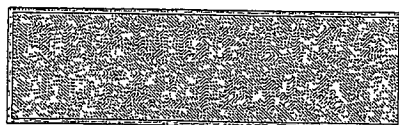


Cognome.....MORI
 Nome.....FRANCESCO
 nato il.....28/12/1970
 (atto n.....485 p.....1 s.....A)
 a.....CARRARA (MS)
 Cittadinanza.....ITALIANA
 Residenza.....CARRARA (MS)
 Via.....AULLA, 2
 Stato civile.....
 Professione.....GEOMETRA
 CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI
 Statura.....1.72
 Capelli.....Castani
 Occhi.....Azzurri
 Segni particolari.....

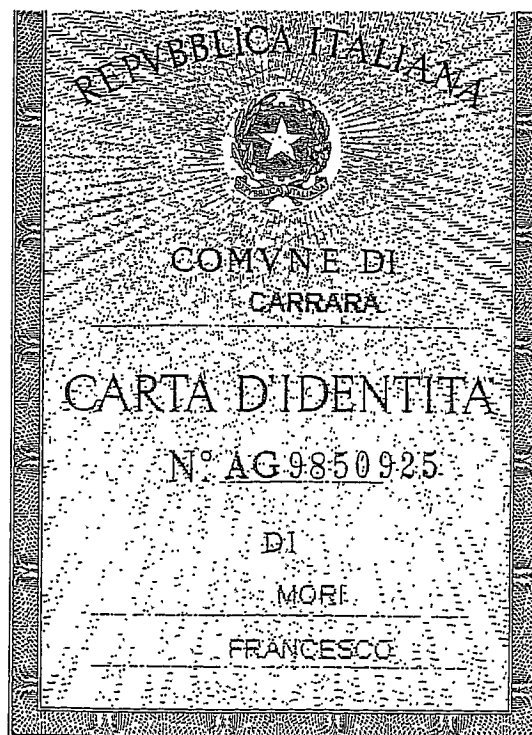

 Firma del titolare.....
 CARRARA h 05/06/2007
 Impronta del dito indice sinistro
 IL SINDACO
 IL ORDINE DEL SINDACO
 IL FUNZIONARIO
 (Dr. FEDERICA BELLICATO)
 Imposta dovuta al Comune € 5,25


Scadenza: 04/06/2007

AG 9850925



1 PZ S OFFICINA C.V. ROMA



Al Signor Sindaco del Comune di Carrara

Oggetto: Nomina direttore lavori relativa a Denuncia di Inizio Attività

Il sottoscritto NARDI FILIPPO nato a CARRARA prov. MS il 21.07.1941
C.F. NRD FPP 41L21B832H
residente nel comune di CARRARA prov. MS. c.a.p. 54036
via BERTOLONI n.c. 82
in qualità di Amministratore Delegato della società Porto di Carrara spa
con sede in CARRARA prov. MS viale G. da Verrazzano N varco portuale levante-
C.F.P.IVA 00583980453

in relazione alla denuncia di inizio attività, per installazione pannelli solari, presentata
sull'immobile sito in CARRARA località MARINA DI CARRARA viale ZACCAGNA n.c. 34,
distinto in catasto nel:

foglio n 99 particella n 175, 177

foglio n 105 particella n 289, 290, 319, 322, 327, 341, 605, 854, 855

NOMINA

Direttore dei lavori per le opere di cui sopra l'ing. Cei Marcello, nato a Firenze il 11.05.1969 e
residente a Lastra a Signa (FI) in via F.lli Rosselli n° 72 (C.F. CEI MCL69E11D612K), iscritto
all'Albo Professionale degli Ingegneri della provincia di Firenze al n° 4455, con studio
professionale in Firenze, via Lippi e Macia n° 44 rosso

In fede, li 16.03.2006

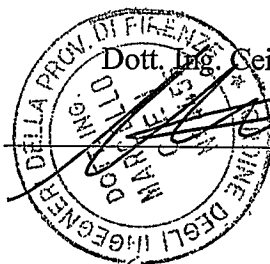
il dichiarante

Dott. Filippo Nardi

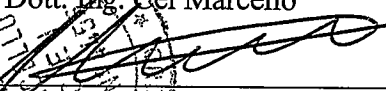


PORTO DI CARRARA S.p.A.
MARINA DI CARRARA

per accettazione dell'incarico conferitomi



Dott. Ing. Cei Marcello





DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ

Il sottoscritto NARDI FILIPPO nato a CARRARA prov. MS il 21.07.1941
C.F. NRD FPP 41L21B832H

residente nel comune di CARRARA prov. MS. c.a.p. 54036
via BERTOLONI n.c. 82

consapevole che le dichiarazioni false, la falsità negli atti e l'uso di atti falsi comportano l'applicazione delle sanzioni penali previste dall'art.76 del D.P.R.445/2000 e la decadenza dai benefici conseguenti:

dichiara

in relazione all'immobile sito in CARRARA località MARINA DI CARRARA
viale ZACCAGNA n.c. 34

dati catastali: ☐ edificio non accampionato / ☒ Catasto Terreni / ☐ Catasto Fabbricati

foglio n 99 particella n 175, 177

foglio n 105 particella n 289, 290, 319, 322, 327, 341, 605, 854, 855

di essere: ☐ legale rappresentante / ☒ amministratore / ☒
della società con denominazione o ragione sociale AREA SPA
con sede ☐ legale / ☐ amministrativa nel comune di CARRARA prov MS
C.F P.IVA 00570670455

La società AREA spa è entrata in possesso delle proprietà di cui sopra in virtù dei seguenti atti notarili:

- Atto di compravendita notaio Guido Lucentini Rep. N. 195193 del 27.07.1994
- Atto di compravendita notaio Guido Lucentini Rep. N. 195351 del 11.08.1994

In fede, lì 16.03.2006

il dichiarante
Dott. Filippo Nardi

(Firma da apporre davanti all'impiegato oppure allegare fotocopia del documento di riconoscimento in corso di validità)

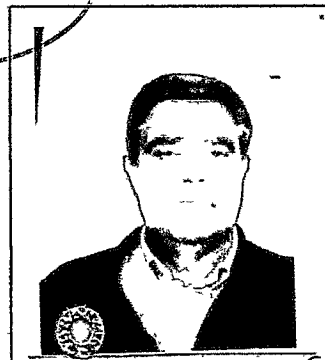
COMUNE DI CARRARA

20 MAR. 2006

Cognome **NARDI**
 Nome **FILIPPO**
 nato il **21/07/1941**
 (alto n. **217** P. **1** S. **A**)
 a **CARRARA (MS)**
 Cittadinanza **ITALIANA**
 Residenza **CARRARA (MS)**
 Via **A.BERTOLONI, 82**
 Stato civile **=====**
 Professione **DIRIGENTE -1221**

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura **1.78**
 Capelli **Brizzolati**
 Occhi **Castani**
 Segni particolari



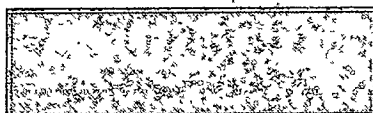
Firma del titolare *Filippo Nardi*
CARRARA li **28/04/2001**



IL SINDACO
 ...
 UNZIONARIO INCARICATO
 (Dr. Fabrizio Frasca)

Scadenza: 27/04/2006

AE 9350254



I.P.Z.S. OFFICINA C.V. ROMA

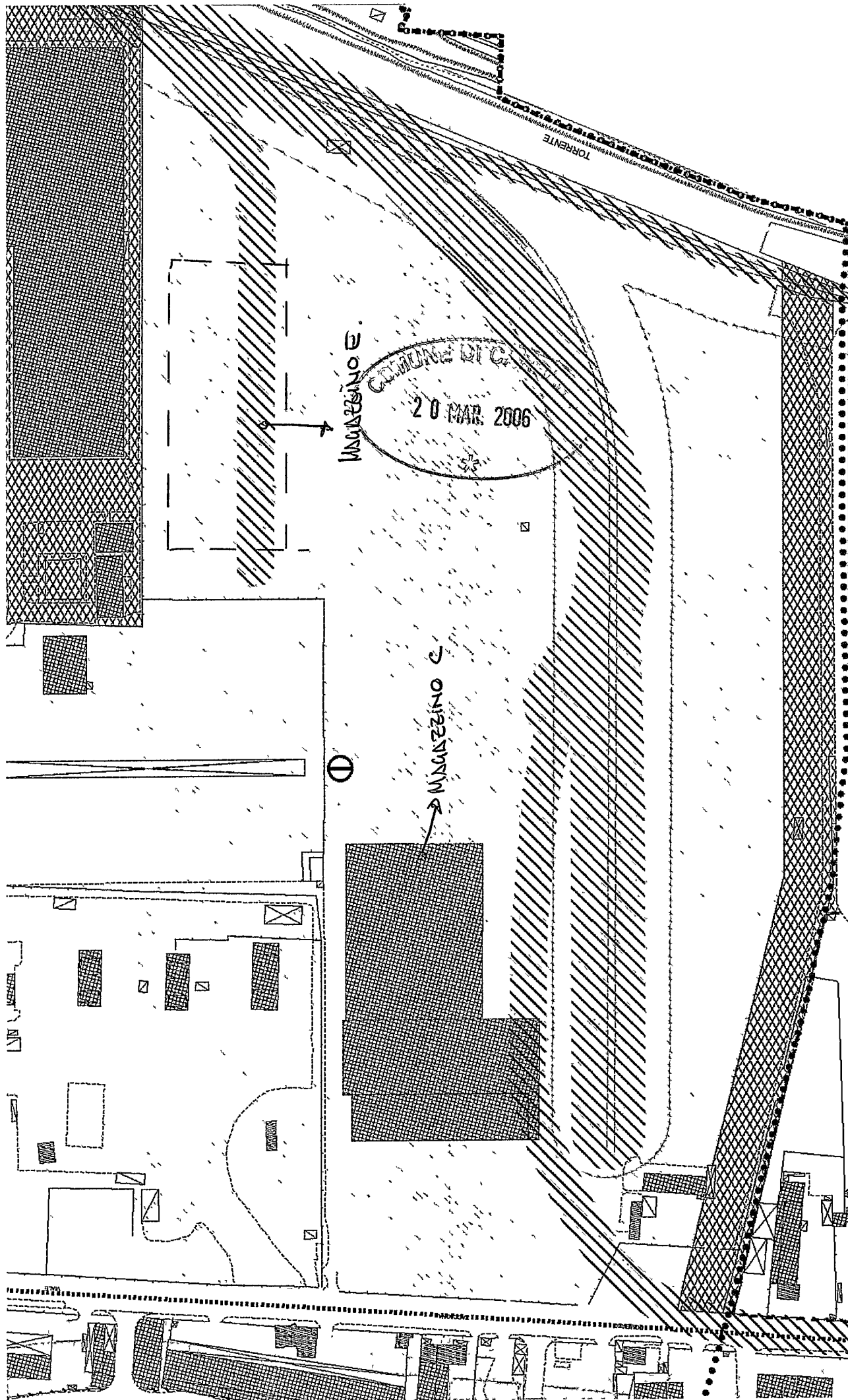
REPUBBLICA ITALIANA

COMUNE DI
CARRARA

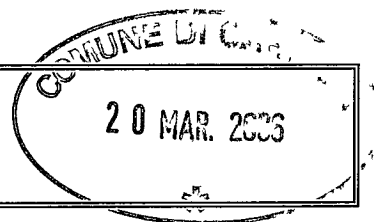
CARTA D'IDENTITA'

N° AE 9350254

DI
NARDI
FILIPPO



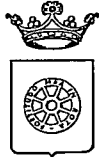
Denuncia di Inizio Attivita'



Proprietà : AREA S.P.A.

Progettista: Geom. Francesco Mori

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



COMUNE DI CARRARA
Settore Attività Economico Produttive

Spett. le **Comune di Carrara**
 Settore Urbanistica
 SEDE
c.a. Sig. **Claudio Bacicalupi**

OGGETTO: DIA per opere da realizzarsi nell'immobile posto in Marina di Carrara, Viale Zaccagna n° 34, distinto in catasto al fg. 99, mappali 175,177 e fg. 105, mappali 289,290,319,322,327,341,605,854,855.

rif. Pratica: prot. n° 12404 del 21.03.06, prot. SUAP n° 45 del 29.03.06

DITTA: PORTO DI CARRARA SPA

Attestazione di conformità mediante D.I.A. "Art. 77, 79 e 84 della L.R. 01/05 e s.m.i."

In riferimento alla pratica di cui all'oggetto, si comunica:

che in data 20.01.2006, il Sig. Nardi Filippo, in qualità di amministratore delegato della società PORTO DI CARRARA SPA, ha presentato una DIA in base alla L.R. 01/05 e s.m.i per la realizzazione di opere sull'immobile posto in Marina di Carrara, Viale Zaccagna n° 34, distinto in catasto al fg. 99, mappali 175,177 e fg. 105, mappali 289,290,319,322,327,341,605,854,855;

- che in data 04.04.2006 è stato avviato il procedimento.

Sulla base delle competenze assegnate dalla G.C., con delibera n. 269 del 10.05.2005, questo Sportello ha proceduto alle verifiche circa la "ricevibilità" della pratica ai sensi dell'art. 82, comma 3 della L. R. vigente.

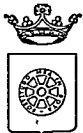
Si allega pertanto, alla presente, una copia della D.I.A. e della documentazione relativa per i controlli di competenza di codesto Settore.

Distinti saluti

Carrara, lì 06.04.2006

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Settore Attività Economico Produttive
Geom. Francesco Andreani





COMUNE DI CARRARA

Settore Attività Economico Produttive

Prot. n° 15669
07-04-06

Spett. **PORTO di CARRARA S.p.a.**
Viale G. da Verrazzano
Varco Portuale di Levante
54036 Marina di Carrara (MS)
c.a. Sig. **Filippo NARDI**
e.p.c.

Geom. **Francesco MORI**
Via Serpiana n° 38
54012 Tresana (MS)

Ing. **Marcello CEI**
Via Lippi e Macia n° 44 r
50100 Firenze (FI)

OGGETTO: DIA per opere da realizzarsi nell'immobile posto in Marina di Carrara, Viale Zaccagna n° 34, distinto in catasto al fg. 99, mappali 175,177 e fg. 105, mappali 289,290,319,322,327,341,605,854,855.

Attestazione di conformità mediante denuncia di inizio attività "Art. 77,79 e 84 della L.R. 01/05 e s.m.i.

Comunicazione di avvio di Avvio Procedimento

Con riferimento alla pratica depositata in data 20.03.2006, pervenuta a questo ufficio con **prot. gen. le del Comune di Carrara n° 12404** del 21.03.2006, **prot. SUAP n° 45** del 29.03.2006, si comunica ai sensi e per gli effetti degli art. 7, 8 della legge 7 Agosto 1990, n° 241 e s.m.i., che questo Ufficio ha dato avvio al procedimento.

Ai sensi dell'art. 82 comma 3 della L.R. 01/05 s.m.i. e delle competenze assegnate dalla G.C., con delibera n. 269 del 10/05/2005, questo Ufficio è competente alla verifica della completezza formale della domanda, ferme restando le competenze del settore assetto del territorio- urbanistica, per i compiti di vigilanza e controllo.

Il Responsabile del procedimento di cui all' art. 82 comma 3 della L.R.T. 01/05 s.m.i., è il Geom. Francesco Andreani.

L'ufficio presso il quale potrà prendere visione degli atti, è lo Sportello unico delle Imprese, Piazza 2 Giugno, 54033 Carrara. L'ufficio è aperto al pubblico il lunedì, martedì, giovedì dalle ore 8,30 alle ore 12,30, il sabato su appuntamento.

Distinti saluti.

Carrara, lì 04.04.2006

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Geom. Francesco Andreani



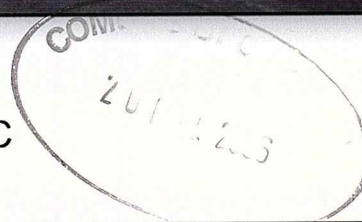
IL DIRETTORE

Settore Attività Economico Produttive

Dr. Guirardo Vitale



MAGAZZINO C



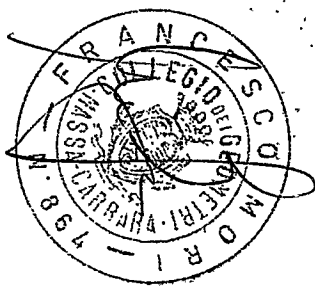
MAGAZZINO E

Torrente

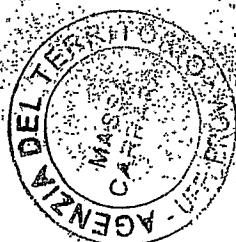
MARINO C.

strada

Cà Visdomini

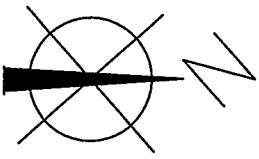
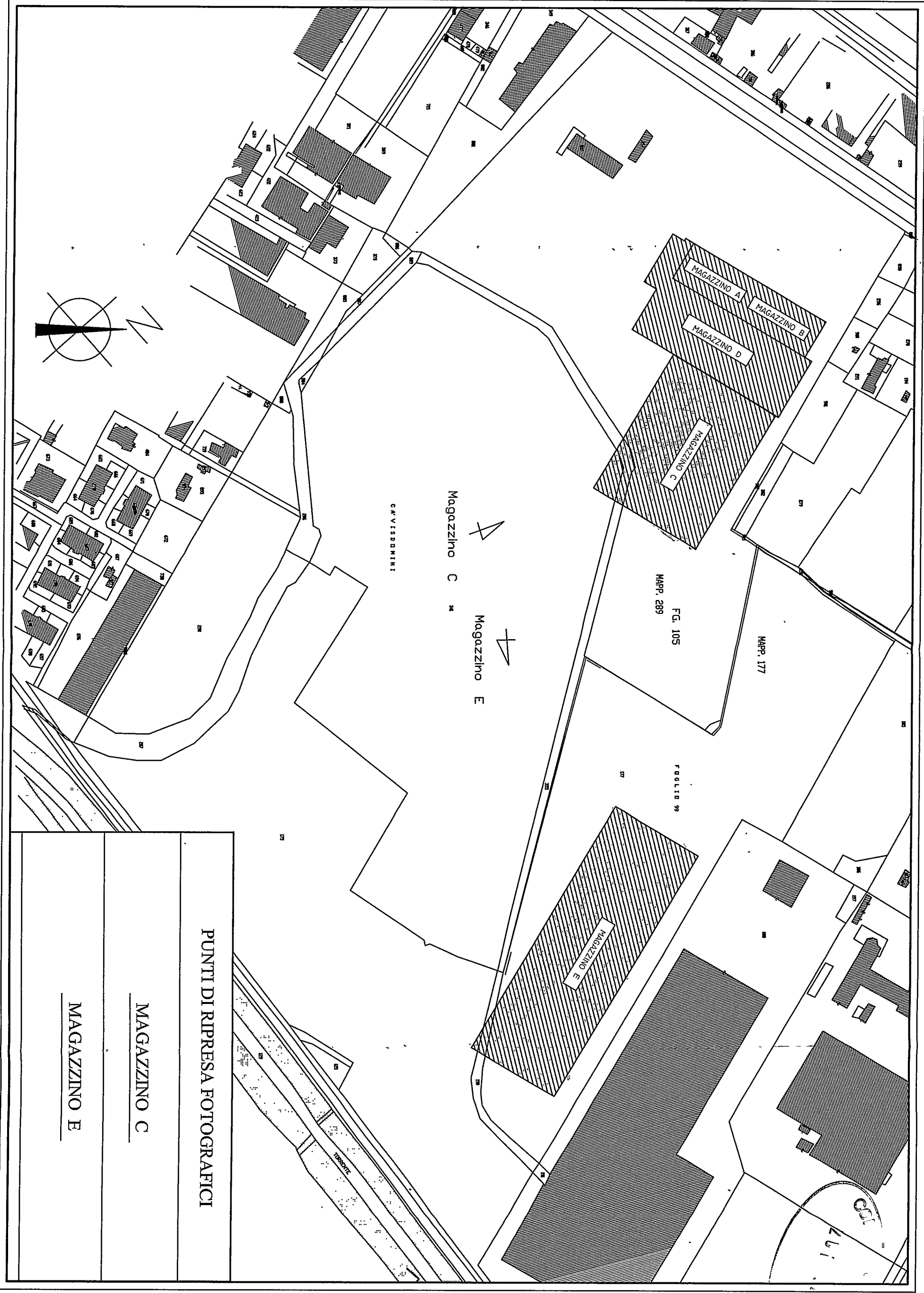


74/05



5476

Massa



PUNTI DI RIPRESA FOTOGRAFICI		
MAGAZZINO C		
MAGAZZINO E		



***Realizzazione di un impianto fotovoltaico di
potenza pari a 49,5 kW presso il magazzino C
situato in viale Zaccagna, comune di
Carrara (MS)***

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione tecnica

Firenze 30/01/2006



RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. GENERALITA'	2
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	3
3. DATI DI PROGETTO	4
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA	5
4.1 MODULI FOTOVOLTAICI	5
4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO	6
4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA	7
4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA	9
4.5 QUADRO DI GENERATORE	10
4.6 QUADRO DI INTERFACCIA	11
4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE	12
4.8 CAVI DI CABLAGGIO	13
5. IMPIANTO DI TERRA	14
6. VERIFICHE DI PROGETTO	15
6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI	15
6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI	15
6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI	16
7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA	17
8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO	19

1. GENERALITA'

La presente relazione si riferisce al progetto di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica tramite energia solare sfruttando la conversione fotovoltaica. Tale impianto è caratterizzato da una potenza di picco pari **49,5 kW_p** in tipologia grid connected (connesso alla rete) da installare sulla copertura del magazzino C situato in viale Zaccagna, nel comune di Carrara.

La scelta dell'applicazione della tecnologia fotovoltaica è stata dettata principalmente dalle seguenti motivazioni:

- produzione di energia elettrica senza nessuna emissione di sostanze inquinanti;
- risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico.

Il presente documento fornisce le descrizioni tecniche sia per quanto riguarda le strutture e i materiali per la realizzazione dell'impianto in oggetto sia le connessioni elettriche tra i vari elementi costituenti l'impianto stesso, il tutto come indicato negli elaborati grafici di progetto allegati.

Nella scelta dei materiali non univocamente specificati si precisa che:

- tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici dovranno essere adatti all'ambiente in cui andranno installati e dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio;
- tutti i materiali per l'esecuzione delle opere previste dovranno avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore;
- in particolare i materiali e gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del Marchio di Qualità saranno muniti del contrassegno **I.M.Q.**, o marchio di qualità equivalente.

Si ricorda che gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come previsto dalla Legge n.186 del 1/03/1968 e ribadito dalla Legge n.46 del 5/03/1990.

Come previsto dall'articolo 4 comma 3 del DPR 447 del 6 dicembre 1991, qualora gli impianti subiscano delle varianti durante l'esecuzione dei lavori, si dovrà provvedere a integrare il presente progetto con la necessaria documentazione in modo che gli elaborati finali risultino "come costruiti" ("As Built").

Le indicazioni contenute nella presente relazione dovranno in ogni caso essere integrate da eventuali prescrizioni aggiuntive richieste dall'ENEL per l'allacciamento alla rete di distribuzione.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- DPR 547/55 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- 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.
- D.Lgs 626/94 Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.
- D.Lgs 493/94 Attuazione della direttiva CEE concernente le prestazioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro.
- Dm 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare 4 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-3 guida per la compilazione della documentazione per Legge 46/90
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- 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 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 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- DK 5950: Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete BT di distribuzione.

3. DATI DI PROGETTO

Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

- Destinazione d'uso: magazzino.
- Normativa specifica relativa alla struttura in oggetto: nessuna
- Rete di collegamento esistente: bassa tensione 3F+N
- Sistema di distribuzione: T-T secondo le norme CEI 64-8
- Misura dell'energia prelevata dalla rete: contatore generale installato all'esterno;
- Punto di consegna: quadro generale posto a piano terra.

Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

- Tipo di installazione: su copertura a falda con inclinazione circa pari a 5°;
- Orientamento del generatore fotovoltaico: sud-ovest (azimut 30°);
- Posizionamento degli inverter: in esterno con fissaggio su strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, come indicato nell'allegato grafico.

