

**PROTEUS**

PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA

Via Calderon De La Barca, 82 ROMA

**IMPIANTO  
FOTOVOLTAICO  
SAN BENEDETTO  
DEI MARSII 3074  
DEL 01/10/2009**Account Code : **FRT/006/09**Doc. : **Relazione tecnica**Rev. : **01****IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
SAN BENEDETTO  
DEI MARSII 3074  
DEL 01/10/2009**

IDENTIFICATIVO: FRT/006/09

<b>01</b>	01 10 09	Modifiche connessione rete	Tricarico Pellegrini	Luciano Tricarico	Marco Garofolo
<b>00</b>	07 08 09	Prima emissione	Tricarico Pellegrini	Luciano Tricarico	Marco Garofolo
Rev Rev	Data Date	Scopo Revisione Revision Scope	Redatto Prepared	Verificato Checked	Approvato Approved
Sigla Documento  <b>REL. 1</b>	Cliente Customer Descrizione Description Località Location	Proteus S.r.l. - P.I. 04837721002 Impianto fotovoltaico S. Benedetto Dei Marsi 3074 SAN BENEDETTO DEI MARSII (AQ)			

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <i>FRT/006/09</i></p> <p>Doc. : <i>Relazione tecnica</i></p> <p>Rev. : <i>01</i></p>
---	--	--

# PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 3,0744 MWp

## RELAZIONE TECNICA

### COMMITTENTE:

Proteus S.r.l. Progettazione e Servizi di Ingegneria  
Via Calderon Della Barca 82, 00142 – Roma  
Tel. 06 51956052 Fax 0651956051  
Email: [proteus@proteusnet.it](mailto:proteus@proteusnet.it)  
Web: <http://www.proteusnet.it/>  
P.I. 04837721002

Legale rappresentante Marco Garofolo nato a Roma il 29/10/1958  
Residente a Roma in via Londra, 50 - 00142

### PROGETTISTA:

Ing. Luciano Tricarico  
PROTEUS S.r.l. Progettazione e Servizi di Ingegneria  
Email: [proteus@proteusnet.it](mailto:proteus@proteusnet.it)  
Web: <http://www.proteusnet.it/>

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <i>FRT/006/09</i>  Doc. : <i>Relazione tecnica</i>  Rev. : <i>01</i>
---	---	---

<b>1. ILLUSTRAZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI PROGETTUALI LEGATI AL TERRENO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. STRUTTURA DI SOSTEGNO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI ELETTRICI PRINCIPALI.....</b>	<b>8</b>
<b>5. POTENZA NOMINALE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>8</b>
<b>6. DATI DI PROGETTO .....</b>	<b>9</b>
<b>7. CARATTERISTICHE DEI MODULI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>11</b>
<b>8. CARATTERISTICHE DEI GRUPPI DI CONVERSIONE CC/CA.....</b>	<b>12</b>
<b>9. CARATTERISTICHE DEI QUADRI DI CAMPO IN CONTINUA .....</b>	<b>14</b>
<b>10. CARATTERISTICHE DEI TRASFORMATORI .....</b>	<b>17</b>
<b>11. PRESTAZIONI DEL SISTEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>12. CONFIGURAZIONE ELETTRICA DELL' IMPIANTO .....</b>	<b>19</b>
<b>13. CABLAGGIO .....</b>	<b>21</b>
<b>14. DESCRIZIONE DEGLI SCAVI .....</b>	<b>25</b>
<b>15. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO E IL CORTO CIRCUITO.....</b>	<b>26</b>
<b>16. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI .....</b>	<b>32</b>
<b>17. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....</b>	<b>35</b>
<b>18. PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE.....</b>	<b>38</b>
<b>19. CARATTERISTICHE DEL DISPOSITIVO DI MISURA DELL'ENERGIA .....</b>	<b>39</b>
<b>20. VERIFICA TECNICO FUNZIONALE.....</b>	<b>39</b>
<b>21. CABINE ELETTRICHE .....</b>	<b>40</b>
<b>22. PROGETTO CAVIDOTTO .....</b>	<b>41</b>
<b>23. PUNTO DI IMMISSIONE DELL'ENERGIA .....</b>	<b>42</b>
<b>24. SISTEMA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>44</b>
<b>25. NORMATIVA.....</b>	<b>45</b>
<b>26. ALLEGATI .....</b>	<b>46</b>
ALLEGATO A: DATASHEET MODULI FOTOVOLTAICI SOLARPOWER .....	46
ALLEGATO B: DATASHEET INVERTER SANTERNO .....	46
ALLEGATO C: DATASHEET STRING BOX SANTERNO .....	46
ALLEGATO D: SOLUZIONE ENEL SPECIFICA TECNICA.....	46

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSÌ 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

TAV A1_ PLANIMETRIA GENERALE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	46
TAV A2_ INQUADRAMENTO CATASTALE E TERRITORIALE, LAYOUT DELL'IMPIANTO, PART. STRUTTURE PORTANTI, RECIZIONE, CABINE E SCHEMA ELETTRICO .....	46
TAV A3_ SCHEMA ELETTRICO GENERALE BT .....	46
TAV A4_ SCHEMA ELETTRICO GENERALE MT .....	46
TAV A5_ FRONTE QUADRO GENERALE E QUADRO SOTTOCAMPO .....	46
TAV A6_ PLANIMETRIE E PROSPETTI CABINE .....	46
TAV A7_ TRACCIATO CAVIDOTTO .....	46
TAV A8_ INQUADRAMENTO TERRITORIALE PTPR, CARTE DEI VINCOLI, STRALCIO PAI E Q.U. CATASTALE .....	46
TAV A9_ RENDERING IMPIANTO .....	46

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

## 1. ILLUSTRAZIONE DELL'INTERVENTO

Con la presente relazione si illustrano i principi di base adottati circa la realizzazione di un impianto fotovoltaico installato su strutture a terra di potenza complessiva di 3,0744 MWp. L'impianto sarà disposto a terra su una superficie utile di 7 ettari ca. di terreno agricolo. Il terreno è individuato dalla particelle 35, 90, 136,142,143, del Foglio 14 e la particella 242 del foglio 21, del Catasto Terreni del comune di S. Benedetto Dei Marsi (AQ).

L'intervento prevede, l'accesso alle tariffe incentivanti in conto energia previste dal decreto 19 febbraio 2007, successivo ai precedenti decreti attuativi dell'articolo 7 del Decreto Legislativo 29 dicembre 2003 n.387, per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e la conseguente riduzione di emissione di gas serra nell'ambiente.

L'impianto fotovoltaico sarà collegato alla rete di distribuzione della ENEL S.p.A, immettendo nella stessa l'energia prodotta. Per massimizzare la produzione, i moduli fotovoltaici sono fissati a terra mediante strutture di sostegno che ne consentono un'inclinazione di 30° rispetto all'orizzonte e un orientamento in direzione Sud. I moduli sono alloggiati su strutture di sostegno modulari e sono disposti su due linee parallele e contigue, una più in alto rispetto all'altra. Per evitare l'ombreggiamento reciproco tra le file di moduli, queste sono opportunamente distanziate in funzione della pendenza delle zone del terreno su cui insistono. In tal modo la superficie netta del campo fotovoltaico risulta essere inferiore alla metà della superficie totale occupata. E' prevista inoltre la preparazione del terreno attraverso compattazione e lievi livellamenti al fine di consentire l'ancoraggio dei moduli fotovoltaici e sostenere il peso degli stessi e dei carichi di vento e neve secondo quanto richiesto dalle normative specifiche vigenti.

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in 3 campi identici per caratteristiche elettriche, ciascuno dotato di appositi locali tecnici, costituiti da cabine prefabbricate, disposti in posizione baricentrica e contenenti gli organi di interruzione, manovra, conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici.

La tensione di uscita del singolo campo è pari a 20 kV. Due campi sono di medesime caratteristiche elettriche mentre uno i due è configurato secondo un parallelo tra trasformatori (vedi allegato tecnico). I 3 campi fotovoltaici fanno capo in ultimo ad un unico locale tecnico generale all'interno del quale è realizzato il parallelo. Secondo le disposizioni tecniche contenute nella CEI 0-16, nel locale tecnico sono contenute le apparecchiature e gli impianti per la connessione alla stazione elettrica ENEL.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

## **2. ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI PROGETTUALI LEGATI AL TERRENO**

Il terreno in questione si presenta con una conformazione pianeggiante senza inclinazioni rilevanti. Il posizionamento della potenza fotovoltaica sarà quindi studiato in base alle caratteristiche del terreno facendo attenzione che tutte le stringhe afferenti allo stesso quadro in corrente continua presentino stesse condizioni di irraggiamento.

Il posizionamento delle apparecchiature e delle strutture dell'impianto, nonché il tracciamento delle opere edili, sarà eseguito a partire dalla superficie complessivamente disponibile nei lotti di proprietà. Per l'effettiva individuazione della parte di terreno idonea si è tenuto in considerazione la presenza di:

- Aree con pendenza troppo accentuata
- Aree sottoposte a vincoli
- Aree accidentate di altra natura.

Il tracciamento della viabilità all'interno delle singole sotto-aree (zone di impianto individuate da proprio punto di raccolta dell'energia alla cabina inverter) è stato effettuato:

- istituendo una viabilità perimetrale;
- istituendo una viabilità primaria, con la duplice funzione di circolazione e di circoscrizione delle aree di impianto afferenti alla propria cabina inverter;
- istituendo una viabilità secondaria, per facilitare il raccordo tra zone di impianto altrimenti troppo distanti e/o l'interconnessione delle cabine.

Tutte i percorsi interni hanno una larghezza minima di 4 m per garantire il transito dei mezzi pesanti. Inoltre, è stato previsto un punto di accesso all'impianto, tramite un cancello di 5 m di ampiezza, in modo da semplificare la viabilità e l'incrocio dei mezzi durante i lavori. Per gli stessi motivi, dopo il cancello di ingresso e attorno alle cabine si sviluppano degli spiazzi.

Le cabine inverter sono state posizionate tenendo conto di un principio di equidistanza, (secondo la buona norma elettrotecnica): le cabine costituiranno il baricentro elettrico per i vari sottocampi contenendo in questo modo le cadute di tensione e le perdite di potenza sui cavi elettrici.

<b>PROTEUS</b> PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b> Doc. : <b>Relazione tecnica</b> Rev. : <b>01</b>
--	---	---

### **3. STRUTTURA DI SOSTEGNO**

La struttura di sostegno è costituita da un palo in acciaio zincato di opportuna sezione alla cima del quale verrà imbullonata una piastra. Su tale piastra è fissato un telaio sui quali poggeranno i moduli fotovoltaici. Ogni struttura porta 6 moduli. Il palo sarà interrato per circa 1,5 metri in maniera tale da garantire la stabilità dell'insieme. Tale soluzione consente di evitare scavi per la formazione di fondazioni in calcestruzzo o plinto gettate in opera.



**Figura 1: particolare struttura di sostegno**

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

#### **4. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI ELETTRICI PRINCIPALI**

Per i dati della radiazione solare, umidità relativa, temperature medie e valutazione impatto grandine sono state considerate le apposite norme CEI ed UNI in vigore. Non esiste nessun impedimento strutturale per la corretta installazione dei moduli fotovoltaici e di tutti i componenti necessari per il corretto funzionamento dell'impianto.

Per il dimensionamento dell'impianto si è fatto riferimento alla norma CEI 64-8/7. In particolare, per quanto riguarda le condizioni ambientali:

- i moduli fotovoltaici sono componenti intrinsecamente costruiti per alloggiamento all'esterno
- le apparecchiature di protezione e manovra presenti localmente nel campo sono state protette con involucri aventi idoneo grado di protezione
- i cablaggi sono stati realizzati in gomma etilpropilenica a doppio strato, per posa all'esterno.

Per quanto riguarda invece i parametri elettrici:

- i componenti lato c.c. sono stati scelti tenendo soprattutto in considerazione le tensioni elevate di natura continua, con particolare attenzione ai sistemi di sezionamento, opportunamente dedicati, per via della difficoltà di rottura dell'arco elettrico in corrente continua, più stabile di quello in alternata, venendo meno lo 0 dell'onda sinusoidale
- i componenti elettrici lato a.c. sono stati scelti in relazione a una tensione concatenata di 270 V
- il sistema di misura dell'energia sarà dotato di idonei trasformatori di misura per ridurre le correnti dall'ordine di grandezza delle centinaia di ampère a quello di alcuni ampère.

#### **5. POTENZA NOMINALE DELL'IMPIANTO**

La potenza nominale dell'impianto risulta di:

3,0744 MWp con impiego di 10.080 moduli FV da 305 Wp cadauno.

