

Parte Sesta

Ricerca applicata ad un componente edilizio

Progettazione Esecutiva di un componente FV integrato.

Struttura frangisole fotovoltaica da 20 kWp per l'edificio Aule e Biblioteca al Polo Scientifico di Sesto Fiorentino, Università di Firenze.

Il progetto verrà realizzato entro Dicembre 2003 con i finanziamenti del: Ministero dell'Ambiente, Regione Toscana, Comunità Europea e Università degli Studi di Firenze.



Introduzione



*Edificio aule e biblioteca,
Polo Scientifico di Sesto
Fiorentino*

In occasione del Programma Nazionale "Tetti fotovoltaici" bandito dal Ministero dell'Ambiente, settore SIAR, per la partecipazione delle pubbliche amministrazioni ai finanziamenti per la realizzazione di impianti FV, è stato redatto un progetto per la costruzione di un impianto da 20kWp, per l'edificio aule e biblioteca presso il Polo Scientifico di Sesto Fiorentino.

Il Prof. Giorgio Raffellini del Dipartimento TaeD e Energy Manager dell'Università di Firenze, ha trovato l'immobile adeguato per l'installazione per il quale è stato presentato il progetto di richiesta di finanziamento.

Il progetto è stato presentato a Giugno 2001, e non è rientrato tra i primi venti finanziati poiché le risorse economiche del Ministero dell'Ambiente erano esaurite, però il progetto è stato approvato per il finanziamento, così il Ministero dell'Ambiente con le nuove risorse delle Regioni nel Maggio 2003 ha finanziato l'installazione fotovoltaica che verrà realizzata entro la fine del 2003. Il primo progetto, aveva previsto la realizzazione di un impianto sulla copertura piana.

Contemporaneamente nel Maggio 2002, il progetto è stato inserito all'interno di una proposta di finanziamento Europea per la realizzazione e monitoraggio di impianti fotovoltaici integrati in architettura, la partecipazione era rivolta ad Università ed Istituti di ricerca.

Per la partecipazione a tale ricerca ho realizzato un nuovo progetto, in cui l'impianto FV diventa una copertura di frangisole fotovoltaici che ombreggiano la corte interna all'edificio.

Lo studio di questo progetto ed in particolare del sistema tecnologico e costruttivo di questa struttura determinano l'elemento progettuale preso in esame dal mio studio di dottorato.

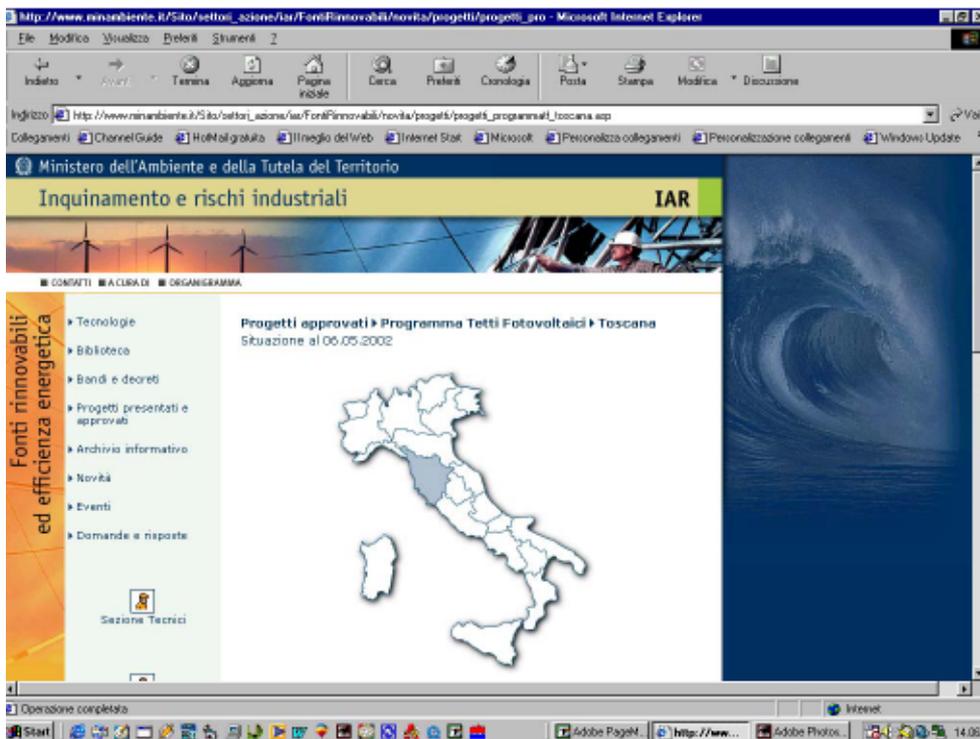
Nel Gennaio 2003 la ricerca Europea "PV Enlargement" viene approvata con contratto NNE5-2001-736, avrà durata di 4 anni fino al 2007 e consentirà, con il nuovo finanziamento, di realizzare un impianto fotovoltaico integrato all'edificio ed al tempo stesso garantirà nell'arco dei 4 anni il monitoraggio e verifiche di funzionamento dell'impianto anche a scopo didattico.