Dati di progetto relativi alle influenze esterne

- Temperatura:
 - Min/max esterna: -10°C/+45°C
 - Min/Max all'interno degli edifici: +5°C/+35°C
- Altitudine: 0 m sul livello del mare
- Latitudine: 44°02' N
- Longitudine: 10°03' E
- Installazione dei moduli fotovoltaici in ambiente salino.

4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il Generatore fotovoltaico sarà installato sul tetto dell'edificio con orientamento sud-ovest mediante una adeguata struttura di sostegno in modo da ottenere una inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.

I moduli fotovoltaici saranno disposti su più file, come mostrato nell'elaborato grafico allegato, per un totale di 330 elementi, ciascuno con potenza nominale di 150Wp.

La potenza del generatore fotovoltaico, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard (STC: Standard Test Condition), risulta quindi pari a 49,5 kWp.

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione risulta composto dai seguenti elementi:

- Moduli fotovoltaici (FV)
- Strutture di sostegno
- Stringhe e Quadri di stringa
- Quadro di Generatore
- Gruppo di conversione corrente continua/corrente alternata
- Quadro di interfaccia
- Quadro di distribuzione
- Cavi di cablaggio

4.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Nel seguente progetto sono stati considerati moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, aventi ognuno una struttura caratterizzata da 72 celle di silicio monocristallino collegate in serie tra loro. Le caratteristiche elettriche dei moduli, misurate in condizioni standard, dovranno essere pari a quelle dei migliori moduli in silicio monocristallino di tipo commerciale. A titolo indicativo, nella stesura del presente progetto, sono stati considerati moduli al silicio monocristallino con potenza pari a 150 Wp.

Tale criterio è stato utilizzato per avere indicazioni sia per l'inserimento architettonico del generatore fotovoltaico che per il dimensionamento elettrico. Con tale riferimento il generatore fotovoltaico risulterà costituito da un totale di 330 moduli organizzati in 28 stringhe di cui 24

composte da 12 moduli ciascuna, 2 composte da 11 moduli e le restanti 2 da 10 moduli ognuna.

Caratteristiche dei moduli

Le presenti caratteristiche si riferiscono alle seguenti condizioni standard:

$A_m=1,5$; $E=1\text{Kw/mq}$, $T=25^\circ\text{C}$

▪ **caratteristiche elettriche**

- Tipo di pannello: silicio monocristallino
- Potenza massima: $150\text{ Wp} \pm 5\%$
- Tensione nominale: 24V
- Corrente di corto circuito: 4.7 A
- Tensione a vuoto: 43,2 V
- Corrente alla massima potenza: 4,35A
- Tensione alla massima potenza: 34,6V

▪ **caratteristiche dimensionali**

- Dimensioni: 1590 x 790 x 39.5 mm
- Peso: 14,4 Kg

▪ **caratteristiche costruttive**

- Contatti: ridondanti multipli;
- Cornice: alluminio anodizzato;
- Scatola di connessione: IP65 con diodi di By-pass
- Fronte modulo: vetro temperato ad alta trasmittanza
- Retro modulo: protezione con Tedlar
- Certificazione: IEC 61215 – Calsse II – Omologazione TUV

4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli fotovoltaici saranno disposti su file e ancorati sulla copertura dell'edificio in oggetto mediante strutture di sostegno a triangolo regolabile in alluminio anodizzato con bulloneria e staffe in acciaio inox, adatta per l'installazione in ambiente salino.

Per l'esatto posizionamento delle file dei moduli e la distanza tra le file si rimanda all'elaborato grafico di progetto. Si precisa che il calcolo delle distanze tra le file è stato eseguito in modo da considerare un angolo limite formato dal raggio solare col piano orizzontale pari a 15° . Ciò significa che solo nella porzione giornaliera in cui la radiazione solare ha una inclinazione minore di tale valore si verifica il parziale ombreggiamento delle file retrostanti alla prima con conseguenti perdite energetiche. Tale valore comunque risulta un ottimo compromesso tra la superficie occupata dal generatore e la sua perdita di rendimento, ovviamente con riferimento alla latitudine del sito in oggetto.

Considerando, inoltre, che per ottenere il miglior rendimento del generatore fotovoltaico, pesato su tutto l'arco dell'anno, risulta necessario ottenere una inclinazione dei moduli di circa 30° rispetto al piano orizzontale, sarà inoltre opportuno regolare le sopra citate strutture di sostegno con una inclinazione di 25° , considerando infatti che la falda di copertura in cui saranno installate presenta una inclinazione di circa 5° rispetto alla superficie orizzontale. Per una maggiore chiarezza si rimanda al particolare A dell'elaborato grafico allegato

4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA

Al fine di ottenere una potenza di picco pari a 49,5 kWp del generatore fotovoltaico sopra descritto diviene necessario collegare i moduli fotovoltaici in stringhe. In particolare si avranno stringhe formate da 12 moduli, stringhe formate da 11 moduli e stringhe formate da 10 moduli. E' conveniente precisare che le caratteristiche elettriche delle stringhe dipendono ovviamente dalla temperatura alla quale i moduli si trovano ad operare. Infatti si verifica che il massimo valore della tensione a vuoto di ciascun modulo si ottiene in corrispondenza della temperatura minima ipotizzabile di funzionamento, mentre per temperature maggiori si hanno tensioni che progressivamente decrescono.

Per il dimensionamento elettrico abbiamo quindi assunto i seguenti limiti termici di funzionamento, tenendo conto del sito in oggetto e includendo ovviamente un certo margine di sicurezza:

- Temperatura minima di esercizio (T_{min}): -10°C
- Temperatura massima di esercizio (T_{min}): $+70^\circ\text{C}$

Mediante tali valori è possibile ricavare le seguenti caratteristiche di stringa:

Caratteristiche stringa da 12 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1800 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 482V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 361V
- Minima tensione di stringa @ $T=+70^{\circ}\text{C}$ = 264V

Caratteristiche stringa da 11 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1650 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 442V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 331V
- Minima tensione di stringa @ $T_{max}=70^{\circ}\text{C}$ = 242V

Caratteristiche stringa da 10 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1500 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 402V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 301V
- Minima tensione di stringa @ $T_{max}=70^{\circ}\text{C}$ = 220V

Per ogni coppia di stringhe che andranno in ingresso ai convertitori c.c/a.c si prevede inoltre l'installazione di un quadro elettrico (Quadro di Stringa) che contenga al proprio interno due sezionatori, al fine di poter scollegare ogni stringa dal resto del generatore. Tali sezionatori possono risultare utili durante le opere di manutenzione, oppure nel caso in cui sia necessario scollegare una stringa interessata da un guasto.

Inoltre, per salvaguardare il lato in corrente continua del convertitore c.c/c.a, è opportuno inserire opportuni scaricatori di sovratensione (SPD) di classe II collegati rispettivamente tra positivo (+) e terra e tra negativo (-) e terra di ogni stringa.

Per il dimensionamento degli elementi e le connessioni elettriche si rimanda allo schema elettrico allegato (tav IQ_04).

I quadri di stringa sopra descritti saranno installati in prossimità delle stringhe stessa, fissati alle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02) Essi dovranno quindi essere tali da offrire ottima resistenza agli agenti atmosferici, quali pioggia, calore ecc.

4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA

Il sistema di conversione costituisce l'interfaccia tra il campo fotovoltaico e la rete locale dell'ENEL. Il condizionamento della potenza consiste fondamentalmente delle seguenti parti:

- Filtro lato corrente continua;
- Ponte a semiconduttori;
- Unità di controllo;
- Filtro d'uscita;

Il sistema di conversione c.c/a.c sarà composto da 14 inverter a commutazione forzata che, funzionando in parallelo con la rete dell'ENEL, forniranno l'energia generata dal campo fotovoltaico, inseguendo il punto di massima potenza.

Per impedire interferenze elettromagnetiche essi sono dotati di filtri sui lati di entrata e uscita, secondo CEI 110-6/7 e 8; sono inoltre conformi con la normativa CEI 11-20 per il parallelo.

Caratteristiche tecniche inverter:

- Potenza nominale AC: 3600 W
- Range assoluto di tensione in ingresso: 0-600 V (360 nominale)
- Range Operativo per Max Power Point Tracking (MPPT): 90-580 V (360 nominale)
- Range della tensione di uscita AC nominale: monofase 211-264 (può essere regolata per soddisfare le normative nazionali)
- Frequenza di uscita AC nominale: 50 Hz
- Fattore di potenza sulla linea: 1
- Corrente massima sulla linea AC: 16 A
- Distorsione corrente AC: <2.5% THD alla potenza di targa con tensione sinusoidale;

- Rendimento massimo: 96%
- Temperatura ambiente di esercizio: da -25°C a +60°C
- Grado di protezione ambientale: IP65
- Dimensioni: 420 x 326 x 141 mm
- Peso: 13 Kg
- Norme di riferimento: CEI 11-20, DK5950, IEC61683, IEC61727, EN50081, EN50082, EN61000

Riprendendo le caratteristiche elettriche delle stringhe elencate precedentemente, risultano pienamente soddisfatte le seguenti relazioni:

- Massima tensione di stringa < Massima tensione in ingresso inverter (600V)
- Massima tensione di stringa < Massima tensione della finestra MPPT (580V)
- Minima tensione di stringa > Minima tensione della finestra MPPT (90V)

La prima delle tre relazioni stabilisce che la tensione massima di stringa non superi mai la tensione massima ammissibile all'ingresso dell'inverter, mentre la seconda e la terza assicurano che la tensione di stringa non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall'inseguitore MPPT per la migliore gestione della potenza estratta dal generatore fotovoltaico.

Le informazioni relative al corretto funzionamento dell'inverter e ai dati di produzione e funzionamento del sistema, vengono evidenziati direttamente su un display LC installato sul coperchio anteriore dell'inverter stesso.

Si prevede l'installazione dei 14 inverter al di sotto dei moduli fotovoltaici, mediante fissaggio degli stessi sulle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02). A tale scopo sarà necessario utilizzare inverter in tipologia Outdoor.

4.5 QUADRO DI GENERATORE

Immediatamente a valle di ogni inverter viene installato un quadro, denominato Quadro di Generatore, come mostrato negli schemi allegati (IQ_05, IQ_06 e IQ_07)

Tale quadro contiene al proprio interno il Dispositivo di Generatore, ovvero un interruttore magnetotermico con protezione differenziale di tipo B, accessoriato con bobina ausiliaria

comandata a mancanza di tensione, con funzione di escludere ogni singolo inverter in condizioni di "aperto", ai sensi della DK 5950. Tale interruttore ha inoltre anche il compito di proteggere la linea di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia da cortocircuiti, sovraccarichi e contatti indiretti.

Essendo installato all'esterno dovrà essere tale da garantire adeguata protezione contro gli agenti atmosferici (grado di protezione IP65).

4.6 QUADRO DI INTERFACCIA

In riferimento allo schema riportato in tav. IQ_02, le linee di uscita bipolari dei 14 inverter vengono condotte all'interno di un quadro elettrico posto al piano terra in prossimità del quadro elettrico generale. In tale quadro è installati il dispositivi di sicurezza richiesto per l'allaccio della rete fotovoltaica alla rete di distribuzione in bassa tensione, quale il dispositivo di interfaccia, e il contatore dell'energia fotovoltaica prodotta.

Inoltre all'interno dello stesso si realizzano i collegamenti elettrici al fine di realizzare una linea di uscita trifase in bassa tensione compatibile con la rete di distribuzione a quale sarà connessa.

4.6.1 Dispositivo di interfaccia

Per separare la rete di distribuzione ordinaria da quella alimentata dal generatore fotovoltaico viene installato un contattore con bobina di apertura a mancanza di tensione, combinato con un interruttore automatico, su cui agiscono le protezioni di interfaccia, le quali sono costituite essenzialmente da relè di frequenza e di tensione.

Le funzioni di protezione di interfaccia previste dalla norma CEI 11-20 sono:

- protezione di minima tensione;
- protezione di massima tensione;
- protezione di minima frequenza
- protezione di massima frequenza.

Nella seguente tabella sono riportate le taratura che devono essere impostate sulle protezioni di interfaccia:

PROTEZIONE	ESECUZIONE	VALORE DI TARATURA	TEMPO DI INTERVENTO
<i>protezione di minima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>0,8Vn</i>	<i>0,1s</i>
<i>protezione di massima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>1,2Vn</i>	<i>0,2s</i>
<i>protezione di minima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>49,7 Hz</i>	<i>senza ritardo</i>
<i>protezione di massima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>50,3</i>	<i>Senza ritardo</i>

Tali protezioni, agendo sul dispositivo di interfaccia, sconnettono l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria il generatore fotovoltaico possa alimentare la rete di distribuzione stessa;
- in caso di guasto sulla rete di distribuzione il generatore fotovoltaico possa continuare ad alimentare il guasto stesso prolungandone il tempo di estinzione dell'anomalia e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza.

4.6.2 Contatore di energia

Nel quadro di interfaccia viene inserito un contatore di energia attiva trifase idoneo a consentire la contabilizzazione dell'energia fotovoltaica prodotta dall'impianto in oggetto.

4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE

A fianco del quadro generale viene inserito il quadro di distribuzione in cui si effettua la connessione tra la rete di bassa tensione in arrivo dal punto di consegna e la rete proveniente dall'impianto fotovoltaico. In tale quadro viene inserito, in accordo con il DK 5950, il dispositivo generale consistente in un interruttore con protezione magnetotermica in modo che in condizioni di "aperto" escluda l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica.

4.8 CAVI DI CABLAGGIO

Per quanto riguarda le connessioni elettriche si dovranno utilizzare i seguenti cavi con le relative dimensioni:

- Collegamento tra stringa e quadro di stringa: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra quadro di stringa e inverter: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati A, E, ed I e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3x16mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati B, C, F, G, L ed M e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3x10mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati D, H, N, O e P e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3x6mmq
- Collegamento tra quadro di interfaccia e quadro di distribuzione: cavo FG7(O)R multipolare, 5x25mmq.
- Conduttore di protezione per collegamento equipotenziale delle strutture di fissaggio: cavo N07V-K, 1x6mmq
- Conduttore di protezione a valle degli scaricatori di sovratensione: N07V-K, 1x16mmq

I collegamenti tra i moduli fotovoltaici in serie dovranno essere effettuati mediante spezzoni di cavo con sezione 2,5mmq e connettori Multicontact. Tali cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali ricavati nei profili delle strutture di fissaggio.

Per quanto riguarda la posa dei conduttori di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia si prevede l'utilizzo di canale chiusa in acciaio zincato di dimensioni adeguata, grado di protezione IP65, con installazione sulla copertura dell'edificio interessato dall'intervento e sulla parete interna per quanto riguarda la calata al piano terra. Per in particolari si rimanda all'allegato grafico di progetto (Tav IF_02).

5. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra è costituito dagli elementi conduttori in grado di convogliare nel terreno la corrente dispersa a seguito del cedimento dell'isolamento di un qualsiasi componente dell'impianto elettrico; esso dovrà essere realizzato in conformità a quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, CEI 64-12 nonché al D.P.R. 547 e DPR 462/01.

Il collegamento di terra dell'impianto fotovoltaico in oggetto avviene portando il conduttore equipotenziale dell'impianto, di colore giallo verde, al nodo di terra esistente.

Per quanto riguarda la messa a terra delle masse metalliche relative alle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e degli scaricatori di sovratensione (SPD) installati all'interno dei quadri di stringa si prevede invece la realizzazione di un impianto dedicato con l'installazione di un dispersore in acciaio con rivestimento in rame avente un diametro di 18 mm. e una lunghezza di 1500 mm, da collegarsi all'impianto di terra di edificio esistente.

Per i collegamenti dovrà essere utilizzato cavo N07V-K di sezione pari a 16mmq e corda di rame nudo di sezione 35mmq per la calata fino al sopra citato pozzetto di terra.

Per il collegamento equipotenziale delle strutture di sostegno si dovrà invece utilizzare cavo N07V-K con sezione pari a 6mmq, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox alle traverse delle strutture stesse. Se è garantita la continuità tra le varie strutture componenti una stessa fila è sufficiente collegare un solo punto della stessa all'impianto di terra.

Ad impianto ultimato la ditta installatrice dovrà verificare il valore della resistenza di terra misurato dal nodo di allacciamento al sistema di dispersione esistente nelle ordinarie condizioni di esercizio, in modo da verificare l'efficienza del sistema di protezione dai contatti indiretti relativo alla porzione di impianto realizzato, secondo quanto previsto dalle vigenti normative; il valore misurato dovrà essere riportato nella dichiarazione di conformità che la ditta dovrà rilasciare ai sensi della L. 46/90 e relativo regolamento di attuazione.

I materiali e componenti per impianti di terra dovranno essere conformi alle seguenti normative: CEI 11 – 8, CEI 64 – 8, CEI 81 - 1 , CEI 64 – 12, DPR N°547 e DPR N°462.

6. VERIFICHE DI PROGETTO

6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

All'inizio di ogni unità di impianto, sarà assicurata la protezione da sovraccarico e cortocircuito mediante opportuni dispositivi di interruzione automatica di massima corrente, in grado di interrompere la massima corrente di corto circuito che può verificarsi nei punti in cui sono installati; la protezione sarà estesa a tutti i poli del circuito; non verranno mai installati dispositivi che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente i conduttori di fase.

Le protezioni delle linee principali verranno dimensionate secondo le prescrizioni della norma CEI 64-8; in particolare il valore della corrente nominale di intervento dei dispositivi di protezione verrà scelta in base alle relazioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F \leq I_Z$$

Si realizzerà inoltre il coordinamento tra il valore dell'energia passante dall'interruttore e quello sopportabile dalla conduttura protetta, in modo da non dare luogo a surriscaldamenti, pericolosi per quest'ultima in qualsivoglia condizione di guasto, verificando la relazione:

$$I^2 t \geq K^2 S^2$$

Anche per le singole derivazioni, effettuate con singolo circuito o cavo posato in proprio tubo o comunque separato dagli altri, è stato impiegato cautelativamente lo stesso coefficiente.

6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione da questo tipo di pericolo sarà attuata mediante l'impiego di componenti dotati di isolamento principale e/o supplementare e opportuni involucri di protezione in grado di garantire il grado di protezione minimo IPXXB a tutti i componenti dell'impianto.

All'interno dei quadri installati il grado di protezione sarà conforme alle Norme relative e, comunque, non inferiore a IP 20, mentre per la parte esterna non sarà inferiore a IP 40 a porta chiusa; per quanto concerne in particolare il punto di attestazione della linea di alimentazione

principale, dovrà essere adottata un'adeguata protezione mediante l'impiego di opportuni coprimorsetti isolanti.

Come sistema di protezione addizionale, a monte di tutte le linee, saranno infine installati dispositivi di tipo differenziale, che realizzano pertanto una protezione aggiuntiva mediante interruzione dell'alimentazione nei confronti del tipo di rischio elettrico in oggetto.

6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

La protezione dai contatti indiretti dei circuiti terminali in uscita dai rispettivi quadri di zona sarà attuata mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Per assicurare ciò è stato ovviamente garantito il coordinamento tra la resistenza di terra e la corrente nominale di intervento degli interruttori differenziali posti sui quadri di distribuzione.

7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA

I calcoli relativi alla quantità di energia annua producibile dal generatore fotovoltaico oggetto del presente documento sono relativi ai dati radiometrici della provincia di Massa Carrara secondo le norme 10349 – 8477. Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'energia mensilmente captata dal piano dei moduli avente un Azimut di 30° (esposizione a sud-ovest) e inclinato di 30° rispetto al piano orizzontale.

Calcolo irraggiamento su piano inclinato ed orientato (UNI 10349 - 8477)					
Località:					
Massa Carrara			Latitudine	44,02	Nord
		IRRAGGIAMENTO			
		<i>MJ/mq/giorno</i>	<i>kWh/mq/giorno</i>	<i>kWh/mq/giorno</i>	
	ρ	Piano Orizzontale	Piano Orizzontale	Azimut=	30
				Tilt=	30
GENNAIO	0,2	5,30	1,47	2,27	
FEBBRAIO	0,2	8,30	2,31	3,15	
MARZO	0,2	12,60	3,50	4,22	
APRILE	0,2	16,90	4,69	5,01	
MAGGIO	0,2	20,20	5,61	5,51	
GIUGNO	0,2	23,20	6,44	6,09	
LUGLIO	0,2	25,40	7,06	6,80	
AGOSTO	0,2	21,00	5,83	6,06	
SETTEMBRE	0,2	15,80	4,39	5,11	
OTTOBRE	0,2	10,40	2,89	3,86	
NOVEMBRE	0,2	5,80	1,61	2,38	
DICEMBRE	0,2	4,70	1,31	2,12	
<i>Irrag. Medio giorno</i>		14,13	3,93	4,38	
<i>Irrag. Medio anno</i>		5158,67	1432,96	1599,2	

Utilizzando per l'irraggiamento i dati riportati nella precedente tabella e assumendo un rendimento del sistema pari al 75% dell'efficienza nominale del generatore fotovoltaico è possibile stimare l'energia che il sistema è in grado di produrre. Al fine della valutazione dell'energia consideriamo le seguenti caratteristiche del generatore fotovoltaico:

- Potenza Modulo FV: $P_m=150 \text{ Wp}$
- Superficie modulo FV: $S_m=1,256 \text{ mq}$
- Numero totale moduli FV: $N= 330$
- Superficie complessiva del generatore FV: $S_g=414,48\text{mq}$
- Potenza di picco del generatore FV: $P_p=49,5 \text{ kWp}$

L'efficienza nominale del generatore fotovoltaico può essere così stimata:

$$E_n = P_p/S_g = 0,119$$

Considerando un rendimento globale dell'impianto pari al 75% l'efficienza operativa media annua dell'impianto stesso risulta:

$$E(o.m.a.) = 75\% \text{ di } E_n = 0,09$$

L'energia elettrica annua producibile per metro quadro di generatore risulta quindi:

$$E_p = E(o.m.a.) \times 1599,2 = 143,2$$

dove 1599,2 è la quantità di energia solare annualmente captata dal piano dei moduli, come indicato nella precedente tabella.