La tensione in corrente continua in ingresso al gruppo di conversione in corrente alternata risulta di 657 V in condizioni STC. La tensione in corrente alternata in uscita dal gruppo di conversione dalla corrente continua risulta di 400 Vca – 50 Hz.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>  Doc. : <b>Relazione tecnica</b>  Rev. : <b>01</b>
---	---	---

## 6. DATI DI PROGETTO

### Caratteristiche Impianto Fotovoltaico

Tipologia  
Potenza  
Nuovo / trasformazione / ampliamento

**Fotovoltaico**  
**3,0744 MWp**  
**Nuovo impianto**

#### **Caratteristiche Fisiche Impianto**

Superficie occupata  
Numero moduli FV  
Inclinazione moduli FV (Tilt)  
Orientamento moduli FV (Azimut)  
Tipologia tecnologica moduli  
Tipologia strutture di sostegno  
Tipologia locali controllo, conversione, consegna  
Ventilazione locale tecnico  
Cablaggi  
Posizionamento Gruppo di conversione  
Posizionamento Quadri CC  
Posizionamento Cabina Trafo  
Posizionamento cabina controllo e consegna MT  
Posizionamento contatori

7 ettari  
10.080  
30°  
0°  
Silicio Monocristallino  
Profili di alluminio  
Locale tecnico prefabbricato  
Naturale/Forzata  
Cavi in canale o cunicoli  
All'interno del locale tecnico  
All'interno del locale tecnico  
All'interno del locale tecnico  
All'interno del locale tecnico  
All'interno del locale tecnico

#### **Caratteristiche Elettriche Impianto**

Tipologia di rete al punto di consegna  
Tensione Nominale  
Tipo Collegamento  
Presa Numero  
Potenza Disponibile  
Misura dell'energia  
Normativa di riferimento  
P. nominale max del generatore (CC)  
P. max erogata al punto di consegna (CA)  
Tensione nominale al punto di consegna (V)

Media tensione trifase  
20 kV  
nuova utenza  
-  
-  
Richiesta a ENEL  
CEI 0-16, CEI 11-20, ENEL DK5640  
3,0744 MWp  
2,9206 MW  
20 kV

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>  Doc. : <b>Relazione tecnica</b>  Rev. : <b>01</b>
---	---	---

### Caratteristiche Sito di Installazione

#### Posizionamento

Indirizzo	Località Camporeale
Località	Camporeale
Comune	S. Benedetto Dei Marsi
Provincia	L'Aquila
Latitudine	42°01'17"N
Longitudine	13°36'51.7"E

#### Caratteristiche Fisiche Sito

Condizioni del terreno	Terreno Pianeggiante
Tipo di terreno	Agricolo
Presenza polvere	Si (da terreno)
Presenza liquidi	No (Acqua)
Esposizione alla pioggia	Si
Esposizione agli spruzzi	Si
Getti d'acqua	No
Formazione di condensa	Si
Presenza corpi estranei	No
Direzione prevalente vento	SE
Velocità massima vento	17 m/s
Disponibilità forza motrice	Si (tramite collegamento a particella contigua)
Disponibilità acqua per il cantiere	No
Disponibilità acqua potabile	No
Locali ricovero materiali da cantiere	No
Strutture preesistenti	Nessuna
Ombreggiamenti	Nessuno
Vegetazione alto fusto	No

#### Caratteristiche normative sito

Destinazione d'uso	Agricolo
Licenza richiesta	Autorizzazione unica ai sensi D.lgs 387/03
Barriera architettonica	Nessuno
Vincolo idrogeologico	No
Condizioni speciali ambientali	No

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

## 7. CARATTERISTICHE DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Si riportano nella seguente tabella le caratteristiche tecniche dei moduli costituenti il generatore fotovoltaico.

Marca	<b>Tipo Sunpower</b>	
Modello	<b>305 Solar Panel</b>	
Potenza massima	<b>305</b>	Wp
Tensione nominale massima	54,70	V
Corrente alla potenza massima	5,58	A
tensione a circuito aperto	64,20	V
corrente di corto circuito	5,96	A
numero totale celle	96	n
Altezza Modulo	1.559,00	mm
Larghezza Modulo	1046,00	mm
Profondità Modulo	46,00	mm
Area Modulo	1,63	m <sup>2</sup>
Tensione Massima Sistema	600-1000	V
Peso Modulo	24	Kg.
Tipo di Scatola di Giunzione	TUV Certified	
Lunghezza Cavo	900	m
Efficienza Modulo	18,7	%
Cornice	Alluminio e lega	
Cell Casement	Connessione in Alluminio	
Standard Test Conditions	AM 1.5 1000W/m <sup>2</sup> 25 +- 2 °C	
Warranty	90% / 10 Anni - 80% / 25 Anni	
Certificazione	IEC 61215, ISO 9001, TUV	

 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

## 8. CARATTERISTICHE DEI GRUPPI DI CONVERSIONE CC/CA

Per la conversione della corrente continua generata dalle stringhe di ciascun sottocampo verrà impiegato due inverter Santerno SUNWAY TG610 800V MT, operanti in sincronia con la rete pubblica.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali di tali macchinari:

Marca	<b>Tipo Santerno</b>	
Modello	<b>SUNWAY TG610 800V MT</b>	
Potenza di picco campo fotovoltaico	<b>608,20</b>	kWp
Potenza massima d'uscita	514,6	kW
Potenza nominale di uscita	467,8	kW
Corrente nominale di uscita a 270Vac (In)	1000,4	A
Corrente nominale di ingresso	1044,5	A
Dimensioni (Lu x La x H)	600x2450x800	mm
Peso	1.700,00	Kg
<b>SPECIFICHE ELETTRICHE LATO DC</b>		
Tensione massima a vuoto (Vdc)	880,00	V
Tensione nominale del campo fotovoltaico	650,00	V
Campo di variazione MPPT (Vdc)	430/760	V
Residuo armonico di tensione (Vdc)	<1	%
<b>SPECIFICHE ELETTRICHE LATO AC</b>		
Frequenza di uscita	50	Hz
Corrente nominale di cortocircuito	1,5	In
Cos φ	1	
Distorsione della corrente di uscita (%)	<3	%
<b>DATI GENERALI</b>		
Rendimento massimo del convertitore	98,5	%
Rendimento complessivo al 20%Pn	97,6	%
Rendimento complessivo al 75%Pn	98,1	%
Rendimento complessivo al 100%Pn	97,1	%
Ponte di conversione	IGBT	
Scaricatori di sovratensione	Installati in polarità d'ingresso	
Dispositivo di perdita di isolamento	inseribile/disinseribile; minima impedenza verso terra e tempo d'intervento tarabili	
Rumore ad un metro nel range 16-20kHz (db)	55(65 con ventilatori funzionanti)	
Raffreddamento	Ventilatori per quadro e trasformatore con termostato tarabile	
Temperatura di funzionamento (°C)	-10 / +45	°C
Temperatura media di riferimento (°C)	+40	°C
Temperatura di immagazzinamento (°C)	-20 / +60	°C
Umidità relativa(%)	95%	%max

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

Versione Italiana SUNWAY TG 800V adatta ai limiti imposti dal DPR 547 del 25/04/1955.

#### Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

#### TENSIONI MPPT

Vm a 70 °C (561,04 V) maggiore di Vmppt min. (430.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (730,572 V) minore di Vmppt max. (760.00 V)	VERIFICATO

#### TENSIONE MASSIMA

Voc a -10 °C (844,572 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (880.00 V)	VERIFICATO
--	------------

#### TENSIONE MASSIMA MODULO

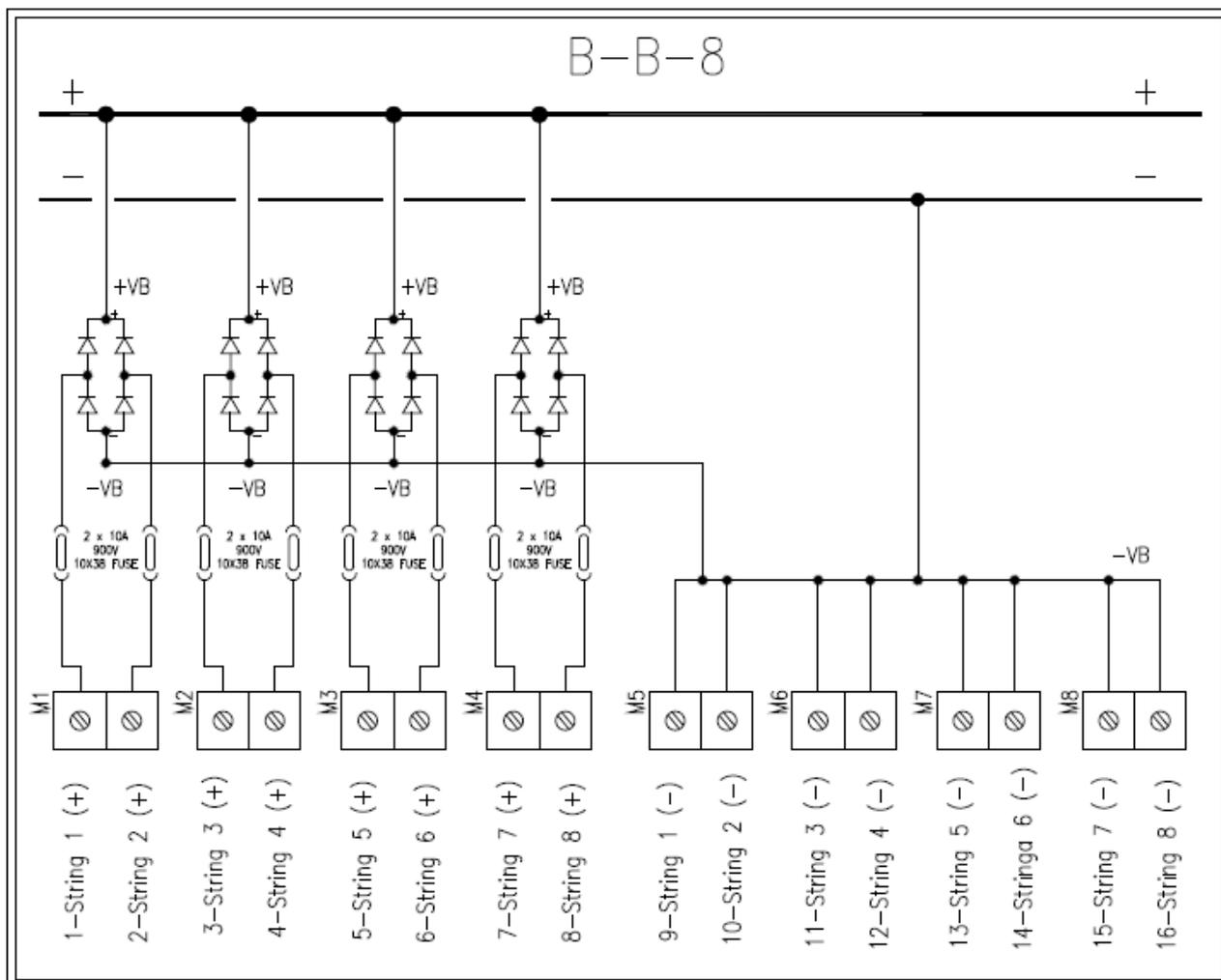
Voc a -10 °C (844,572 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1000.00 V)	VERIFICATO
---	------------

#### CORRENTE MASSIMA

Corrente max. generata (803,25 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (1.044 A)	VERIFICATO
--	------------

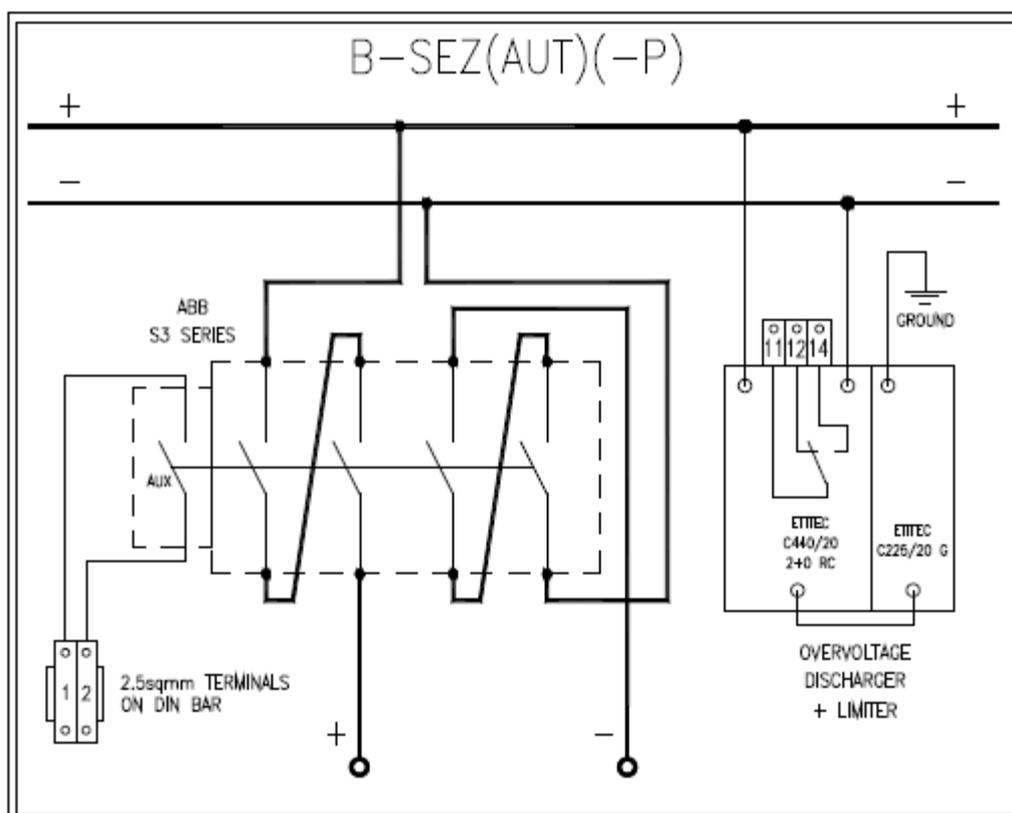
### 9. CARATTERISTICHE DEI QUADRI DI CAMPO IN CONTINUA

Le stringhe sono connesse in parallelo a gruppi di 20 mediante speciali quadri di campo prodotti da Santerno. Il quadro di campo in questione accoglie da un minimo di 8 a un massimo di 24 stringhe fotovoltaiche ed è equipaggiato con connettori a innesto rapido, sezionatori porta fusibili e diodi anti inversione corrente.



