'immissione nella rete elettrica nazionale**

**Località Balsorano
Comune di Balsorano (AQ)**

Relazione Tecnica

Il Committente:

COMUNE DI BALSORANO
Piazza T. Baldassarre, 13
67052 Balsorano (AQ)

Coordinamento Progettazione:

E.Labor.sit srl
Corso della Libertà, n. 61
67051 Avezzano (AQ)

Il Progettista:

Dott. Ing. Vittorio Ferroni

Collaborazione:

Dott. Antonello Ricci

Sommario

SOMMARIO.....	2
DEFINIZIONI E TERMINOLOGIA.....	4
1. SCOPO E OGGETTO.....	6
1.1 PREMessa	6
1.2 OGGETTO E CONSISTENZA DELLA DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	6
1.3 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI	8
1.4 AUTORIZZAZIONI DA CONSEGUIRE	8
1.5 REQUISITI DI RISPONDENZA A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI	9
2. DATI DI PROGETTO.....	10
2.1 UBICAZIONE.....	10
2.2 VIE DI COMUNICAZIONE	10
2.3 CARATTERISTICHE URBANISTICHE E DI DESTINAZIONE DEL SITO.....	10
2.4 DATI CATASTALI	12
2.5 CONDIZIONI CLIMATICHE ESTERNE.....	13
2.6 DATI DI RILIEVO CLINOMETRICO E VALUTAZIONE ENERGETICA	15
2.7 DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI PRINCIPALI	17
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	18
3.1 DIMENSIONAMENTO	18
3.2 CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI	20
3.3 INDICAZIONI GENERALI PER I MATERIALI	21
3.4 SISTEMA ELETTRICO IN CORRENTE CONTINUA.....	21
3.5 SISTEMA ELETTRICO IN CORRENTE ALTERNATA	22
3.6 SISTEMA DI SUPERVISIONE	22
4. DETTAGLIO DELLE COMPONENTI PRINCIPALI.....	22
4.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO.....	22
4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO.....	24
4.3 QUADRO PARALLELO E SEZIONAMENTO STRINGHE (QPS).....	26
4.4 MONTAGGIO ELETTRICO DEI QUADRI DI PARALLELO D.C.....	27
4.5 CARATTERISTICHE DEI CONVERTITORI CC/CA	29
4.6 CABINA DI CONSEGNA	32
4.7 IMPIANTO DI MESSA A TERRA	33
5. INTERVENTI SULLA VIABILITA'.....	34
5.1 VIABILITÀ ESISTENTE.....	34
5.2 VIABILITÀ DI PROGETTO.....	34
6. VERIFICHE ELETTRICHE E MISURE DI PROTEZIONE	36
6.1 VARIAZIONE DELLA TENSIONE CON LA TEMPERATURA PER LA SEZIONE C.C.....	36
6.2 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CORTO CIRCUITI.....	36

6.3	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	37
6.4	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	37
6.5	MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA	38
6.6	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE.....	39
7.	PRESCRIZIONI SUI COMPONENTI E SULLE LAVORAZIONI	40
7.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	40
7.2	GENERALITÀ	40
7.3	PROVE DI COLLAUDO SULLE OPERE CIVILI E MECCANICHE	41
7.4	PROVE DI ACCETTAZIONE IN OFFICINA	42
7.5	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CAMPO, MESSA IN SERVIZIO E TEST-RUN.....	42
7.6	PRESCRIZIONI SULLE PRESTAZIONI D'IMPIANTO	43
7.7	NORMATIVA DI RIFERIMENTO (PRINCIPALI PER PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE).....	44
7.8	CRONOPROGRAMMA (SOLO FASI PRINCIPALI)	45
	CONCLUSIONI	46

Definizioni e terminologia

- *Impianto fotovoltaico:* è un sistema di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della luce, cioè della radiazione solare, in energia elettrica (effetto fotovoltaico); pertanto, esso rientra nella categoria degli impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili (cioè la cui produzione di energia elettrica risulta aleatoria e in funzione del regime meteorologico istantaneo. L'impianto è schematicamente costituito dal campo fotovoltaico, dal gruppo di conversione c.c./c.a. e dal sistema di interfacciamento alla rete elettrica di distribuzione;
- *Cella fotovoltaica:* dispositivo semiconduttore che genera energia elettrica quando è esposto alla luce solare;
- *Modulo fotovoltaico:* assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate per raggiungere la tensione, la corrente e la potenza desiderata; queste sono assemblate in un idoneo supporto atto a proteggerle dagli agenti atmosferici, anteriormente tramite vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice di alluminio anodizzato;
- *Stringa fotovoltaica:* insieme di moduli fotovoltaici collegati in serie per raggiungere la tensione e la potenza desiderata. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto ai morsetti della stringa;
- *Generatore FV:* insieme di stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo per raggiungere la potenza desiderata;
- *Inverter:* convertitore statico in cui viene effettuata la conversione dell'energia elettrica da continua ad alternata, tramite un ponte semiconduttore e opportune apparecchiature di controllo che permettono di ottimizzare il rendimento del campo fotovoltaico;
- *Interfaccia rete:* dispositivo che provvede all'interfacciamento dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico dell'utilizzatore e, quindi, alla rete elettrica locale;
- *Gestore della rete:* è il soggetto che presta il servizio di distribuzione e vendita dell'energia elettrica ai clienti utilizzatori;
- *Potenza massima o di picco W_p :* potenza generata da un dispositivo fotovoltaico (modulo, stringa o generatore) in condizioni di prova definite "standard" (abbr. STC) che risultano le seguenti: Air Mass = 1.5, irraggiamento solare sul piano dei moduli pari a 1 kW/m², temperatura di lavoro della cella fotovoltaica pari a 25°C;
- *Tensione a vuoto V_{oc} :* tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare;
- *Tensione alla massima potenza V_{mpp} :* tensione massima generata ad una particolare temperatura e radiazione solare;

- *Corrente di corto circuito I_{sc}* : corrente erogata in condizioni di corto circuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare;
- *Corrente alla massima potenza I_{mpp}* : corrente massima generata ad una particolare temperatura e radiazione solare;
- *Angolo di azimut*: angolo formato dalla normale alla superficie e dal piano meridiano del luogo, positivo da Sud verso Ovest
- *Angolo di tilt*: angolo che la superficie forma con l'orizzonte, positivo dal piano orizzontale verso l'alto

1. SCOPO E OGGETTO

1.1 Premessa

La presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto di generazione elettrica con l'utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica, ubicato nel comune di **Balsorano (AQ)**.

L'impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica che verrà venduta al gestore della rete locale e sarà valorizzata sulla base dell'incentivo erogato dal GSE (Gestore dei Servizi Elettrici).

L'azienda realizzatrice dell'impianto sarà la “ **ANSALDO T&D S.p.A.**”, con sede operativa in Genova, Via N. Lorenzi n. 8, la quale opera nel campo della costruzione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili

La ANSALDO T&D S.p.A. rappresenta la sinergia di specifiche competenze tecniche, finanziarie ed ambientali, nell'ambito della produzione di energia da fonti rinnovabili e dalla protezione dell'ambiente in generale; l'azienda da anni sviluppa, progetta, costruisce e gestisce impianti di distribuzione di energia elettrica, fornisce inoltre sistemi e servizi tecnologicamente avanzati finalizzati alla produzione di energia elettrica rinnovabile, ovvero “Energia Verde”.

Le attività di ANSALDO T&D si concentrano attualmente sulla realizzazione e gestione di impianti per lo sfruttamento dell'energia fotovoltaica, oltre alle tradizionali attività di realizzazione chiavi in mano di Sottostazioni AT.

1.2 Oggetto e consistenza della documentazione di progetto

Nell'ambito delle attività di sviluppo di iniziative fotovoltaiche ANSALDO T&D ha individuato un'area di potenziale interesse localizzata sul territorio del Comune di Balsorano.

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una **centrale fotovoltaica di potenza pari a 2.006,40 kWp** collegata alla rete elettrica di media tensione.

La documentazione di progetto è composta da relazioni descrittive e di calcolo, da elaborati grafici e tavole di impianto.

Inoltre, ai sensi degli art. 4, 5, 6 della L.R. 9 AGOSTO 2006, n. 27, l'impianto fotovoltaico deve essere sottoposto alla procedura di giudizio di compatibilità ambientale.

La redazione della documentazione di progetto è stata svolta nel rispetto delle indicazioni di compilazione della Guida CEI 0-2, 2^a ediz.

Come richiesto dalla guida CEI 0-2, il presente progetto contiene gli indirizzi per la redazione del progetto esecutivo in conformità a quanto indicato dall'art. 16 comma 4 della Legge 109/1994 e dall'art. 25 del DPR 554/1999.

1.3 Motivazioni delle scelte progettuali

Il presente progetto è finalizzato alla produzione di energia elettrica “*verde, pulita e rispettosa dell’ambiente*”:

- la fonte energetica sfruttata è l’irraggiamento solare, sorgente inesauribile, gratuita e ovunque disponibile, priva di qualsiasi controindicazione o competizione d’uso;
- la tecnologia di conversione fotovoltaica ha, in tutta la sua lunga fase di esercizio (durata maggiore di 25 anni), emissioni nulle di rumore e di inquinanti gassosi in genere (in particolare di CO₂) e quindi non pregiudica l’ambiente e la salute;
- l’impianto, immettendo l’elettricità prodotta nella rete di distribuzione, contribuisce al soddisfacimento dei fabbisogni energetici nazionali mediante lo sfruttamento di una risorsa naturale e rinnovabile, concorrendo alla riduzione dell’uso di fonti fossili, alla riduzione delle emissioni di gas serra nonché alla sicurezza del fabbisogno energetico nazionale;
- l’iniziativa promuove progetti finalizzati al rispetto ambientale attraverso l’uso razionale dell’energia e di fonti rinnovabili.