L'energia annua producibile dall'impianto fotovoltaico risulta quindi pari a:

$$E = E_p \times S_g = 59369,1 \text{ kWh/anno}$$

ovvero

$$59,369 \text{ MWh/anno}$$

8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO

- **Angolo di Tilt:** angolo che la superficie forma con l'orizzonte; è misurato positivamente dal piano orizzontale verso l'alto.
- **Azimuth:** angolo orizzontale misurato in senso orario a partire dal sud. Un Azimuth di 0° indica il Sud, un Azimuth di 90° indica l'ovest, un Azimuth di 180° indica il nord e un Azimuth di 270° indica l'est.
- **Campo fotovoltaico:** insieme dei moduli fotovoltaici, connessi elettricamente tra loro e installati meccanicamente nella loro sede di funzionamento.
- **Cella fotovoltaica:** dispositivo fotovoltaico che converte la radiazione solare in elettricità.
- **Convertitore cc/ca, inverter:** dispositivo elettronico statico che converte la corrente continua in corrente alternata.
- **Corrente di cortocircuito :** Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- **Inverter a commutazione forzata:** inverter in cui la forma e la frequenza della tensione di uscita è generata da un circuito elettronico oscillatore che permette alla macchina di funzionare come generatore.
- **Diodo di By-pass:** diodo connesso in antiparallelo ad uno o più moduli, allo scopo di fornire un percorso alternativo alla corrente elettrica in caso di oscuramento o di guasto del modulo.
- **Efficienza [%]:** rapporto tra la potenza (o l'energia) in uscita e quella in ingresso.
- **Inseguitore del punto di massima potenza (MPPT):** circuito elettronico che permette di mantenere il punto di lavoro del campo fotovoltaico al punto di picco di potenza della curva I-V in qualsiasi condizione di temperatura e irraggiamento.
- **Potenza di picco:** è la potenza massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento.
- **Stringa:** insieme di moduli collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione di lavoro del campo fotovoltaico.
- **Tensione a vuoto:** Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Dott. Ing. Marcello Cei

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n°4455
C.F. CEIMCL69E11D612K ~ P.IVA 05179590483

Modestino E

**Realizzazione di un impianto fotovoltaico
di potenza pari a 49,5 kW presso l'edificio
situato in viale Zaccagna 20, comune di
Carrara (MS)**



Quadri e Schema Multifilare

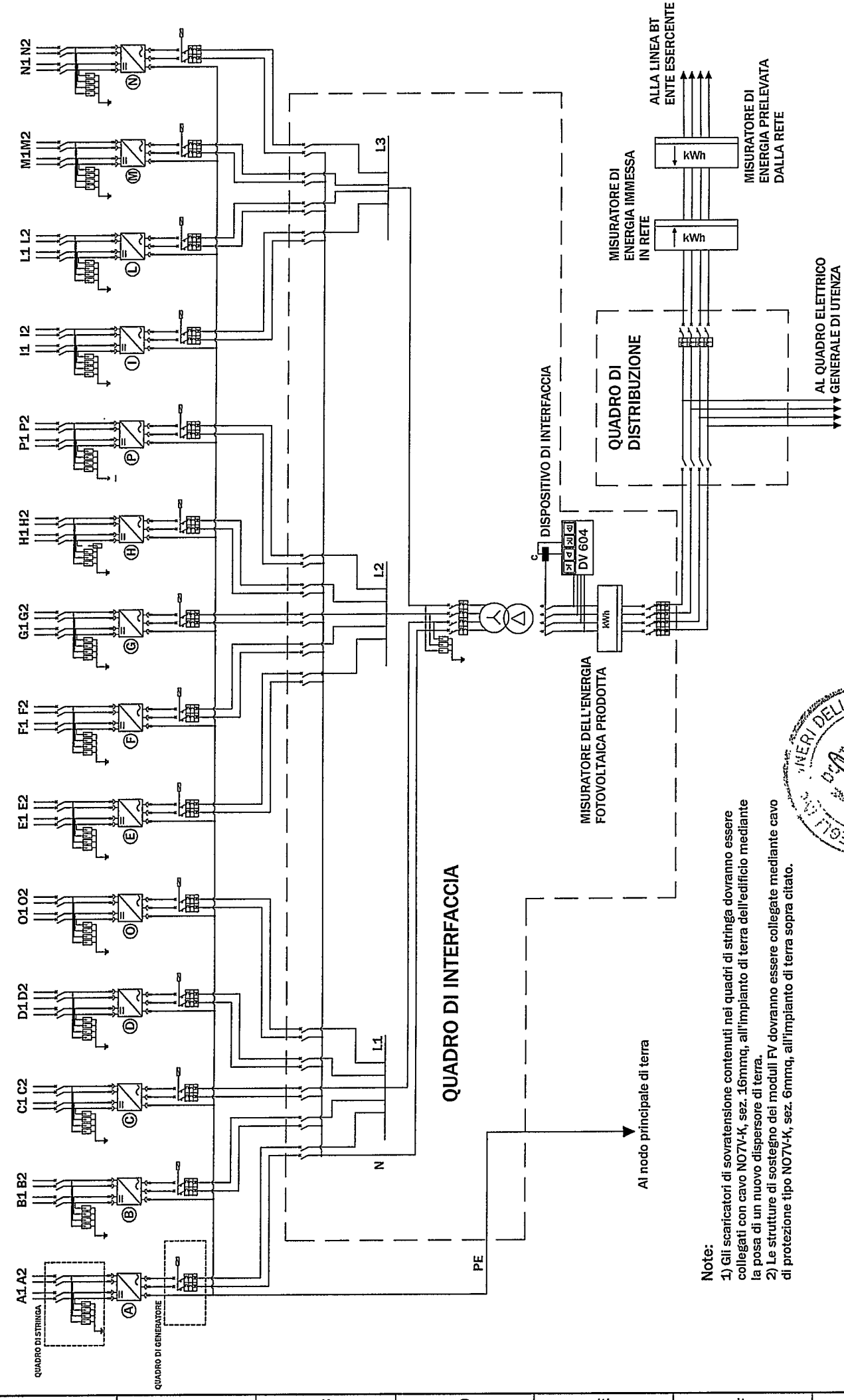
Firenze, 30/01/06



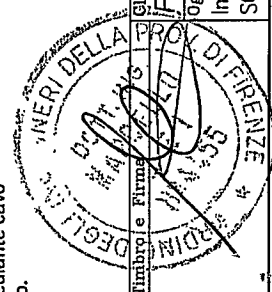
INDICE TAVOLE

- TAVOLA *IQ_01* Schema Multifilare
- TAVOLA *IQ_02* Quadro di Interfaccia
- TAVOLA *IQ_03* Quadro di Distribuzione
- TAVOLA *IQ_04* Quadro di Stringa
- TAVOLA *IQ_05* Quadro di Generatore A
- TAVOLA *IQ_06* Quadro di Generatore B

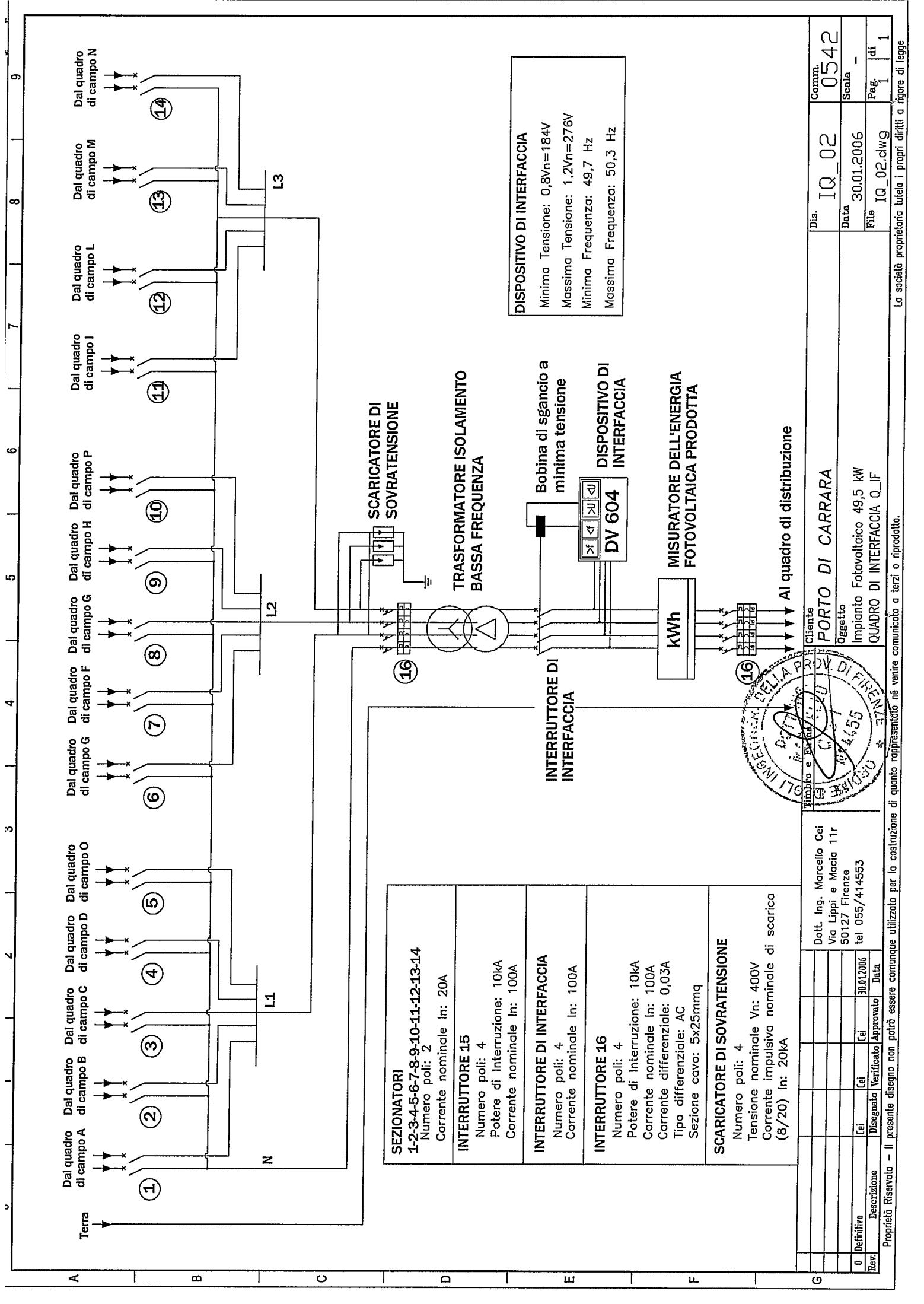
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



Note:
1) Gli scaricatori di sovratensione contenuti nei quadri di stringa dovranno essere collegati con cavo NO7V-K, sez. 16mmq, all'impianto di terra dell'edificio mediante la posa di un nuovo dispersore di terra.
2) Le strutture di sostegno dei moduli FV dovranno essere collegate mediante cavo di protezione tipo NO7V-K, sez. 6mmq, all'impianto di terra sopra citato.



Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		Timbro e Firma del Cliente INGEGNERI DELLA CARRARA 10/05/2006	Dis. IQ_01	Comm. 0542
30.01.2006		Impianto Fotovoltaico 49,5kW	Data 30.01.2006	Scala -
30.01.2006		Schema Elettrico Multifilare	File IQ_01.dwg	Pag. 1 di 1
Rev.	Descrizione	Disegnato Verificato Approvato	Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunicato né venire rappresentato né venire copiato a terzi o riprodotto.	



SEZIONATORI 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14 Numero poli: 2 Corrente nominale In: 20A	
INTERRUTTORE 15 Numero poli: 4 Potere di Interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A	
INTERRUTTORE DI INTERFACCIA Numero poli: 4 Corrente nominale In: 100A	
INTERRUTTORE 16 Numero poli: 4 Potere di Interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A Corrente differenziale: 0,03A Tipo differenziale: AC Sezione cavo: 5x25mmq	
SCARICATORE DI SOVRATENSIONE Numero poli: 4 Tensione nominale Vn: 400V Corrente impulsiva nominale di scarica (8/20) In: 20kA	

DISPOSITIVO DI INTERFACCIA
Minima Tensione: 0,8Vn=184V
Massima Tensione: 1,2Vn=276V
Minima Frequenza: 49,7 Hz
Massima Frequenza: 50,3 Hz

Dis. IQ_02		Comm. 0542
Data 30.01.2006		Scala -
File IQ_02.dwg		Pag. di 1
Ciliente PORTO DI CARRARA		
Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5 kW		
QUADRO DI INTERFACCIA Q_IF		
Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Mocia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		
Definitivo	Cei	Cei
Rev.	Descrizione	Disegnato Verificato Approvato Data

Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.

La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge

U 1 2 3 4 5 6 7 8 9

A

B

C

D

E

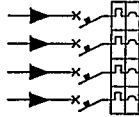
F

G

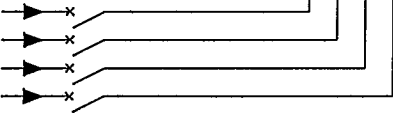
Dal quadro in
corrente alternata

SEZIONATORE	
Numero poli: 4	
Corrente nominale In: 100A	

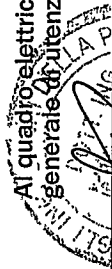
Dal punto di consegna
dell'energia elettrica



DISPOSITIVO GENERALE	
Tipo: Magnetotermico	
Numero poli: 4	
Potere di Interruzione: 10kA	
Corrente nominale In: 100A	

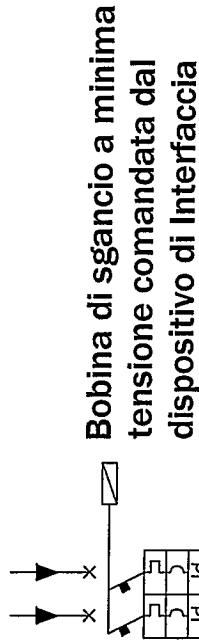


Al quadro elettrico
generale di utenza



						Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		Dis. IQ_03		Comm. 0542
								Data		Scala -
								File		Pag. 1 di 1
								IQ_03.dwg		

Da
Inverter A

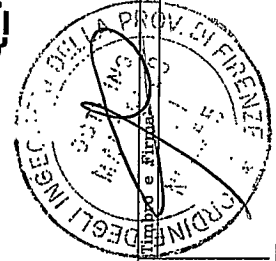


DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x16mmq

Al quadro
Q_IF

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati E e I.

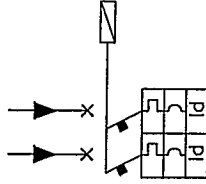


Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE A

Dis. IQ_05
Comm. 0542
Data 30.01.2006
File IQ_05.dwg
Pag. 1 di 1

Da
Inverter B



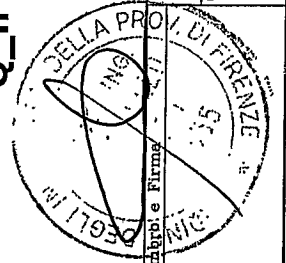
Bobina di sgancio a minima
tensione comandata dal
dispositivo di interfaccia

DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x10mmq

Al quadro
Q_IF

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati C, D, F, G, H, L, M,
N, O e P



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Rev.	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato	Data
0	Definitivo	Cei	Cei	Cei	30.01.2006

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE B

Dis.	IQ_06	Comm.	0542
Data	30.01.2006	Scala	-
File	IQ_06.dwg	Pag.	1 di 1

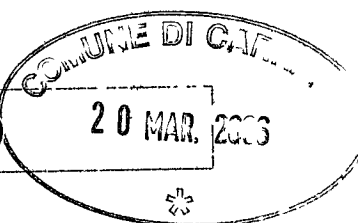
Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.

La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge

MAGAZZINO E

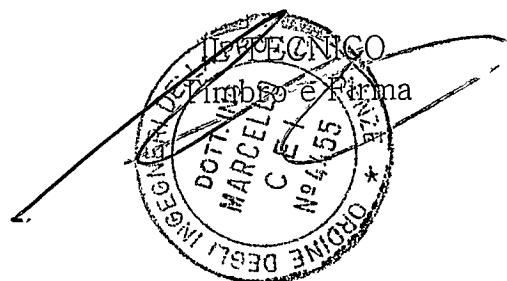
**Realizzazione di un impianto fotovoltaico di
potenza pari a 49,5 kW presso l'edificio situato in
viale Zaccagna n.20, comune di Carrara (MS)**

PROGETTO DEFINITIVO



Relazione tecnica

Firenze 30/01/2006



RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. GENERALITA'	2
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	3
3. DATI DI PROGETTO	4
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA	5
4.1 MODULI FOTOVOLTAICI	5
4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO	6
4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA	7
4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA	9
4.5 QUADRO DI GENERATORE	10
4.6 QUADRO DI INTERFACCIA	11
4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE	12
4.8 CAVI DI CABLAGGIO	13
5. IMPIANTO DI TERRA	14
6. VERIFICHE DI PROGETTO	15
6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI	15
6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI	15
6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI	16
7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA	17
8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO	19

1. GENERALITA'

La presente relazione si riferisce al progetto di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica tramite energia solare sfruttando la conversione fotovoltaica. Tale impianto è caratterizzato da una potenza di picco pari **49,5 kW_p** in tipologia grid connected (connesso alla rete) da installare sulla copertura dell'edificio situato in viale Zaccagna n°20, nel comune di Carrara.

La scelta dell'applicazione della tecnologia fotovoltaica è stata dettata principalmente dalle seguenti motivazioni:

- produzione di energia elettrica senza nessuna emissione di sostanze inquinanti;
- risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico.

Il presente documento fornisce le descrizioni tecniche sia per quanto riguarda le strutture e i materiali per la realizzazione dell'impianto in oggetto sia le connessioni elettriche tra i vari elementi costituenti l'impianto stesso, il tutto come indicato negli elaborati grafici di progetto allegati.

Nella scelta dei materiali non univocamente specificati si precisa che:

- tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici dovranno essere adatti all'ambiente in cui andranno installati e dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio;
- tutti i materiali per l'esecuzione delle opere previste dovranno avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore;
- in particolare i materiali e gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del Marchio di Qualità saranno muniti del contrassegno **I.M.Q.**, o marchio di qualità equivalente.

Si ricorda che gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come previsto dalla Legge n.186 del 1/03/1968 e ribadito dalla Legge n.46 del 5/03/1990.

Come previsto dall'articolo 4 comma 3 del DPR 447 del 6 dicembre 1991, qualora gli impianti subiscano delle varianti durante l'esecuzione dei lavori, si dovrà provvedere a integrare il presente progetto con la necessaria documentazione in modo che gli elaborati finali risultino "come costruiti" ("As Built").

Le indicazioni contenute nella presente relazione dovranno in ogni caso essere integrate da eventuali prescrizioni aggiuntive richieste dall'ENEL per l'allacciamento alla rete di distribuzione.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- DPR 547/55 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- 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.
- D.Lgs 626/94 Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.
- D.Lgs 493/94 Attuazione della direttiva CEE concernente le prestazioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro.
- Dm 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare 4 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-3 guida per la compilazione della documentazione per Legge 46/90
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- 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 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 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.

- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- DK 5950: Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete BT di distribuzione.

3. DATI DI PROGETTO

Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

- Destinazione d'uso: magazzino.
- Normativa specifica relativa alla struttura in oggetto: nessuna
- Rete di collegamento esistente: bassa tensione 3F+N
- Sistema di distribuzione: T-T secondo le norme CEI 64-8
- Misura dell'energia prelevata dalla rete: contatore generale installato all'esterno;
- Punto di consegna: quadro generale posto a piano terra.

Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

- Tipo di installazione: su copertura a falda con inclinazione circa pari a 5°;
- Orientamento del generatore fotovoltaico: sud-ovest (azimut 33°);
- Posizionamento degli inverter: in esterno con fissaggio su strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, come indicato nell'allegato grafico.

Dati di progetto relativi alle influenze esterne

- Temperatura:
 - Min/max esterna: -10°C/+45°C
 - Min/Max all'interno degli edifici: +5°C/+35°C
- Altitudine: 0 m sul livello del mare
- Latitudine: 44°02' N
- Longitudine: 10°03' E
- Installazione dei moduli fotovoltaici in ambiente salino.

4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il Generatore fotovoltaico sarà installato sul tetto dell'edificio con orientamento sud-ovest mediante una adeguata struttura di sostegno in modo da ottenere una inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.

I moduli fotovoltaici saranno disposti su più file, come mostrato nell'elaborato grafico allegato, per un totale di 330 elementi, ciascuno con potenza nominale di 150Wp.

La potenza del generatore fotovoltaico, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard (STC: Standard Test Condition), risulta quindi pari a 49,5 kWp.

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione risulta composto dai seguenti elementi:

- Moduli fotovoltaici (FV)
- Strutture di sostegno
- Stringhe e Quadri di stringa
- Gruppo di conversione corrente continua/corrente alternata
- Quadro di interfaccia
- Quadro di distribuzione
- Cavi di cablaggio

4.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Nel seguente progetto sono stati considerati moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, aventi ognuno una struttura caratterizzata da 72 celle di silicio monocristallino collegate in serie tra loro. Le caratteristiche elettriche dei moduli, misurate in condizioni standard, dovranno essere pari a quelle dei migliori moduli in silicio monocristallino di tipo commerciale. A titolo indicativo, nella stesura del presente progetto, sono stati considerati moduli al silicio monocristallino con potenza pari a 150 Wp.

Tale criterio è stato utilizzato per avere indicazioni sia per l'inserimento architettonico del generatore fotovoltaico che per il dimensionamento elettrico. Con tale riferimento il generatore fotovoltaico risulterà costituito da un totale di 330 moduli organizzati in 28 stringhe di cui 24 composte da 12 moduli ciascuna, 2 composte da 11 moduli e le restanti 2 da 10 moduli ognuna.

Caratteristiche dei moduli

Le presenti caratteristiche si riferiscono alle seguenti condizioni standard:

$A_m=1,5$; $E=1Kw/mq$, $T=25^{\circ}C$

▪ **caratteristiche elettriche**

- Tipo di pannello: silicio monocristallino
- Potenza massima: $150 Wp \pm 5\%$
- Tensione nominale: 24V
- Corrente di corto circuito: 4.7 A
- Tensione a vuoto: 43,2 V
- Corrente alla massima potenza: 4,35A
- Tensione alla massima potenza: 34,6V

▪ **caratteristiche dimensionali**

- Dimensioni: 1590 x 790 x 39.5 mm
- Peso: 14,4 Kg

▪ **caratteristiche costruttive**

- Contatti: ridondanti multipli;
- Cornice: alluminio anodizzato;
- Scatola di connessione: IP65 con diodi di By-pass
- Fronte modulo: vetro temperato ad alta trasmittanza
- Retro modulo: protezione con Tedlar
- Certificazione: IEC 61215 – Calsse II – Omologazione TUV

4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli fotovoltaici saranno disposti su file e ancorati sulla copertura dell'edificio in oggetto mediante strutture di sostegno a triangolo regolabile in alluminio anodizzato con bulloneria e staffe in acciaio inox, adatta per l'installazione in ambiente salino.

Per l'esatto posizionamento delle file dei moduli e la distanza tra le file si rimanda all'elaborato grafico di progetto. Si precisa che il calcolo delle distanze tra le file è stato eseguito in modo

da considerare un angolo limite formato dal raggio solare col piano orizzontale pari a 15° . Ciò significa che solo nella porzione giornaliera in cui la radiazione solare ha una inclinazione minore di tale valore si verifica il parziale ombreggiamento delle file retrostanti alla prima con conseguenti perdite energetiche. Tale valore comunque risulta un ottimo compromesso tra la superficie occupata dal generatore e la sua perdita di rendimento, ovviamente con riferimento alla latitudine del sito in oggetto.

Considerando, inoltre, che per ottenere il miglior rendimento del generatore fotovoltaico, pesato su tutto l'arco dell'anno, risulta necessario ottenere una inclinazione dei moduli di circa 30° rispetto al piano orizzontale, sarà inoltre opportuno regolare le sopra citate strutture di sostegno con inclinazioni rispettivamente di 25° e 35° , a seconda delle falde della copertura in cui saranno ancorate, le quali presentano infatti una inclinazione di circa 5° rispetto alla superficie orizzontale. Per una maggiore chiarezza si rimanda al particolare A dell'elaborato grafico allegato.

4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA

Al fine di ottenere una potenza di picco pari a 49,5 kWp del generatore fotovoltaico sopra descritto diviene necessario collegare i moduli fotovoltaici in stringhe. In particolare si avranno stringhe formate da 12 moduli, stringhe formate da 11 moduli e stringhe formate da 10 moduli.

E' conveniente precisare che le caratteristiche elettriche delle stringhe dipendono ovviamente dalla temperatura alla quale i moduli si trovano ad operare. Infatti si verifica che il massimo valore della tensione a vuoto di ciascun modulo si ottiene in corrispondenza della temperatura minima ipotizzabile di funzionamento, mentre per temperature maggiori si hanno tensioni che progressivamente decrescono.

Per il dimensionamento elettrico abbiamo quindi assunto i seguenti limiti termici di funzionamento, tenendo conto del sito in oggetto e includendo ovviamente un certo margine di sicurezza:

- Temperatura minima di esercizio (T_{min}): -10°C
- Temperatura massima di esercizio (T_{min}): $+70^\circ\text{C}$

Mediante tali valori è possibile ricavare le seguenti caratteristiche di stringa:

Caratteristiche stringa da 12 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1800 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 482V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 361V
- Minima tensione di stringa @ $T=+70^{\circ}\text{C}$ = 264V

Caratteristiche stringa da 11 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1650 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 442V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 331V
- Minima tensione di stringa @ $T_{max}=70^{\circ}\text{C}$ = 242V

Caratteristiche stringa da 10 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1500 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 402V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 301V
- Minima tensione di stringa @ $T_{max}=70^{\circ}\text{C}$ = 220V

Per ogni coppia di stringhe che andranno in ingresso ai convertitori c.c/a.c si prevede inoltre l'installazione di un quadro elettrico (Quadro di Stringa) che contenga al proprio interno due sezionatori, al fine di poter scollegare ogni stringa dal resto del generatore. Tali sezionatori possono risultare utili durante le opere di manutenzione, oppure nel caso in cui sia necessario scollegare una stringa interessata da un guasto.

Inoltre, per salvaguardare il lato in corrente continua del convertitore c.c/c.a, è opportuno inserire opportuni scaricatori di sovratensione (SPD) di classe II collegati rispettivamente tra positivo (+) e terra e tra negativo (-) e terra di ogni stringa.

Per il dimensionamento degli elementi e le connessioni elettriche si rimanda allo schema elettrico allegato (tav IQ_04).