La figura sovrastante mostra un particolare del prodotto in cui è visibile lo schema di collegamento per le prime 8 delle 24 stringhe che è possibile connettere. Ogni Smart String Box è poi equipaggiato con un sezionatore generale in corrente continua (costruito da ABB) e tre scaricatori di sovratensione a protezione delle stringhe. In particolare si è scelto il modulo B-AUT - P-160A-800V.

Nella figura sottostante è schematizzato il sezionamento e la protezione del dispositivo in questione:



### **SUNWAY Smart String Box funzionalità e caratteristiche tecniche:**

#### **Funzionalità:**

- Cassetta fornita in kit con grado di protezione IP65
- Possibilità di connettere da 8 a 24 stringhe
- Pressacavi PG di serie - Interruttore CC di serie
- Scatola in policarbonato resistente ai raggi UV
- Sistema antifurto dell'impianto tramite tecnologia brevettata (opzionale)
- Controllo di presenza della singola stringa
- Monitoraggio delle correnti di stringa
- Possibilità di intervento per guasto o malfunzionamento
- Completa visibilità dello stato dell'impianto
- Datalogging con analisi delle performance delle singole sezioni di impianto
- Telecontrollo tramite Internet con accesso puntuale ai dati istantanei complessivi e specifici dell'impianto.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

**Caratteristiche tecniche:**

- Fusibili stringa c.c. 10A
- Corrente d'ingresso max. (IFV, max) 8A
- Sezioni cavi stringa 1,5 - 10 mm<sup>2</sup> - Pg11
- Massima sezione cavi uscita Fino a 2x35 - 150 mm<sup>2</sup> Pg29 + riduzione
- Sezione cavo di terra 25 - 35 mm<sup>2</sup> - Pg16
- Misura corrente singola stringa e media
- N° 2 Ingressi misure ambientali\*
- 0-10Vdc, 0(4)-20mA,
- 0-100mV, PT100
- [0,15-0,75mm<sup>2</sup> - Pg11]
- Uscita a allarme antifurto verso centralina esterna [6x0,25mm<sup>2</sup> - Pg11] o [2x0,5mm<sup>2</sup> - Pg11]
- Alimentazione da Campo Fotovoltaico
- Alimentazione ausiliaria da UPS per funzione antifurto notturna 230Vac [3x0,75mm<sup>2</sup> Pg11]
- Alimentazione ausiliaria da batteria per funzione antifurto notturna 12 Vdc [2x1mm<sup>2</sup>]
- Trasmissione dati (lunghezza max cavo 1000mt) MODBUS RTU [2x2x0,5mm<sup>2</sup> coppie intrecciate - Pg11]
- Protezione contro sovratensioni CC (Scaricatori)
- Interruttore di manovra sezionatore di uscita
- Temperatura di funzionamento da -25°C a +45°C
- Umidità relativa da 0 a 95% - Altitudine 1000 mt s.l.m.

 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

## 10. CARATTERISTICHE DEI TRASFORMATORI

L'energia prodotta da ciascun campo sarà portata ai valori richiesti per l'immissione in rete tramite un trasformatore, le cui caratteristiche sono indicate nella seguente tabella.

Modello	<b>MT20000/270Vac</b>	
	<b>1250kVA</b>	
Potenza	<b>1250,00</b>	kVA
Primario	20000	Vac
Secondario	270	Vac
Livello isolamento	24	
Perdite a vuoto	3100	W
Perdite a carico	160000	W
Dimensioni (Lu x La x H)	1800x1200x2355	mm
Peso	4650	Kg
Frequenza nominale	50	Hz
Campo regolazione tensione maggiore	+/-2x2,5	%
Simbolo di collegamento Dyn	11	
Classe ambientale	E2	
Classe climatica	C2	
Comportamento al fuoco	F1	
Classe isolamento primaria e secondaria	F/F	
Temperatura ambiente max.	40	°C
Impedenza di corto circuito a 75°	6	%
Installazione interna tipo raffreddamento aria naturale		
Altitudine sul livello del mare ≤ 1000m		

*È inoltre previsto un trasformatore per i carichi degli ausiliari.*

Modello	<b>BT400/20000Vac</b>	
	<b>100kVA</b>	
Potenza	<b>100</b>	kVA
Primario	400	Vac
Secondario	20000	Vac
Frequenza nominale	50	Hz
Simbolo di collegamento Dyn	11	
Classe ambientale	E2	
Classe climatica	C2	
Comportamento al fuoco	F1	
Classe isolamento primaria e secondaria	F/F	
Temperatura ambiente max.	40	°C
Impedenza di corto circuito a 75°	5	%
Installazione interna tipo raffreddamento aria naturale		
Altitudine sul livello del mare ≤ 1000m		

 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

## 11. PRESTAZIONI DEL SISTEMA

L'impianto è dimensionato in modo tale da costituire un campo fotovoltaico della potenza (lato corrente continua) di 3,0744 MWp, composto da 3 campi di 1.024,8 KWp. La produzione prevista risulta pari a 3.857.500 kWh/anno circa.

La tabella e il grafico seguenti mostrano l'energia elettrica (stimata) che si può aspettare ogni mese da un sistema fotovoltaico con i parametri scelti. Mostra anche la stima della media giornaliera e la produzione totale annuale.

<b>Produzione elettrica FV per:            potenza nominale=3074.0 kW,            Perdite di sistema=14.0%</b>		
<b>Inclin.=30 gr., Orient.=0 gr.</b>		
<b>Mese</b>	<b>Produzione mensile (kWh)</b>	<b>Produzione giornaliera (kWh)</b>
Gen	189458	6112
Feb	209039	7466
Mar	319028	10291
Apr	389596	12987
Mag	413795	13348
Giu	422366	14079
Lug	459063	14808
Ago	427395	13787
Set	364658	12155
Ott	300846	9705
Nov	199040	6635
Dic	163240	5266
<b>Media annuale</b>	<b>321460</b>	<b>10569</b>
<b>Produzione annuale (kWh)</b>		<b>3857523</b>

# PROTEUS

PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA

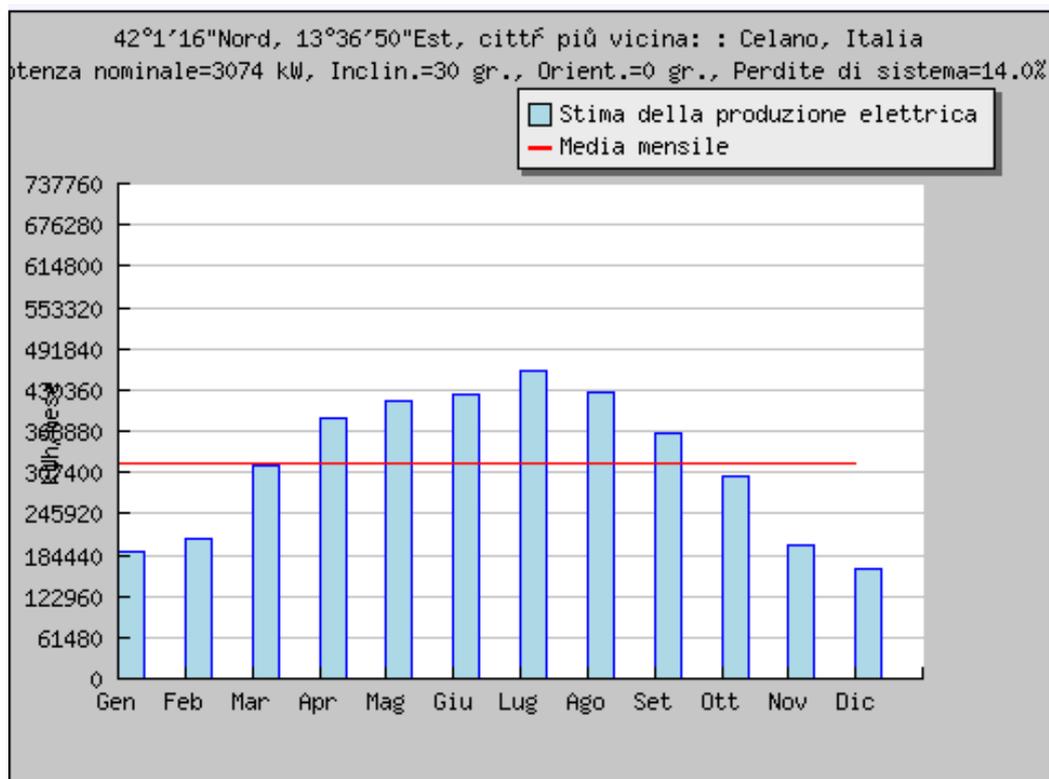
Via Calderon De La Barca, 82 ROMA

## IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSÌ 3074 DEL 01/10/2009

Account Code : **FRT/006/09**

Doc. : **Relazione tecnica**

Rev. : **01**



## 12. CONFIGURAZIONE ELETTRICA DELL' IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sarà composto da 10.080 moduli fotovoltaici raggruppati in stringhe da 12. La raccolta della potenza proveniente dalle stringhe avviene in corrente continua a gruppi di 20 stringhe e facendone il parallelo tramite lo string box. Attraverso lo string box sarà possibile avere un accurato monitoraggio nonché una protezione sulle stringhe, infatti ognuna di esse sarà manovrabile in caso di intervento tramite l'utilizzo di un sezionatore.

Data l'estensione dell'impianto e al fine di minimizzare le perdite di trasmissione dell'energia si è prevista la suddivisione di esso in 3 campi. Ad ogni sottocampo fa capo a una cabina elettrica dove è alloggiato un trasformatore da 1250 kVA per l'innalzamento della tensione da 270 V a 20 kV. All'ingresso del trasformatore affluiscono le uscite in corrente alternata di due gruppi di conversione SUNWAY TG610 800V MT costruiti da Santerno alloggiati nella stessa cabina. Ad ogni Inverter affinisce una linea in corrente continua risultante dal parallelo effettuato tra sette string box. Per facilitare il trasporto dell'energia elettrica due sottocampi sono stati configurati secondo il parallelo di trasformatori.

Il gruppo di misura fiscale, connesso mediante TA e TV appositi, sarà collocato in comparto dedicato.

Si è previsto un trasformatore abbassatore, anch'esso caratterizzato da ridotte perdite sia a vuoto che a carico, destinato ad alimentare i servizi ausiliari. Assieme a questo può essere previsto un gruppo elettrogeno di potenza adeguata per il servizio di emergenza. La configurazione descritta è visionabile nello schema sottostante e nell'unifilare allegato.

 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

		<b>IMPIANTO</b>		
		n. moduli	10.080	
		sottocampo 1	sottocampo 2	sottocampo 3
		n. moduli	3.360	
		<b>TRASFORMATORE</b>		
		<b>INVERTER 1</b>	<b>INVERTER 2</b>	
n. moduli	1.680			
		<b>QCC</b>		
n. moduli	1.680			
		ST.B. 1 = 20 str.		
		ST.B. 2 = 20 str.		
		ST.B. 3 = 20 str.		
		ST.B. 4 = 20 str.		
		ST.B. 5 = 20 str.		
		ST.B. 6 = 20 str.		
		ST.B. 7 = 20 str.		
		totale: 140 stringhe da 12 moduli l'una		

#### Verifiche elettriche:

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10°C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70°C) sono verificate le seguenti disuguaglianze.

#### TENSIONI MPPT

$V_m$  a 10° C (530,172 V) > di  $V_{mppt}$  minima (430 V) VERIFICATO

$V_m$  a 70° C (560,036 V) < di  $V_{mppt}$  massima (760 V) VERIFICATO

#### TENSIONE MASSIMA

$V_{oc}$  a -10 °C (880 V) è inferiore alla tensione max di sistema del modulo (1000 V) VERIFICATO

#### CORRENTE MASSIMA

Corrente max. generata (856,45 A) è inferiore alla corrente max. dell'inverter 1,5 KA VERIFICATO

#### DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento (118 %) risulta compreso tra 70% e 120 % VERIFICATO

 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

### 13. CABLAGGIO

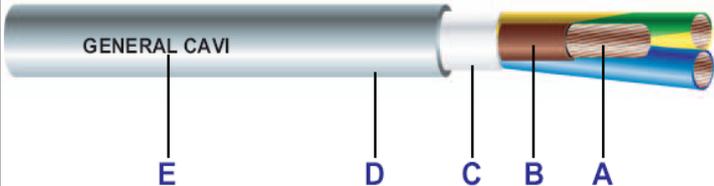
Le linee di cablaggio dei pannelli saranno protette meccanicamente in canale metallica fino ai quadri di campo in corrente continua (Smart String Box). Nei percorsi dagli string box agli inverter presenti nelle cabine di campo i cavi saranno interrati in cavidotto. Da ciascuna delle cabine di campo partiranno le linee di media tensione (20 kV) che si atteranno nel quadro generale della cabina elettrica principale. Tali linee saranno interrate in cavidotti.