L’area scelta per l’ubicazione della centrale fotovoltaica risulta la più idonea per:

1. non pregiudicare le attività umane e naturali esistenti e in corso di sviluppo sul territorio circostante;
2. ottenere le migliori condizioni in termini di irraggiamento solare e funzionalità permettendo di realizzare soluzioni progettuali perfettamente compatibili con le esigenze di tutela del territorio.

1.4 Autorizzazioni da conseguire

Secondo quanto predisposto dalla vigente Normativa in materia ambientale, il progetto è sottoposto a Procedura di Verifica di Assoggettabilità di competenza Regionale in quanto rientra negli elenchi di cui all’Allegato IV del Decreto Legislativo n. 4 del 16/01/2008 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 n.152 recante norme in materia ambientale”. In particolare il progetto prevede la costruzione di:

Impianto fotovoltaico della potenza di 2006,40kWp - Allegato IV, comma 2, Industria energetica ed estrattiva, lettera c) “impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda”.

Non risultano piani di sviluppo territoriale, industriale o urbanistico con la cui attuazione la presenza dell'impianto potrebbe interferire.

Come previsto nel D. Lgs 387/2003, la costruzione e l'esercizio degli impianti industriali per la produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili sono soggetti all'**Autorizzazione Unica**, rilasciata dall' Assessorato Industria o altro soggetto istituzionale delegato dalla Regione, che convoca la Conferenza dei Servizi entro 30 giorni dal ricevimento della domanda di autorizzazione.

Alla conferenza dei servizi partecipano tutti gli enti interessati al rilascio del provvedimento che costituisce titolo a costruire ed esercire l'impianto in conformità al progetto approvato.

Nell'ambito del territorio della regione Abruzzo, le direttive, i criteri e le modalità procedurali per la valutazione dei progetti per la realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del sole è stabilito da L.R. 27/06, D.G.R. 351/07 e D.G.R. 762/09 (e successive modificazioni).

1.5 Requisiti di rispondenza a norme, leggi, regolamenti

Nella presente relazione si sottolinea come le sezioni elettriche dell'impianto fotovoltaico saranno realizzate secondo la regola dell'arte, come prescritto dalla Legge n. 37 del gennaio 2008.

Inoltre, la realizzazione del progetto presentato segue quanto prescritto dal DPR 547/55 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro" e le successive 626 e 494/96 e 81/08 con relativi aggiornamenti e circolari di riferimento.

Le caratteristiche degli impianti, nonché dei loro componenti, sono in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare sono conformi:

- alle prescrizioni e indicazioni tecniche del gestore della rete di energia elettrica locale;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

2. DATI DI PROGETTO

I dati di progetto si riferiscono all'attività propedeutica di sopralluogo e di acquisizione dei dati necessari ad orientare la fase di sviluppo del progetto seguente.

2.1 Ubicazione

La centrale fotovoltaica si colloca nella parte sud-occidentale della regione Abruzzo , nel Comune di Balsorano (AQ), facilmente accessibile dalla esistente viabilità. L'impianto ha lo scopo di produrre energia elettrica in collegamento alla rete di distribuzione di media tensione in corrente alternata trifase.

2.2 Vie di comunicazione

Le aree interessate dal progetto, così come è facilmente riscontrabile dalla cartografia allegata, sono facilmente accessibili, da strade Comunali, Provinciali e Statali. Non risulta che ci siano spazi resi disponibili e coperti per il ricovero dei materiali di cantiere né rete telefonica fissa; tuttavia è presente il campo per collegamento via GSM (allo scopo di monitoraggio del funzionamento da remoto).

2.3 Caratteristiche urbanistiche e di destinazione del sito

La destinazione urbanistica del terreno interessato alla realizzazione dell'intervento è stata desunta dai vigenti strumenti di gestione territoriale del Comune di Balsorano (AQ) e risulta essere classificata Zona di tipo E (destinazione di tipo agricolo) e pertanto compatibile con l'installazione di impianti fotovoltaici ai sensi del D.Lgs. 387/03.

Le aree delle particelle interessate dall'iniziativa sono libere da vegetazione d'alto fusto, sono prevalentemente caratterizzate da manto erboso, in grado, quindi, di coesistere con la presenza di pannelli fotovoltaici. Non vi sono insediamenti urbani presenti nelle vicinanze del sito e non esistono volumi tecnici sotto il terreno né altre servitù (tubazioni acqua, gas, fognature).

All'interno di alcune delle particelle catastali interessate dal progetto potrebbero ricadere fasce di rispetto; l'intento è quello di evitare che i posizionamenti definitivi di strutture e cabine necessarie all'opera divengano problematiche in tal senso. Inoltre, in ogni

caso si provvederà ad evitare che l'impianto ricada sulle aree che sono in eventuale procinto di esproprio.

Dal punto di vista sismico, l'area rientra tra le zone dichiarate sismiche dalla L.02.02.1974 n°64 e successive modifiche ed integrazioni.

2.4 Dati catastali

Le opere che interessano la centrale fotovoltaica, sono ubicate all'interno del terreno comunale affidati in concessione tramite procedura negoziata – rif. RUP 101/2008 del 25/11/2009; nel dettaglio si tratta delle Particelle Catastali: Fg. 8 – mappale 224, 357, 358, nel comune di Balsorano (AQ)

Coordinate geografiche

Località: Balsorano (AQ)

Lat: 41° 48'08''

Long: 13° 33' 15''

Altitudine s.l.m. 361 m

Zona climatica: F

LAYOUT DI CAMPO



2.5 Condizioni climatiche esterne

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati “UNI 10349” relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di BALSORANO (AQ) avente latitudine 41°48'55'', longitudine 13°33'1'' e altitudine di 361 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1.81	2.56	3.83	4.83	5.81	6.83	7.19	6.19	4.78	3.22	2.06	1.56

Fonte dati: UNI 10349

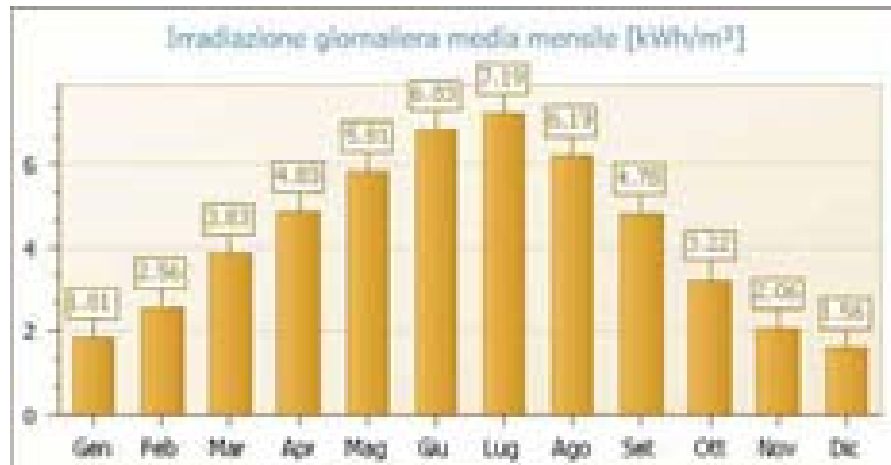


Fig. 1: Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²]- Fonte dati: UNI 10349

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a **1 544.59 kWh/m²** (Fonte dati: UNI 10349).

Non essendoci la disponibilità, per la località sede dell'impianto, di valori diretti si sono stimati gli stessi mediante la procedura della UNI 10349, ovvero, mediante media ponderata rispetto alla latitudine dei valori di irradiazione relativi a due località di riferimento scelte secondo i criteri della vicinanza e dell'appartenenza allo stesso versante geografico.

La località di riferimento N. 1 è FROSINONE avente latitudine 41.6400°, longitudine 13.3539° e altitudine di 291 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
6.50	9.20	3.80	17.40	20.90	24.60	25.90	22.30	17.20	11.60	7.40	5.60

Fonte dati: UNI 10349

La località di riferimento N. 2 è ISERNIA avente latitudine 41.5936°, longitudine 14.2297° e altitudine di 423 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
6.00	8.70	12.90	16.40	19.70	23.30	25.20	21.70	16.20	10.80	6.80	5.20

Fonte dati: UNI 10349

Per la località di Balsorano si considerano le variazioni di latitudine come un microclima locale identico a quello del capoluogo. Secondo la Norma, la temperatura media

mensile su base giornaliera dell'aria esterna varia nei mesi fra **4,9** del mese di gennaio ai **26.1** °C del mese di Luglio.

2.6 Dati di rilievo clinometrico e valutazione energetica

Dai dati rilevati e da un sopralluogo eseguito si è rilevato che nel punto di installazione del generatore fotovoltaico esistono alcune fonti di ombreggiamento; tuttavia, trattandosi di spettri distribuiti in modo uniforme sui sottocampi, si ritiene sostanzialmente omogeneo l'effetto sul risultato dell'energia effettivamente prodotta.