I quadri di stringa sopra descritti saranno installati in prossimità delle stringhe stessa, fissati alle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02) Essi dovranno quindi essere tali da offrire ottima resistenza agli agenti atmosferici, quali pioggia, calore ecc.

4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA

Il sistema di conversione costituisce l'interfaccia tra il campo fotovoltaico e la rete locale dell'ENEL. Il condizionamento della potenza consiste fondamentalmente delle seguenti parti:

- Filtro lato corrente continua;
- Ponte a semiconduttori;
- Unità di controllo;
- Filtro d'uscita;

Il sistema di conversione c.c/a.c sarà composto da 14 inverter a commutazione forzata che, funzionando in parallelo con la rete dell'ENEL, forniranno l'energia generata dal campo fotovoltaico, inseguendo il punto di massima potenza.

Per impedire interferenze elettromagnetiche essi sono dotati di filtri sui lati di entrata e uscita, secondo CEI 110-6/7 e 8; sono inoltre conformi con la normativa CEI 11-20 per il parallelo.

Caratteristiche tecniche inverter:

- Potenza nominale AC: 3600 W
- Range assoluto di tensione in ingresso: 0-600 V (360 nominale)
- Range Operativo per Max Power Point Tracking (MPPT): 90-580 V (360 nominale)
- Range della tensione di uscita AC nominale: monofase 211-264 (può essere regolata per soddisfare le normative nazionali)
- Frequenza di uscita AC nominale: 50 Hz
- Fattore di potenza sulla linea: 1
- Corrente massima sulla linea AC: 16 A
- Distorsione corrente AC: <2.5% THD alla potenza di targa con tensione sinusoidale;
- Rendimento massimo: 96%
- Temperatura ambiente di esercizio: da -25°C a +60°C

- Grado di protezione ambientale: IP65
- Dimensioni: 420 x 326 x 141 mm
- Peso: 13 Kg
- Norme di riferimento: CEI 11-20, DK5950, IEC61683, IEC61727, EN50081, EN50082, EN61000

Riprendendo le caratteristiche elettriche delle stringhe elencate precedentemente, risultano pienamente soddisfatte le seguenti relazioni:

- Massima tensione di stringa < Massima tensione in ingresso inverter (600V)
- Massima tensione di stringa < Massima tensione della finestra MPPT (580V)
- Minima tensione di stringa > Minima tensione della finestra MPPT (90V)

La prima delle tre relazioni stabilisce che la tensione massima di stringa non superi mai la tensione massima ammissibile all'ingresso dell'inverter, mentre la seconda e la terza assicurano che la tensione di stringa non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall'inseguitore MPPT per la migliore gestione della potenza estratta dal generatore fotovoltaico.

Le informazioni relative al corretto funzionamento dell'inverter e ai dati di produzione e funzionamento del sistema, vengono evidenziati direttamente su un display LC installato sul coperchio anteriore dell'inverter stesso.

Si prevede l'installazione dei 14 inverter al di sotto dei moduli fotovoltaici, mediante fissaggio degli stessi sulle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02). A tale scopo sarà necessario utilizzare inverter in tipologia Outdoor.

4.5 QUADRO DI GENERATORE

Immediatamente a valle di ogni inverter viene installato un quadro, denominato Quadro di Generatore, come mostrato negli schemi allegati (IQ_05 e IQ_06)

Tale quadro contiene al proprio interno il Dispositivo di Generatore, ovvero un interruttore magnetotermico con protezione differenziale di tipo B, accessoriato con bobina ausiliaria comandata a mancanza di tensione, con funzione di escludere ogni singolo inverter in condizioni di "aperto", ai sensi della DK 5950. Tale interruttore ha inoltre anche il compito di

proteggere la linea di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia da cortocircuiti, sovraccarichi e contatti indiretti.

Essendo installato all'esterno dovrà essere tale da garantire adeguata protezione contro gli agenti atmosferici (grado di protezione IP65).

4.6 QUADRO DI INTERFACCIA

In riferimento allo schema riportato in tav. IQ_02, le linee di uscita bipolari dei 14 inverter vengono condotte all'interno di un quadro elettrico posto al piano terra in prossimità del quadro elettrico generale esistente. In tale quadro è installati il dispositivi di sicurezza richiesti per l'allaccio della rete fotovoltaica alla rete di distribuzione in bassa tensione, quale il dispositivo di interfaccia, e il contatore dell'energia fotovoltaica prodotta.

Inoltre all'interno dello stesso si realizzano i collegamenti elettrici al fine di realizzare una linea di uscita trifase in bassa tensione compatibile con la rete di distribuzione a quale sarà connessa.

4.6.1 Dispositivo di interfaccia

Per separare la rete di distribuzione ordinaria da quella alimentata dal generatore fotovoltaico viene installato un contattore con bobina di apertura a mancanza di tensione, combinato con un interruttore automatico, su cui agiscono le protezioni di interfaccia, le quali sono costituite essenzialmente da relè di frequenza e di tensione.

Le funzioni di protezione di interfaccia previste dalla norma CEI 11-20 sono:

- protezione di minima tensione;
- protezione di massima tensione;
- protezione di minima frequenza
- protezione di massima frequenza.

Nella seguente tabella sono riportate le tarature che devono essere impostate sulle protezioni di interfaccia:

PROTEZIONE	ESECUZIONE	VALORE DI TARATURA	TEMPO DI INTERVENTO
<i>protezione di minima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>0,8Vn</i>	<i>0,1s</i>
<i>protezione di massima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>1,2Vn</i>	<i>0,2s</i>
<i>protezione di minima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>49,7 Hz</i>	<i>senza ritardo</i>
<i>protezione di massima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>50,3</i>	<i>Senza ritardo</i>

Tali protezioni, agendo sul dispositivo di interfaccia, sconnettono l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria il generatore fotovoltaico possa alimentare la rete di distribuzione stessa;
- in caso di guasto sulla rete di distribuzione il generatore fotovoltaico possa continuare ad alimentare il guasto stesso prolungandone il tempo di estinzione dell'anomalia e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza.

4.6.2 Contatore di energia

Nel quadro di interfaccia viene inserito un contatore di energia attiva trifase idoneo a consentire la contabilizzazione dell'energia fotovoltaica prodotta dall'impianto in oggetto.

4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE

A fianco dell'esistente quadro generale viene inserito il quadro di distribuzione in cui si effettua la connessione tra la rete di bassa tensione in arrivo dal punto di consegna e la rete proveniente dall'impianto fotovoltaico. In tale quadro viene inserito, in accordo con il DK 5950, il dispositivo generale consistente in un interruttore con protezione magnetotermica in modo che in condizioni di "aperto" escluda l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica.

4.8 CAVI DI CABLAGGIO

Per quanto riguarda le connessioni elettriche si dovranno utilizzare i seguenti cavi con le relative dimensioni:

- Collegamento tra stringa e quadro di stringa: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra quadro di stringa e inverter: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati A, E ed I e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3.x16mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati B, C, D, F, G, H, , L, M, N, O e P e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3.x10mmq
- Collegamento tra quadro di interfaccia e quadro di distribuzione: cavo FG7(O)R multipolare, 5x25mmq.
- Conduttore di protezione per collegamento equipotenziale delle strutture di fissaggio: cavo N07V-K, 1x6mmq
- Conduttore di protezione a valle degli scaricatori di sovratensione: N07V-K, 1x16mmq

I collegamenti tra i moduli fotovoltaici in serie dovranno essere effettuati mediante spezzoni di cavo con sezione 2,5mmq e connettori Multicontact. Tali cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali ricavati nei profili delle strutture di fissaggio.

Per quanto riguarda la posa dei conduttori di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia si prevede l'utilizzo di canala chiusa in acciaio zincato di dimensioni adeguata, grado di protezione IP65, con installazione sulla copertura dell'edificio interessato dall'intervento e sulla parete interna per quanto riguarda la calata al piano terra. Per in particolari si rimanda all'allegato grafico di progetto (Tav IF_02).

5. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra è costituito dagli elementi conduttori in grado di convogliare nel terreno la corrente dispersa a seguito del cedimento dell'isolamento di un qualsiasi componente dell'impianto elettrico; esso dovrà essere realizzato in conformità a quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, CEI 64-12 nonché al D.P.R. 547 e DPR 462/01.

Il collegamento di terra dell'impianto fotovoltaico in oggetto avviene portando il conduttore equipotenziale dell'impianto, di colore giallo verde, al nodo di terra esistente.

Per quanto riguarda la messa a terra delle masse metalliche relative alle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e degli scaricatori di sovratensione (SPD) installati all'interno dei quadri di stringa si prevede invece la realizzazione di un impianto dedicato con l'installazione di un dispersore in acciaio con rivestimento in rame avente un diametro di 18 mm. e una lunghezza di 1500 mm, da collegarsi all'impianto di terra di edificio esistente.

Per i collegamenti dovrà essere utilizzato cavo N07V-K di sezione pari a 16mmq e corda di rame nudo di sezione 35mmq per la calata fino al sopra citato pozzetto di terra.

Per il collegamento equipotenziale delle strutture di sostegno si dovrà invece utilizzare cavo N07V-K con sezione pari a 6mmq, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox alle traverse delle strutture stesse. Se è garantita la continuità tra le varie strutture componenti una stessa fila è sufficiente collegare un solo punto della stessa all'impianto di terra.

Ad impianto ultimato la ditta installatrice dovrà verificare il valore della resistenza di terra misurato dal nodo di allacciamento al sistema di dispersione esistente nelle ordinarie condizioni di esercizio, in modo da verificare l'efficienza del sistema di protezione dai contatti indiretti relativo alla porzione di impianto realizzato, secondo quanto previsto dalle vigenti normative; il valore misurato dovrà essere riportato nella dichiarazione di conformità che la ditta dovrà rilasciare ai sensi della L. 46/90 e relativo regolamento di attuazione.

I materiali e componenti per impianti di terra dovranno essere conformi alle seguenti normative: CEI 11 – 8, CEI 64 – 8, CEI 81 - 1 , CEI 64 – 12, DPR N°547 e DPR N°462.

6. VERIFICHE DI PROGETTO

6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

All'inizio di ogni unità di impianto, sarà assicurata la protezione da sovraccarico e cortocircuito mediante opportuni dispositivi di interruzione automatica di massima corrente, in grado di interrompere la massima corrente di corto circuito che può verificarsi nei punti in cui sono installati; la protezione sarà estesa a tutti i poli del circuito; non verranno mai installati dispositivi che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente i conduttori di fase.

Le protezioni delle linee principali verranno dimensionate secondo le prescrizioni della norma CEI 64-8; in particolare il valore della corrente nominale di intervento dei dispositivi di protezione verrà scelta in base alle relazioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F \leq I_Z$$

Si realizzerà inoltre il coordinamento tra il valore dell'energia passante dall'interruttore e quello sopportabile dalla conduttura protetta, in modo da non dare luogo a surriscaldamenti, pericolosi per quest'ultima in qualsivoglia condizione di guasto, verificando la relazione:

$$I^2 t \geq K^2 S^2$$

Anche per le singole derivazioni, effettuate con singolo circuito o cavo posato in proprio tubo o comunque separato dagli altri, è stato impiegato cautelativamente lo stesso coefficiente.

6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione da questo tipo di pericolo sarà attuata mediante l'impiego di componenti dotati di isolamento principale e/o supplementare e opportuni involucri di protezione in grado di garantire il grado di protezione minimo IPXXB a tutti i componenti dell'impianto.

All'interno dei quadri installati il grado di protezione sarà conforme alle Norme relative e, comunque, non inferiore a IP 20, mentre per la parte esterna non sarà inferiore a IP 40 a porta chiusa; per quanto concerne in particolare il punto di attestazione della linea di alimentazione

principale, dovrà essere adottata un'adeguata protezione mediante l'impiego di opportuni coprimorsetti isolanti.

Come sistema di protezione addizionale, a monte di tutte le linee, saranno infine installati dispositivi di tipo differenziale, che realizzano pertanto una protezione aggiuntiva mediante interruzione dell'alimentazione nei confronti del tipo di rischio elettrico in oggetto.

6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

La protezione dai contatti indiretti dei circuiti terminali in uscita dai rispettivi quadri di zona sarà attuata mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Per assicurare ciò è stato ovviamente garantito il coordinamento tra la resistenza di terra e la corrente nominale di intervento degli interruttori differenziali posti sui quadri di distribuzione.

7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA

I calcoli relativi alla quantità di energia annua producibile dal generatore fotovoltaico oggetto del presente documento sono relativi ai dati radiometrici della provincia di Massa Carrara secondo le norme 10349 – 8477. Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'energia mensilmente captata dal piano dei moduli avente un Azimut di 33° (esposizione a sud-ovest) e inclinato di 30° rispetto al piano orizzontale.

Calcolo irraggiamento su piano inclinato ed orientato (UNI 10349 - 8477)					
Località:					
Massa Carrara			Latitudine	44,02	Nord
	ρ	IRRAGGIAMENTO			
		MJ/mq/giorno	kWh/mq/giorno	kWh/mq/giorno	
		Piano Orizzontale	Piano Orizzontale	Azimut=	33
				Tilt=	30
GENNAIO	0,2	5,30	1,47	2,24	
FEBBRAIO	0,2	8,30	2,31	3,12	
MARZO	0,2	12,60	3,50	4,20	
APRILE	0,2	16,90	4,69	5,01	
MAGGIO	0,2	20,20	5,61	5,51	
GIUGNO	0,2	23,20	6,44	6,10	
LUGLIO	0,2	25,40	7,06	6,81	
AGOSTO	0,2	21,00	5,83	6,06	
SETTEMBRE	0,2	15,80	4,39	5,09	
OTTOBRE	0,2	10,40	2,89	3,82	
NOVEMBRE	0,2	5,80	1,61	2,36	
DICEMBRE	0,2	4,70	1,31	2,09	
Irrag. Medio giorno		14,13	3,93	4,37	
Irrag. Medio anno		5158,67	1432,96	1594,1	

Utilizzando per l'irraggiamento i dati riportati nella precedente tabella e assumendo un rendimento del sistema pari al 75% dell'efficienza nominale del generatore fotovoltaico è possibile stimare l'energia che il sistema è in grado di produrre. Al fine della valutazione dell'energia consideriamo le seguenti caratteristiche del generatore fotovoltaico:

- Potenza Modulo FV: $P_m=150 \text{ Wp}$
- Superficie modulo FV: $S_m=1,256 \text{ mq}$
- Numero totale moduli FV: $N= 330$
- Superficie complessiva del generatore FV: $S_g=414,48\text{mq}$
- Potenza di picco del generatore FV: $P_p=49,5 \text{ kWp}$

L'efficienza nominale del generatore fotovoltaico può essere così stimata:

$$E_n = P_p/S_g = 0,119$$

Considerando un rendimento globale dell'impianto pari al 75% l'efficienza operativa media annua dell'impianto stesso risulta:

$$E(o.m.a.) = 75\% \text{ di } E_n = 0,09$$

L'energia elettrica annua producibile per metro quadro di generatore risulta quindi:

$$E_p = E(o.m.a.) \times 1594,1 = 142,8$$

dove 1594,1 è la quantità di energia solare annualmente captata dal piano dei moduli, come indicato nella precedente tabella.

L'energia annua producibile dall'impianto fotovoltaico risulta quindi pari a:

$$E = E_p \times S_g = 59181,5 \text{ kWh/anno}$$

ovvero

$$59,182 \text{ MWh/anno}$$

8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO

- **Angolo di Tilt:** angolo che la superficie forma con l'orizzonte; è misurato positivamente dal piano orizzontale verso l'alto.
- **Azimuth:** angolo orizzontale misurato in senso orario a partire dal sud. Un Azimuth di 0° indica il Sud, un Azimuth di 90° indica l'ovest, un Azimuth di 180° indica il nord e un Azimuth di 270° indica l'est.
- **Campo fotovoltaico:** insieme dei moduli fotovoltaici, connessi elettricamente tra loro e installati meccanicamente nella loro sede di funzionamento.
- **Cella fotovoltaica:** dispositivo fotovoltaico che converte la radiazione solare in elettricità.
- **Convertitore cc/ca, inverter:** dispositivo elettronico statico che converte la corrente continua in corrente alternata.
- **Corrente di cortocircuito :** Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- **Inverter a commutazione forzata:** inverter in cui la forma e la frequenza della tensione di uscita è generata da un circuito elettronico oscillatore che permette alla macchina di funzionare come generatore.
- **Diodo di By-pass:** diodo connesso in antiparallelo ad uno o più moduli, allo scopo di fornire un percorso alternativo alla corrente elettrica in caso di oscuramento o di guasto del modulo.
- **Efficienza [%]:** rapporto tra la potenza (o l'energia) in uscita e quella in ingresso.
- **Inseguitore del punto di massima potenza (MPPT):** circuito elettronico che permette di mantenere il punto di lavoro del campo fotovoltaico al punto di picco di potenza della curva I-V in qualsiasi condizione di temperatura e irraggiamento.
- **Potenza di picco:** è la potenza massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento.
- **Stringa:** insieme di moduli collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione di lavoro del campo fotovoltaico.
- **Tensione a vuoto:** Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Dott. Ing. Marcello Cei

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n°4455
C.F. CEIMCL69E11D612K ~ P.IVA 05179590483

MAGAZZINO E

**Realizzazione di un impianto fotovoltaico
di potenza pari a 49,5 kW presso il magazzino
E situato in viale Zaccagna, comune di Carrara
(MS)**



Quadri e Schema Multifilare

Firenze, 30/01/06

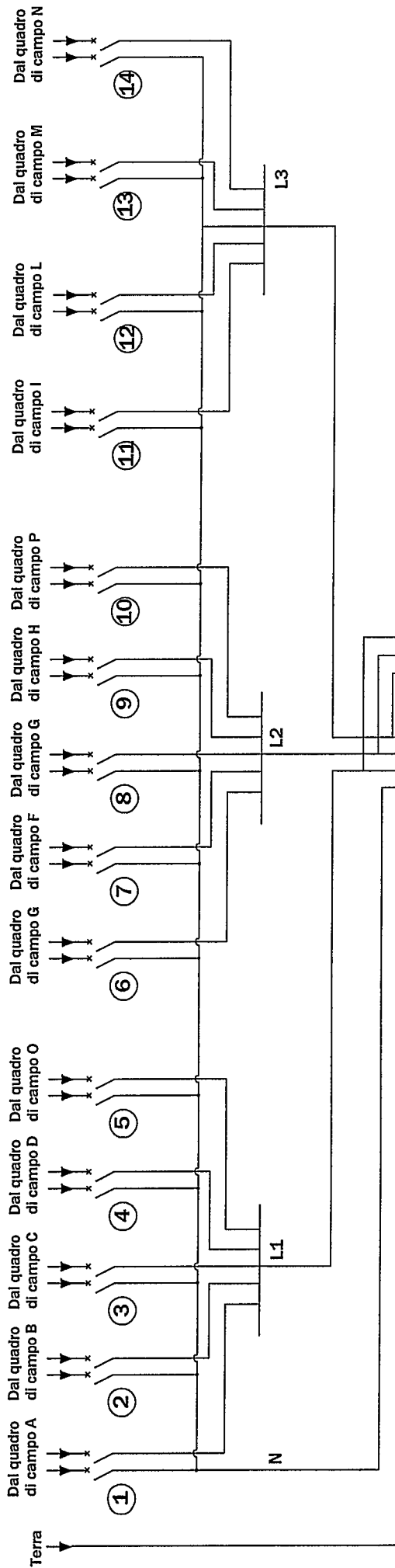


Via Lippi e Macia 11r, 50127 Firenze
Tel/fax: +39-055-414553 ~ e-mail: info@studiocei.com

INDICE TAVOLE

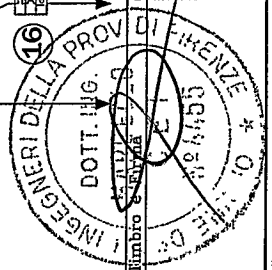
- TAVOLA *IQ_01* Schema Multifilare
- TAVOLA *IQ_02* Quadro di Interfaccia
- TAVOLA *IQ_03* Quadro di Distribuzione
- TAVOLA *IQ_04* Quadro di Stringa
- TAVOLA *IQ_05* Quadro di Generatore A
- TAVOLA *IQ_06* Quadro di Generatore B

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

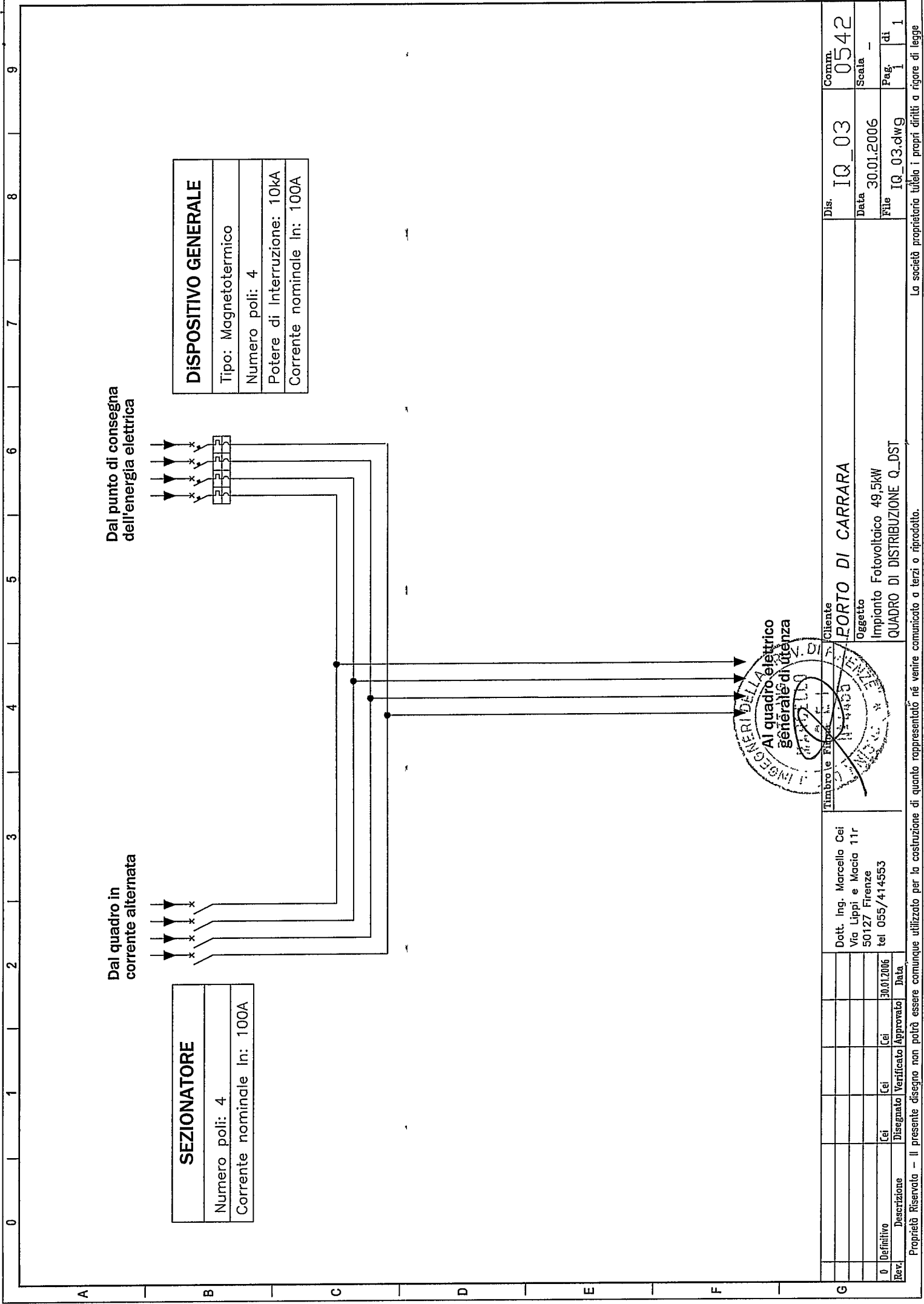


SEZIONATORI 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14 Numero poli: 2 Corrente nominale In: 20A	
INTERUTTORE 15 Numero poli: 4 Potere di interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A	
INTERUTTORE DI INTERFACCIA Numero poli: 4 Corrente nominale In: 100A	
INTERUTTORE 16 Numero poli: 4 Potere di interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A Corrente differenziale: 0,03A Tipo differenziale: AC Sezione cavo: 5x25mmq	
SCARICATORE DI SOVRATENSIONE Numero poli: 4 Tensione nominale Vn: 400V Corrente impulsiva nominale di scarica (8/20) In: 20kA	