I circuiti in **bassa tensione** saranno realizzati con cavi, del tipo "non propagante l'incendio", provvisti di conduttori in rame ed aventi le caratteristiche di seguito riportate:

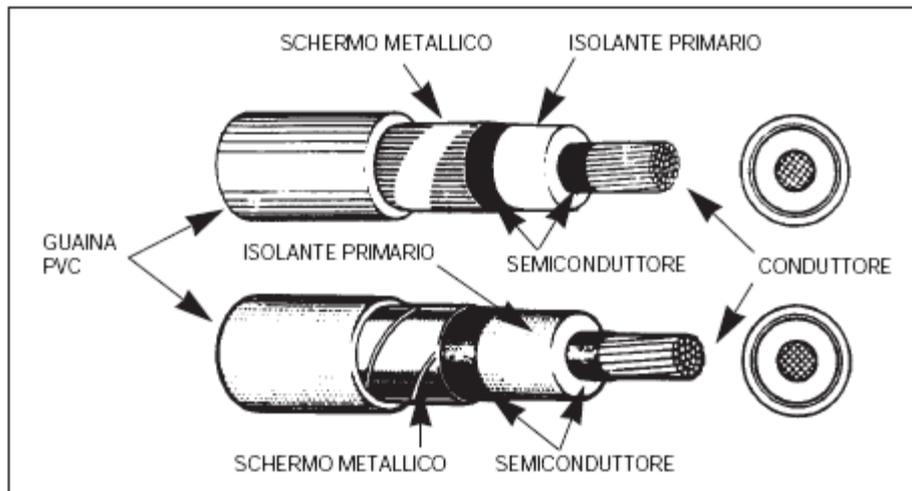
- tipo unipolare
- conduttori in rame tipo corda flessibile a sezione rotonda
- isolamento in gomma etilenpropilenica di qualità G7
- guaina esterna in PVC
- sigla FG7R – 0,6/1 kV

 Conforme ai requisiti essenziali della direttiva BT 2006/95/CE  
Accordingly to the standards BT 2006/95/CE

CEI 20-13 / 20-22II / 20-35 (EN60332-1)  
20-37 pt.2 (EN50267) / 20-52  
**TABELLE UNEL 35375 - 35376 - 35377**

	<b>A</b>	<b>Conduttore a corda flessibile o rigida di rame ricotto rosso o stagnato.</b> <i>Flexible or rigid in red or tinned copper conductor.</i>
	<b>B</b>	<b>Isolamento in HEPR di qualità G7.</b> <i>HEPR Insulation in G7 quality.</i>
	<b>C</b>	<b>Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico.</b> <i>Not fibrous and not hygroscopic filler.</i>
	<b>D</b>	<b>Guaina PVC qualità RZ.</b> <i>PVC sheath in RZ quality.</i>
	<b>E</b>	<b>Marcatura di identificazione.</b> <i>Identification marking.</i>

I circuiti in **media tensione** saranno realizzati con cavi, del tipo "non propagante l'incendio", provvisti di conduttori in rame ed aventi un adeguato livello di tensione di isolamento del tipo RG7H1(O)R (figura sottostante).



- tipo tripolare
- conduttori in rame tipo corda rigida a sezione rotonda
- isolamento in gomma etilenpropilenica di qualità G7
- schermo in rame
- guaina esterna in PVC
- sigla RG7H1(O)R – 15/20 kV

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

### **DIMENSIONAMENTO DELLE PORTATE**

Per la determinazione della portata di cavi con posa interrata si fa riferimento alla norma CEI 64-8/5; la portata espressa in Ampere di un cavo interrato è pari a:

$$I_z = I_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Dove  $I_o$  è la portata del cavo in Ampere a una determinata sezione a un certo tipo di isolante e a un determinato modo di installazione; essa è pari a  $I_z$  quando tutti i fattori di correzione sono unitari ossia quando:

- $K_1$ : coeff. di temperatura – vale 1 quando la temperatura del terreno è 20°C
- $K_2$ : coeff. di raggruppamento – vale 1 quando è installato un solo circuito formato da cavi unipolari
- $K_3$ : coeff. di profondità – vale 1 quando la profondità di posa è 0,8 m
- $K_4$ : coeff. del terreno – vale 1 quando la resistività termica del terreno è 1,5 K m/W

Dalla tabella riportata nella norma CEI-UNEL 35026, scegliendo una certa sezione per il conduttore, si ricava la sua portata  $I_o$ . Moltiplicando quest'ultima per i fattori di correzione si ottiene la  $I_z$ . Per considerare accettabile la sezione del conduttore scelta, la  $I_z$  risultante dovrà essere maggiore della corrente  $I_b$  di impiego che è solita transitare nella conduttura. Se la  $I_z$  dovesse risultare minore della corrente di impiego è necessario selezionare una sezione di cavo superiore e ripetere la stessa verifica.

Lo stesso metodo di calcolo si applica anche per i cavi alloggiati in canale metallica in aria libera dove però i fattori ambientali sono:

- $K_1$ : coeff. di temperatura – vale 1 quando la temperatura ambiente è 20°C
- $K_2$ : coeff. di raggruppamento – vale 1 quando è installato un solo circuito formato da cavi unipolari

### **VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE UNITARIA**

Con le sezioni stabilite in base alla corretta dissipazione termica è necessario verificare che lungo le tratte non vi siano cadute di tensioni maggiori del 3% della tensione di esercizio come consigliato dalla CEI 64/8. In particolare utilizzeremo il metodo della "caduta di tensione unitaria" e , facendo riferimento alla tabella CEI-Unel 35023, assumeremo che la caduta di tensione  $\Delta V$  sul tratto in bassa tensione e sul tratto in media non superi il 3%. La formula per il calcolo della generica caduta di tensione lungo una tratta elettrica è la seguente:

$$\Delta V = U \cdot I \cdot L / 1.000 < 3\% \text{ dove}$$

- $U$  è la caduta di tensione unitaria tabulata nella CEI-Unel 35023 [mV/a m]
- $L$  è la lunghezza del cavo [m]
- $I$  è la corrente nel cavo [A]

Nel caso in cui la caduta di tensione su un tratto sia superiore al 3% è necessario selezionare una sezione maggiore per il conduttore e ripetere la verifica.

**PROTEUS**

PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA

Via Calderon De La Barca, 82 ROMA

**IMPIANTO  
FOTOVOLTAICO  
SAN BENEDETTO  
DEI MARSII 3074  
DEL 01/10/2009**Account Code : **FRT/006/09**Doc. : **Relazione tecnica**Rev. : **01****CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI CAVI**

Descrizione	Alimentato da	Potenza		Cavo di alimentazione						Portata (A)								U (mV/A m)	ΔV (%)
		U.M.	Valore	Poli	Tens. (V)	Ib (A)	tipo	formazione (mm2)	lung. (m)	lo	n	k1	k2	k3	k4	lz'	lz		
<b>C.C. bassa tensione</b>																			
Stringa generica	Cassetta Stringa	kW	3,66	1	656,4	5,58	cavo solare	2x1x4	100	42	1	1	0,45	/	/	18,9	18,9	11,1	0,94
Cassetta Stringa	QPCC	kW	73,2	1	656,4	111,6	FG7R	2x1x120	200	270	1	1	0,6	1	1	162	162	0,373	1,27
	QPCC	Inverter	512,4	1	656,4	781,2	FG7R	3x(2x1x240)	10	342	3	1	0,8	/	/	273	820	0,185	0,11
<b>C.A. bassa tensione</b>																			
Inverter	TRF bt/MT	kW	468	3	270	1000,4	FG7R	4x(3x1x240)	10	428	4	1	0,6	/	/	256,8	1027	0,185	0,17
<b>C.A. media tensione</b>																			
TRF bt/MT	QPMT	kVA	1250	3	20000	24	RG7H1OR	3x25	500	95	1	1	0,65	1	1	77,55	61,75	1,34	0,09
	QPMT	Consegna	3750	3	20000	72	RG7H1OR	3x95	10	201	1	1	0,95	/	/	190	190	0,412	0,00
	QPMT	TRF MT/bt	100	3	20000	2,9	RG7H1OR	3x50	10	141	1	1	1	/	/	141	141	0,838	0,00

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

## 14. DESCRIZIONE DEGLI SCAVI

Le linee elettriche destinate al trasporto dell'energia e del segnale verranno, per la maggior parte, interrate con la logica di seguito descritta.

I cavidotti saranno in materiale isolante ed autoestinguento, del tipo pesante (secondo CEI 23-46). In prossimità di ogni Smart String Box sarà allestito un pozzetto avente dimensioni minime 60 x 60 x 60 cm. Le linee di scavo adiacenti alle file di moduli verranno raccolte dalle dorsali. Le dorsali termineranno alle cabine. Per quanto possibile i percorsi saranno lineari, con una distribuzione simile alla spina di pesce. Ove necessario le dorsali saranno interrate sotto le strade perimetrali o interne. In questo caso i pozzetti saranno carrabili.

I pozzetti saranno presenti:

- Vicino ad ogni Smart Strin Box
- All'incrocio tra le linee di scavo e le dorsali
- Vicino alle cabine
- Lungo la strada perimetrale, in corrispondenza di ogni palo di illuminazione con annessa telecamera
- La dimensione in sezione degli scavi sarà minimo di:
  - 30 x 50 cm (L x H) per le linee secondarie
  - 60 x 70 cm (L x H) per le dorsali principali
  - 50 x 100 cm (L x H) per le linee di media tensione.

Tutti gli scavi avranno una profondità di 0,8 m e verranno segnalati con opportuno nastro monitore. In corrispondenza di ogni cabina verrà tracciata la maglia di terra, che richiederà uno scavo aggiuntivo all'interno dei lavori di sbancamento.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

## 15. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO E IL CORTO CIRCUITO

### Protezione contro il sovraccarico

I cavi di alimentazione saranno protetti contro il sovraccarico mediante interruttori automatici opportunamente dimensionati. In particolare gli interruttori verranno scelti e regolati seguendo la prescrizioni della CEI 64/8:

1. il dispositivo non interverrà per valori minori della corrente di impiego e la sua corrente nominale sarà inferiore alla portata del cavo.
2. il massimo sovraccarico ammissibile sarà pari al 45% per un tempo  $t_c$  pari ad 1 h (tempo caratteristico di intervento del relè termico del dispositivo).

Le condizioni sopra descritte sono sintetizzate dalle seguenti disuguaglianze:

- a.  $I_b \leq I_n \leq I_z$
- b.  $I_f \leq 1,45 \cdot I_z$

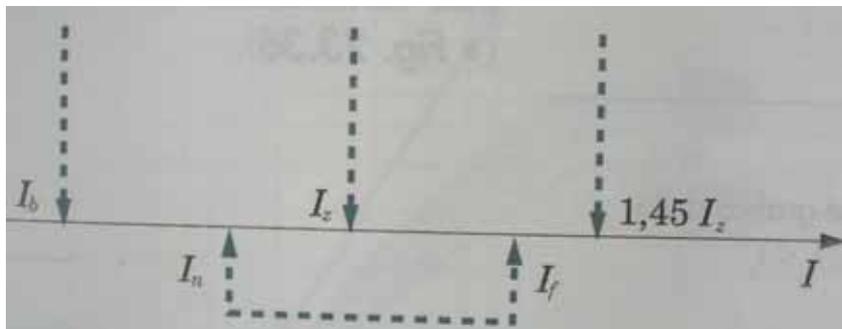
dove

- $I_b$ : corrente di impiego del circuito,
- $I_z$ : portata in regime permanente della conduttura,
- $I_n$ : corrente nominale del dispositivo di protezione,
- $I_f$ : corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione.

In generale si sceglieranno dispositivi per i quali

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_n$$

In modo che rispettando la disuguaglianza "a" sarà automaticamente verificata la "b". In particolare, per la parte in bassa tensione c.c. si regolerà  $I_f$  pari a  $1,05 \cdot I_n$ , mentre per la parte in bassa tensione c.a. si regolerà  $I_f$  pari a  $1,10 \cdot I_n$ .



 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

### SCELTA DELLE PROTEZIONI DALLE SOVRACORRENTI

Tratta		Cavo di alimentazione		Protezione sovracorrenti				
Descrizione	Alim. da	tipo	formazione (mm2)	Tipologia	Modello	In (A)	If (A)	c (h)
<b>C.C. bassa tensione</b>								
Stringa generica	Cassetta Stringa	cavo solare	2x1x4	fusibile	integrato in Smart String Box	10	10,5	1
Cassetta Stringa	QPCC	FG7R	2x1x120	magneto termico	ABB S3-D	160	168	1
QPCC	Inverter	FG7R	3x(2x1x240)	magneto termico	ABB S7-D	800	840	1
<b>C.A. bassa tensione</b>								
Inverter	TRF bt/MT	FG7R	4x(3x1x240)	magneto termico	ABB S7	1250	1375	1
<b>C.A. media tensione</b>								
TRF bt/MT	QPMT	RG7H1OR	3x50	magneto termico differenziale	NV10P (50-51)	da concordare col distributore	da concordare col distributore	/
QPMT	Consegna	RG7H1OR	3x95	magneto termico differenziale	NA60 (50N-51N)	da concordare col distributore	da concordare col distributore	/
QPMT	TRF MT/bt	RG7H1OR	3x50	magneto termico differenziale	NA60 (50N-51N)	da concordare col distributore	da concordare col distributore	/