La valutazione energetica, relativa all'installazione dell'impianto fotovoltaico, effettuata sulla base dei dati climatici e dell'efficienza dei vari componenti è raccolta nel seguito. L'analisi è stata svolta utilizzando i dati base contenuti nella norma UNI 10349 (come riportato nella Norma Tecnica CEI 11-25) ed un rendimento medio annuo dell'impianto del 75%, una disponibilità media negli anni di esercizio del 90%.

L'analisi condotta conduce alla valutazione di un'energia specifica pari a **1.272** ore equivalenti (kWh/kWp) con una produzione attesa pari a circa **2.552.140 kWh/anno**. Tenendo conto che la vita utile dell'impianto fotovoltaico è stimata pari a **25 anni**, lo stesso produrrà nel corso della sua vita circa **51 GWh** di energia elettrica.

Il funzionamento di un impianto fotovoltaico avviene senza alcuna produzione di rifiuti da smaltire, consistendo in una tecnologia che non prevede flussi di massa.

La tecnologia fotovoltaica è inoltre caratterizzata dalla estrema semplicità e ridotta necessità di operazioni di manutenzione e di consumo di materiali, essendo i moduli fotovoltaici costruiti e assemblati in unico pezzo; in ogni caso le quantità di scarti che potranno derivare dalle normali operazioni di manutenzione sulle strutture e sui pannelli del generatore fotovoltaico (pulizia) sono estremamente ridotte.

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	477,25
TEP risparmiate in 20 anni	9 545

Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art. 2

Emissioni evitate in atmosfera

L'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera di	CO₂	SO₂	NO_x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	462.0	0.540	0.490	0.024
Emissioni evitate in un anno [kg]	1 239 202.20	1 448.42	1 314.31	61
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	22 775 182.53	26 620.34	24 155.50	1.220

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2008

2.7 Dimensionamento dei componenti principali

Con i dati di progetto precedentemente illustrati sono stati calcolati e dimensionati i principali componenti dell'impianto. L'impianto è costituito da un campo fotovoltaico composto da 9120 moduli in silicio policristallino, a loro volta suddivisi in tavole per un totale complessivo di 456 stringhe da 20 moduli ciascuna.

La superficie captante dei moduli ammonta a circa 14.850 mq.

Il sistema di conversione è composto da n.2 cabine compatte in calcestruzzo posizionate baricentricamente per ogni sottocampo fotovoltaico. Una terza cabina sarà utilizzata come interfaccia con ENEL e non sarà utilizzata come cabina di conversione. Le cabine permettono di alloggiare ciascuna n.2 inverter trifase da 500 kW cadauno che alimentano, tramite un trasformatore BT/MT adeguatamente dimensionato, direttamente la rete di media tensione.

La cabina Elettrica "Enel" per la consegna dell'Energia conterrà il quadro di parallelo e consegna dell'energia in MT, il quadro misure e il quadro di protezione e interfaccia. L'impianto sarà dotato di messa a terra secondo la vigente normativa.

Il metodo di dimensionamento seguito si è svolto secondo i seguenti passi:

- Valutazione dell'area disponibile in sagoma e superficie;
- Valutazione delle caratteristiche morfologiche dell'area;
- Ottimizzazione di un disegno delle strutture fisse a terra;
- Predisposizione degli spazi adeguati fra le file a limitare al minimo gli ombreggiamenti
- Posizionamento delle cabina di trasformazione
- Posizionamento della cabina di consegna contenenti le apparecchiature elettriche principali

Nella tabella seguente riassuntiva sono raccolti i dati essenziali delle fasi descritte

Centrale fotovoltaica "Balsorano" ($P_{nom} = 2.006,40$ kW)

Caratteristiche generali	<ul style="list-style-type: none">▪ Denominazione:▪ Localizzazione:▪ Tipologia di posa:▪ Tipologia d'impianto▪ Rete di collegamento	Balsorano Balsorano (AQ) Su terreno Ad inclinazione fissa Media tensione (20 kV)
Generatore fotovoltaico (*)	<ul style="list-style-type: none">▪ Potenza nominale di stringa, Pn:▪ Tensione stringa a MPP, Vm▪ Corrente stringa a MPP Im	4,4 kWp 574 V 7,67 A

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensione stringa a vuoto, Voc ▪ Corrente stringa cto cto), Isc ▪ N°. moduli per stringa: ▪ N°. stringhe complessive: 	734 V 8,25 A 20 479
Moduli fotovoltaici [n° 9120] (*)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnologia: ▪ Potenza nominale (picco), Pn: ▪ Tensione MPP, Vm ▪ Corrente MPP, Im ▪ Tensione a vuoto, Voc ▪ Corrente in cto cto, Isc ▪ Certificazione 	policristallino 220 Wp (*) 28,7 V 7,67 A 36,7 V 8,25 A CEI EN 61215
Strutture di sostegno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materiale: • Tipologia: 	Profilati di acciaio zincato a caldo Pannello ad inclinazione fissa
Inverter [n° 4] (**)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo: • Potenza nominale d'uscita • Potenza max Pfv • Tensione max d'ingresso: • Range di MPPT: • Tensione d'uscita: • CosΦ 	Statico a IGBT 500 kW 550 kWp 900 Vdc 410-850 Vdc 260 Vca, 50 Hz, 3-fase ≥0,9
Trasformazione bt/MT a doppio secondario	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Numero macchine ▪ Potenza macchina ▪ Tensione nominale secondario (1) ▪ Tensione nominale secondario (2) ▪ Tensione nominale primario ▪ Numero avvolgimenti 	2 1000 kVA 260 V 260 V 20 kV 3
Supervisione esercizio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controllo: ▪ Acquisizione dati: 	Locale e remoto via modem Data logger dati elettrici e meteo
Produzione annua attesa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ore equivalenti calcolate: ▪ Producibilità annua netta: 	1.272 kWh/kWp 2.552.140,8 kWh/anno

(*) Caratteristiche a STC (AM 1.5, Irraggiamento sul piano dei moduli = 1000 W/m², temperatura di cella fotovoltaica = 25°C)

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

3.1 Dimensionamento

L'impianto ha lo scopo di produrre energia elettrica in collegamento alla rete di distribuzione di media tensione in corrente alternata trifase.

Nel punto di consegna, secondo le specifiche descritte, la tensione è di 20 kV ac trifase, con frequenza di 50 Hz.

La potenza del generatore FV pari a 2.006,40 kWp è intesa come somma delle potenze nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard, le quali prevedono irraggiamento pari a 1 kW/mq con distribuzione dello spettro solare di riferimento di Air Mass AM=1,5 e temperatura delle celle di 25°C, secondo le norme CEI EN 904/1-2-3.

$$P_{tot} = P_{mod} \times N_{mod} = 220 \times 9120 = 2.006,40 \text{ kWp}$$

Il sistema è dimensionato per avere una potenza attiva effettiva, ai morsetti lato corrente alternata nel punto di consegna, pari ad almeno il 74.97% della potenza nominale del campo FV riferita alle particolari condizioni di irraggiamento.

L'impianto è progettato per avere:

- una potenza in ingresso al convertitore lato corrente continua superiore all'85% della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento;
- una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 95% della potenza lato corrente continua (efficienza del gruppo di conversione)

Mentre la potenza nominale verso la rete elettrica P_{ca} tiene conto delle perdite del sistema dovuto al discostarsi dalle condizioni standard ed alle perdite per la trasformazione della corrente da continua in alternata:

- perdite per scostamento dalle condizioni di targa (temperatura) 7%
- perdite per riflessione 3%
- perdite per mismatching tra stringhe (moduli) 5%
- perdite in corrente continua 2%
- perdite sul sistema di conversione cc/ca (stimato medio annuo) 4%
- perdite per polluzione dei moduli 2%
- altre perdite 2%

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$E \text{ [kWh/anno]} = (I \times A \times R_{MODULI} \times R_{BOS} \times D)$$

In cui: I = irraggiamento medio annuo sul piano inclinato = 1697,77 kWh/m²

A = superficie totale dei moduli = 14.837,14 m²

RMODULI = rendimento di conversione dei moduli = 13,52%

RBOS = rendimento del B.O.S. = 74,97%

D = coefficiente di ombreggiamento = 98%

Pertanto, applicando la formula si ottiene la produzione annua dell'impianto:

$$E = (1.697,77 \times 14.837,14 \times 13,52\% \times 76,4\% \times 98\%) \cong \mathbf{2.552} \text{ MWh}$$

Le ore equivalenti saranno:

$$Heq = (2682255 / 2.006,40) = 1272 \text{ kWh/kWp.}$$

L'intero impianto installato deve godere di una garanzia non inferiore a due anni a far data dal collaudo dell'impianto stesso, mentre i moduli fotovoltaici devono godere di una garanzia non inferiore a 2 anni contro i difetti di fabbricazione e 25 anni da difetti in produzione energetica.

Oltre a rispettare i precedenti criteri, il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato effettuato tenendo conto di ulteriori condizioni:

- la superficie disponibile per il posizionamento dei moduli maggiore di ha. 4,0
- intervallo di tensione di stringa minima e massima nelle diverse condizioni di irraggiamento e temperatura al fine di consentire all'inverter di lavorare all'interno della finestra di MPP
- la massima tensione di ingresso inverter lato CC
- la massima corrente di ingresso inverter lato CC.

3.2 Classificazione degli ambienti

Gli impianti in progetto rientrano nell'ambito applicativo delle Norme CEI 64-8 "Impianti utilizzatori a tensione nominale inferiore a 1000 V in c.a."