DISPOSITIVO DI INTERFACCIA
Minima Tensione: 0,8Vn=184V
Massima Tensione: 1,2Vn=276V
Minima Frequenza: 49,7 Hz
Massima Frequenza: 50,3 Hz



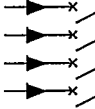
Dis. IQ_02		Comm. 0542
Data 30.01.2006		Scala -
File IQ_02.dwg		Pag. di 1
Clienti PORTO DI CARRARA		
Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5 kW		
QUADRO DI INTERFACCIA Q_IF		
Dott. Ing. Marcello Cei		
Via Lippi e Macia 11r		
50127 Firenze		
tel 055/414553		
Descrizione	Disegnato	Verificato
0 Definitivo	Cei	Cei
Rev.	Approvato	Data



SEZIONATORE

Numero poli: 4
Corrente nominale In: 100A

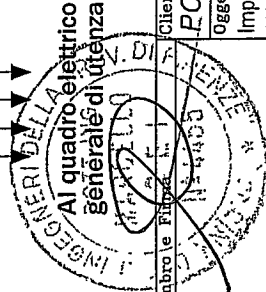
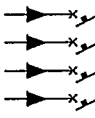
Dal quadro in
corrente alternata



DISPOSITIVO GENERALE

Tipo: Magnetotermico
Numero poli: 4
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 100A

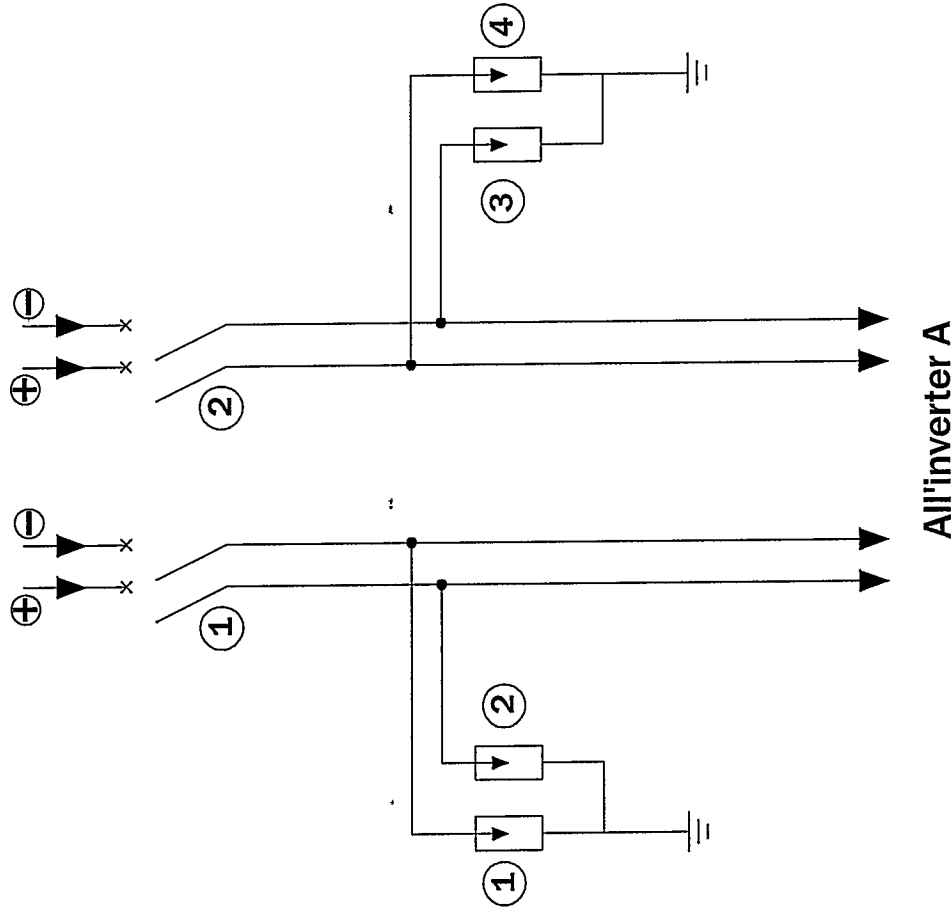
Dal punto di consegna
dell'energia elettrica



Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		Dis. IQ_03		Comm. 0542
Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5kW		Data 30.01.2006		Scala -
QUADRO DI DISTRIBUZIONE Q_DST		File IQ_03.dwg		Pag. 1 di 1

Nota: Tale quadro deve essere ripetuto per ogni coppia di stringhe del generatore fotovoltaico, come mostrato nello schema multifilare (Tav. IQ_01)

Dalla stringa A1
Dalla stringa A2

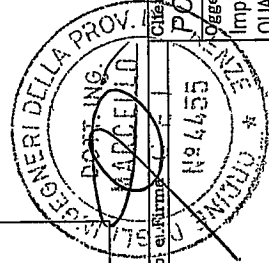


SEZIONATORI 1-2

Tipologia: sezionatore DC
Tensione nominale: 600V DC

SCARICATORI DI SOVRATENSIONE 1-2-3-4

Numero poli: 1
Tensione di riferimento c.c.: 585V
Corrente impulsiva nominale di scarica
(8/20) In: 20kA



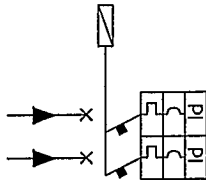
Rev.	Descrizione		Disegnato		Verificato		Approvato		Data	
	0	Definitivo	Cei	Cei	Cei	Cei	Cei	Cei	30.01.2006	

Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI STRINGA Q_ST

Dis. IQ_04
Data 30.01.2006
File IQ_04.dwg
Pag. 1 di 1
Comm. 0542
Scala -

Da
Inverter A



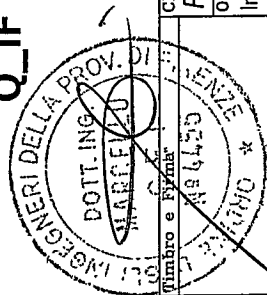
Bobina di sgancio a minima
tensione comandata dal
dispositivo di interfaccia

DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x16mmq

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati E e I.

Al quadro
Q_IF



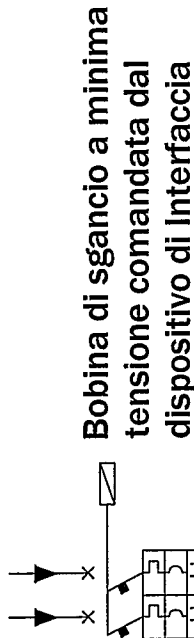
Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Rev	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato	Data
0	Definitivo	Cei	Cei	Cei	30.01.2006

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE A

Dis.	IQ_05	Comm.	0542
Data	30.01.2006	Scala	-
File	IQ_05.dwg	Pag.	1
		di	1

Da
Inverter B

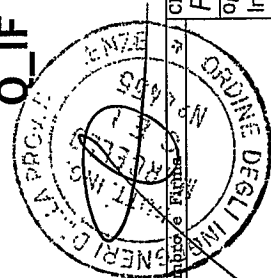


DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x10mmq

Al quadro
Q_IF

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati C, D, F, G, H, L, M,
N, O e P



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Rev.	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato	Data
0	Definitivo	Cei	Cei	Cei	30.01.2006

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE B

Dis.	Comm.
IQ_06	0542
Data	30.01.2006
File	IQ_06.dwg
Pag.	di 1

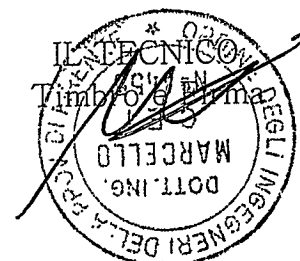


***Realizzazione di un impianto fotovoltaico di
potenza pari a 49,5 kW presso il magazzino E
situato in viale Zaccagna, comune di
Carrara (MS)***

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione tecnica

Firenze 30/01/2006



RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. GENERALITA'.....	2
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	3
3. DATI DI PROGETTO	4
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	5
4.1 MODULI FOTOVOLTAICI.....	5
4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO.....	6
4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA.....	7
4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA.....	9
4.5 QUADRO DI GENERATORE.....	10
4.6 QUADRO DI INTERFACCIA.....	11
4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE	12
4.8 CAVI DI CABLAGGIO	13
5. IMPIANTO DI TERRA.....	14
6. VERIFICHE DI PROGETTO	15
6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	15
6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI.....	15
6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	16
7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA.....	17
8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO	19

1. GENERALITA'

La presente relazione si riferisce al progetto di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica tramite energia solare sfruttando la conversione fotovoltaica. Tale impianto è caratterizzato da una potenza di picco pari **49,5 kW_p** in tipologia grid connected (connesso alla rete) da installare sulla copertura del magazzino E situato in viale Zaccagna, nel comune di Carrara.

La scelta dell'applicazione della tecnologia fotovoltaica è stata dettata principalmente dalle seguenti motivazioni:

- produzione di energia elettrica senza nessuna emissione di sostanze inquinanti;
- risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico.

Il presente documento fornisce le descrizioni tecniche sia per quanto riguarda le strutture e i materiali per la realizzazione dell'impianto in oggetto sia le connessioni elettriche tra i vari elementi costituenti l'impianto stesso, il tutto come indicato negli elaborati grafici di progetto allegati.

Nella scelta dei materiali non univocamente specificati si precisa che:

- tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici dovranno essere adatti all'ambiente in cui andranno installati e dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio;
- tutti i materiali per l'esecuzione delle opere previste dovranno avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore;
- in particolare i materiali e gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del Marchio di Qualità saranno muniti del contrassegno **I.M.Q.**, o marchio di qualità equivalente.

Si ricorda che gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come previsto dalla Legge n.186 del 1/03/1968 e ribadito dalla Legge n.46 del 5/03/1990.

Come previsto dall'articolo 4 comma 3 del DPR 447 del 6 dicembre 1991, qualora gli impianti subiscano delle varianti durante l'esecuzione dei lavori, si dovrà provvedere a integrare il presente progetto con la necessaria documentazione in modo che gli elaborati finali risultino "come costruiti" ("As Built").

Le indicazioni contenute nella presente relazione dovranno in ogni caso essere integrate da eventuali prescrizioni aggiuntive richieste dall'ENEL per l'allacciamento alla rete di distribuzione.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- DPR 547/55 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- 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.
- D.Lgs 626/94 Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.
- D.Lgs 493/94 Attuazione della direttiva CEE concernente le prestazioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro.
- Dm 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare 4 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-3 guida per la compilazione della documentazione per Legge 46/90
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- 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 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 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- DK 5950: Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete BT di distribuzione.

3. DATI DI PROGETTO

Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

- Destinazione d'uso: magazzino.
- Normativa specifica relativa alla struttura in oggetto: nessuna
- Rete di collegamento esistente: bassa tensione 3F+N
- Sistema di distribuzione: T-T secondo le norme CEI 64-8
- Misura dell'energia prelevata dalla rete: contatore generale installato all'esterno;
- Punto di consegna: quadro generale posto a piano terra.

Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

- Tipo di installazione: su copertura a falda con inclinazione circa pari a 5°;
- Orientamento del generatore fotovoltaico: sud-ovest (azimut 33°);
- Posizionamento degli inverter: in esterno con fissaggio su strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, come indicato nell'allegato grafico.

Dati di progetto relativi alle influenze esterne

- Temperatura:
 - Min/max esterna: -10°C/+45°C
 - Min/Max all'interno degli edifici: +5°C/+35°C
- Altitudine: 0 m sul livello del mare
- Latitudine: 44°02' N
- Longitudine: 10°03' E
- Installazione dei moduli fotovoltaici in ambiente salino.

4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il Generatore fotovoltaico sarà installato sul tetto dell'edificio con orientamento sud-ovest mediante una adeguata struttura di sostegno in modo da ottenere una inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.

I moduli fotovoltaici saranno disposti su più file, come mostrato nell'elaborato grafico allegato, per un totale di 330 elementi, ciascuno con potenza nominale di 150Wp.

La potenza del generatore fotovoltaico, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard (STC: Standard Test Condition), risulta quindi pari a 49,5 kWp.

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione risulta composto dai seguenti elementi:

- Moduli fotovoltaici (FV)
- Strutture di sostegno
- Stringhe e Quadri di stringa
- Gruppo di conversione corrente continua/corrente alternata
- Quadro di interfaccia
- Quadro di distribuzione
- Cavi di cablaggio

4.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Nel seguente progetto sono stati considerati moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, aventi ognuno una struttura caratterizzata da 72 celle di silicio monocristallino collegate in serie tra loro. Le caratteristiche elettriche dei moduli, misurate in condizioni standard, dovranno essere pari a quelle dei migliori moduli in silicio monocristallino di tipo commerciale. A titolo indicativo, nella stesura del presente progetto, sono stati considerati moduli al silicio monocristallino con potenza pari a 150 Wp.

Tale criterio è stato utilizzato per avere indicazioni sia per l'inserimento architettonico del generatore fotovoltaico che per il dimensionamento elettrico. Con tale riferimento il generatore fotovoltaico risulterà costituito da un totale di 330 moduli organizzati in 28 stringhe di cui 24 composte da 12 moduli ciascuna, 2 composte da 11 moduli e le restanti 2 da 10 moduli ognuna.

Caratteristiche dei moduli

Le presenti caratteristiche si riferiscono alle seguenti condizioni standard:

$A_m=1,5$; $E=1Kw/mq$, $T=25^{\circ}C$

▪ **caratteristiche elettriche**

- Tipo di pannello: silicio monocristallino
- Potenza massima: $150 Wp \pm 5\%$
- Tensione nominale: 24V
- Corrente di corto circuito: 4.7 A
- Tensione a vuoto: 43,2 V
- Corrente alla massima potenza: 4,35A
- Tensione alla massima potenza: 34,6V

▪ **caratteristiche dimensionali**

- Dimensioni: 1590 x 790 x 39.5 mm
- Peso: 14,4 Kg

▪ **caratteristiche costruttive**

- Contatti: ridondanti multipli;
- Cornice: alluminio anodizzato;
- Scatola di connessione: IP65 con diodi di By-pass
- Fronte modulo: vetro temperato ad alta trasmittanza
- Retro modulo: protezione con Tedlar
- Certificazione: IEC 61215 – Calsse II – Omologazione TUV

4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli fotovoltaici saranno disposti su file e ancorati sulla copertura dell'edificio in oggetto mediante strutture di sostegno a triangolo regolabile in alluminio anodizzato con bulloneria e staffe in acciaio inox, adatta per l'installazione in ambiente salino.

Per l'esatto posizionamento delle file dei moduli e la distanza tra le file si rimanda all'elaborato grafico di progetto. Si precisa che il calcolo delle distanze tra le file è stato eseguito in modo

da considerare un angolo limite formato dal raggio solare col piano orizzontale pari a 15° . Ciò significa che solo nella porzione giornaliera in cui la radiazione solare ha una inclinazione minore di tale valore si verifica il parziale ombreggiamento delle file retrostanti alla prima con conseguenti perdite energetiche. Tale valore comunque risulta un ottimo compromesso tra la superficie occupata dal generatore e la sua perdita di rendimento, ovviamente con riferimento alla latitudine del sito in oggetto.

Considerando, inoltre, che per ottenere il miglior rendimento del generatore fotovoltaico, pesato su tutto l'arco dell'anno, risulta necessario ottenere una inclinazione dei moduli di circa 30° rispetto al piano orizzontale, sarà inoltre opportuno regolare le sopra citate strutture di sostegno con inclinazioni rispettivamente di 25° e 35° , a seconda delle falde della copertura in cui saranno ancorate, le quali presentano infatti una inclinazione di circa 5° rispetto alla superficie orizzontale. Per una maggiore chiarezza si rimanda al particolare A dell'elaborato grafico allegato.

4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA

Al fine di ottenere una potenza di picco pari a 49,5 kWp del generatore fotovoltaico sopra descritto diviene necessario collegare i moduli fotovoltaici in stringhe. In particolare si avranno stringhe formate da 12 moduli, stringhe formate da 11 moduli e stringhe formate da 10 moduli.

E' conveniente precisare che le caratteristiche elettriche delle stringhe dipendono ovviamente dalla temperatura alla quale i moduli si trovano ad operare. Infatti si verifica che il massimo valore della tensione a vuoto di ciascun modulo si ottiene in corrispondenza della temperatura minima ipotizzabile di funzionamento, mentre per temperature maggiori si hanno tensioni che progressivamente decrescono.

Per il dimensionamento elettrico abbiamo quindi assunto i seguenti limiti termici di funzionamento, tenendo conto del sito in oggetto e includendo ovviamente un certo margine di sicurezza:

- Temperatura minima di esercizio (T_{min}): -10°C
- Temperatura massima di esercizio (T_{min}): $+70^\circ\text{C}$

Mediante tali valori è possibile ricavare le seguenti caratteristiche di stringa:

Caratteristiche stringa da 12 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1800 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ T_{min}=-10°C: 482V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 361V
- Minima tensione di stringa @ T=+70°C = 264V

Caratteristiche stringa da 11 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1650 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ T_{min}=-10°C: 442V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 331V
- Minima tensione di stringa @ T_{max}=70°C = 242V

Caratteristiche stringa da 10 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1500 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ T_{min}=-10°C: 402V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 301V
- Minima tensione di stringa @ T_{max}=70°C = 220V

Per ogni coppia di stringhe che andranno in ingresso ai convertitori c.c/a.c si prevede inoltre l'installazione di un quadro elettrico (Quadro di Stringa) che contenga al proprio interno due sezionatori, al fine di poter scollegare ogni stringa dal resto del generatore. Tali sezionatori possono risultare utili durante le opere di manutenzione, oppure nel caso in cui sia necessario scollegare una stringa interessata da un guasto.

Inoltre, per salvaguardare il lato in corrente continua del convertitore c.c/c.a, è opportuno inserire opportuni scaricatori di sovratensione (SPD) di classe II collegati rispettivamente tra positivo (+) e terra e tra negativo (-) e terra di ogni stringa.

Per il dimensionamento degli elementi e le connessioni elettriche si rimanda allo schema elettrico allegato (tav IQ_04).

I quadri di stringa sopra descritti saranno installati in prossimità delle stringhe stessa, fissati alle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02) Essi dovranno quindi essere tali da offrire ottima resistenza agli agenti atmosferici, quali pioggia, calore ecc.

4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA

Il sistema di conversione costituisce l'interfaccia tra il campo fotovoltaico e la rete locale dell'ENEL. Il condizionamento della potenza consiste fondamentalmente delle seguenti parti:

- Filtro lato corrente continua;
- Ponte a semiconduttori;
- Unità di controllo;
- Filtro d'uscita;

Il sistema di conversione c.c/a.c sarà composto da 14 inverter a commutazione forzata che, funzionando in parallelo con la rete dell'ENEL, forniranno l'energia generata dal campo fotovoltaico, inseguendo il punto di massima potenza.

Per impedire interferenze elettromagnetiche essi sono dotati di filtri sui lati di entrata e uscita, secondo CEI 110-6/7 e 8; sono inoltre conformi con la normativa CEI 11-20 per il parallelo.

Caratteristiche tecniche inverter:

- Potenza nominale AC: 3600 W
- Range assoluto di tensione in ingresso: 0-600 V (360 nominale)
- Range Operativo per Max Power Point Tracking (MPPT): 90-580 V (360 nominale)
- Range della tensione di uscita AC nominale: monofase 211-264 (può essere regolata per soddisfare le normative nazionali)
- Frequenza di uscita AC nominale: 50 Hz
- Fattore di potenza sulla linea: 1
- Corrente massima sulla linea AC: 16 A
- Distorsione corrente AC: <2.5% THD alla potenza di targa con tensione sinusoidale;
- Rendimento massimo: 96%
- Temperatura ambiente di esercizio: da -25°C a +60°C

- Grado di protezione ambientale: IP65
- Dimensioni: 420 x 326 x 141 mm
- Peso: 13 Kg
- Norme di riferimento: CEI 11-20, DK5950, IEC61683, IEC61727, EN50081, EN50082, EN61000

Riprendendo le caratteristiche elettriche delle stringhe elencate precedentemente, risultano pienamente soddisfatte le seguenti relazioni:

- Massima tensione di stringa < Massima tensione in ingresso inverter (600V)
- Massima tensione di stringa < Massima tensione della finestra MPPT (580V)
- Minima tensione di stringa > Minima tensione della finestra MPPT (90V)

La prima delle tre relazioni stabilisce che la tensione massima di stringa non superi mai la tensione massima ammissibile all'ingresso dell'inverter, mentre la seconda e la terza assicurano che la tensione di stringa non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall'inseguitore MPPT per la migliore gestione della potenza estratta dal generatore fotovoltaico.

Le informazioni relative al corretto funzionamento dell'inverter e ai dati di produzione e funzionamento del sistema, vengono evidenziati direttamente su un display LC installato sul coperchio anteriore dell'inverter stesso.

Si prevede l'installazione dei 14 inverter al di sotto dei moduli fotovoltaici, mediante fissaggio degli stessi sulle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02). A tale scopo sarà necessario utilizzare inverter in tipologia Outdoor.

4.5 QUADRO DI GENERATORE

Immediatamente a valle di ogni inverter viene installato un quadro, denominato Quadro di Generatore, come mostrato negli schemi allegati (IQ_05 e IQ_06)

Tale quadro contiene al proprio interno il Dispositivo di Generatore, ovvero un interruttore magnetotermico con protezione differenziale di tipo B, accessoriato con bobina ausiliaria comandata a mancanza di tensione, con funzione di escludere ogni singolo inverter in condizioni di "aperto", ai sensi della DK 5950. Tale interruttore ha inoltre anche il compito di

proteggere la linea di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia da cortocircuiti, sovraccarichi e contatti indiretti.

Essendo installato all'esterno dovrà essere tale da garantire adeguata protezione contro gli agenti atmosferici (grado di protezione IP65).

4.6 QUADRO DI INTERFACCIA

In riferimento allo schema riportato in tav. IQ_02, le linee di uscita bipolari dei 14 inverter vengono condotte all'interno di un quadro elettrico posto al piano terra in prossimità del quadro elettrico generale. In tale quadro è installati il dispositivi di sicurezza richiesto per l'allaccio della rete fotovoltaica alla rete di distribuzione in bassa tensione, quale il dispositivo di interfaccia, e il contatore dell'energia fotovoltaica prodotta.

Inoltre all'interno dello stesso si realizzano i collegamenti elettrici al fine di realizzare una linea di uscita trifase in bassa tensione compatibile con la rete di distribuzione a quale sarà connessa.

4.6.1 Dispositivo di interfaccia

Per separare la rete di distribuzione ordinaria da quella alimentata dal generatore fotovoltaico viene installato un contattore con bobina di apertura a mancanza di tensione, combinato con un interruttore automatico, su cui agiscono le protezioni di interfaccia, le quali sono costituite essenzialmente da relè di frequenza e di tensione.

Le funzioni di protezione di interfaccia previste dalla norma CEI 11-20 sono:

- protezione di minima tensione;
- protezione di massima tensione;
- protezione di minima frequenza
- protezione di massima frequenza.

Nella seguente tabella sono riportate le taratura che devono essere impostate sulle protezioni di interfaccia:

PROTEZIONE	ESECUZIONE	VALORE DI TARATURA	TEMPO DI INTERVENTO
<i>protezione di minima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>0,8Vn</i>	<i>0,1s</i>
<i>protezione di massima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>1,2Vn</i>	<i>0,2s</i>
<i>protezione di minima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>49,7 Hz</i>	<i>senza ritardo</i>
<i>protezione di massima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>50,3</i>	<i>Senza ritardo</i>

Tali protezioni, agendo sul dispositivo di interfaccia, sconnettono l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria il generatore fotovoltaico possa alimentare la rete di distribuzione stessa;
- in caso di guasto sulla rete di distribuzione il generatore fotovoltaico possa continuare ad alimentare il guasto stesso prolungandone il tempo di estinzione dell'anomalia e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza.

4.6.2 Contatore di energia

Nel quadro di interfaccia viene inserito un contatore di energia attiva trifase idoneo a consentire la contabilizzazione dell'energia fotovoltaica prodotta dall'impianto in oggetto.