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

### Protezione contro il corto circuito

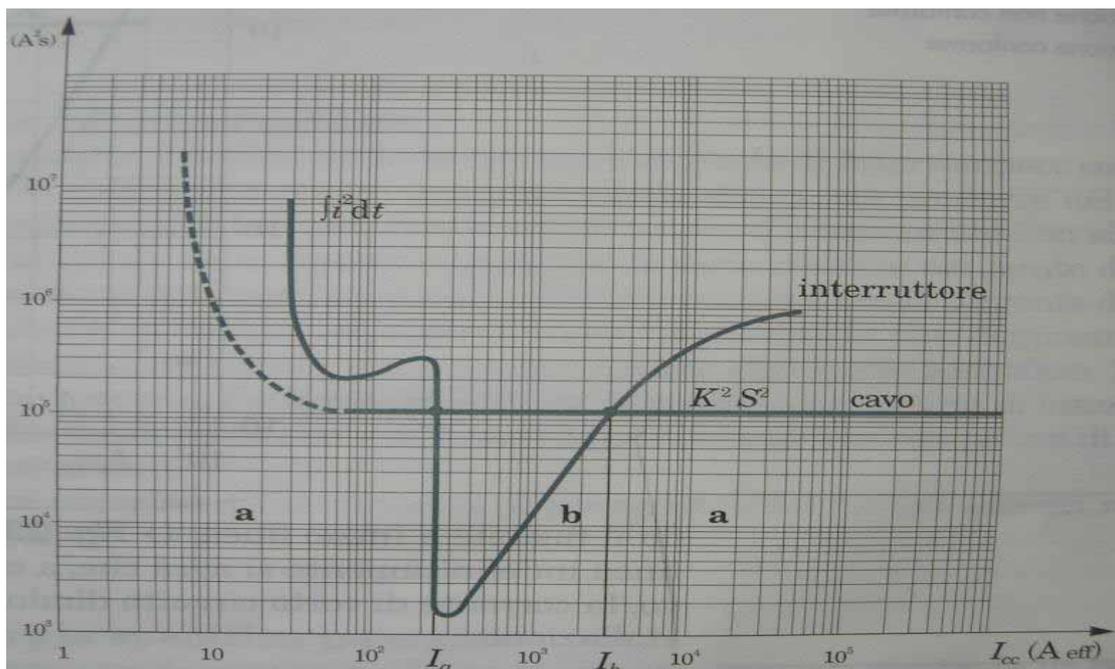
La protezione delle condutture contro il corto circuito verrà garantita grazie ad interruttori automatici. Tali dispositivi verranno installati all'inizio della condotta da proteggere in modo tale da interrompere, in un tempo inferiore a quello che porterebbe i conduttori alla temperatura limite ammissibile, tutte le correnti provocate da un corto circuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito. Nel caso di impianti attivi è sempre necessario considerare che l'eventuale corto circuito su una condotta dell'impianto stesso non viene alimentato solo dalla rete alla quale si è connessi ma viene alimentato anche dai generatori che costituiscono l'impianto di produzione elettrica. Essendo però il generatore fotovoltaico schematizzabile come generatore di corrente piuttosto che come generatore di tensione il contributo alla corrente di corto circuito che esso è in grado di dare risulta di modesta entità. Come già detto nel paragrafo precedente, la massima quantità di corrente che il generatore è in grado di erogare è limitata dalla natura stessa del componente fotovoltaico ed è stimabile in un 10% in più della sua corrente nominale.

In uscita all'inverter il contributo alla corrente di corto circuito è comunque fissato dal costruttore ed è pari al 50% in più della corrente nominale. Essendo tali valori trascurabili rispetto ai valori di corrente erogati dalla rete in caso di guasto dimensioneremo le protezioni considerando solo questi ultimi. Premesso ciò, i dispositivi di protezione verranno scelti in modo da limitare l'energia termica passante a valori tollerabili dal cavo. Operativamente occorre rispettare la seguente disuguaglianza:

$$\int i^2 dt \leq K^2 S^2 \quad \text{per } I_a \leq I_{cc} \leq I_b$$

Ovvero, si confronterà la caratteristica dell'energia specifica passante del dispositivo in funzione della corrente presunta di corto circuito con il termine  $K^2 S^2$  (energia specifica tollerabile dal cavo). In generale tale disuguaglianza è valida solo per un certo range di valori della corrente presunta di corto circuito e pertanto, si verificherà che la corrente di guasto trifase a inizio linea (caso di corto circuito più gravoso) e la corrente di guasto monofase a fine linea (caso di corto circuito meno gravoso) siano comprese in tale range:

- $I_{cc}$  caso di corto circuito più gravoso  $\leq I_a$  (potere di interruzione massimo)
- $I_{cc}$  caso di corto circuito meno gravoso  $\geq I_b$  (potere di interruzione minimo)



Per la determinazione della corrente di corto circuito si useranno le seguenti formule:

corto circuito trifase:

$$I_{cc} = E_0 / \sqrt{(R_R + R_F)^2 + (X_R + X_F)^2}$$

corto circuito fase-fase:

$$I_{cc} = \sqrt{3} / 2 \cdot E_0 / \sqrt{(R_R + R_F)^2 + (X_R + X_F)^2}$$

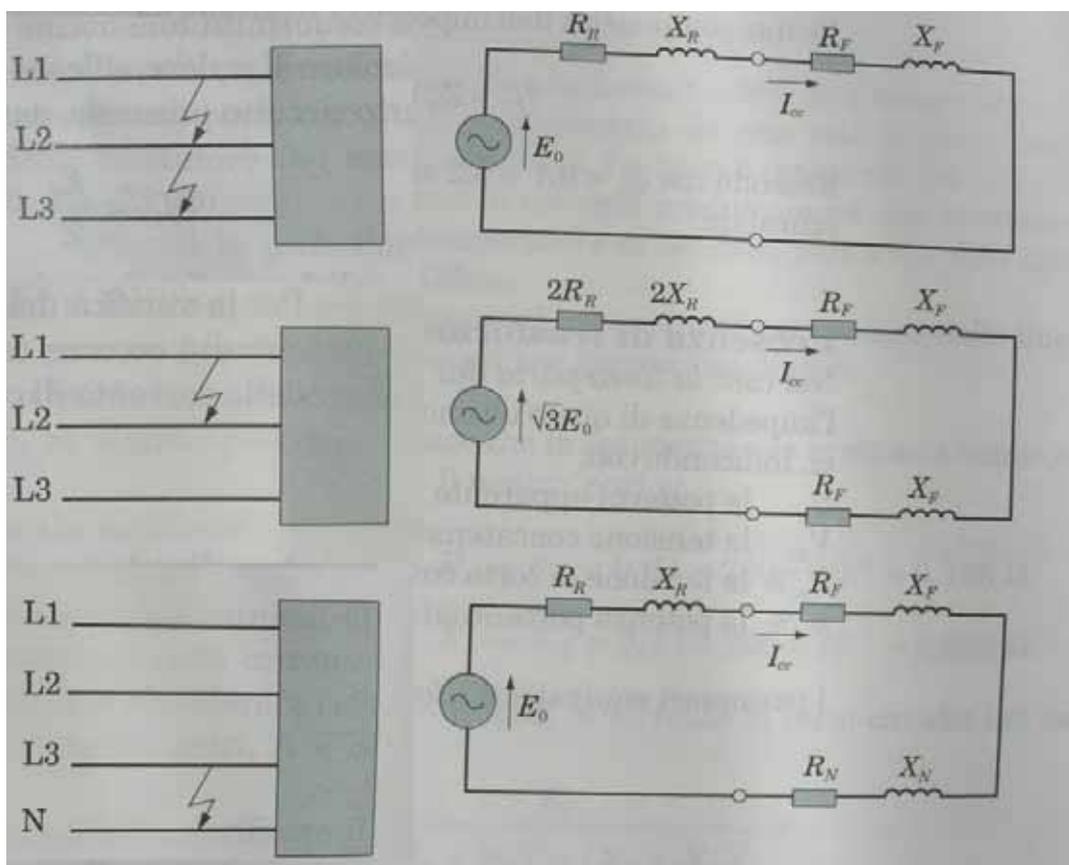
corto circuito fase-neutro:

$$I_{cc} = E_0 / \sqrt{(R_R + R_F + R_N)^2 + (X_R + X_F + X_N)^2}$$

Dove

- $E_0$  è la tensione di fase
- $R_R$  e  $X_R$  sono la resistenza e la reattanza della rete a monte, considerata come un generatore di tensione equivalente di forza elettromotrice  $E_0$
- $R_F$  e  $X_F$  sono la resistenza e la reattanza del conduttore di fase fino al punto di corto circuito.
- $R_N$  e  $X_N$  sono la resistenza e la reattanza del conduttore di neutro fino al punto di corto circuito.

Tali formule fanno riferimento ai circuiti equivalenti riportati nella figura sottostante:



 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

Il calcolo effettivo delle correnti di guasto e la verifica delle protezioni attraverso le loro curve caratteristiche viene rimandata, come suggerito dalla CEI 0-2, in fase di progettazione esecutiva poiché attualmente non si dispone del valore dell'impedenza di rete nel punto di consegna. Si consideri però che tali verifiche sono del tutto formali poiché le attuali protezioni in commercio sono in grado di individuare e interrompere le comuni correnti di corto circuito che usualmente assumono valori compresi tra i 10 e i 90 KA.

### CARATTERISTICHE TECNICHE INTERRUTTORE AUTOMATICO INTEGRATO NELL'INVERTER

ABB		S7		
Corrente ininterrotta nominale, Iu	[A]	1250 / 1600		
Corrente nominale di impiego, In	[A]	1000, 1250 / 1600		
Poli	Nr.	3		
Tensione nominale d'impiego, Ue (AC) 50-60Hz	[V]	690		
Tensione nominale di tenuta ad impulso, Uimp	[kV]	8		
Tensione nominale d'isolamento, Ui	[V]	800		
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3000		
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, Icu		<b>S</b>	<b>H</b>	<b>L</b>
(AC) 50-60 Hz 220/230 V	[kA]	85	100	200
(AC) 50-60 Hz 380/415 V	[kA]	50	65	100
(AC) 50-60 Hz 440 V	[kA]	40	55	80
(AC) 50-60 Hz 500 V	[kA]	35	45	70
(AC) 50-60 Hz 690 V	[kA]	20	25	35
Potere di interruzione nominale di servizio in cto cto, Ics (2)	[%Icu]	100%	75%	50%
Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V)	[kA]	105	143	220
Durata di apertura (415 V a Icu)	[ms]	22	22	22
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		B		
Attitudine al sezionamento		■		
IEC 60947-2, EN 60947-2		■		
Sganciatori solo magnetico fisso 13 x In		-		
solo magnetico regolabile 4...12 x In		-		
a microprocessore PR211/P (I)		■		
Intercambiabilità		■		
Esecuzioni		F - W		
Terminali fisso		F - EF - ES - FC CuAl (1250A) - HR - VR		
rimovibile		-		
estraibile		EF - VR - HR		
Fissaggio su profilato DIN		-		
Vita meccanica	[Nr. manovre / operazioni orarie]	10000/120		
Dimensioni base fisso, 3 poli	L [mm]	210		
	P [mm]	138,5		
	H [mm]	406		
Pesi fisso, 3 poli	[kg]	17		
	rimovibile, 3 poli	-		
	estraibile, 3 poli	21,8		

#### NOTA

La protezione differenziale si applica installando l'accessorio "sganciatore differenziale" all'interruttore in questione.

**PROTEUS**

PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA

Via Calderon De La Barca, 82 ROMA

**IMPIANTO  
FOTOVOLTAICO  
SAN BENEDETTO  
DEI MARSII 3074  
DEL 01/10/2009**Account Code : **FRT/006/09**Doc. : **Relazione tecnica**Rev. : **01****CARATTERISTICHE TECNICHE INTERRUTTORE AUTOMATICO QUADRO PARALLELO C.C.**

		<b>S3</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S6</b>
Corrente ininterrotta nominale, Iu	[A]	160-250	400	630	800
Poli	Nr.	4	4	4	4
Tensione nominale d'impiego, Ue	[V -]	1000	1000	1000	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, Uimp	[kV]	8	8	8	8
Tensione nominale d'isolamento, Ui	[V]	1000	1000	1000	1000
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.		3000	3000	3000	3000
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, Icu (4 poli in serie)	[kA]	L	L	L	L
Potere di chiusura nominale in corto circuito	[kA]	40	40	40	50
Durata di apertura	[ms]	40	40	40	50
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1 s, Icw	[kA]	25	35	45	50
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		–	5	7,6	10
Attitudine al sezionamento		A	B	B	B
IEC 60947-2, EN 60947-2		■	■	■	■
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M fisso 10 lth		■	–	–	–
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M regolabile		–	■	■	■
Esecuzioni		F	F	F	F
Terminali		F	F	F	F
Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50023	DIN EN 50023	–	–
Vita meccanica [Nr. manovre / operaz. orarie]		25000/120	20000/120	20000/120	20000/120
Dimensioni base, fisso	L [mm]	140	184	280	280
	P [mm]	103,5	103,5	103,5	103,5
	H [mm]	170	254	268	268
Pesi, fisso	[kg]	3,5	7	12	12

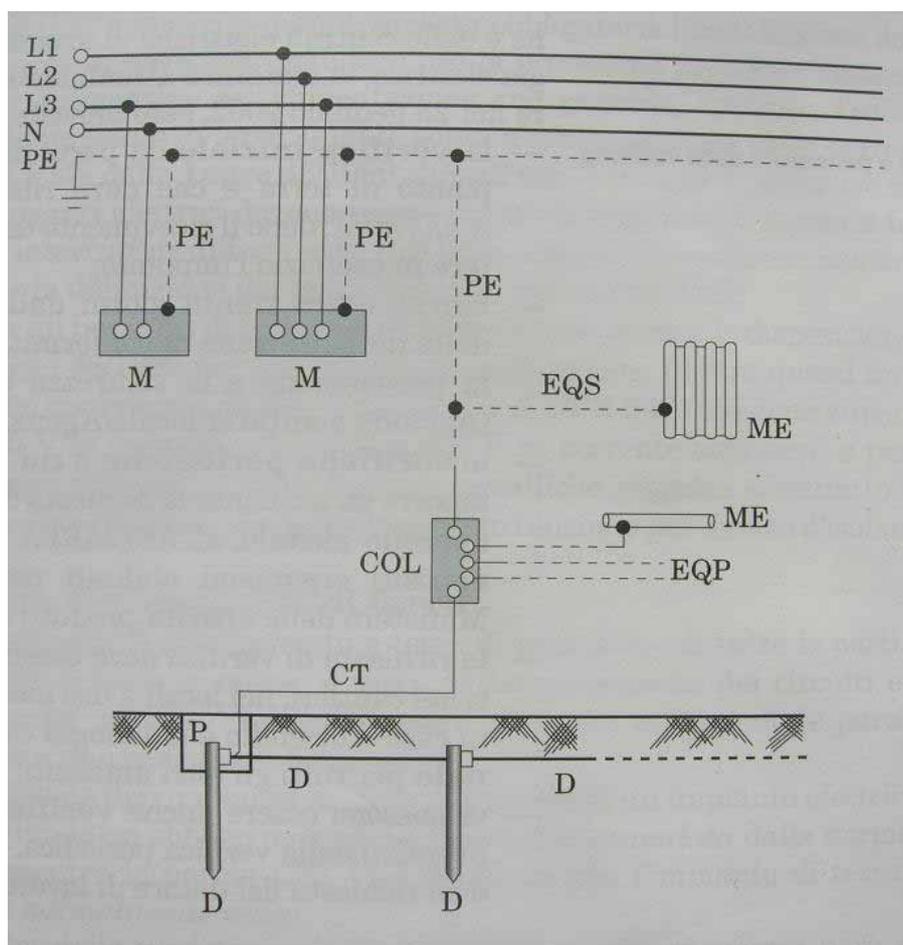
## **16. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI**

Per quanto riguarda la protezione dei contatti diretti, si isoleranno a regola d'arte tutte le parti attive, al fine di impedire che le persone possano venire accidentalmente in contatto con il circuito elettrico. I moduli fotovoltaici, pur essendo componenti in Classe II si considerano sotto tensione anche quando il sistema risulta distaccato dal lato in corrente alternata.