Relativamente alla norma CEI 81-10 relative alla valutazione del rischio di fulminazione e provvedimenti da adottare, si rimanda alla progettazione esecutiva la verifica della probabilità di fulminazione.

3.3 Indicazioni generali per i materiali

Ogni singolo componente dell'impianto elettrico dovrà essere conforme alle relative prescrizioni di legge e normative (nazionali o armonizzate), nonché essere dotato di tutte le necessarie certificazioni attestanti tale stato di conformità.

Si fa obbligo alla ditta installatrice, ove è richiesta la fornitura, di utilizzare materiali ammessi all'apposizione del marchio di qualità o equivalenti internazionali; è ammesso che in assenza di marchio i componenti possano essere dichiarati conformi alle rispettive norme dal costruttore; la marchiatura CE è obbligatoria in tutte le forniture che costituiscono l'impianto in oggetto.

3.4 Sistema elettrico in corrente continua

È il sistema elettrico dedicato alla sezione in corrente continua dell'impianto e comprende una serie di quadri elettrici che provvedono all'interconnessione elettrica ed alla protezione delle sezioni del generatore fotovoltaico.

E' un sistema complesso che rappresenta una parte fondamentale dell'impianto in quanto è la sede privilegiata per i possibili guasti.

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo PV20 per il cablaggio dei moduli e connessioni di tipo rapido stagno, la sezione delle linee elettriche dei vari circuiti non deve risultare inferiore a 6mmq.

Le stringhe che compongono le sezioni del generatore fotovoltaico sono collegate fra loro in modo da arrivare in ingresso al convertitore secondo un sistema di quadri elettrici detti quadri di parallelo.

- I quadri di parallelo assolvono la funzione di:
- collegare elettricamente fra loro in parallelo le stringhe fotovoltaiche;
- proteggere elettricamente le stringhe dalle sovratensioni indotte;
- proteggere elettricamente le stringhe dalle correnti di ricircolo fra stringhe;
- permettere il sezionamento in sicurezza elettrica.
- I quadri di parallelo sono posizionati in esterno in posizione più possibile baricentrica rispetto ai gruppi di stringhe ai quali fanno capo. Il posizionamento sarà a terra in posizione ombreggiata, con collegamenti in cavidotto prefabbricato.

3.5 Sistema elettrico in corrente alternata

Il sistema é costituito dai trasformatori per l'interfacciamento alla rete, dai quadri elettrici di parallelo delle sezioni in alternata dell'impianto in media tensione e dal quadro generale di protezione per guasti mutui tra rete ed impianto. E' la sezione più 'tradizionale' dell'impianto, in quanto utilizza componenti di uso comune negli impianti di generazione elettrica.

Le uscite dei convertitori statici faranno capo ad un quadro di interfaccia alla rete in modo che il sistema elettrico convertitori-rete possono essere mutuamente protetti.

Il quadro di interfaccia assolve la funzione di:

- proteggere elettricamente i convertitori da malfunzionamenti della rete di collegamento (sovratensioni, variazioni di frequenza, corto circuiti);
- proteggere elettricamente la rete da malfunzionamenti dei convertitori (sbilanciamento delle fasi elettriche, correnti omopolari, ecc.);
- permettere il sezionamento in sicurezza elettrica

Il quadro di interfaccia in MT è posizionato all'interno nella cabina di interfaccia.

3.6 Sistema di supervisione

E' il sistema che consente il controllo dell'impianto sia in funzionamento locale che in telecontrollo da posizione remota, l'acquisizione dei dati di funzionamento e la diagnostica di guasto. Consente di monitorare il funzionamento dell'impianto on-line, avvisare gli operatori in caso di malfunzionamenti o anomalie

4. DETTAGLIO DELLE COMPONENTI PRINCIPALI

4.1 Generatore fotovoltaico

Il generatore fotovoltaico, punto d'inizio dell'impianto, è formato dall'insieme di più moduli ognuno dei quali contiene al proprio interno un certo numero di celle opportunamente collegate tra esse.

I singoli moduli sono collegati in serie a formare stringhe. Le stringhe vengono poi poste in parallelo. Il numero di moduli costituenti una stringa determina la tensione c.c. in

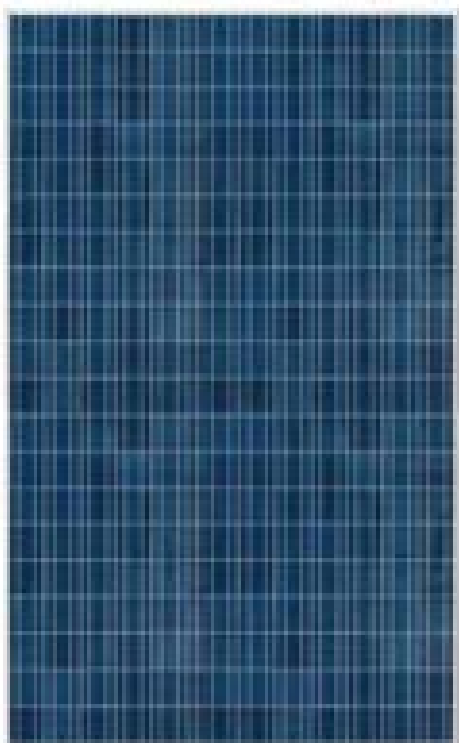
ingresso al convertitore. Il numero di stringhe in parallelo fissa invece la corrente che il generatore dovrà produrre.

Ciascuna stringa, sarà sezionabile e provvista di apposite protezioni su entrambe le polarità; inoltre ciascun modulo sarà provvisto di cassetta di connessione e diodi di by-pass.

Come di seguito indicato, i quadri elettrici per il parallelo delle stringhe saranno provvisti di protezioni contro le sovratensioni e di idoneo sezionatore per il collegamento al gruppo di conversione. Particolare attenzione, dagli schemi allegati, sarà posta nella progettazione e realizzazione del quadro elettrico contenente i suddetti componenti; questo, oltre a essere conforme alle norme vigenti, dovrà possedere un grado di protezione adeguato alle caratteristiche ambientali del sito d'installazione.

Il generatore fotovoltaico sarà composto da *9120 moduli* in monocristallino, ciascuno di potenza di picco pari a 220 Wp per una potenza nominale complessiva pari a **2.006,40 kWp**

Di seguito si riportano le caratteristiche elettriche, misurate in condizioni STC del modulo UP-Solar modello UP-M220P in oggetto:



Tecnologia	Silicio policristallino	
	Potenza di picco modulo Pn (STC)	220
Tensione alla massima potenza Vmpp	28,7	V
Tensione a circuito aperto Voc	36,7	V
Corrente alla massima potenza Impp	7,67	A
Corrente di corto circuito Isc	8,25	A
Vm Coefficiente di temperatura	-	0,50±0,01 %V/°C
Im Coefficiente di temperatura	-	0,40±0,01 %V/°C
Lunghezza	1640	Mm
Larghezza	992	Mm
Peso modulo	20,0	Kg

In particolare, come si evince dallo schema elettrico allegato, il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n. 2 **sottogruppi** (GR.1 , GR.2): sarà costituito da n. 456 stringhe ognuna composta da 20 moduli, per una potenza nominale di 2.006,40 kWp, e da 4 convertitori CC/CA da 500 kWp ciascuno.

Ogni tavola fotovoltaica costituisce una stringa. Ogni 10 tavole (10 stringhe) verrà effettuato il collegamento al relativo **quadro di parallelo stringhe** denominato QPS; questi, a loro volta, saranno collegati al relativo quadro in corrente continua a gruppi di 12.

Il generatore fotovoltaico installato, sarà quindi così composto:

Potenza di Picco dell' impianto in STC	2.006,40 kWp
N° stringhe totali	456
N° Moduli totali	9120
N° quadri di parallelo (QPS)	48
N° quadri di sezionamento sottocampi (QC)	4
N° stringhe per ciascun quadro di parallelo	114
N° moduli per stringa	20

4.2 Strutture di sostegno

Il generatore fotovoltaico è installato su di una struttura di sostegno che sarà realizzata montando profili speciali in acciaio zincato a caldo ed imbullonati mediante staffe e pezzi speciali. Travi portanti orizzontali, posate su longheroni agganciati direttamente ai sostegni verticali, formeranno i piani inclinati per l'appoggio dei moduli.

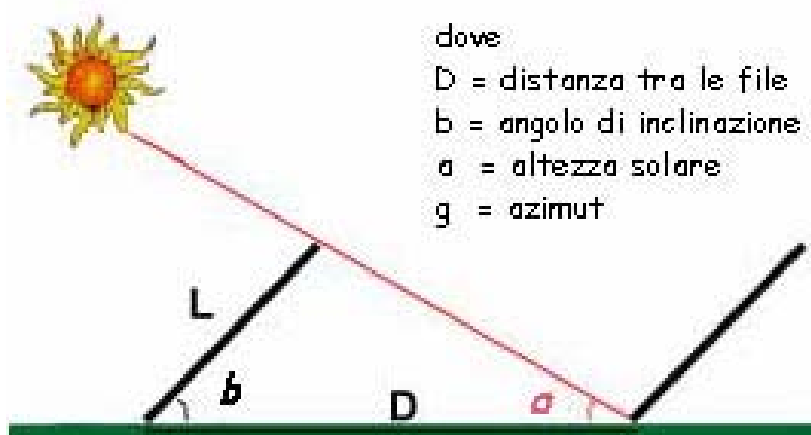
Le strutture di sostegno saranno posizionate in maniera da garantire l'orientamento a Sud (vedi tavola Layout di impianto), con un inclinazione dei portamoduli di 25° rispetto al piano orizzontale, in modo da ottimizzare la conversione energetica durante il periodo estivo che costituisce quello di maggior carico elettrico. Tali strutture, prive di moduli, dovranno essere accuratamente allineate in senso orizzontale a formare delle righe senza ondulazioni, e fissate mediante apposite staffe e bulloni alle teste delle viti di fondazione predisposte sul

terreno. Una volta allineate le strutture, possono venire montate su di esse i profilati destinati a sostenere i moduli fotovoltaici; su tali profilati i moduli potranno essere montati mediante gli speciali dispositivi con bulloni autobloccanti e rondelle di fermo. Al termine delle schiere, i moduli verranno fissati mediante terminali a Z.