4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE

A fianco del quadro generale viene inserito il quadro di distribuzione in cui si effettua la connessione tra la rete di bassa tensione in arrivo dal punto di consegna e la rete proveniente dall'impianto fotovoltaico. In tale quadro viene inserito, in accordo con il DK 5950, il dispositivo generale consistente in un interruttore con protezione magnetotermica in modo che in condizioni di "aperto" escluda l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica.

4.8 CAVI DI CABLAGGIO

Per quanto riguarda le connessioni elettriche si dovranno utilizzare i seguenti cavi con le relative dimensioni:

- Collegamento tra stringa e quadro di stringa: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra quadro di stringa e inverter: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati A, E ed I e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3.x16mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati B, C, D, F, G, H, , L, M, N, O e P e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3.x10mmq
- Collegamento tra quadro di interfaccia e quadro di distribuzione: cavo FG7(O)R multipolare, 5x25mmq.
- Conduttore di protezione per collegamento equipotenziale delle strutture di fissaggio: cavo N07V-K, 1x6mmq
- Conduttore di protezione a valle degli scaricatori di sovratensione: N07V-K, 1x16mmq

I collegamenti tra i moduli fotovoltaici in serie dovranno essere effettuati mediante spezzoni di cavo con sezione 2,5mmq e connettori Multicontact. Tali cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali ricavati nei profili delle strutture di fissaggio.

Per quanto riguarda la posa dei conduttori di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia si prevede l'utilizzo di canala chiusa in acciaio zincato di dimensioni adeguata, grado di protezione IP65, con installazione sulla copertura dell'edificio interessato dall'intervento e sulla parete interna per quanto riguarda la calata al piano terra. Per in particolari si rimanda all'allegato grafico di progetto (Tav IF_02).

5. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra è costituito dagli elementi conduttori in grado di convogliare nel terreno la corrente dispersa a seguito del cedimento dell'isolamento di un qualsiasi componente dell'impianto elettrico; esso dovrà essere realizzato in conformità a quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, CEI 64-12 nonché al D.P.R. 547 e DPR 462/01.

Il collegamento di terra dell'impianto fotovoltaico in oggetto avviene portando il conduttore equipotenziale dell'impianto, di colore giallo verde, al nodo di terra esistente.

Per quanto riguarda la messa a terra delle masse metalliche relative alle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e degli scaricatori di sovratensione (SPD) installati all'interno dei quadri di stringa si prevede invece la realizzazione di un impianto dedicato con l'installazione di un dispersore in acciaio con rivestimento in rame avente un diametro di 18 mm. e una lunghezza di 1500 mm, da collegarsi all'impianto di terra di edificio esistente.

Per i collegamenti dovrà essere utilizzato cavo N07V-K di sezione pari a 16mmq e corda di rame nudo di sezione 35mmq per la calata fino al sopra citato pozzetto di terra.

Per il collegamento equipotenziale delle strutture di sostegno si dovrà invece utilizzare cavo N07V-K con sezione pari a 6mmq, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox alle traverse delle strutture stesse. Se è garantita la continuità tra le varie strutture componenti una stessa fila è sufficiente collegare un solo punto della stessa all'impianto di terra.

Ad impianto ultimato la ditta installatrice dovrà verificare il valore della resistenza di terra misurato dal nodo di allacciamento al sistema di dispersione esistente nelle ordinarie condizioni di esercizio, in modo da verificare l'efficienza del sistema di protezione dai contatti indiretti relativo alla porzione di impianto realizzato, secondo quanto previsto dalle vigenti normative; il valore misurato dovrà essere riportato nella dichiarazione di conformità che la ditta dovrà rilasciare ai sensi della L. 46/90 e relativo regolamento di attuazione.

I materiali e componenti per impianti di terra dovranno essere conformi alle seguenti normative: CEI 11 – 8, CEI 64 – 8, CEI 81 - 1 , CEI 64 – 12, DPR N°547 e DPR N°462.

6. VERIFICHE DI PROGETTO

6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

All'inizio di ogni unità di impianto, sarà assicurata la protezione da sovraccarico e cortocircuito mediante opportuni dispositivi di interruzione automatica di massima corrente, in grado di interrompere la massima corrente di corto circuito che può verificarsi nei punti in cui sono installati; la protezione sarà estesa a tutti i poli del circuito; non verranno mai installati dispositivi che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente i conduttori di fase.

Le protezioni delle linee principali verranno dimensionate secondo le prescrizioni della norma CEI 64-8; in particolare il valore della corrente nominale di intervento dei dispositivi di protezione verrà scelta in base alle relazioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F \leq I_Z$$

Si realizzerà inoltre il coordinamento tra il valore dell'energia passante dall'interruttore e quello sopportabile dalla conduttura protetta, in modo da non dare luogo a surriscaldamenti, pericolosi per quest'ultima in qualsivoglia condizione di guasto, verificando la relazione:

$$I^2 t \geq K^2 S^2$$

Anche per le singole derivazioni, effettuate con singolo circuito o cavo posato in proprio tubo o comunque separato dagli altri, è stato impiegato cautelativamente lo stesso coefficiente.

6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione da questo tipo di pericolo sarà attuata mediante l'impiego di componenti dotati di isolamento principale e/o supplementare e opportuni involucri di protezione in grado di garantire il grado di protezione minimo IPXXB a tutti i componenti dell'impianto.

All'interno dei quadri installati il grado di protezione sarà conforme alle Norme relative e, comunque, non inferiore a IP 20, mentre per la parte esterna non sarà inferiore a IP 40 a porta chiusa; per quanto concerne in particolare il punto di attestazione della linea di alimentazione

principale, dovrà essere adottata un'adeguata protezione mediante l'impiego di opportuni coprimorsetti isolanti.

Come sistema di protezione addizionale, a monte di tutte le linee, saranno infine installati dispositivi di tipo differenziale, che realizzano pertanto una protezione aggiuntiva mediante interruzione dell'alimentazione nei confronti del tipo di rischio elettrico in oggetto.

6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

La protezione dai contatti indiretti dei circuiti terminali in uscita dai rispettivi quadri di zona sarà attuata mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Per assicurare ciò è stato ovviamente garantito il coordinamento tra la resistenza di terra e la corrente nominale di intervento degli interruttori differenziali posti sui quadri di distribuzione.

7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA

I calcoli relativi alla quantità di energia annua producibile dal generatore fotovoltaico oggetto del presente documento sono relativi ai dati radiometrici della provincia di Massa Carrara secondo le norme 10349 – 8477. Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'energia mensilmente captata dal piano dei moduli avente un Azimut di 33° (esposizione a sud-ovest) e inclinato di 30° rispetto al piano orizzontale.

Calcolo irraggiamento su piano inclinato ed orientato (UNI 10349 - 8477)					
Località:					
Massa Carrara					
		Latitudine		44,02	Nord
		IRRAGGIAMENTO			
		MJ/mq/giorno	kWh/mq/giorno	kWh/mq/giorno	
	ρ	Piano Orizzontale	Piano Orizzontale	Azimut=	33
				Tilt=	30
GENNAIO	0,2	5,30	1,47	2,24	
FEBBRAIO	0,2	8,30	2,31	3,12	
MARZO	0,2	12,60	3,50	4,20	
APRILE	0,2	16,90	4,69	5,01	
MAGGIO	0,2	20,20	5,61	5,51	
GIUGNO	0,2	23,20	6,44	6,10	
LUGLIO	0,2	25,40	7,06	6,81	
AGOSTO	0,2	21,00	5,83	6,06	
SETTEMBRE	0,2	15,80	4,39	5,09	
OTTOBRE	0,2	10,40	2,89	3,82	
NOVEMBRE	0,2	5,80	1,61	2,36	
DICEMBRE	0,2	4,70	1,31	2,09	
Irrag. Medio giorno		14,13	3,93	4,37	
Irrag. Medio anno		5158,67	1432,96	1594,1	

Utilizzando per l'irraggiamento i dati riportati nella precedente tabella e assumendo un rendimento del sistema pari al 75% dell'efficienza nominale del generatore fotovoltaico è possibile stimare l'energia che il sistema è in grado di produrre. Al fine della valutazione dell'energia consideriamo le seguenti caratteristiche del generatore fotovoltaico:

- Potenza Modulo FV: $P_m=150 \text{ Wp}$
- Superficie modulo FV: $S_m=1,256 \text{ mq}$
- Numero totale moduli FV: $N= 330$
- Superficie complessiva del generatore FV: $S_g=414,48\text{mq}$
- Potenza di picco del generatore FV: $P_p=49,5 \text{ kWp}$

L'efficienza nominale del generatore fotovoltaico può essere così stimata:

$$E_n = P_p/S_g = 0,119$$

Considerando un rendimento globale dell'impianto pari al 75% l'efficienza operativa media annua dell'impianto stesso risulta:

$$E(o.m.a.) = 75\% \text{ di } E_n = 0,09$$

L'energia elettrica annua producibile per metro quadro di generatore risulta quindi:

$$E_p = E(o.m.a.) \times 1594,1 = 142,8$$

dove 1594,1 è la quantità di energia solare annualmente captata dal piano dei moduli, come indicato nella precedente tabella.

L'energia annua producibile dall'impianto fotovoltaico risulta quindi pari a:

$$E = E_p \times S_g = 59181,5 \text{ kWh/anno}$$

ovvero

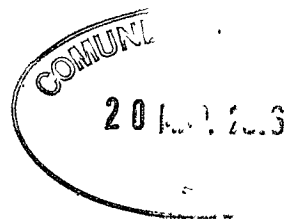
$$59,182 \text{ MWh/anno}$$

8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO

- **Angolo di Tilt:** angolo che la superficie forma con l'orizzonte; è misurato positivamente dal piano orizzontale verso l'alto.
- **Azimuth:** angolo orizzontale misurato in senso orario a partire dal sud. Un Azimuth di 0° indica il Sud, un Azimuth di 90° indica l'ovest, un Azimuth di 180° indica il nord e un Azimuth di 270° indica l'est.
- **Campo fotovoltaico:** insieme dei moduli fotovoltaici, connessi elettricamente tra loro e installati meccanicamente nella loro sede di funzionamento.
- **Cella fotovoltaica:** dispositivo fotovoltaico che converte la radiazione solare in elettricità.
- **Convertitore cc/ca, inverter:** dispositivo elettronico statico che converte la corrente continua in corrente alternata.
- **Corrente di cortocircuito:** Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- **Inverter a commutazione forzata:** inverter in cui la forma e la frequenza della tensione di uscita è generata da un circuito elettronico oscillatore che permette alla macchina di funzionare come generatore.
- **Diodo di By-pass:** diodo connesso in antiparallelo ad uno o più moduli, allo scopo di fornire un percorso alternativo alla corrente elettrica in caso di oscuramento o di guasto del modulo.
- **Efficienza [%]:** rapporto tra la potenza (o l'energia) in uscita e quella in ingresso.
- **Inseguitore del punto di massima potenza (MPPT):** circuito elettronico che permette di mantenere il punto di lavoro del campo fotovoltaico al punto di picco di potenza della curva I-V in qualsiasi condizione di temperatura e irraggiamento.
- **Potenza di picco:** è la potenza massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento.
- **Stringa:** insieme di moduli collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione di lavoro del campo fotovoltaico.
- **Tensione a vuoto:** Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Dott. Ing. Marcello Cei

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n°4455
C.F. CEIMCL69E11D612K ~ P.IVA 05179590483



Usato bene C

***Realizzazione di un impianto fotovoltaico
di potenza pari a 49,5 kW presso l'edificio
situato in viale Zaccagna 38b, comune di
Carrara (MS)***

Quadri e Schema Multifilare

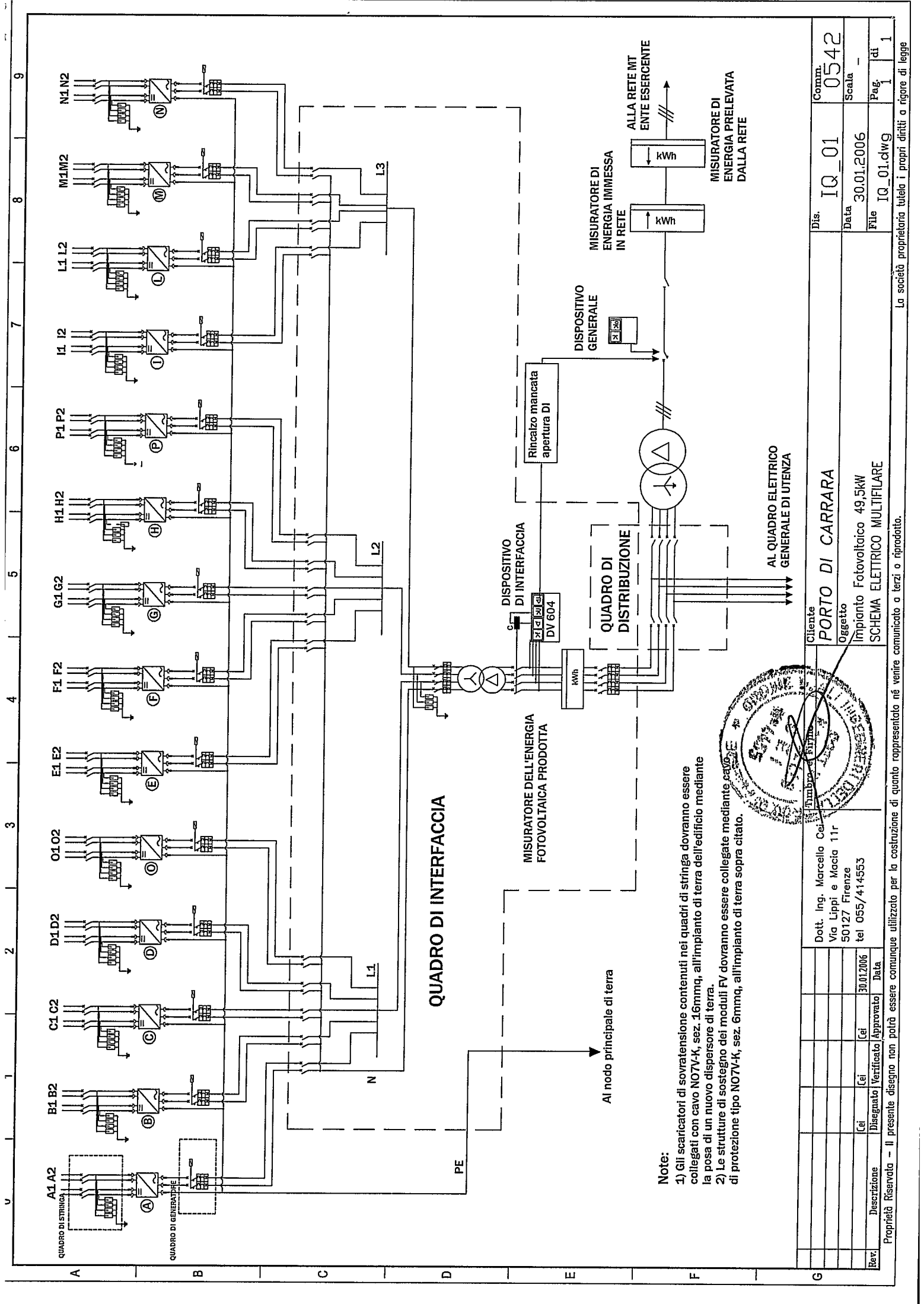
Firenze, 30/01/06



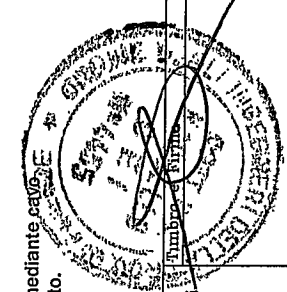
Via Lippi e Macia 11r, 50127 Firenze
Tel/fax: +39-055-414553 ~ e-mail: info@studiocei.com

INDICE TAVOLE

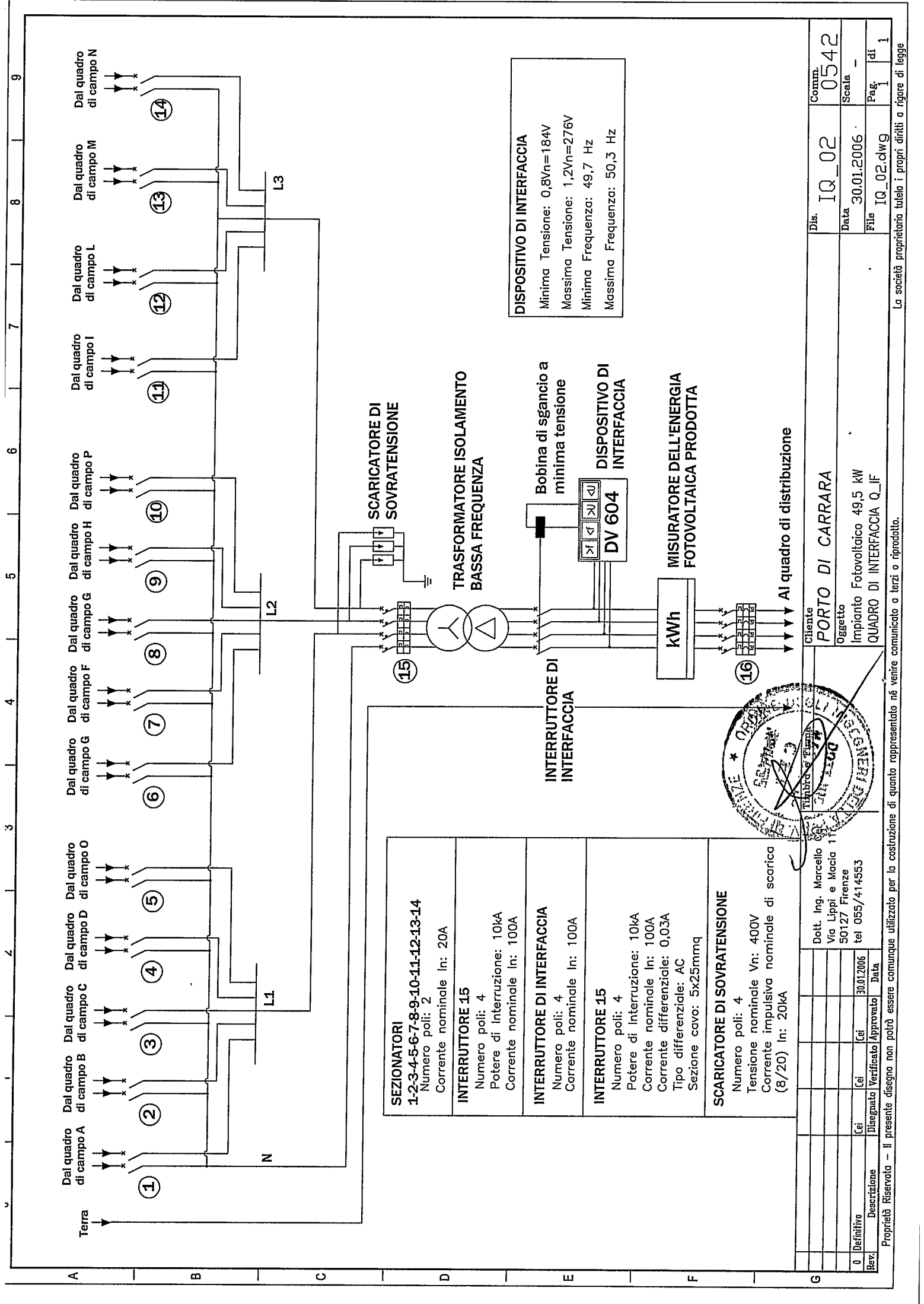
- TAVOLA *IQ_01* Schema Multifilare
- TAVOLA *IQ_02* Quadro di Interfaccia
- TAVOLA *IQ_03* Quadro di Distribuzione
- TAVOLA *IQ_04* Quadro di Stringa
- TAVOLA *IQ_05* Quadro di Generatore A
- TAVOLA *IQ_06* Quadro di Generatore B
- TAVOLA *IQ_07* Quadro di Generatore C



Note:
1) Gli scaricatori di sovratensione contenuti nei quadri di stringa dovranno essere collegati con cavo NO7V-K, sez. 16mmq, all'impianto di terra dell'edificio mediante la posa di un nuovo dispersore di terra.
2) Le strutture di sostegno dei moduli PV dovranno essere collegate mediante cavi di protezione tipo NO7V-K, sez. 6mmq, all'impianto di terra sopra citato.

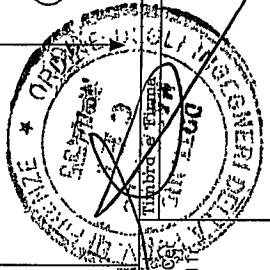


Dis. IQ 01		Comm. 0542
Data 30.01.2006		Scala -
File IQ_01.dwg		Pag. 1 di 1
Clienti PORTO DI CARRARA		
Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5kW		
SCHEMA ELETTRICO MULTIFILARE		
Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		
Rev.	Descrizione	Disegnato Verificato Approvato Data
		Cel Cel Cel 30.01.2006
Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.		
La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge		



DISPOSITIVO DI INTERFACCIA
Minima Tensione: 0,8Vn=184V
Massima Tensione: 1,2Vn=276V
Minima Frequenza: 49,7 Hz
Massima Frequenza: 50,3 Hz

SEZIONATORI 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14 Numero poli: 2 Corrente nominale In: 20A
INTERRUTTORE 15 Numero poli: 4 Potere di Interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A
INTERRUTTORE DI INTERFACCIA Numero poli: 4 Corrente nominale In: 100A
INTERRUTTORE 16 Numero poli: 4 Potere di Interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A Corrente differenziale: 0,03A Tipo differenziale: AC Sezione cavo: 5x25mmq
SCARICATORE DI SOVRATENSIONE Numero poli: 4 Tensione nominale Vn: 400V Corrente impulsiva nominale di scarica (8/20) In: 20kA



Dis. IQ_02		Comm. 0542
Data 30.01.2006		Scala -
File IQ_02.dwg		Pag. di 1
Client: PORTO DI CARRARA		
Oggetto: Impianto Fotovoltaico 49,5 kW		
QUADRO DI INTERFACCIA Q_IF		
Dott. Ing. Marcello		
Via Lippi e Macia 111		
50127 Firenze		
tel 055/414553		
0 Definitivo	Cel	30.01.2006
Rev.	Descrizione	Disegnato Verificato Approvato Data

Dal quadro in
corrente alternata

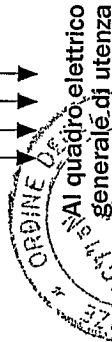
SEZIONATORE

Numero poli: 4
Corrente nominale In: 100A

Al trasformatore MT/BT

SEZIONATORE

Numero poli: 4
Corrente nominale In: 100A



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Cliente
PORTO DI CARRARA

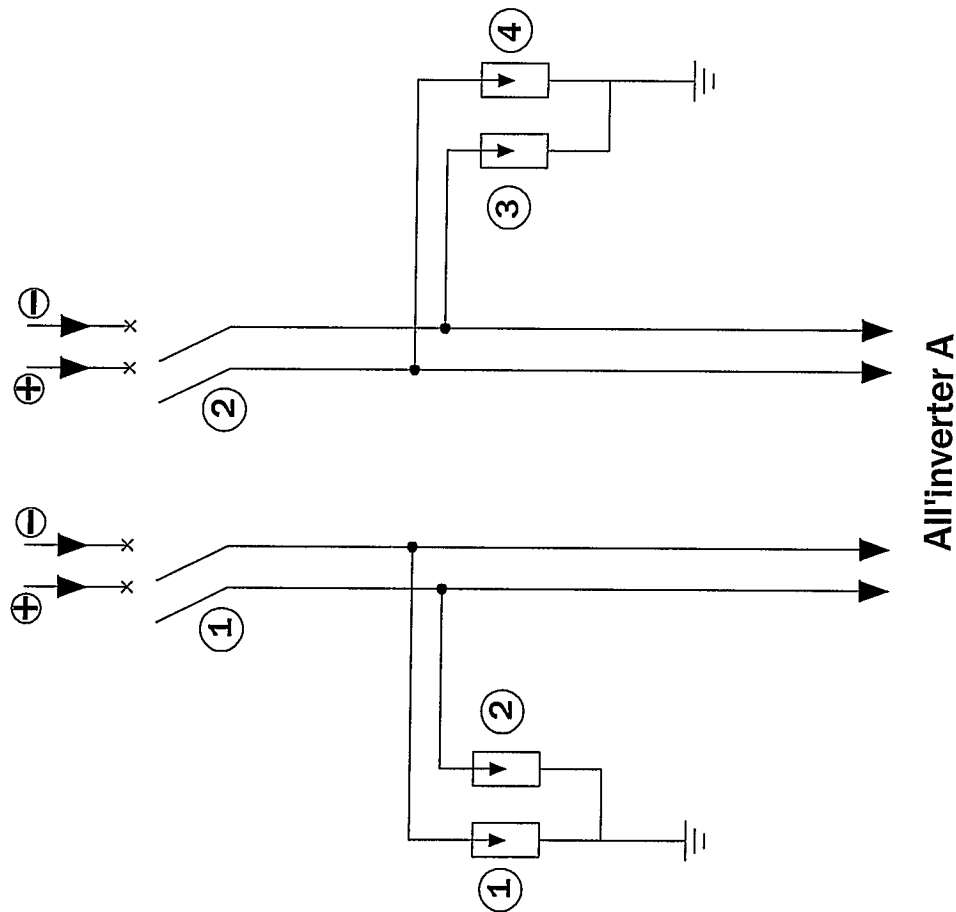
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5kW
QUADRO DI DISTRIBUZIONE Q_DST

Dis. **IQ_03** Comm. **0542**
Data **30.01.2006** Scala **-**
File **IQ_03.dwg** Pag. **1** di **1**

Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.
La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge

Nota: Tale quadro deve essere ripetuto per ogni coppia di stringhe del generatore fotovoltaico, come mostrato nello schema multifilare (Tav. IQ_01)

Dalla stringa A1
Dalla stringa A2



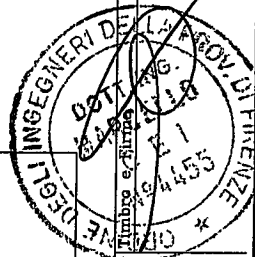
SEZIONATORI 1-2

Tipologia: sezionatore DC
Tensione nominale: 600V DC

SCARICATORI DI SOVRATENSIONE

1-2-3-4

Numero poli: 1
Tensione di riferimento c.c.: 585V
Corrente impulsiva nominale di scarica (8/20) In: 20kA



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Rev.	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato	Data
0	Definitivo	Cei	Cei	Cei	30.01.2006

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI STRINGA Q_ST

Dis.
IQ_04
Comm.
0542
Data
30.01.2006
Scala
-
File
IQ_04.dwg
Pag.
1
di
1

Da
Inverter A

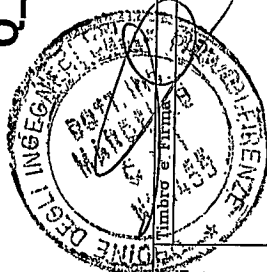
Bobina di sgancio a
minima tensione
comandata dal
dispositivo di interfaccia

DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x16mmq

Al quadro
Q_IF

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati E e I.