Per quanto riguarda i contatti indiretti, tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico, non in tensione, ma che vi si potrebbero trovare in caso di scariche sulle carcasse o per difetto di isolamento, saranno poste a terra mediante un impianto di terra coordinato con dispositivi di protezione differenziali.

### **Impianto di terra**

L'impianto di terra sarà in configurazione TN con il neutro, corrispondente al centro stella del trasformatore lato bt, posto a terra in ognuna delle sei cabine di sottocampo. Il conduttore di protezione verrà poi distribuito su tutta l'estensione dell'impianto e collegato al punto di terra di ognuna delle cabine così da ottenere un potenziale di terra omogeneo. L'impianto di terra sarà realizzato secondo lo schema di principio mostrato nella figura seguente:



Per determinare la sezione del conduttore di protezione Sp sui vari tratti di circuito si seguono le seguenti prescrizioni della CEI 64/8:

- Per  $S \leq 16$  deve essere  $Sp = S$
- Per  $16 \leq S \leq 35$  deve essere  $Sp = 16$
- Per  $S \geq 35$  deve essere  $Sp = S/2$  con valori approssimati per eccesso

Nei casi in cui il conduttore di protezione non fa parte della stessa terna dei conduttori di fase la sua sezione non sarà inferiore a  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Per il dispersore di terra attorno alle cabine di sottocampo si utilizzerà una corda di rame nudo di spessore  $25 \text{ mm}^2$  e quattro picchetti massicci in rame con diametro da 15 mm.

### Dispositivi differenziali

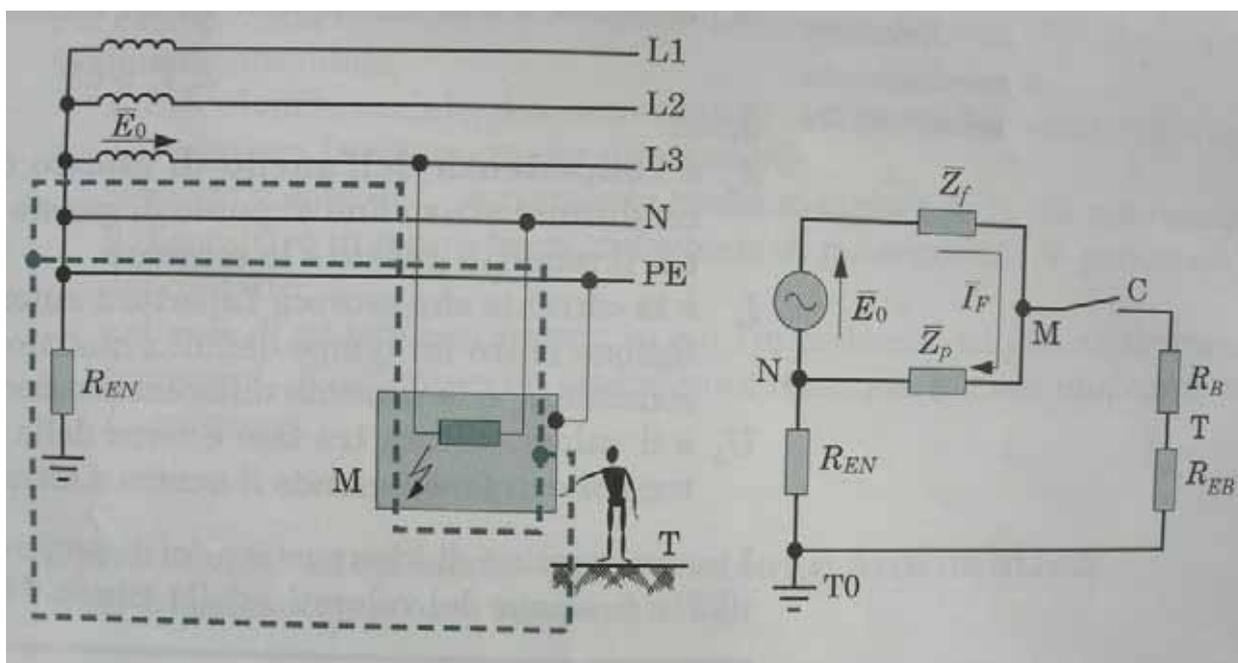
Il coordinamento delle protezioni differenziali con l'impianto di terra sarà realizzato in base alla norma CEI 64-8 che prescrive il soddisfacimento della seguente relazione:

$$I_a \leq U_0 / Z_s$$

Dove

- $I_a$  è la corrente che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito (corrente differenziale nominale del dispositivo).
- $U_0$  è il valore efficace tra fase e terra della tensione nominale, pari alla tensione di fase essendo il neutro a terra.
- $Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto comprendente la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente.

La situazione è quella mostrata in figura:



 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

Per il calcolo di  $Z_s$  si fa riferimento alla seguente formula

$$Z_s = \sqrt{(R_s + R_f + R_{PE})^2 + (X_s + X_f + X_{PE})^2}$$

Dove

- $R_s$  e  $X_s$  sono la resistenza e la reattanza della sorgente, considerata come un generatore di tensione equivalente di forza elettromotrice  $U_0$
- $R_f$  e  $X_f$  sono la resistenza e la reattanza del conduttore di fase fino al punto di guasto.
- $R_{PE}$  e  $X_{PE}$  sono la resistenza e la reattanza del conduttore di protezione fino al punto di guasto.

Operativamente occorre scegliere i dispositivi differenziali in maniera tale che la loro corrente di apertura sia sempre minore o uguale alla corrente di dispersione in grado di circolare lungo l'anello di guasto. Per il calcolo effettivo delle correnti di dispersione si rimanda alla fase di progetto esecutivo in cui si avranno informazioni più precise riguardo l'impedenza delle sorgenti in esame.

#### **CRITERI PER LE PROTEZIONI DAI CONTATTI INDIRETTI**

Tratta		Cavo di alimentazione			Protezione contatti indiretti	
Descrizione	Alim. da	tipo	formazione (mm <sup>2</sup> )	protezione	Tipologia	Modello
<b>C.C. bassa tensione</b>						
Stringa generica	Cassetta Stringa	cavo solare	2x1x4	1x4	/	/
Cassetta Stringa	QPCC	FG7R	2x1x120	1x70	/	/
QPCC	Inverter	FG7R	2x(2x1x240)	1x240	/	/
<b>C.A. bassa tensione</b>						
Inverter	TRF bt/MT	FG7R	4x(3x1x240)	2x240	differenziale	accessorio ABB
<b>C.A. media tensione</b>						
TRF bt/MT	QPMT	RG7H10R	3x50	1x25	/	/
QPMT	Consegna	RG7H10R	3x95	1x25	magneto termico differenziale	NA60 (67 - 67N)
QPMT	TRF MT/bt	RG7H10R	3x50	1x25	/	/

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

## 17. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

### **Dispositivo generale (DG)**

Il dispositivo generale sarà conforme alle prescrizioni della ultima normativa CEI 0-16. Esso avrà la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica. In particolare sarà un interruttore tripolare in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura e verrà posizionato a valle del gruppo di misura dell'energia. **Il modello scelto è il VM1 high duty prodotto da ABB (tensione nominale fino a 24 KV).**

### **Sistema di protezione associato al Dispositivo Generale (SPG)**

L'SPG contribuisce alla sicura individuazione degli elementi guasti del sistema elettrico ed alla loro conseguente esclusione, per accelerare la diagnosi del disservizio e la ripresa del servizio. Esso è composto da:

- trasduttori di corrente di fase e di terra (ed eventualmente trasduttori di tensione) con le relative connessioni al relé di protezione;
- relé di protezione con relativa alimentazione;
- circuiti di apertura dell'interruttore.

I trasduttori forniscono grandezze ridotte al relé che comprende:

- protezione di massima corrente di fase almeno bipolare a tre soglie, una a tempo dipendente, le altre due a tempo indipendente definito. Poiché la prima soglia viene impiegata contro il sovraccarico, la seconda viene impiegata per conseguire un intervento ritardato e la terza per conseguire un intervento rapido, nel seguito, per semplicità, ci si riferirà a tali soglie con i simboli:

- $I >$  (sovraccarico), valore e tempo di estinzione da concordare con il Distributore
- $I >>$  (soglia 51, con ritardo intenzionale), val. 250 A; tempo di estinzione della sovracorrente: 500 ms
- $I >>>$  (soglia 50, istantanea); val. 600 A; tempo di estinzione della sovracorrente: 120 ms

- protezione di massima corrente omopolare a due soglie, oppure protezione direzionale di terra a due soglie e massima corrente omopolare a una soglia (da valutare col distributore)

Per le regolazioni delle protezioni sopra descritte si rimanda alla CEI 0-16. **Il modello scelto è il NA60 PRO-N prodotto da Thytronic.** Esso incorpora i relé responsabili per le seguenti protezioni:

- MIN-MAX TENSIONE (27-59)
- MANCANZA TENSIONE (27T)
- PRESENZA TENSIONE (59T)
- MAX TENSIONE OMOPOLARE (59N)
- MIN-MAX CORRENTE (50-51)
- MASSIMA CORRENTE DIREZIONALE (67)
- MASSIMA CORRENTE DIREZIONALE DI TERRA (67N)
- MIN-MAX CORRENTE OMOPOLARE (50N-51N)

### **Dispositivo di interfaccia (DDI)**

Il funzionamento di un impianto di produzione in parallelo alla rete di distribuzione è subordinato a precise condizioni tra le quali in particolare:

- il regime di parallelo non deve causare perturbazioni al servizio sulla rete di distribuzione, al fine di preservare il livello di qualità del servizio per gli altri Utenti connessi;
- il regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente in assenza di alimentazione della rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano compresi entro i valori comunicati dal Distributore;

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSÌ 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

– in caso di mancanza tensione o di valori di tensione e frequenza sulla rete di distribuzione non compresi entro i valori stabiliti dal Distributore, il dispositivo di parallelo dell'impianto di produzione non deve consentire il parallelo con la rete stessa.

Allo scopo di garantire la separazione dell'impianto di produzione dalla rete di distribuzione in caso di perdita di rete deve essere installato un ulteriore dispositivo detto Dispositivo di Interfaccia (DDI). Esso sarà un interruttore tripolare in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura a mancanza di tensione. **Il modello scelto è il VM1 high duty prodotto da ABB (tensione nominale fino a 24 KV).**

#### **Sistema di protezione di interfaccia (SPI)**

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), agendo sul DDI, separa l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione sulla rete, l'Utente possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto sulla linea MT cui è connesso l'Utente attivo, l'Utente stesso possa continuare ad alimentare il guasto;
- in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori della rete di distribuzione, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete con possibilità di danneggiamento meccanico del generatore stesso.

Il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) associato al DDI prevede relè di frequenza, di tensione, ed eventualmente di tensione omopolare i quali implementano le seguenti protezioni:

1. massima tensione (senza ritardo intenzionale);
2. minima tensione (ritardo tipico: 300 ms);
3. massima frequenza (senza ritardo intenzionale);
4. minima frequenza (senza ritardo intenzionale);
5. massima tensione omopolare V0 lato MT (ritardata);
6. protezione contro la perdita di rete (da concordare tra il Distributore e l'Utente in funzione delle caratteristiche della rete di distribuzione, allo studio).

Le protezioni di massima/minima frequenza e di massima/minima tensione devono avere in ingresso grandezze proporzionali ad almeno due tensioni concatenate MT che quindi possono essere prelevate:

- dal secondario di TV collegati fra due fasi MT;
- direttamente da tensioni concatenate BT.

L'intervento di un qualsiasi relè determinerà l'apertura del dispositivo di interfaccia. Le regolazioni delle protezioni avverrà sotto la responsabilità dell'Utente sulla base del piano di regolazione predisposto dal Distributore.