E' importante curare l'allineamento dei moduli in modo da costituire delle righe diritte senza ondulazioni od avvallamenti. I moduli sono muniti di connettore rapidi, quindi sarà sufficiente collegare il connettore positivo con il connettore negativo del modulo successivo per costituire la serie. I connettori terminali dovranno essere collegati ad un cavo in neoprene 1x4 mm² " solar grade " (sezione minima) e portati al rispettivo Quadro di parallelo Stringhe mediante apposita canalina da montare sulle strutture metalliche di sostegno.

In questo layout di impianto si è cercato di ottimizzare la distanza tra le file in maniera che gli effetti dell'auto-ombreggiamento sulla produzione energetica annuale siano minimi.

$$D=L \cos(b)+(L \sin(b) \cos(g) / \tan(a))$$



Inserendo nella formula riportata qui sopra i valori relativi alla lunghezza L dei moduli, dell'angolo di orientamento rispetto al Sud delle file (*angolo di azimut g*), dell'angolo di inclinazione dei moduli (*angolo di tilt b*) e dell'altezza solare critica ($a = 25^\circ$), si ottiene la **distanza ottimale tra le file (D)**. In questo modo si assicura la completa assenza di ombreggiamento quando il sole si trova ad altezza solare maggiore 25° sull'orizzonte, e le perdite di energia sono molto limitate.

Nel nostro caso ci si trova a dover installare su di una superficie non totalmente in piano un impianto fotovoltaico con i moduli disposti su più file orientate a Sud e inclinate a

25°, allora la distanza ottimale tra la base di una fila e quella della fila successiva sarà di 3,5 metri

I moduli fotovoltaici hanno prestazioni meccaniche idonee a sopportare i carichi statici di pressione di neve e vento secondo la normativa vigente, e saranno imbullonati alle barelle di sostegno tramite bulloni in acciaio inox del diametro di 6 mm e appositi dispositivi di fissaggio. Detta struttura sarà fissata al suolo mediante speciali fondazioni “ a vite “ in acciaio di alta qualità ed elevata durata, infisse nel terreno mediante appositi strumenti. Laddove ci fossero difficoltà per l’installazione di tale soluzione, a causa della natura rocciosa di alcune zone interessate dall’impianto, si prevede di creare fondazioni con pali conficcati in apposite ‘tasche’, con l’utilizzo di calcestruzzo per il fissaggio delle stesse.

Tale tipo di soluzione garantirà comunque facilità e semplicità di installazione e grande resistenza strutturale, allo stesso tempo si eviterà di intervenire con scavi e opere edili eccessivamente invasive, rendendo inoltre possibile la rimozione completa della struttura in modo veloce ed economico, non lasciando alcuna traccia sul terreno. Saranno rispettate norme, leggi e disposizioni vigenti in materia.

4.3 Quadro parallelo e sezionamento stringhe (Qps)

I quadri elettrici per il parallelo e il sezionamento delle stringhe saranno di tipo esterno e con grado di protezione minimo IP65 conforme alle norme EN 60539-1 e IEC 439_1, posizionati in posizione sottostante alle pensiline fotovoltaiche.

Ad ogni quadro di parallelo (Qps) faranno capo le 10 stringhe, per un totale di 48 quadri di parallelo, 12 per ciascun inverter, ognuno avente le seguenti caratteristiche:

- Sistema di sbarre per il parallelo stringhe;
- Sezionatore portafusibile;
- Limitatore di sovratensione bipolare;
- Interruttore sezionatore generale.

I quadri di parallelo stringhe saranno dotati di sensori e interfacce di comunicazione con la centralina di controllo collocata in cabina inverter, per il montaggio dei valori di produzione delle singole stringhe.

I quadri di parallelo stringhe saranno collegati alla cabina inverter relativa mediante cavi unipolari tipo FG7OR interrati in tubo corrugato a doppia parete in PVC.

Ogni componente andrà dimensionato nel rispetto della Normativa CEI di riferimento.

4.4 Montaggio elettrico dei Quadri di Parallelo D.C.

I terminali delle stringhe, costituite dalla serie di 20 moduli fotovoltaici, dovranno essere collegati al rispettivo quadro di parallelo stringhe posizionato in campo.

Dal quadro di parallelo stringhe (QPS), dei cavi porteranno l'energia fino al quadro sezionatore di campo (QDC).

I quadri di sezionatori campo saranno complessivamente tre.

Tutti i quadri di parallelo saranno realizzati in resine autoestingente, avranno grado di protezione minimo IP65.

I quadri saranno forniti precablati internamente e muniti dei dispositivi di protezione di stringa e delle corsetterie di ancoraggio dei cavi.

Nei quadri saranno previste le protezioni del parallelo stringhe contro le sovratensioni atmosferiche. I quadri saranno fissati alle strutture di supporto dei moduli mediante staffe in acciaio zincato a caldo e bulloni inox, l'ingresso cavi nel quadro avverrà mediante connettori MC4 precablati su ogni pannello, l'uscita dei cavi dai quadri avverrà mediante pressacavo di opportuna sezione (PG29 o PG32).

I cavi saranno dimensionati e sistemati in modo da semplificare e minimizzare le operazioni di cablaggio e con particolare attenzione a limitare le cadute di tensione.

Il cablaggio tra moduli fino al quadro di parallelo stringhe verrà effettuato con cavi tipo in policlorovinile " solar grade " o equivalenti.

Il collegamento tra moduli di una stessa stringa sarà effettuato mediante connettori rapidi con cavo unipolare, i terminali delle stringhe verranno realizzati con cavo unipolare, il cavo unipolare da 1x6 mm² in partenza da ogni stringa sarà connesso al rispettivo quadro di parallelo stringhe mediante sezionatori portafusibili sotto carico di opportuna potenza.

I conduttori saranno di corda di rame ricotto e stagnato, secondo CEI 20-32/1980. Verranno installati tubi per la protezione meccanica dei cavi nelle discese, garantendo, per il collegamento cavi ai quadri, un livello di protezione analogo a quello dei quadri stessi.

Tutte le terminazioni dei cavi devono essere terminate con capocorda isolato e contrassegnate con apposite fascette con l'indicazione del morsetto di provenienza del cavo.

Per ognuno dei cavi posati, saranno forniti in opera, opportuni cartellini segnacavo, riportanti le indicazioni citate nella tabella cavi, da applicarsi ai cavi in arrivo ed in partenza.

I cavi all'entrata dei quadri, verranno assicurati in modo che il peso del cavo stesso non venga sostenuto dai singoli conduttori e dai morsetti e disposti in maniera ordinata al fine di permettere un agevole collegamento alle morsettiere.

Ove mancassero le utenze (quadri ed ogni qualsiasi altra apparecchiatura), i cavi dovranno essere tenuti arrotolati e protetti da possibili urti o danneggiamenti, con le estremità sigillate, in modo da non permettere ad alcun liquido o all'umidità di penetrare all'interno del cavo.

Nella esecuzione delle teste dovrà essere posta la massima cura nel non intaccare i conduttori durante l'asportazione della guaina isolante; detta guaina dovrà essere asportata fino ad un punto opportuno, in modo tale da assicurare la necessaria divaricazione fra i singoli conduttori.

Per i cavi 1x6 mm² intestati nei quadri di parallelo delle stringhe saranno impiegati adeguati capicorda del tipo a compressione in rame stagnato.

Cavi e conduttori saranno marcati e numerati con materiale adeguato onde permetterne immediatamente l'individuazione.

Sulle formazioni multipolare, le terminazioni dovranno essere rifinite in modo tale che sia ripristinato almeno il grado di isolamento nominale del cavo.

I singoli conduttori, durante il collegamento, dovranno essere disposti a pettine per quanto possibile.

I conduttori di riserva saranno raccolti con cura, appoggiati a morsetti liberi oppure sistemati in modo tale che, in caso di bisogno, possano raggiungere il morsetto di riserva più lontano sulla corsetteria.

Dopo l'esecuzione dell'intestatura, ed a collegamenti effettuati, i cavi dovranno essere sottoposte a verifiche e prove quali: verifica della continuità e del corretto collegamento e misura della resistenza di isolamento tra conduttori e tra conduttori a terra.

I cavi relativi alla formazione delle stringhe e loro connessioni verranno posati, interconnessi e contrassegnati .

In particolare i cavi di connessione tra quadro di campo e inizio/fine delle stringhe che lo compongono dovranno essere contrassegnati sia dal lato quadro di campo sia dal lato cassette moduli fotovoltaici e identificati come qui di seguito descritto secondo il numero di stringa e la polarità:

esempio cavo polarità positiva: Pm/n

esempio cavo polarità negativa: Nm/n

dove (m) corrisponde al numero della stringa, (n) corrisponde al quadro di campo cui è collegata la stringa.