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

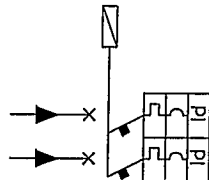
Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE A

Dis. **IQ_05** Comm. **0542**
Data **30.01.2006** Scala **-**
File **IQ_05.dwg** Pag. **1** di **1**

Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.

La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge

Da
Inverter B



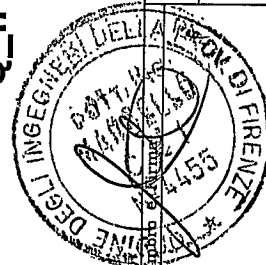
Bobina di sgancio a
minima tensione
comandata dal
dispositivo di interfaccia

DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x10mmq

Al quadro
Q_IF

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati C, F, G, L e M



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Rev.	Descrizione	Disegnato	Verificato	Cei	Approvato	Data
0	Definitivo	Cei	Cei	Cei		30.01.2006

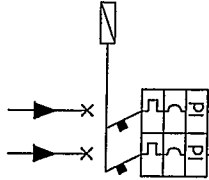
Ciente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE B

Dis.	IQ_06	Comm.	0542
Data	30.01.2006	Scala	-
File	IQ_06.dwg	Pag.	1
		di	1

Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.

La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge

**Da
Inverter D**



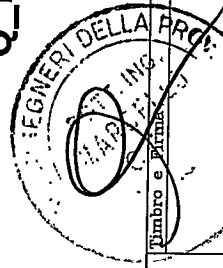
**Bobina di sgancio a
minima tensione
comandata dal
dispositivo di interfaccia**

DISPOSITIVO DI GENERATORE

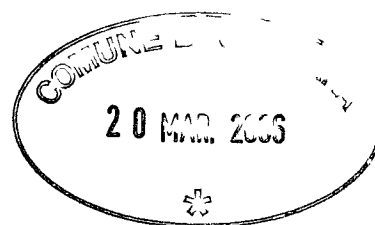
Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x6mmq

**Al quadro
Q_IF**

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati H, N, O e P



Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		Ciente PORTO DI CARRARA	Dis. IQ_07	Comm. 0542
		Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5 kW QUADRO DI GENERATORE D	Data 30.01.2006	Scala -
			File IQ_07.dwg	Pag. 1
				di 1



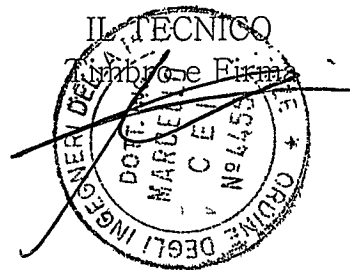
Massimiliano C

***Realizzazione di un impianto fotovoltaico di
potenza pari a 49,5 kW presso l'edificio situato in
viale Zaccagna 38b, comune di
Carrara (MS)***

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione tecnica

Firenze 30/01/2006



RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. GENERALITA'	2
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	3
3. DATI DI PROGETTO	4
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	5
4.1 MODULI FOTOVOLTAICI.....	5
4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO.....	6
4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA.....	7
4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA.....	9
4.5 QUADRO DI GENERATORE.....	10
4.6 QUADRO DI INTERFACCIA.....	11
4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE	12
4.8 TRASFORMATORE.....	12
4.9 DISPOSITIVO GENERALE.....	13
4.10 CAVI DI CABLAGGIO	13
5. IMPIANTO DI TERRA.....	14
6. VERIFICHE DI PROGETTO	15
6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	15
6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI	15
6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	16
7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA	17
8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO	19

1. GENERALITA'

La presente relazione si riferisce al progetto di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica tramite energia solare sfruttando la conversione fotovoltaica. Tale impianto è caratterizzato da una potenza di picco pari **49,5 kW_p** in tipologia grid connected (connesso alla rete) da installare sulla copertura dell'edificio situato in viale Zaccagna n°38b, nel comune di Carrara.

La scelta dell'applicazione della tecnologia fotovoltaica è stata dettata principalmente dalle seguenti motivazioni:

- produzione di energia elettrica senza nessuna emissione di sostanze inquinanti;
- risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico.

Il presente documento fornisce le descrizioni tecniche sia per quanto riguarda le strutture e i materiali per la realizzazione dell'impianto in oggetto sia le connessioni elettriche tra i vari elementi costituenti l'impianto stesso, il tutto come indicato negli elaborati grafici di progetto allegati.

Nella scelta dei materiali non univocamente specificati si precisa che:

- tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici dovranno essere adatti all'ambiente in cui andranno installati e dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio;
- tutti i materiali per l'esecuzione delle opere previste dovranno avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore;
- in particolare i materiali e gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del Marchio di Qualità saranno muniti del contrassegno **I.M.Q.**, o marchio di qualità equivalente.

Si ricorda che gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come previsto dalla Legge n.186 del 1/03/1968 e ribadito dalla Legge n.46 del 5/03/1990.

Come previsto dall'articolo 4 comma 3 del DPR 447 del 6 dicembre 1991, qualora gli impianti subiscano delle varianti durante l'esecuzione dei lavori, si dovrà provvedere a integrare il presente progetto con la necessaria documentazione in modo che gli elaborati finali risultino "come costruiti" ("As Built).

Le indicazioni contenute nella presente relazione dovranno in ogni caso essere integrate da eventuali prescrizioni aggiuntive richieste dall'ENEL per l'allacciamento alla rete di distribuzione.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- DPR 547/55 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- 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.
- D.Lgs 626/94 Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.
- D.Lgs 493/94 Attuazione della direttiva CEE concernente le prestazioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro.
- DM 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare 4 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-3 guida per la compilazione della documentazione per Legge 46/90
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- 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 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 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- DK 5950: Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete BT di distribuzione.

-DK 5740: Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete MT di distribuzione.

3. DATI DI PROGETTO

Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

- Destinazione d'uso: magazzino.
- Normativa specifica relativa alla struttura in oggetto: nessuna
- Rete di collegamento esistente: bassa tensione 3F+N
- Sistema di distribuzione: T-N secondo le norme CEI 64-8
- Misura dell'energia prelevata dalla rete: contatore generale installato all'esterno;
- Punto di consegna: quadro generale in BT posto a piano terra.

Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

- Tipo di installazione: su copertura a falda con inclinazione pari a 5°;
- Orientamento del generatore fotovoltaico: sud-ovest;
- Posizionamento degli inverter: in esterno con fissaggio su strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, come indicato nell'allegato grafico.

Dati di progetto relativi alle influenze esterne

- Temperatura:
 - Min/max esterna: -10°C/+45°C
 - Min/Max all'interno degli edifici: +5°C/+35°C
- Altitudine: 0 m sul livello del mare
- Latitudine: 44°02'N
- Longitudine: 10°03'E
- Installazione dei moduli fotovoltaici in ambiente salino.

4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il Generatore fotovoltaico sarà installato sul tetto dell'edificio con orientamento sud-ovest mediante una adeguata struttura di sostegno in modo da ottenere una inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.

I moduli fotovoltaici saranno disposti su più file, come mostrato nell'elaborato grafico allegato, per un totale di 330 elementi, ciascuno con potenza nominale di 150W.

La potenza del generatore fotovoltaico, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard (STC: Standard Test Condition), risulta quindi pari a 49,5 kWp.

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione risulta composto dai seguenti elementi:

- Moduli fotovoltaici (FV)
- Strutture di sostegno
- Stringhe e Quadri di stringa
- Gruppo di conversione corrente continua/corrente alternata
- Quadri di generatore
- Quadro di interfaccia
- Quadro di distribuzione
- Cavi di cablaggio

4.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Nel seguente progetto sono stati considerati moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, aventi ognuno una struttura caratterizzata da 72 celle di silicio monocristallino collegate in serie tra loro. Le caratteristiche elettriche dei moduli, misurate in condizioni standard, dovranno essere pari a quelle dei migliori moduli in silicio monocristallino di tipo commerciale. A titolo indicativo, nella stesura del presente progetto, sono stati considerati moduli al silicio monocristallino con potenza pari a 150 Wp.

Tale criterio è stato utilizzato per avere indicazioni sia per l'inserimento architettonico del generatore fotovoltaico che per il dimensionamento elettrico. Con tale riferimento il generatore fotovoltaico risulterà costituito da un totale di 330 moduli organizzati in 28 stringhe di cui 24 composte da 12 moduli ciascuna, 2 composte da 11 moduli e le restanti 2 da 10 moduli ognuna.

Caratteristiche dei moduli

Le presenti caratteristiche si riferiscono alle seguenti condizioni standard:

$A_m=1,5$; $E=1\text{Kw/mq}$, $T=25^\circ\text{C}$

▪ **caratteristiche elettriche**

- Tipo di pannello: silicio monocristallino
- Potenza massima: $150\text{ Wp} \pm 5\%$
- Tensione nominale: 24V
- Corrente di corto circuito: 4,7 A
- Tensione a vuoto: 43,2 V
- Corrente alla massima potenza: 4,35A
- Tensione alla massima potenza: 34,6V

▪ **caratteristiche dimensionali**

- Dimensioni: 1590 x 790 x 39.5 mm
- Peso: 14,4 Kg

▪ **caratteristiche costruttive**

- Contatti: ridondanti multipli;
- Cornice: alluminio anodizzato;
- Scatola di connessione: IP65 con diodi di By-pass
- Fronte modulo: vetro temperato ad alta trasmittanza
- Retro modulo: protezione con Tedlar
- Certificazione: IEC 61215 – Classe II – Omologazione TUV

4.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli fotovoltaici saranno disposti su file e ancorati sulla copertura dell'edificio in oggetto mediante strutture di sostegno a triangolo regolabile in alluminio anodizzato con bulloneria e staffe in acciaio inox, adatta per l'installazione in ambiente salino.

Per l'esatto posizionamento delle file dei moduli e la distanza tra le file si rimanda all'elaborato grafico di progetto. Si precisa che il calcolo delle distanze tra le file è stato eseguito in modo da

considerare un angolo limite formato dal raggio solare col piano orizzontale pari a 15° . Ciò significa che solo nella porzione giornaliera in cui la radiazione solare ha una inclinazione minore di tale valore si verifica il parziale ombreggiamento delle file retrostanti alla prima con conseguenti perdite energetiche. Tale valore comunque risulta un ottimo compromesso tra la superficie occupata dal generatore e la sua perdita di rendimento, ovviamente con riferimento alla latitudine del sito in oggetto.

Considerando, inoltre, che per ottenere il miglior rendimento del generatore fotovoltaico, pesato su tutto l'arco dell'anno, risulta necessario ottenere una inclinazione dei moduli di circa 30° rispetto al piano orizzontale, sarà inoltre opportuno regolare le sopra citate strutture di sostegno con una inclinazione di 25° , considerando infatti che la falda di copertura in cui saranno installate presenta una inclinazione di circa 5° rispetto alla superficie orizzontale. Per una maggiore chiarezza si rimanda al particolare A dell'elaborato grafico allegato.

4.3 STRINGHE E QUADRI DI STRINGA

Al fine di ottenere una potenza di picco pari a 49,5 kWp del generatore fotovoltaico sopra descritto diviene necessario collegare i moduli fotovoltaici in stringhe. In particolare si avranno stringhe formate da 12 moduli, stringhe formate da 11 moduli e stringhe formate da 10 moduli.

E' conveniente precisare che le caratteristiche elettriche delle stringhe dipendono ovviamente dalla temperatura alla quale i moduli si trovano ad operare. Infatti si verifica che il massimo valore della tensione a vuoto di ciascun modulo si ottiene in corrispondenza della temperatura minima ipotizzabile di funzionamento, mentre per temperature maggiori si hanno tensioni che progressivamente decrescono.

Per il dimensionamento elettrico abbiamo quindi assunto i seguenti limiti termici di funzionamento, tenendo conto del sito in oggetto e includendo ovviamente un certo margine di sicurezza:

- Temperatura minima di esercizio (T_{min}): -10°C
- Temperatura massima di esercizio (T_{min}): $+70^\circ\text{C}$

Mediante tali valori è possibile ricavare le seguenti caratteristiche di stringa:

Caratteristiche stringa da 12 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1800 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 482V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 361V
- Minima tensione di stringa @ $T=+70^{\circ}\text{C}$ = 264V

Caratteristiche stringa da 11 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1650 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 442V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 331V
- Minima tensione di stringa @ $T_{max}=70^{\circ}\text{C}$ = 242V

Caratteristiche stringa da 10 moduli FV:

- Potenza di picco della stringa: 1500 Wp
- Massima corrente di stringa in corrispondenza al punto di massima potenza: 4,6 A
- Massima tensione di stringa @ $T_{min}=-10^{\circ}\text{C}$: 402V
- Tensione di stringa @ 25°C (T ambiente): 301V
- Minima tensione di stringa @ $T_{max}=70^{\circ}\text{C}$ = 220V

Per ogni coppia di stringhe che andranno in ingresso ai convertitori c.c/a.c si prevede inoltre l'installazione di un quadro elettrico (Quadro di Stringa) che contenga al proprio interno due sezionatori, al fine di poter scollegare ogni stringa dal resto del generatore. Tali sezionatori possono risultare utili durante le opere di manutenzione, oppure nel caso in cui sia necessario scollegare una stringa interessata da un guasto.

Inoltre, per salvaguardare il lato in corrente continua del convertitore c.c/c.a, è opportuno inserire opportuni scaricatori di sovratensione (SPD) di classe II collegati rispettivamente tra positivo (+) e terra e tra negativo (-) e terra di ogni stringa.

Per il dimensionamento degli elementi e le connessioni elettriche si rimanda allo schema elettrico allegato (tav IQ_04).

I quadri di stringa sopra descritti saranno installati in prossimità delle stringhe stessa, fissati alle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02) Essi dovranno quindi essere tali da offrire ottima resistenza agli agenti atmosferici, quali pioggia, calore ecc.

4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CORRENTE CONTINUA/CORRENTE ALTERNATA

Il sistema di conversione costituisce l'interfaccia tra il campo fotovoltaico e la rete a bassa tensione esistente all'interno del magazzino. Il condizionamento della potenza consiste fondamentalmente delle seguenti parti:

- Filtro lato corrente continua;
- Ponte a semiconduttori;
- Unità di controllo;
- Filtro d'uscita;

Il sistema di conversione c.c/a.c sarà composto da 14 inverter a commutazione forzata che forniranno l'energia generata dal campo fotovoltaico, inseguendo il punto di massima potenza.

Per impedire interferenze elettromagnetiche essi sono dotati di filtri sui lati di entrata e uscita, secondo CEI 110-6/7 e 8; sono inoltre conformi con la normativa CEI 11-20 per il parallelo.

Caratteristiche tecniche inverter:

- Potenza nominale AC: 3600 W
- Range assoluto di tensione in ingresso: 0-600 V (360 nominale)
- Range Operativo per Max Power Point Tracking (MPPT): 90-580 V (360 nominale)
- Range della tensione di uscita AC nominale: monofase 211-264 (può essere regolata per soddisfare le normative nazionali)
- Frequenza di uscita AC nominale: 50 Hz
- Fattore di potenza sulla linea: 1
- Corrente massima sulla linea AC: 16 A
- Distorsione corrente AC: <2.5% THD alla potenza di targa con tensione sinusoidale;
- Rendimento massimo: 96%
- Temperatura ambiente di esercizio: da -25°C a +60°C
- Grado di protezione ambientale: IP65
- Dimensioni: 420 x 326 x 141 mm

- Peso: 13 Kg
- Norme di riferimento: CEI 11-20, DK5950, IEC61683, IEC61727, EN50081, EN50082, EN61000

Riprendendo le caratteristiche elettriche delle stringhe elencate precedentemente, risultano pienamente soddisfatte le seguenti relazioni:

- Massima tensione di stringa < Massima tensione in ingresso inverter (600V)
- Massima tensione di stringa < Massima tensione della finestra MPPT (580V)
- Minima tensione di stringa > Minima tensione della finestra MPPT (90V)

La prima delle tre relazioni stabilisce che la tensione massima di stringa non superi mai la tensione massima ammissibile all'ingresso dell'inverter, mentre la seconda e la terza assicurano che la tensione di stringa non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall'inseguitore MPPT per la migliore gestione della potenza estratta dal generatore fotovoltaico.

Le informazioni relative al corretto funzionamento dell'inverter e ai dati di produzione e funzionamento del sistema, vengono evidenziati direttamente su un display LC installato sul coperchio anteriore dell'inverter stesso.

Si prevede l'installazione dei 14 inverter al di sotto dei moduli fotovoltaici, mediante fissaggio degli stessi sulle strutture di sostegno, come mostrato nel particolare C dell'elaborato grafico allegato (Tav. IF_02). A tale scopo sarà necessario utilizzare inverter in tipologia Outdoor.

4.5 QUADRO DI GENERATORE

Immediatamente a valle di ogni inverter viene installato un quadro, denominato Quadro di Generatore, come mostrato negli schemi allegati (IQ_05, IQ_06 e IQ_07)

Tale quadro contiene al proprio interno il Dispositivo di Generatore, ovvero un interruttore magnetotermico con protezione differenziale di tipo B, accessoriato con bobina ausiliaria comandata a mancanza di tensione, con funzione di escludere ogni singolo inverter in condizioni di "aperto". Tale interruttore ha inoltre anche il compito di proteggere la linea di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia da cortocircuiti, sovraccarichi e contatti indiretti.

Essendo installato all'esterno dovrà essere tale da garantire adeguata protezione contro gli agenti atmosferici (grado di protezione IP65).

4.6 QUADRO DI INTERFACCIA

In riferimento allo schema riportato in tav. IQ_02, le linee di uscita bipolari dei 14 inverter vengono condotte all'interno di un quadro elettrico posto al piano terra in prossimità del quadro elettrico generale esistente. In tale quadro è installato il dispositivo di sicurezza richiesto per l'allaccio della rete fotovoltaica alla rete di distribuzione (dispositivo di interfaccia), e il contatore dell'energia fotovoltaica prodotta.

Inoltre all'interno dello stesso si realizzano i collegamenti elettrici al fine di realizzare una linea di uscita trifase in bassa tensione.

4.6.1 Dispositivo di interfaccia

Per separare la rete di distribuzione ordinaria da quella alimentata dal generatore fotovoltaico viene installato un contattore con bobina di apertura a mancanza di tensione, combinato con un interruttore automatico, su cui agiscono le protezioni di interfaccia, le quali sono costituite essenzialmente da relè di frequenza e di tensione.

Le funzioni di protezione di interfaccia previste dalla norma CEI 11-20 sono:

- protezione di minima tensione;
- protezione di massima tensione;
- protezione di minima frequenza
- protezione di massima frequenza.

Nella seguente tabella sono riportate le tarature che devono essere impostate sulle protezioni di interfaccia:

PROTEZIONE	ESECUZIONE	VALORE DI TARATURA	TEMPO DI INTERVENTO
<i>protezione di minima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>0,8Vn</i>	<i>0,1s</i>
<i>protezione di massima tensione;</i>	<i>tripolare</i>	<i>1,2Vn</i>	<i>0,2s</i>
<i>protezione di minima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>49,7 Hz</i>	<i>senza ritardo</i>
<i>protezione di massima frequenza</i>	<i>unipolare</i>	<i>50,3</i>	<i>Senza ritardo</i>

Tali protezioni, agendo sul dispositivo di interfaccia, sconnettono l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria il generatore fotovoltaico possa alimentare la rete di distribuzione stessa;
- in caso di guasto sulla rete di distribuzione il generatore fotovoltaico possa continuare ad alimentare il guasto stesso prolungandone il tempo di estinzione dell'anomalia e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza.

Per realizzare un rincalzo alla mancata apertura del dispositivo di interfaccia, la protezione di interfaccia dovrà agire anche sul dispositivo generale presente in cabina di trasformazione con temporizzazione ritardata a 0,5 s.

4.6.2 Contatore di energia

Nel quadro di interfaccia viene inserito un contatore di energia attiva trifase idoneo a consentire la contabilizzazione dell'energia fotovoltaica prodotta dall'impianto in oggetto.

4.7 QUADRO DI DISTRIBUZIONE

A fianco dell'esistente quadro generale viene inserito il quadro di distribuzione in cui si effettua la connessione tra la rete di bassa tensione in arrivo dalla trasformatrice MT/BT e la rete proveniente dall'impianto fotovoltaico.

4.8 TRASFORMATORE

Per il collegamento alla rete di distribuzione MT viene utilizzato il trasformatore MT/BT già esistente con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale (kVA): 250 kVA
- Tensione primaria (kV): 15 kV
- Tensione secondaria (kV): 400 V
- Tensione di corto circuito (%): 4%
- Perdite a vuoto (%): 650W
- Perdite a carico (W): 3250 W
- Collegamento e Gruppo CEI: Dyn11

4.9 DISPOSITIVO GENERALE

L'impianto elettrico esistente prevede già il dispositivo generale, il quale quindi può essere utilizzato anche come dispositivo generale dell'impianto fotovoltaico in oggetto, previa verifica di conformità dello stesso con la DK 5600 di ENEL DISTRIBUZIONE.

Sul dispositivo generale deve inoltre agire il rincalzo per mancata apertura del dispositivo di interfaccia, come già affermato precedentemente.