Per la sicurezza dell'esercizio della rete si provvederà un ricalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia. Il ricalzo consiste nel riportare il comando di scatto, emesso dalla protezione di interfaccia, ad un altro dispositivo di interruzione. Esso è costituito da un circuito, condizionato dalla posizione di chiuso del dispositivo di interfaccia, che agirà sul dispositivo generale, con ritardo non eccedente 1 s. Il temporizzatore viene attivato dal circuito di scatto della protezione di interfaccia.

La soluzione prescelta dovrà essere comunque approvata dal Distributore. **Il modello scelto è il NV10P PRO-N prodotto da Thytronic.** Esso incorpora i relè responsabili per le seguenti protezioni:

- MIN-MAX TENSIONE (27-59)
- MANCANZA TENSIONE (27T)
- PRESENZA TENSIONE (59T)
- MIN-MAX FREQUENZA (81)
- DERIVATA DI FREQUENZA (81R)
- MAX TENSIONE OMOPOLARE (59N)
- SALTO DI FASE (DPHI)

**Nota:**

 PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA Via Calderon De La Barca, 82 ROMA	<b>IMPIANTO          FOTOVOLTAICO          SAN BENEDETTO          DEI MARSII 3074          DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>
		Doc. : <b>Relazione tecnica</b>
		Rev. : <b>01</b>

Qualora le condizioni della rete lo richiedano, ad esempio per potenze complessive superiori a 1 MVA, il Distributore può richiedere l'installazione a cura dell'Utente di un sistema di telescatto che garantisca l'apertura del suddetto dispositivo in presenza di mancati interventi delle protezioni. Il telescatto deve essere realizzato e mantenuto in esercizio dal Distributore. In tale caso, non sarà necessaria l'installazione della protezione contro la perdita di rete.

Qualora, invece, l'Utente sia connesso a linea MT in antenna (potenze complessive di generazione superiori a 3 MVA, indicativamente), in alternativa al telescatto può essere realizzata una logica nella CP da cui parte la linea MT in antenna, tale da fare aprire l'interruttore in testa alla linea al verificarsi di determinate condizioni (ad es. mancanza rete AT, scatto trasformatore AT/MT, ecc.), anche in assenza di intervento delle protezioni del Distributore che agiscono sull'interruttore di linea. La logica di Cabina Primaria deve essere realizzata e mantenuta in esercizio dal Distributore. Anche in tale caso, non sarà necessaria l'installazione della eventuale protezione contro la perdita di rete.

#### **Dispositivo di generatore (DDG)**

Ogni generatore sarà dotato di un suo dispositivo di generatore in modo da essere sezionato in modo indipendente dal resto dell'impianto fotovoltaico. **Il modello scelto è il VM1 high duty prodotto da ABB (tensione nominale fino a 24 KV).**

Per maggiori informazioni sulle protezioni di interfaccia e generale si rimanda al fascicolo tecnico in allegato.

#### **Caratteristiche tecniche interruttori MT**

##### **Technical data**

Rated voltage	kV	12	17.5	24
Rated power frequency withstand voltage	kV	28	38	50
Rated lightning impulse withstand voltage	kV	75	95	125
Rated current	A	...3150 <sup>1)</sup>	...3150	...2500
Rated short-time current, 3s	kA	...50	...40	...25
Rated short-circuit breaking current	kA	...50	...40	...25
Rated short-circuit making current	kA	...125	...100	...63
Mechanical operating cycles				
Operating mechanism		...100 000	...100 000	...100 000
Vacuum Interrupter		...30 000	...30 000	...30 000
Operating cycles at rated current		...30 000	...30 000	...30 000
Operating cycles at short-circuit current		...100	...100	...100
Power consumption				
At rest	W	≤ 10	≤ 10	≤ 10
After an autoreclosing cycle	W	≤ 100	≤ 100	≤ 100
Operating time				
ON, approx. <sup>2)</sup>	ms	45...60	45...60	45...60
OFF, approx. <sup>2)</sup>	ms	35...50	35...50	35...50
Pole centres <sup>2)</sup>	mm	150/210/275	150/210/275	210/275
Distance between upper and lower contact terminal <sup>2)</sup>	mm	205/310	205/310	310
Height <sup>2)</sup>	mm	475/598/620	475/598/620	631/643
Depth	mm	424	424	424
Width <sup>2)</sup>	mm	450/570/600/750	450/570/600/750	570/750
Weight <sup>2)</sup>	kg	90-148	90-148	100-145

<sup>1)</sup> Breakers for 4000 A with fan cooling

<sup>2)</sup> According to rated values

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSÌ 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

### **SELETTIVITA' DELLE PROTEZIONI**

L'impianto verrà coordinato in maniera che, in caso di corto circuito o di dispersione verso terra, intervega la protezione subito a monte del guasto. Così facendo, in caso di guasto, viene scollegata solo la parte di impianto dove il problema si presenta, lasciando il resto del sistema in modalità normale. In particolare, per guasti di tipo differenziale la porzione minima di impianto che viene scollegata è la metà di un sottocampo mentre per guasti riconducibili a corto circuito è possibile isolare anche la singola stringa.

In caso di corto circuito le protezioni interverranno in quest'ordine:

- fusibile di stringa
- interruttore ABB S6 sul parallelo in corrente continua
- interruttore ABB s7 integrato nell'inverter
- protezione di generatore
- protezione di interfaccia
- protezione generale
- protezione di linea

In caso di dispersione verso terra le protezioni interverranno in quest'ordine:

- interruttore ABB s7 integrato nell'inverter
- protezione generale
- protezione di linea

per i tempi e i valori delle correnti di intervento si rimanda alla redazione del progetto esecutivo.

## **18. PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE**

Il campo fotovoltaico in oggetto non altera la morfologia del terreno nel quale è installato, e non rappresenta il punto più alto delle masse metalliche presenti. Detto questo si può ritenere che l'impianto possa ritenersi autoprotetto. Realizzeremo pertanto solo un collegamento equipotenziale generale di tutte le strutture metalliche presenti ed utilizzeremo dei limitatori di sovratensione in classe III a protezione delle apparecchiature sensibili. Sia gli Smart String Box sia gli inverter hanno tali limitatori di sovratensione già integrati. Per maggiori informazioni fare riferimento ai fascicoli tecnici dei detti dispositivi.

## **19. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA**

L'apporto di un impianto fotovoltaico in esercizio ai valori di campo elettrico e induzione magnetica normalmente presenti nell'ambiente si considera marginale.

Gli apparati che costituiscono l'impianto fotovoltaico sono rispondenti ai requisiti normativi in materia di compatibilità elettromagnetica in accordo agli articoli 7, 9, 10 e 11 del DLgs n°194/2007. I certificati dei Costruttori in materia di compatibilità elettromagnetica verranno allegati per tutti i componenti in fase di progettazione esecutiva.

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue per cui la generazione di campi variabili può essere limitata solamente a dei brevi transitori. Per tale componente non sono quindi previste prove di compatibilità elettromagnetica.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b>	Account Code : <b>FRT/006/09</b>  Doc. : <b>Relazione tecnica</b>  Rev. : <b>01</b>
---	---	---

Il modello di inverter scelto possiede le necessarie certificazioni di immunità dai disturbi elettromagnetici esterni e di ridotta emissione di interferenze elettromagnetiche verso altri dispositivi elettronici vicini. In particolare l'inverter scelto possiede la certificazione di rispondenza alle seguenti normative di compatibilità elettromagnetica:

- CEI EN 50273 (CEI 95-9)
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65)
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10)
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31)
- CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28)
- CEI EN 55022 (CEI 110-5)
- CEI EN 55011 (CEI 110-6)

La presenza dei cavi di media tensione schermati e interrati non rappresenta una fonte di emissione apprezzabile, in più, la mutua induzione provocata dalla vicinanza dei conduttori delle linee in cavo riduce il campo magnetico a valori prossimi allo zero.

Infine, l'ubicazione dei trasformatori BT/MT fa sì che anche il loro contributo ai fini dell'inquinamento elettromagnetico possa venire ignorato.

## **20. CARATTERISTICHE DEL DISPOSITIVO DI MISURA DELL'ENERGIA**

I dispositivi di misura dell'energia saranno richiesti ad ENEL Distribuzione S.p.a. in fase di allacciamento dell'impianto e saranno pertanto conformi alle specifiche indicate nella CEI 0-16 secondo la vigente edizione. In particolare si installerà un contatore bidirezionale per la misura dell'energia prodotta in uscita ad ogni inverter e un contatore bidirezionale per la misura dell'energia scambiata con la rete subito prima del dispositivo generale.

## **21. VERIFICA TECNICO FUNZIONALE**

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato con componenti che assicurano l'osservanza delle condizioni di cui all'articolo 4, comma 4, del DM 28 luglio 2005:

### **a) $P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{stc}$**

dove:

- **P<sub>cc</sub>** è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del  $\pm 2\%$ ;
- **P<sub>nom</sub>** è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- **I** è l'irraggiamento [W/m<sup>2</sup>] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del  $\pm 3\%$ ;
- **I<sub>stc</sub>**, pari a 1000 W/m<sup>2</sup>, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

### **b) $P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$**

dove:

- **P<sub>ca</sub>** è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2%.

le prove di cui ai punti a) e b) saranno effettuate in condizioni  $I > 600$  W/m<sup>2</sup>.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

## 22. CABINE ELETTRICHE

### ***Apparecchiature alloggiare***

Le cabine in oggetto contengono la strumentazione elettrica necessaria alla trasformazione e alla immissione in rete dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico. In particolare la cabina di trasformazione contiene i quadri di parallelo in corrente continua, gli inverter e il trasformatore elevatore BT/MT. Per le dimensioni dei fabbricati e l'esatto posizionamento delle apparecchiature fare riferimento agli allegati grafici. Nella disposizione degli apparati si è avuto cura di non ammassarli gli uni contro gli altri e lasciare sul retro di ognuno di essi sufficiente spazio per le lavorazioni e l'attestazione dei cavi di potenza. La cabina di consegna presenta le stesse caratteristiche costruttive di quella di trasformazione ma dimensioni maggiori. Tale fabbricato è suddiviso mediante compartimentazione a parete in 3 zone: un locale utente, un locale misure e un locale di consegna. Ovviamente non è possibile transitare da una zona all'altra poiché il locale misure e quello di consegna sono a disposizione del distributore ed hanno accesso indipendente da strada pubblica. Nel locale utente è alloggiato il quadro di parallelo in media tensione, il sistema di interfaccia (protezione più dispositivo) e il sistema generale (protezione più dispositivo) e un quadro elettrico in bassa tensione, alimentato da un trasformatore abbassatore da 100 Kva, al quale fanno capo le utenze per la gestione dell'impianto. Nel locale misure verrà installato il contatore per l'energia immessa in rete. Nel locale consegna verrà installato l'impianto di consegna (protezione e sezionamento).

### ***Tipologia costruttiva e statica:***

Le cabine sono di tipo prefabbricato monoblocco in cemento armato vibrato accoppiate a vasche di fondazione prefabbricate poggiate su uno strato di 10 cm di sabbia compattata. La compartimentazione (pareti, solaio e pavimento) è costituita da pannelli in calcestruzzo di spessore pari a 8 cm equipaggiati con un'armatura interna costituita da doppia rete elettrosaldata e da ferro nervato. Tale soluzione comporta il notevole vantaggio di limitare al minimo le opere edili classiche e di consentire la rimozione del monoblocco e una sua reinstallazione in altro luogo. Dal punto di vista statico la copertura è dimensionata in modo da sopportare sovraccarichi accidentali di 400Kg/mq. La pavimentazione invece è dimensionata in modo da sopportare un carico permanente di 500Kg/mq e carichi concentrati dell'entità delle apparecchiature alloggiare. L'impermeabilizzazione della struttura è garantita grazie all'uso di calcestruzzo additivato con componente impermeabilizzante e superfluidificante e tramite il trattamento della superficie esposta all'esterno con una mano di Primer e con la successiva applicazione a caldo di una guaina bituminosa (spessore 4mm). Le pareti esterne saranno protette dagli agenti atmosferici mediante tinteggiatura con pitture al quarzo e si eviterà che parti della struttura di sollevamento o montaggio rimangano esposte a fenomeni di ossidazione.

### ***Collegamenti elettrici***

La fondazione prefabbricata è dotata di numerosi fori a sottopavimento in modo da consentire il passaggio dei cavi BT/MT. Inoltre il pavimento sarà predisposto di appositi cavetti e di inserti filettati per il fissaggio delle apparecchiature elettromeccaniche.

### ***Illuminazione***

L'impianto di illuminazione in entrambe le cabine risulta essere composto da 2 punti luce con lampade a fluorescenza da 100 e 36 W e da due punti luce ausiliari (1x36 e 2x36 W) con autonomia di 1,5 ore.

### ***Ventilazione***

Il ricambio dell'aria nella cabina di trasformazione è garantito in maniera forzata mediante estrattori da 2800 mc/h. Sono però presenti anche delle finestre per la circolazione naturale.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

### **Impianto di terra**

Le armature metalliche interne a tutti i pannelli verranno saldate tra loro in modo da realizzare una maglia equipotenziale di terra uniformemente distribuita in tutta la cabina. Tale maglia sarà poi collegata all'impianto di terra esterno. Il collettore di terra è previsto con piatto in rame 20x3 e l'anello di messa a terra interno è costituito da una corda rigida di rame nudo 25 mmq annegata nel terreno e collegata a 4 dispersori.

### **Sicurezza**

Sono previste segnalazioni sonore e luminose di emergenza: sirena 97 db, interruttore di emergenza con lampada presenza/assenza linea, accessori antinfortunistica secondo D. Leg. 493/96.