Dovranno essere rispettate i raggi di curvatura indicati dal costruttore dei cavi.

Non dovranno essere effettuati giunzioni intermedie non previste in progetto.

I cavi in c.c. impiegati saranno:

- 1x6 mm² (sezione minima) per la formazione delle stringhe e per il collegamento di queste con il quadro di parallelo stringhe;
- 1x95 mm² (sezione minima) per il collegamento tra quadro di campo e inverter;

L'ingresso dei cavi di 6 mm² nel quadro di parallelo stringhe avverrà tramite pressacavi forniti con le apparecchiature stesse.

Dovrà essere effettuata la verifica del serraggio di tutta la bulloneria e viteria facente parte integrante dei collegamenti elettrici al fine di evitare scintillii, resistenze di contatto addizionali, riscaldamenti localizzati, innesco di microscariche, ecc.

4.5 Caratteristiche dei convertitori CC/CA

Il gruppo di conversione sarà idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete.

L'installazione di ciascun inverter verrà effettuato in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza previsti dall'ente distributore di zona (CEI 11-20, DK5740).

L'inverter sarà dotato di sistemi di inseguimento della massima potenza (noti come Mppt: Maximum Power Point Tracking) in grado di adattarsi in maniera ottimale alle variazioni dei parametri elettrici della cella conseguenti alle variazioni dell'irraggiamento solare, massimizzando in tal modo la potenza estratta.

Il gruppo di conversione di ogni sottocampo si compone di n. 1 inverter modulare a commutazione forzata e forma d'onda lato c.a. costruita con tecnica PWM (Pulse Width Modulation), sarà privo di clock e riferimenti interni, sarà congruente alla potenza disponibile nonché in grado di accettare in ingresso le variazioni della tensione fornita dai moduli (dovute a variazioni di irraggiamento e temperatura).

In ogni caso l'inverter dovrà soddisfare le prescrizioni delle norme ad esso applicabili armonizzate sotto le direttive europee Emc (compatibilità elettromagnetica) e bassa tensione (sicurezza elettrica).

I valori della tensione e della corrente di ingresso del gruppo di conversione saranno compatibili con quelli del generatore fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita saranno compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

L'inverter è "pilotato" dalla tensione e frequenza di rete. In mancanza di tensione sulla rete elettrica l'inverter non può lavorare in modo autonomo ("in isola") per evitare ritorni di tensione sulla rete che rappresenterebbero un potenziale pericolo per i manutentori. In caso di anomalia sulla rete che provoca un'interruzione dell'alimentazione, o di scostamento dei parametri di rete entro i limiti stabiliti dall'ente distributore, l'inverter si spegne.

Come previsto dalla Norma CEI 11-20, si dovrà installare tra il punto di connessione alla rete di distribuzione in MT e la rete alimentata dagli inverter, un dispositivo di interfaccia con le rispettive protezioni previste dalla stessa CEI 11-20 e corredato da certificazione emessa da un organismo accreditato (tipo SINAL).

Si prevede, come da schemi elettrici allegati, il posizionamento del *dispositivo di interfaccia* a valle del quadro generale MT.

Il collegamento del gruppo di conversione alla rete elettrica sarà effettuato a valle del dispositivo generale lato BT, costituito da interruttore sezionatore tripolare adeguatamente dimensionato, disposto in apposito quadro in cabina di trasformazione posizionata nei pressi del campo fotovoltaico come indicato nelle planimetrie allegate.

Verranno installati n. 4 inverter marca ASTRID tipo Copernico 500 kW (o similari), con le seguenti caratteristiche:

MODELLO 500 kW	
PARAMETRI DI INGRESSO	
Max potenza PV consigliata	570 kWp
Massima corrente	2x600 A
Massima tensione	900 V
Range di tensione MPPT	410 – 850 V
Protezione ingresso	Sezionatore
Numero di MPPT	2
PARAMETRI DI USCITA	
Potenza nominale	500 kW
Tensione nominale	260 V trifase
Range tensione	+/- 10%
Frequenza nominale	50-60 Hz
Range frequenza	+/- 5%
Fattore potenza (cos fi) a Pca nominale	>0.9
Armoniche corrente (THD)	<2 %
Protezione uscita	Protezione elettronica per cortocircuito, fusibili, contattore
DATI DI RENDIMENTO	
Rendimento massimo	>97.5
ALTRI DATI	
Grado di protezione (IEC529) installazione al chiuso	IP20
STANDARDS	
Compatibilità EMI-EMC	EN61000-6-2 EN 61000 6-4
Standards	DK5940 DIN VDE V 0126-1-1 / EN 50438 RD 1663/2000 / EN 50178 IEC 62103 / CEI EN 61000-6-3 EN 55022 / CEI EN 61000-6-1 CEI EN 61000-3-12 / CEI EN 61000-3-11

Ogni inverter verrà installato in apposita cabina elettrica dei servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento (alimentazione sistema di acquisizione dati, alimentazione servizi ausiliari in cc, ecc.), dove sarà disposto anche il trasformatore BT/MT per la connessione del sottocampo fotovoltaico alla rete ENEL Distribuzione.

L'inverter prende come tensione di riferimento quella della rete elettrica alla quale è collegato: pertanto non è in grado di erogare energia sulla rete qualora in questa non vi sia tensione.

Considerando i vincoli di tensione di ingresso lato CC dei convertitori che verranno installati e la tensione massima di ingresso, l'impianto fotovoltaico è stato dimensionato con le seguenti caratteristiche:

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO FV					
INVERTER		GENERATORE FV			VERIFICHE
Copernico 500 kW		UP-Solar UP-M220P			
Potenza massima lato AC	500 kW	Potenza nominale stringa	4,4 kWp		
Potenza massima lato DC	2.280 kWp	Potenza totale	2.006,40 kWp		
Tensione minima DC	410,0V	Stringa-tensione MPP a	70°C	486 V	$V_{m_{min}} \geq V_{invMPPTmin}$
Tensione massima MPP	850,0V	Stringa-tensione MPP a	-10°C	642 V	$V_{m_{max}} \leq V_{invMPPTmax}$
Tensione massima DC	900,0V	Stringa-tensione a vuoto	-10°C	822 V	$V_{OCmax} < V_{inv max}$

4.6 Cabina di consegna

In accordo a quanto prescritto dalla normativa italiana sarà previsto, incorporato nel quadro di consegna, un dispositivo di interfaccia, munito di opportuna certificazione, per prevenire il funzionamento in isola dell'impianto, secondo le norme CEI 11-20 e Enel DK5740.

Il dispositivo di interfaccia per prevenire il funzionamento in isola agirà su di un contattore con bobina di sgancio, munito di opportuna certificazione tipo. Le apparecchiature suddette saranno sistemate all'interno della Cabina di Consegna, nella quale saranno anche previsti gli scomparti per il montaggio dei contattori fiscali UTIF e ENEL.

4.7 Impianto di messa a terra

I moduli già provati in resistività in fase di collaudo finale in laboratorio, vengono messi a terra utilizzando il bullone autobloccante di serraggio del modulo alla guida. Il contatto alla struttura è garantito attraverso una rondella mordente posta a diretto contatto con la cornice del modulo e serrate tra cornice e piastra di fissaggio.

Anche tutte le apparecchiature elettriche posate o semplicemente collegate, dovranno essere derivate dal punto più vicino della rete di terra esistente a mezzo di corda o piatto di rame. Tutte le carpenterie, pull boxes, canaline e quanto altro possa accidentalmente venirsi a trovare sotto tensione, deve essere messo accuratamente a terra. La rete di terra dell'impianto sarà costituita da corda giallo-verde 1x16 mmq fissata in opportuni pozzetti di terra mediante paline interrate a ciascun terminale delle strutture di supporto dei moduli.

Le apparecchiature (inverter e Qps) saranno collegate alla terra ed interconnesse alla terra generale d'impianto.

5. INTERVENTI SULLA VIABILITA'

5.1 Viabilità esistente

La viabilità stradale dovrà costituire un sistema di collegamento carrabile in fase di manutenzione e gestione dell'impianto ed il collegamento tra le diverse zone di cantiere durante il periodo di realizzazione dell'opera.

Le aree interessate dal progetto, così come è facilmente riscontrabile dalla cartografia allegata, sono facilmente accessibili, da strade Comunali, Provinciali e Statali.

Per quanto riguarda la viabilità esistente si rileva in buono stato e non necessita di interventi significativi. Per motivi attinenti l'ottimizzazione dei costi e soprattutto, per ridurre al minimo la modificazione del territorio, si è scelto di utilizzare la viabilità esistente, riducendo allo stretto necessario l'apertura di nuove carreggiate per il collegamento delle cabine con la viabilità principale.

Il sito si trova nelle immediate vicinanze dello svincolo della superstrada denominata SS690 che collega Avezzano a Sora; per accedere alle aree interessate si percorre la viabilità interna esistente per alcune centinaia di metri; essa risulta adeguatamente dimensionata per la tipologia di mezzi da prevedere per i trasporti in sito.

5.2 Viabilità di progetto

La costruzione della centrale fotovoltaica comporta l'uso della viabilità locale per il trasporto in sito dei componenti e delle apparecchiature dell'impianto. La strada Statale SS690 e la viabilità interna sopra descritta sono asfaltate o in condizioni adeguate per il traffico di automezzi per trasporti pesanti e quindi non necessitano di interventi di particolare impegno.