4.10 CAVI DI CABLAGGIO

Per quanto riguarda le connessioni elettriche si dovranno utilizzare i seguenti cavi con le relative dimensioni:

- Collegamento tra stringa e quadro di stringa: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra quadro di stringa e inverter: cavo FG7(O)R, sezione 2,5mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati A, E, ed I e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3x16mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati B, C, F, G, L ed M e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3x10mmq
- Collegamento tra gli inverter denominati D, H, N, O e P e quadro di interfaccia: cavo FG7(O)R multipolare, 3x6mmq
- Collegamento tra quadro di interfaccia e quadro di distribuzione: cavo FG7(O)R multipolare, 5x25mmq.
- Conduttore di protezione per collegamento equipotenziale delle strutture di fissaggio: cavo N07V-K, 1x6mmq
- Conduttore di protezione a valle degli scaricatori di sovratensione: N07V-K, 1x16mmq

I collegamenti tra i moduli fotovoltaici in serie dovranno essere effettuati mediante spezzoni di cavo con sezione 2,5mmq e connettori Multicontact. Tali cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali ricavati nei profili delle strutture di fissaggio.

Per quanto riguarda la posa dei conduttori di collegamento tra inverter e quadro di interfaccia si prevede l'utilizzo di canala chiusa in acciaio zincato di dimensioni adeguata, grado di protezione IP65, con installazione sulla copertura dell'edificio interessato dall'intervento e sulla parete interna per quanto riguarda la calata al piano terra. Per in particolari si rimanda all'allegato grafico di progetto (Tav IF_02).

5. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra è costituito dagli elementi conduttori in grado di convogliare nel terreno la corrente dispersa a seguito del cedimento dell'isolamento di un qualsiasi componente dell'impianto elettrico; esso dovrà essere realizzato in conformità a quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, CEI 64-12 nonché al D.P.R. 547 e DPR 462/01.

Il collegamento di terra dell'impianto fotovoltaico in oggetto avviene portando il conduttore equipotenziale dell'impianto, di colore giallo verde, al nodo di terra esistente.

Per quanto riguarda la messa a terra delle masse metalliche relative alle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e degli scaricatori di sovratensione (SPD) installati all'interno dei quadri di stringa si prevede invece la realizzazione di un impianto dedicato con l'installazione di un dispersore in acciaio con rivestimento in rame avente un diametro di 18 mm. e una lunghezza di 1500 mm, da collegarsi all'impianto di terra di edificio esistente.

Per i collegamenti dovrà essere utilizzato cavo N07V-K di sezione pari a 16mmq e corda di rame nudo di sezione 35mmq per la calata fino al sopra citato pozzetto di terra.

Per il collegamento equipotenziale delle strutture di sostegno si dovrà invece utilizzare cavo N07V-K con sezione pari a 6mmq, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox alle traverse delle strutture stesse. Se è garantita la continuità tra le varie strutture componenti una stessa fila è sufficiente collegare un solo punto della stessa all'impianto di terra.

Ad impianto ultimato la ditta installatrice dovrà verificare il valore della resistenza di terra misurato dal nodo di allacciamento al sistema di dispersione esistente nelle ordinarie condizioni di esercizio, in modo da verificare l'efficienza del sistema di protezione dai contatti indiretti relativo alla porzione di impianto realizzato, secondo quanto previsto dalle vigenti normative; il valore misurato dovrà essere riportato nella dichiarazione di conformità che la ditta dovrà rilasciare ai sensi della L. 46/90 e relativo regolamento di attuazione.

I materiali e componenti per impianti di terra dovranno essere conformi alle seguenti normative: CEI 11 – 8, CEI 64 – 8, CEI 81 - 1 , CEI 64 – 12, DPR N°547 e DPR N°462.

6. VERIFICHE DI PROGETTO

6.1 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

All'inizio di ogni unità di impianto, sarà assicurata la protezione da sovraccarico e cortocircuito mediante opportuni dispositivi di interruzione automatica di massima corrente, in grado di interrompere la massima corrente di corto circuito che può verificarsi nei punti in cui sono installati; la protezione sarà estesa a tutti i poli del circuito; non verranno mai installati dispositivi che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente i conduttori di fase.

Le protezioni delle linee principali verranno dimensionate secondo le prescrizioni della norma CEI 64-8; in particolare il valore della corrente nominale di intervento dei dispositivi di protezione verrà scelta in base alle relazioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F \leq I_Z$$

Si realizzerà inoltre il coordinamento tra il valore dell'energia passante dall'interruttore e quello sopportabile dalla conduttura protetta, in modo da non dare luogo a surriscaldamenti, pericolosi per quest'ultima in qualsivoglia condizione di guasto, verificando la relazione:

$$I^2 t \geq K^2 S^2$$

Anche per le singole derivazioni, effettuate con singolo circuito o cavo posato in proprio tubo o comunque separato dagli altri, è stato impiegato cautelativamente lo stesso coefficiente.

6.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione da questo tipo di pericolo sarà attuata mediante l'impiego di componenti dotati di isolamento principale e/o supplementare e opportuni involucri di protezione in grado di garantire il grado di protezione minimo IPXXB a tutti i componenti dell'impianto.

All'interno dei quadri installati il grado di protezione sarà conforme alle Norme relative e, comunque, non inferiore a IP 20, mentre per la parte esterna non sarà inferiore a IP 40 a porta chiusa; per quanto concerne in particolare il punto di attestazione della linea di alimentazione principale, dovrà essere adottata un'adeguata protezione mediante l'impiego di opportuni coprimorsetti isolanti.

Come sistema di protezione addizionale, a monte di tutte le linee, saranno infine installati dispositivi di tipo differenziale, che realizzano pertanto una protezione aggiuntiva mediante interruzione dell'alimentazione nei confronti del tipo di rischio elettrico in oggetto.

6.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

La protezione dai contatti indiretti dei circuiti terminali in uscita dai rispettivi quadri di zona sarà attuata mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Per assicurare ciò è stato ovviamente garantito il coordinamento tra la resistenza di terra e la corrente nominale di intervento degli interruttori differenziali posti sui quadri di distribuzione.

7 STIMA DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA PRODOTTA

I calcoli relativi alla quantità di energia annua producibile dal generatore fotovoltaico oggetto del presente documento sono relativi ai dati radiometrici della provincia di Massa Carrara secondo le norme 10349 – 8477. Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'energia mensilmente captata dal piano dei moduli avente un Azimut di 30° (esposizione a sud-ovest) e inclinato di 30° rispetto al piano orizzontale.

Calcolo irraggiamento su piano inclinato ed orientato (UNI 10349 - 8477)					
Località:					
massa carrara			Latitudine	44,02	Nord
		IRRAGGIAMENTO			
		<i>MJ/mq/giorno</i>	<i>kWh/mq/giorno</i>	<i>kWh/mq/giorno</i>	
	ρ	Piano Orizzontale	Piano Orizzontale	Azimut=	30°
				Tilt=	30°
GENNAIO	0,2	5,30	1,47	2,27	
FEBBRAIO	0,2	8,30	2,31	3,15	
MARZO	0,2	12,60	3,50	4,22	
APRILE	0,2	16,90	4,69	5,01	
MAGGIO	0,2	20,20	5,61	5,51	
GIUGNO	0,2	23,20	6,44	6,09	
LUGLIO	0,2	25,40	7,06	6,80	
AGOSTO	0,2	21,00	5,83	6,06	
SETTEMBRE	0,2	15,80	4,39	5,11	
OTTOBRE	0,2	10,40	2,89	3,86	
NOVEMBRE	0,2	5,80	1,61	2,38	
DICEMBRE	0,2	4,70	1,31	2,12	
Irrag. Medio giorno		14,13	3,93	4,38	
Irrag. Medio anno		5158,67	1432,96	1599,2	

Utilizzando per l'irraggiamento i dati riportati nella precedente tabella e assumendo un rendimento del sistema pari al 75% dell'efficienza nominale del generatore fotovoltaico è possibile stimare l'energia che il sistema è in grado di produrre. Al fine della valutazione dell'energia consideriamo le seguenti caratteristiche del generatore fotovoltaico:

- Potenza Modulo FV: $P_m=150 \text{ Wp}$
- Superficie modulo FV: $S_m=1,256 \text{ mq}$
- Numero totale moduli FV: $N= 330$
- Superficie complessiva del generatore FV: $S_g=414,48\text{mq}$
- Potenza di picco del generatore FV: $P_p=49,5 \text{ kWp}$

L'efficienza nominale del generatore fotovoltaico può essere così stimata:

$$E_n = P_p/S_g = 0,119$$

Considerando un rendimento globale dell'impianto pari al 75% l'efficienza operativa media annua dell'impianto stesso risulta:

$$E(o.m.a.) = 75\% \text{ di } E_n = 0,09$$

L'energia elettrica annua producibile per metro quadro di generatore risulta quindi:

$$E_p = E(o.m.a.) \times 1599,2 = 143,2$$

dove 1599,2 è la quantità di energia solare annualmente captata dal piano dei moduli, come indicato nella precedente tabella.

L'energia annua producibile dall'impianto fotovoltaico risulta quindi pari a:

$$E = E_p \times S_g = 59369,1 \text{ kWh/anno}$$

ovvero

$$59,369 \text{ MWh/anno}$$

8 GLOSSARIO FOTOVOLTAICO

- **Angolo di Tilt:** angolo che la superficie forma con l'orizzonte; è misurato positivamente dal piano orizzontale verso l'alto.
- **Azimuth:** angolo orizzontale misurato in senso orario a partire dal sud. Un Azimuth di 0° indica il Sud, un Azimuth di 90° indica l'ovest, un Azimuth di 180° indica il nord e un Azimuth di 270° indica l'est.
- **Campo fotovoltaico:** insieme dei moduli fotovoltaici, connessi elettricamente tra loro e installati meccanicamente nella loro sede di funzionamento.
- **Cella fotovoltaica:** dispositivo fotovoltaico che converte la radiazione solare in elettricità.
- **Convertitore cc/ca, inverter:** dispositivo elettronico statico che converte la corrente continua in corrente alternata.
- **Corrente di cortocircuito :** Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- **Inverter a commutazione forzata:** inverter in cui la forma e la frequenza della tensione di uscita è generata da un circuito elettronico oscillatore che permette alla macchina di funzionare come generatore.
- **Diodo di By-pass:** diodo connesso in antiparallelo ad uno o più moduli, allo scopo di fornire un percorso alternativo alla corrente elettrica in caso di oscuramento o di guasto del modulo.
- **Efficienza [%]:** rapporto tra la potenza (o l'energia) in uscita e quella in ingresso.
- **Inseguitore del punto di massima potenza (MPPT):** circuito elettronico che permette di mantenere il punto di lavoro del campo fotovoltaico al punto di picco di potenza della curva I-V in qualsiasi condizione di temperatura e irraggiamento.
- **Potenza di picco:** è la potenza massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento.
- **Stringa:** insieme di moduli collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione di lavoro del campo fotovoltaico.
- **Tensione a vuoto:** Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Dott. Ing. Marcello Cei

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n°4455
C.F. CEIMCL69E11D612K ~ P.IVA 05179590483

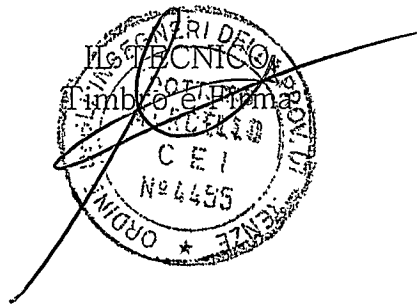
Magazzino C

**Realizzazione di un impianto fotovoltaico
di potenza pari a 49,5 kW presso il magazzino
C situato in viale Zaccagna, comune di
Carrara (MS)**



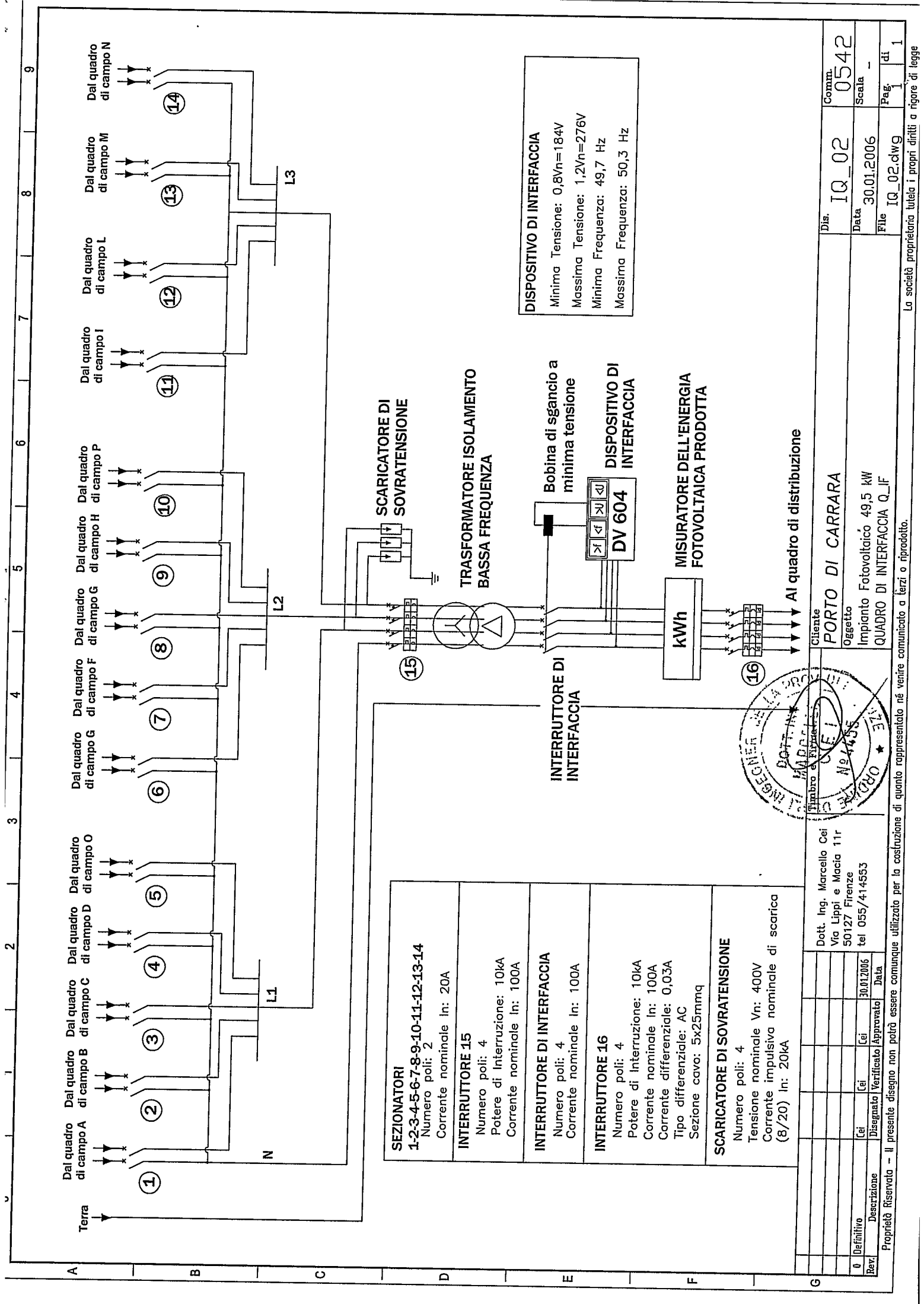
Quadri e Schema Multifilare

Firenze, 30/01/06



INDICE TAVOLE

- TAVOLA *IQ_01* Schema Multifilare
- TAVOLA *IQ_02* Quadro di Interfaccia
- TAVOLA *IQ_03* Quadro di Distribuzione
- TAVOLA *IQ_04* Quadro di Stringa
- TAVOLA *IQ_05* Quadro di Generatore A
- TAVOLA *IQ_06* Quadro di Generatore B
- TAVOLA *IQ_07* Quadro di Generatore C



DISPOSITIVO DI INTERFACCIA
Minima Tensione: 0,8Vn=184V
Massima Tensione: 1,2Vn=276V
Minima Frequenza: 49,7 Hz
Massima Frequenza: 50,3 Hz

SEZIONATORI 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14 Numero poli: 2 Corrente nominale In: 20A	
INTERRUTTORE 15 Numero poli: 4 Potere di Interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A	
INTERRUTTORE DI INTERFACCIA Numero poli: 4 Corrente nominale In: 100A	
INTERRUTTORE 16 Numero poli: 4 Potere di Interruzione: 10kA Corrente nominale In: 100A Corrente differenziale: 0,03A Tipo differenziale: AC Sezione cavo: 5x25mmq	
SCARICATORE DI SOVRATENSIONE Numero poli: 4 Tensione nominale Vn: 400V Corrente impulsiva nominale di scarica (8/20) In: 20kA	

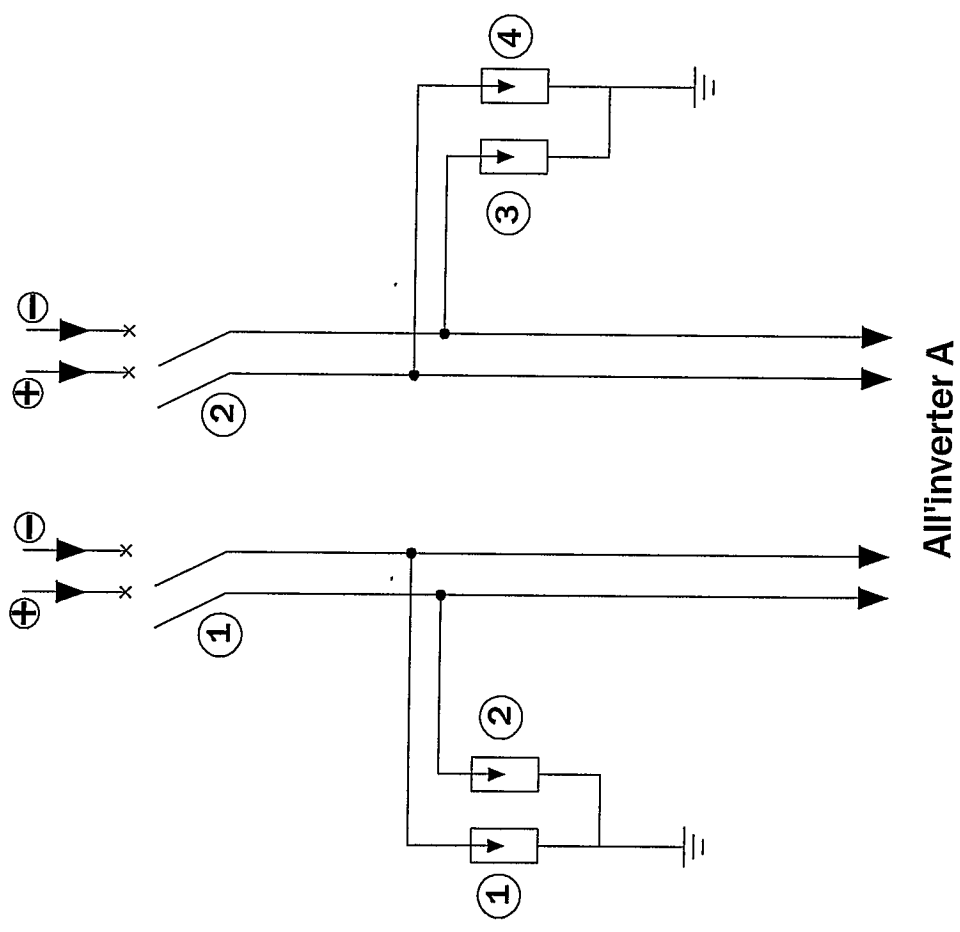
Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI INTERFACCIA Q_IF

0	Definitivo	Cel	Cel	Cel	30.01.2006	Data
Rev.	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato		

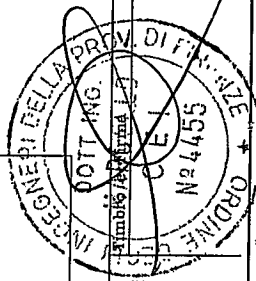
Dis.	IQ_02	Comm.	0542
Data	30.01.2006	Scala	-
File	IQ_02.dwg	Pag.	di 1

Nota: Tale quadro deve essere ripetuto per ogni coppia di stringhe del generatore fotovoltaico, come mostrato nello schema multifilare (Tav. IQ_01)

Dalla stringa A1
Dalla stringa A2

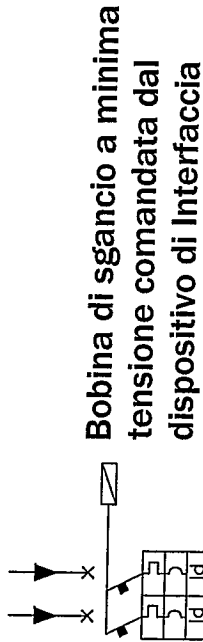


SEZIONATORI 1-2 Tipologia: sezionatore DC Tensione nominale: 600V DC	
SCARICATORI DI SOVRATENSIONE 1-2-3-4 Numero poli: 1 Tensione di riferimento c.c.: 585V Corrente impulsiva nominale di scarica (8/20) In: 20kA	



Cliente PORTO DI CARRARA		Dis.	IQ_04	Comm.	0542
Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5 kW QUADRO DI STRINGA Q-ST		Data	30.01.2006	Scala	-
Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553		File	IQ_04.dwg	Pag.	1 di 1
0 Definitivo Rev.	Disegnato Verificato Approvato	Cei Cei Cei	Data 30.01.2006	Proprietà Riservata - Il presente disegno non potrà essere comunque utilizzato per la costruzione di quanto rappresentato né venire comunicato a terzi o riprodotto.	

Da
Inverter A

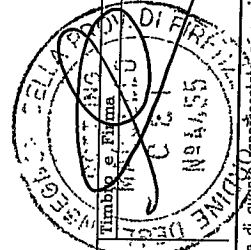


DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x16mmq

Nota: tale quadro deve essere ripetuto in uscita degli inverter denominati E e I.

Al quadro
Q_IF

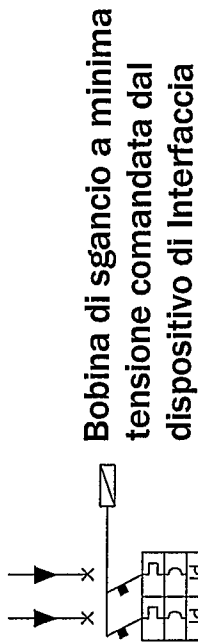


Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE A

Dis. IQ_05
Comm. 0542
Data 30.01.2006
File IQ_05.dwg
Pag. 1 di 1

Da
Inverter B

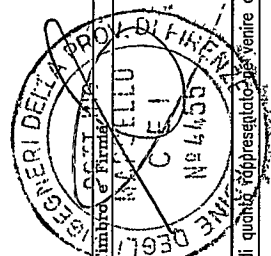


DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x10mmq

Nota: tale quadro deve essere
ripetuto in uscita degli inverter
denominati C, F, G, L e M

Al quadro
Q_IF



Dott. Ing. Marcello Cei
Via Lippi e Macia 11r
50127 Firenze
tel 055/414553

Cliente
PORTO DI CARRARA
Oggetto
Impianto Fotovoltaico 49,5 kW
QUADRO DI GENERATORE B

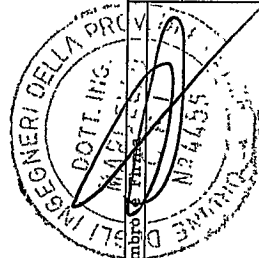
Dis. IQ_06
Data 30.01.2006
File IQ_06.dwg
Comm. 0542
Scala -
Pag. 1 di 1

DISPOSITIVO DI GENERATORE

Numero poli: 2
Potere di Interruzione: 10kA
Corrente nominale In: 20A
Corrente differenziale: 0,3A
Tipo differenziale: B
Sezione cavo: 3x6mmq

Nota: tale quadro deve essere ripetuto in uscita degli inverter denominati H, N, O e P

Al quadro Q_1F



	Dott. Ing. Marcello Cei Via Lippi e Macia 11r 50127 Firenze tel 055/414553	Timbro & Firma	Cliente PORTO DI CARRARA	Dis. IQ_07	Comm. 0542
			Oggetto Impianto Fotovoltaico 49,5 kW QUADRO DI GENERATORE D	Data 30.01.2006	Scala -
Rev.	Descriptione	Cel	Cel	File	Pag.
0	Definitivo	Cel	Cel	IQ_07.dwg	di 1