### **Normativa**

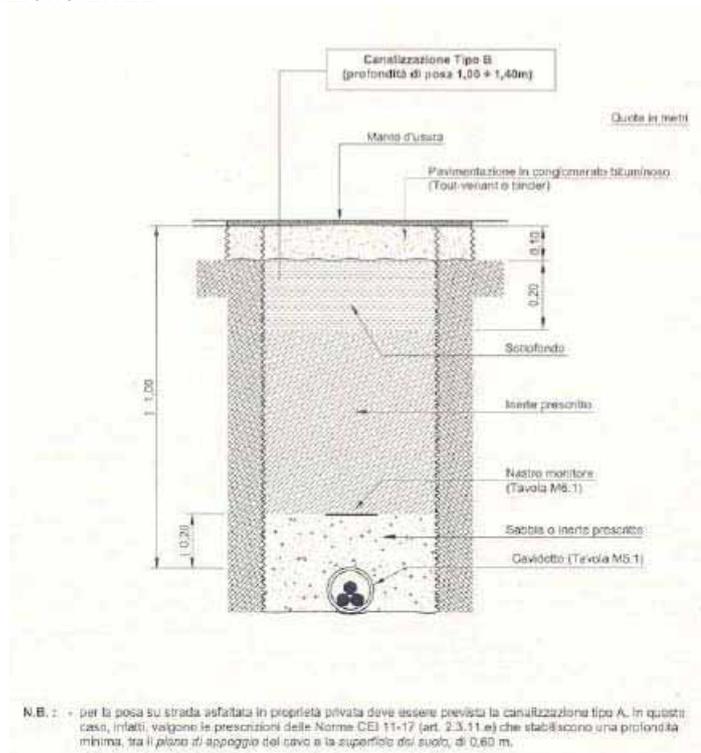
le cabine sono conformi a quanto prevede la normativa attuale in materia di costruzioni, antisismica e avranno come riferimento le specifiche tecniche Enel DG10061, 62 e 63. Inoltre il costruttore è in possesso delle certificazioni richieste dalla legge e di tutte le omologazioni necessarie rilasciate da Enel/DDI.

## **23. PROGETTO CAVIDOTTO**

Il cavidotto tra il punto di consegna e il punto di immissione dell'energia posto lungo la banchina che costeggia la linea stradale sarà coerente con le fasce di rispetto e sarà interrato con una profondità minima di 1,0 m.

I cavi di sezione 185 mm<sup>2</sup> sono protetti meccanicamente in tubo corrugato flessibile conforme alle Norme CEI EN 50086-2-2 e CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) rispondenti alla "Classificazione" della resistenza all'urto - "Normale". Essi sono successivamente annegati in un letto di sabbia al di sopra del quale è posto un riempimento costipato con nastro segnalatore.

### **Dettaglio Cavidotto da Soluzione ENEL**



 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

I conduttori che costituiscono la linea interrata sono del tipo tripolare 12/20 kV in alluminio tipo ARE4H1RX. L'isolamento è realizzato con miscela in gomma etilenpropilenica (XLPE) e rivestimento esterno in PVC. Tali cavi sono adeguati per applicazioni in media tensione. Per quanto riguarda le correnti circolanti nell'elettrodotto si verifica che la portata massima della conduttura, pari a 360 A, è ampiamente al di sopra della normale corrente di impiego che vale circa 30 A. Pertanto i conduttori risultano sovradimensionati in modo da sopportare anche sovraccarichi di corrente molto elevati.

## 23. PUNTO DI IMMISSIONE DELL'ENERGIA

Il punto di immissione in rete è previsto in media tensione, previa interposizione delle dovute apparecchiature di protezione di interfaccia. Nelle vicinanze dell'area in cui sorgerà l'impianto si individua come punto di connessione la cabina di consegna "ALFALUX" (TAV 7) come indicato nella specifica tecnica Enel allegata al presente documento.

### **Dettaglio Soluzione Enel:**

#### **4. SOLUZIONE TECNICA**

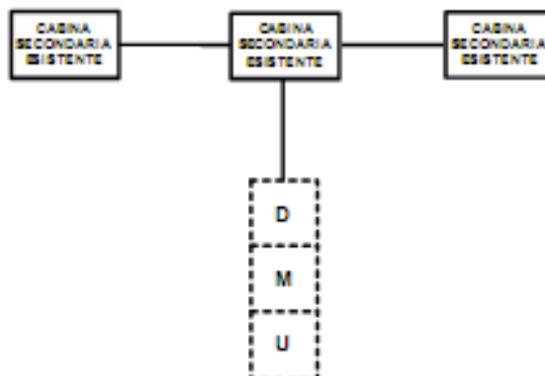
Il Suo impianto sarà allacciato alla rete di Distribuzione tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina secondaria MT/BT "TEL. (Alpalux) ".

La modalità di inserimento nella rete sarà del tipo in:

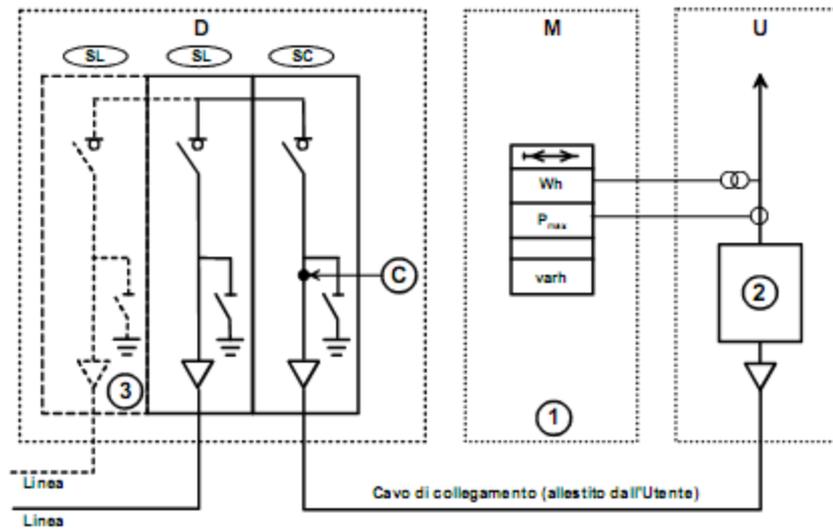
**NORMA TECNICA**  
CEI 0-16:2008-07

#### **8.1.3 Inserimento in antenna da cabina MT/BT (schema B2)**

Per inserimento in antenna da cabina MT/BT, s'intende l'inserimento di un impianto di rete per la connessione tramite un tratto di linea connesso alle sbarre MT di una cabina di distribuzione esistente. Il locale dedicato all'impianto di rete per la connessione deve poter ospitare le apparecchiature per un'eventuale adozione successiva dell'inserimento in entrata.



Lo schema dell'impianto della connessione è rappresentato dalla figura sotto riportato come stabilito dalla Norma CEI 0-16 per la connessione degli utenti attivi alle Reti di MT:



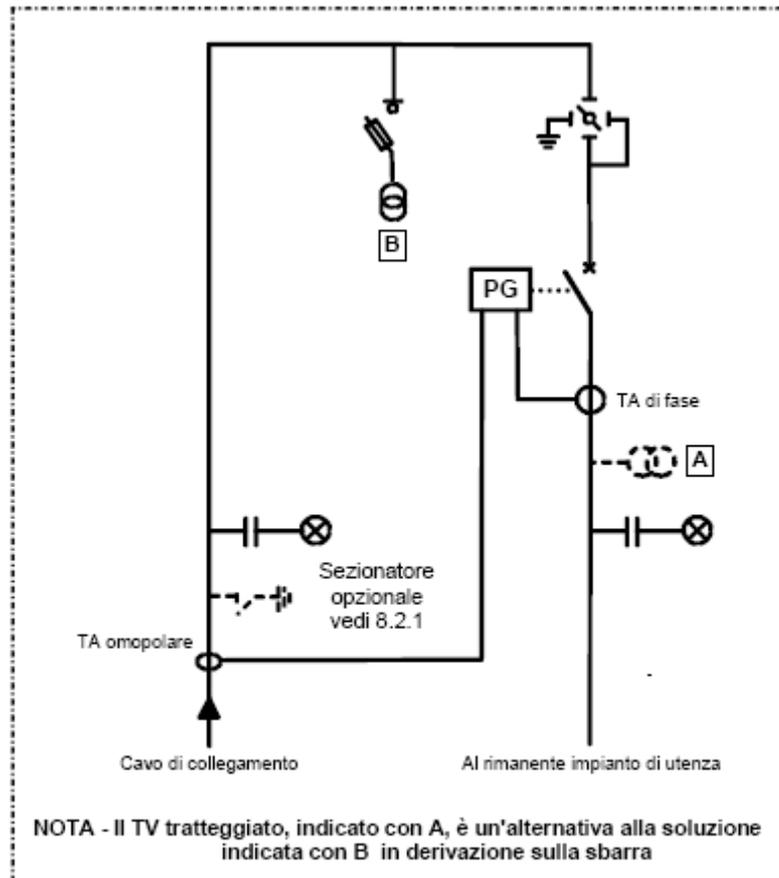
**Figura 20 – Schema di collegamento fra la cabina consegna e impianto di Utente attivo**

**Legenda:**

- D = locale di consegna
- M = locale misura
- U = locale Utente
- SL = scomparto (cella) per linea
- SC = scomparto (cella) per consegna
- C = punto di consegna
- 1 = gruppo misura
- 2 = dispositivo generale dell'Utente
- 3 = scomparto presente/da prevedere per collegamento in entra - esce

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	--	--

In particolare, la parte di impianto indicata con il numero 2 (Dispositivo Generale) sarà realizzata secondo lo schema seguente dove con la sigla PG si indica la protezione generale:



## 24. SISTEMA DI MONITORAGGIO

L'impianto sarà dotato di un sistema di controllo remoto per supervisione di impianti multipli, cioè ubicati in posizioni diverse o comunque per la gestione a distanza di impianti non presidiati.

- **Telecontrollo**

Telemisura (configurabile dall'utente)  
Configurazione/comandi da remoto

- **Data-Logger**

Invio dati via FTP  
Invio dati via e-mail (configurabile dall'utente)

- **TeleMonitoraggio allarmistica:**

Invio e-mail in caso di evento (configurabile dall'utente)  
Invio sms di in caso di evento (configurabile dall'utente)

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p align="center"><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <b>FRT/006/09</b></p> <p>Doc. : <b>Relazione tecnica</b></p> <p>Rev. : <b>01</b></p>
---	---	--

• **TeleAssistenza:**

Diagnostica da remoto

Invio e-mail in caso di assenza di comunicazione (configurabile dall'utente)

• **Supervisione Stringhe:**

Misura e antifurto tramite quadri stringa

Invio e-mail in caso di evento (configurabile dall'utente)

Il sistema di supervisione permette la gestione di eventuali periferiche aggiuntive come tabellone luminoso, monitor di visualizzazione, sensori ausiliari, sensori ambientali. Sarà predisposto anche un sistema di controllo locale in grado di consentire tramite un PC centrale il monitoraggio di tutti i dati di impianto (tensione di sistema, corrente di sistema, dati di produzione).

## 25. NORMATIVA

Le principali normative e leggi di riferimento per la progettazione dell'impianto FV sono le seguenti:

- DM 19.02.2007 Ministero dello Sviluppo Economico;
- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- conformità al marchio CE per i componenti dell'impianto;
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici;
- norme UNI/ISO per la parte meccanico/strutturale;
- DLgs 81/08 e L. 626/1994 per la sicurezza e la prevenzione infortuni sul lavoro;
- DM 37/08 "Nuove disposizioni in materia d'installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- unificazioni Società Elettriche (ENEL e/o altre) per le interfacce con la rete elettrica;
- delibere AEEG applicabili;
- norma CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- D.M. 16/1/1996 relativo al calcolo dei carichi da vento e da neve sulle strutture.

L'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, vanno comunque applicate. Le opere e installazioni saranno eseguite a regola d'arte in conformità alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI, ISO vigenti, anche se non espressamente richiamate nel seguito.

 <p>PROGETTAZIONI E SERVIZI DI INGEGNERIA</p> <p>Via Calderon De La Barca, 82 ROMA</p>	<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAN BENEDETTO DEI MARSII 3074 DEL 01/10/2009</b></p>	<p>Account Code : <i>FRT/006/09</i></p> <p>Doc. : <i>Relazione tecnica</i></p> <p>Rev. : <i>01</i></p>
---	--	--

## 26. ALLEGATI

**ALLEGATO A: DATASHEET MODULI FOTOVOLTAICI SOLARPOWER**

**ALLEGATO B: DATASHEET INVERTER SANTERNO**

**ALLEGATO C: DATASHEET STRING BOX SANTERNO**

**ALLEGATO D: SOLUZIONE ENEL SPECIFICA TECNICA**

**TAV A1\_ PLANIMETRIA GENERALE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

**TAV A2\_ INQUADRAMENTO CATASTALE E TERRITORIALE, LAYOUT  
DELL'IMPIANTO, PART. STRUTTURE PORTANTI, RECIZIONE, CABINE E  
SCHEMA ELETTRICO**

**TAV A3\_ SCHEMA ELETTRICO GENERALE BT**

**TAV A4\_ SCHEMA ELETTRICO GENERALE MT**

**TAV A5\_ FRONTE QUADRO GENERALE E QUADRO SOTTOCAMPO**

**TAV A6\_ PLANIMETRIE E PROSPETTI CABINE**

**TAV A7\_ TRACCIATO CAVIDOTTO**

**TAV A8\_ INQUADRAMENTO TERRITORIALE PTPR, CARTE DEI VINCOLI, STRALCIO  
PAI E Q.U. CATASTALE**

**TAV A9\_ RENDERING IMPIANTO**