Sull'intera area che sarà interessata dai lavori di installazione dell'impianto esistono strade tracciate o percorsi battuti, che si potranno sfruttare al fine della movimentazione dei materiali all'interno del cantiere.

Il lotto di terreno dove saranno effettuati i lavori risulta in tutta la sua estensione sufficientemente compatto e stabile da consentire il transito e l'operazione di mezzi meccanici e personale senza particolare difficoltà.

Per il raggiungimento ed il collegamento delle aree previste per le cabine, in fase finale, si provvederà alla realizzazione di una pista di transito della larghezza di circa 4,00 m, il cui cassonetto stradale sarà costituito da una fondazione di cm. 30 in misto di cava, su cui

andrà steso un ulteriore strato di cm 20 in misto stabilizzato a granulometria decrescente, steso a strati e rullato, al fine di ottenere un manto finale di buona consistenza e di bassissimo impatto.

La movimentazione potrà avvenire per percorsi e direzioni diverse, anche in relazione alla comodità e alla rapidità degli spostamenti, alla particolare fase di costruzione e al posizionamento puntuale delle strutture e degli ancoraggi.

Per la fase di installazione, quindi, non si prevedono lavori straordinari volti alla creazione di una prefissata viabilità di cantiere all'interno dell'area interessata la quale verrà recintata.

Nel sito, se eventualmente si rendesse necessario un adeguamento puntuale del fondo battuto per avvallamenti o altro, sarà usato del terreno di riporto. Per la fase di esercizio e di ispezione non sono previste movimentazioni di mezzi e apparecchiature di particolare dimensione da richiedere una importante viabilità all'interno del sito. Se necessario, verranno realizzate dei viali o viottoli in modo da renderli carrabili.

Per l'accesso all'area d'impianto, una porzione limite del lotto sarà destinata a ospitare il viottolo che consentirà di giungere dalla strada principale allo spazio recintato. Tale accesso sarà realizzato in Tout-Venant e non si prevedono pertanto particolari opere stradali per l'adeguamento.

6. VERIFICHE ELETTRICHE E MISURE DI PROTEZIONE

6.1 Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.

Occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_m \min \geq V_{invMPPT\min}$$

$$V_m \max \leq V_{inv MPPT \max}$$

$$V_{oc} \max < V_{inv \max}$$

dove:

V_m = tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{inv MPPT \min}$ = tensione minima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza

$V_{inv MPPT \max}$ = tensione massima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza

V_{oc} = tensione a vuoto delle stringhe fotovoltaiche

$V_{inv \max}$ = tensione massima in corrente continua ammissibile ai morsetti dell'inverter

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni cella in dipendenza della temperatura pari a 0,478%/°C e di 0,346%/°C sulla tensione a vuoto, prendendo come limiti di temperatura estremi -5°C (dati di progetto) e +70°C, V_m e V_{oc} assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C).

Assumendo che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze, nei vari casi, sono riportate nella tabella di dimensionamento impianto. In tutti i casi le condizioni di verifica risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e il tipo di inverter adottato.

6.2 Verifica delle protezioni contro i corto circuiti

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dai dispositivi limitatori contenuti all'interno dell'inverter.

6.3 Misure di protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti da considerare per la progettazione di dettaglio:

- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti prescrivendo l'utilizzo di cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo a seconda del tratto) idoneo allo scopo.

Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non alloggiati in tubi o canali essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche di alcun tipo, ne' risultano ubicati in luoghi ove sussistano rischi di danneggiamento.

6.4 Misure di protezione contro i contatti indiretti

6.4.1 Sistema in corrente alternata (TN-S)

La protezione contro i contatti indiretti è assicurata dalla prescrizione nella progettazione definitiva dai seguenti accorgimenti:

- trasformatore di isolamento come previsto dalla norma CEI 11-20 incorporato all'interno di ciascun convertitore CC/CA.

6.4.2 Sistema in corrente continua (IT) e rete di terra

Il sistema in corrente continua costituito dalle serie di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti all'inverter è un sistema denominato flottante cioè senza punto di contatto a terra. La protezione nei confronti dei contatti indiretti dovrà essere assicurata, in questo caso, dalle seguenti caratteristiche dei componenti e del circuito:

- controllo dell'isolamento verso terra mediante dispositivi interni ai gruppi di conversione con segnalazione ottico/acustica in caso di 1° guasto;
- collegamento al conduttore PE delle masse metalliche.

Nonostante dal punto di vista normativo non sussista totale chiarezza sull'argomento, l'elevato numero di moduli fotovoltaici suggerisce misure di protezione aggiuntive rispetto a

quanto prescritto dalle norme CEI 64-8: andrà valutata nel dettaglio l'esigenza di un collegamento equipotenziale di ogni struttura di sostegno facente capo ad una stringa di moduli fotovoltaici.

Qualora l'analisi portasse a questa soluzione, si prescrive di verificare che tra i moduli fotovoltaici e le strutture metalliche non vi siano interposte parti isolanti costituite da anelli di plastica o gomma, parti ossidate o altro. Questo per far sì che, dati i numerosi punti di collegamento, si possa supporre con certezza la continuità elettrica per struttura. In fase di collaudo la continuità elettrica dovrà comunque essere verificata.

6.5 Misure di protezione sul collegamento alla rete elettrica

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete autoproduttore che della rete di distribuzione pubblica dovrà essere realizzata in fase di progettazione di dettaglio in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-20 var.1, e con particolare riferimento anche a quanto contenuto nel documento di unificazione Enel DK5740. La normativa impone che l'impianto venga equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su 3 livelli: dispositivo del generatore, dispositivo di interfaccia, dispositivo generale.

6.5.1 Dispositivo di generatore

Gli inverter sono internamente protetti contro il cortocircuito e il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica.

6.5.2 Dispositivo di interfaccia

Il dispositivo di interfaccia deve provocare il distacco dell'intero sistema di generazione

in caso di guasto sulla rete elettrica. In particolare, secondo quanto previsto dal documento DK5740 e norme CEI 11-20, il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avviene considerando come anormali le condizioni di funzionamento che fuoriescono dai limiti di tensione e frequenza; il dispositivo dovrà essere certificato da ente accreditato tipo SINAL.

Nel progetto in esame, il dispositivo di interfaccia dovrà risultare fisicamente installato esterno agli inverter in quadro apposito. Le funzioni di protezioni del dispositivo di interfaccia dovranno essere appositamente certificate tramite utilizzo di protezioni omologate ENEL o da laboratorio accreditato.

6.5.3 Dispositivo generale

Il dispositivo generale ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica.

6.6 Misure di protezione contro le scariche atmosferiche

6.6.1 Fulminazione diretta

Andrà valutata in base alla normativa CEI 81-4 l'influenza sull'aumento della probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

6.6.2 Fulminazione indiretta

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di danneggiare potenzialmente, in particolare, l'inverter. Si suggerisce un rinforzo delle barriere protettive.

7. PRESCRIZIONI SUI COMPONENTI E SULLE LAVORAZIONI

7.1 Elenco dei materiali impiegati

- 1 n.9120 pannelli fotovoltaici policristallini (potenza totale 2.006,40 kWp)
- 2 n. 456 strutture di sostegno complete in acciaio zincato e alluminio e bulloneria in acciaio inox per le strutture di supporto
- 3 profilati in alluminio, bulloni autobloccanti, rondelle, Z-terminali e viterie per l'aggancio dei moduli alle strutture
- 4 n.48 Quadri di Parallelo stringhe;
- 5 n. 4 Quadri DC Paralleli;
- 6 n. 2 Trasformatori BT/MT (a doppio secondario);
- 7 Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo FG21M21 per il cablaggio dei moduli e connessioni di tipo rapido stagno, la sezione delle linee elettriche dei vari circuiti non deve risultare inferiore a 6mmq;
- 8 La rete di terra del campo fotovoltaico verrà realizzata con conduttori in rame da 50 mm² , isolati in pvc qualità N07V-K;
- 9 Nel quadro di controllo e comando verrà realizzato un nodo equipotenziale a cui saranno connessi i conduttori di protezione delle linee elettriche (PE), i conduttori di terra ed equipotenziali.
- 10 n.1 Quadro di consegna trifase, con dispositivo di protezione di interfaccia, munito di contatore fiscale dell'energia elettrica;
- 11 Bullonerie e materiali di montaggio precablati.

7.2 Generalità

A partire dalla data del contratto d'Appalto fino a quella di ultimazione dei lavori, il Committente si riserva il diritto di effettuare controlli sull'approvvigionamento dei materiali di cantiere, e sulle lavorazioni sia in officina sia in cantiere, per verificare se le varie attività sono condotte secondo quanto prescritto in contratto e secondo la Normativa vigente, anche se non esplicitamente prescritta.

Anche nel corso delle operazioni in cantiere il Committente può sempre chiedere la modifica o la sostituzione, a cura dell'Appaltatore, di quei componenti che non risultassero a norma di contratto.

Resta pertanto inteso che l'Appaltatore, fatto salvo il proprio diritto da avanzare riserva, non può rifiutarsi di modificare o sostituire a sua cura e spese quanto richiesto dal committente né può aversi accettazione provvisoria delle opere se non dopo che lo stesso Appaltatore avrà eseguito quanto prescrittogli.

7.3 Prove di collaudo sulle opere civili e meccaniche

L'Appaltatore è tenuto a provvedere in ogni momento, su richiesta del Committente, alle prove di qualifica sui materiali da impiegarsi o già impiegati, nonché a quelle su campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera, sostenendo tutte le spese per il prelevamento dei campioni, per il loro invio presso un Laboratorio Ufficiale concordato e per l'effettuazione sui medesimi delle prove di qualifica richieste dal Collaudatore.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio e degli stessi potrà essere ordinata la conservazione presso il Committente previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e del Fornitore e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

È facoltà della Direzione dei Lavori sottoporre a controllo in cantiere i profilati. Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con il Fornitore ed inviati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese del Fornitore ad un Laboratorio Ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

E' facoltà del Committente sottoporre il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature alla consulenza di Enti di controllo di propria fiducia nonchè stabilire il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Alla D.L. e' riservata la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli previsti, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Le opere eseguite non saranno accettate se non rispondenti a quanto prescritto relativamente ai materiali da utilizzarsi e alle modalità di esecuzione e prescrizioni generali.

Le opere eseguite non saranno accettate se non integralmente rispondenti agli elaborati di progetto, sia per quanto riguarda le sagome, sia per l'esattezza delle misure; saranno ammesse, sulle dimensioni di progetto, le tolleranze indicate nelle specifiche tecniche strutturali.

Per l'accettazione si dovrà verificare che le opere siano realizzate a perfetta regola d'arte, in modo da risultare del tutto omogenee, ben collegate ed allineate nei piani orizzontali e verticali; in nessun caso si accetteranno giunzioni non previste nel progetto; si dovrà inoltre verificare il corretto posizionamento di inserti e fori, secondo gli elaborati di progetto.

7.4 Prove di accettazione in officina

Tutte le apparecchiature elettriche dovranno essere sottoposti a prove e collaudi in officina previsti dai Piani di Qualità dei Costruttori e delle prescrizioni tecniche contenute nel progetto definitivo. In particolare, sono previste prove di accettazione in officina per i moduli fotovoltaici secondo un Piano di Campionamento a norma ISO ed una specifica di collaudo appositamente redatta. Le prove di accettazione costituiscono pregiudiziale sul proseguo delle lavorazioni di realizzazione.

7.5 Prove di accettazione in campo, messa in servizio e test-run

Si suggerisce che, prima dell'inizio dei lavori di montaggio in cantiere, si effettuino controlli su tutti i componenti di tipo visivo – meccanico riguardanti:

- rispondenza dei componenti con quanto riportato nei documenti progettuali;
- accertamento della presenza di eventuali danneggiamenti dovuti al trasporto.

A lavori ultimati, per l'emissione del certificato di regolare esecuzione dell'impianto da parte della Direzione Lavori e, comunque, prima del ripiegamento del cantiere, il controllo riguarderà la verifica dell'integrità dei componenti e della realizzazione dell'impianto a "perfetta regola d'arte".

La verifica consisterà nel controllare:

- il corretto montaggio delle strutture;
- la continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- la corretta esecuzione dei cablaggi in congruenza con quanto riportato nel progetto;
- la messa a terra delle masse;
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- il corretto funzionamento del condizionamento della potenza nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.).

7.6 Prescrizioni sulle prestazioni d'impianto

Secondo quanto è previsto dal decreto, le prescrizioni sulle prestazioni d'impianto dovranno seguire le seguenti specifiche:

- verifica della condizione: $P_{cc} > 0,85 P_{nom} * I / I_{STC}$, con condizioni di irraggiamento $> 600 \text{ W/m}^2$ ove:

P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$,

P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;

I è l'irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;

I_{STC} pari a 1000 W/m^2 , è l'irraggiamento in condizioni standard.

- verifica della condizione: $P_{ca} > 0,9 P_{cc}$, con condizioni di irraggiamento $> 600 \text{ W/m}^2$ ove:

P_{ca} è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del $\pm 2\%$.

7.7 Normativa di riferimento (principali per progettazione e realizzazione)

DPR	547/55	Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
Legge	46/90	Norme per la sicurezza degli impianti
DPR	447/91	Regolamento di attuazione della Legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti
Legge	109/94	Legge quadro in materia di lavori pubblici
D.Lgs	626/94	Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro
D.Lgs	494/96	Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili
DPR	554/99	in materia di lavori pubblici
CEI	0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
CEI	11-20	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi a continuità collegati a reti I e II categoria
CEI	11-27	Lavori su impianti elettrici
CEI	20-19	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
CEI	20-20	Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V
CEI	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
CEI	81-1	Protezione delle strutture contro i fulmini
CEI	EN 60099-1-2	Scaricatori
CEI	EN 60439-1-2-3	Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione
CEI	EN 61215	Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo
CEI	UNEL 35024-1	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
CEI	UNEL 35364	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
UNI	10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici
UNI	8477/1	Calcolo dell'irraggiamento su superficie orientata ed inclinata
AEEG	224/2000	Disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW
ENEL	DK5600	Prescrizioni Enel Distribuzione S.p.a. – Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della Distribuzione
ENEL	DK5740	Prescrizioni Enel Distribuzione S.p.a. – Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete MT di ENEL Distribuzione, Febbraio 2005
ENEL	DK5960	Prescrizioni Enel Distribuzione Spa - Criteri di allacciamento di impianti fotovoltaici alla rete MT di distribuzione, Marzo 2002

7.8 CRONOPROGRAMMA (SOLO FASI PRINCIPALI)

Per la realizzazione dell'impianto sono previste le seguenti opere civili:

- Movimentazione, spianamento terreno, recinzione e viabilità interna;
- Posa di fondazioni a vite infisse nel terreno per il sostegno delle strutture portamoduli;
- Posa di strutture prefabbricate per alloggiamento trasformatori MT/BT e cabina di consegna Enel;
- Scavi e rinterrati per posa tubi alloggiamenti cavi.

In relazione alla tipologia di impianto fotovoltaico, si suggeriscono per la fase di progettazione definitiva le tempistiche di realizzazione delle fasi principali del progetto.

Si rimanda pertanto al cronoprogramma in allegato

Conclusioni

L'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, fra cui il fotovoltaico, per produrre elettricità può oggi contemperare la crescente "fame" d'energia da parte delle strutture industriali dei Paesi sviluppati con il rispetto e la salvaguardia dell'ambiente e delle popolazioni che in essa vivono.

Occorre ancora una volta sottolineare le caratteristiche della risorsa fotovoltaica come fonte di produzione di energia elettrica il cui impatto ambientale è limitato, specialmente attraverso una buona progettazione.

L'energia fotovoltaica è una fonte rinnovabile, in quanto non richiede alcun tipo di combustibile, ma utilizza l'energia solare. È pulita, perché, a differenza delle centrali di produzione di energia elettrica convenzionali, non provoca emissioni dannose per l'uomo e per l'ambiente. La produzione di energia elettrica mediante combustibili fossili comporta, infatti, l'emissione di enormi quantità di sostanze inquinanti.

Un maggior ricorso alle fonti rinnovabili di energia consentirebbe di affrancarci dalla schiavitù delle importazioni che, e' bene ricordarlo, non riguardano solo l'energia elettrica ma anche la grande maggioranza dei combustibili utilizzati per generarla; il nostro paese ha stabilito come obiettivo nazionale quello di produrre almeno il 25% del consumo di energia usando le Fonti Rinnovabili, non farlo costerebbe ben più delle sole penalità economiche che l'Europa ci assegnerebbe.

I costi in termini di salute, ambiente e la strategica uscita da una dipendenza energetica pressoché totale, sono dei benefici assai più rilevanti e degni di uno sforzo ulteriore per far sì che vengano realizzati.

I pannelli fotovoltaici non hanno alcun tipo di impatto radioattivo o chimico, visto che i componenti usati per la loro costruzione sono materie plastiche e metalliche.

In una centrale fotovoltaica non esistono volumi di costruzione in senso stretto, ma solo spazi tecnici; questi sono dati solo dalla cabina inverter e quella di consegna.

La componente visiva costituisce l'unico aspetto degno di considerazione, poiché il carattere prevalentemente naturale del paesaggio viene modificato da strutture non naturali di modeste dimensioni. Questa problematica può essere mitigata mediante l'adozione di misure di mascheramento come le previste siepi di recinzione.

Tuttavia se a livello sensoriale la percezione della riduzione della naturalità non può essere eliminata, deve invece essere promosso lo sviluppo di un approccio razionale del problema, che si

traduca nel convincimento che l'impiego di una tecnologia pulita per la produzione di energia costituisce la migliore garanzia per il rispetto delle risorse ambientali nel loro complesso.

Il fotovoltaico è caratterizzato, come le altre tecnologie che utilizzano fonti di energia rinnovabili, da costi di investimento elevati in rapporto ai ridotti costi di gestione e manutenzione. A parità di costo dell'energia prodotta, tale specificità può avere il vantaggio di essere trasformata in occupazione, in quanto si viene a sostituire valore aggiunto al combustibile utilizzato negli impianti convenzionali.

Il rapporto benefici/costi ambientali è perciò nettamente positivo dato che il rispetto della natura e l'assenza totale di scorie o emissioni fanno dell'energia fotovoltaica la migliore risposta al problema energetico in termini di tutela ambientale.

Il corretto inserimento di infrastrutture sul territorio per la produzione di energia da fonti rinnovabili rappresenta una delle priorità strategiche per ridefinire il rapporto dell'uomo con l'ambiente ed uno sviluppo sostenibile ed equilibrato.

Giugno 2010

Il progettista

Vittorio Ing Ferroni