*Corte interna
all'edificio*



INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEGLI EDIFICI

Uno studio per lo sviluppo e la diffusione delle energie rinnovabili negli edifici



Sito web del Ministero dell'ambiente con l'elenco di tutti gli Enti che hanno ottenuto i finanziamenti 2003

Progetti approvati - Regione Toscana - Tabella

Proponente N. Luogo di installazione Pot. kWp
Comune di Firenze 14 scuola elementare e materna "Cadorna" 20
Comune di Firenze 15 scuola media "Poliziano" 3
Comune di Firenze 16 scuola materna "Il piccolo naviglio" 3
Comune di Firenze 17 scuola materna "Padre Balducci" 3
Provincia di Lucca 26 I.T.I. "Enrico Fermi" 20
Provincia di Lucca 27 I.T.C. "Francesco Carrara" 20
Provincia di Lucca 28 Scuola "Antonio Vallisneri" 20
Provincia di Lucca 29 Istituto "Stagio Stagi" 20
Provincia di Lucca 30 I.T.I. "Galileo Galilei" 20
Provincia di Lucca 31 I.T.C. "Carlo Piaggia" 20
Provincia di Lucca 32 Scuola "Ettore Majorana" 20
Provincia di Lucca 33 Scuola "Barsanti e Matteucci" 20
Provincia di Lucca 34 I.T.C.G. "Luigi Campedelli" 20
Provincia di Lucca 35 IPSIA "Simone Simoni" 20
Comune di Pistoia 78 Scuola materna "A. Bertocci" 10
Comune di Pistoia 79 Scuola elementare "A. Bertocci" 6
Comune di Pistoia 80 Scuola materna/elementare "Pontenuovo" 19
Provincia di Pisa 93 Scuola I.M. "Montale" 10
Provincia di Pisa 94 Scuola I.T.I. "L. Da Vinci" 20
Provincia di Pisa 95 Scuola L.S. "Marconi" 10
Provincia di Pisa 96 Scuola I.T.C. "Pesenti" 10
Provincia di Pisa 97 Complesso C. Marchesi 20
Asmiu (Massa) 176 Capannone industriale Ricicleria 20
Comune di Firenze 246 Scuola "Bechi" 5
Comune di Firenze 247 Scuola "Botticelli" 5
Comune di Firenze 248 Direzione Beni e Servizi 3
Comune di Firenze 249 Scuola superiore "Leonardo Da Vinci" 14
Comune di Firenze 250 Scuola "Papini" 5
Comune di Firenze 251 Scuola "Kassel" 9
Provincia di Firenze 252 Scuola 21
Provincia di Firenze 253 Scuola 20
Comune di Grosseto 291 Complesso immobiliare 5
Comune di Grosseto 292 Centro educazione ambientale 5
Comune di Massa 364 Scuola media "Bertagnini2" 3
Università di Firenze 375 Aule facoltà di Scienze 20

Provincia di Prato 386 Scuola superiore "F. Datini" 20
Comune di Arezzo 410 Edificio per uffici 20
Comune di Grosseto 437 Uffici comunali 5
Comune di Prato 441 Scuola "meucci" 20
Comune di Lucca 459 Scuola media "L. Da Vinci" 10
Comune di Lucca 460 Palazzetto dello sport 10
Provincia di Livorno 511 Scuola superiore "Cappellini" 5
Provincia di Livorno 512 Palestra "Gherardesca" 5
Provincia di Livorno 513 Palestra liceo "Enriques" 5
Provincia di Livorno 514 Palestra liceo "Don Milani" 5
Provincia di Livorno 515 Palestra scuola "Ceccherelli" 5
Provincia di Livorno 516 Palestra Scuola "Einaudi" 5
Comune di Massa 581 Scuola media "Don Milani" 3
Comune di Prato 583 Scuola "B. Burricchi" 20
Comune di Prato 584 Scuola "Le Badie" 20

6.1 Primo Progetto, Impianto fotovoltaico non integrato 20kWp sulla copertura, presentato per il “Programma Tetti Fotovoltaici Giugno 2001”

6.1.1. Sito di installazione

Il sito di installazione dell'impianto fotovoltaico è la copertura piana di un edificio posto in una zona pianeggiante alla quota di circa 40 m s.l.m., di volumetria tale da accogliere gruppi numerosi di persone.

La struttura architettonica dell'edificio è una tipologia a corte, composta da due piani, non sopraelevato rispetto al piano di campagna, l'edificio è prevalentemente destinato ad aule e biblioteca. Costruttivamente la struttura è stata realizzata in cemento armato e mattoni faccia-vista, con profili in acciaio zincato verniciati che ritmano le pareti finestrate. La copertura è piana e praticabile.

6.1.2. Caratteristiche del sistema

L'impianto è stato realizzato sulla copertura piana dell'edificio. I moduli sono orientati a Sud ed inclinati di 35° e sono sostenuti da cavalletti in alluminio. I cavalletti sono ancorati alla copertura tramite un sistema di contrappesi.

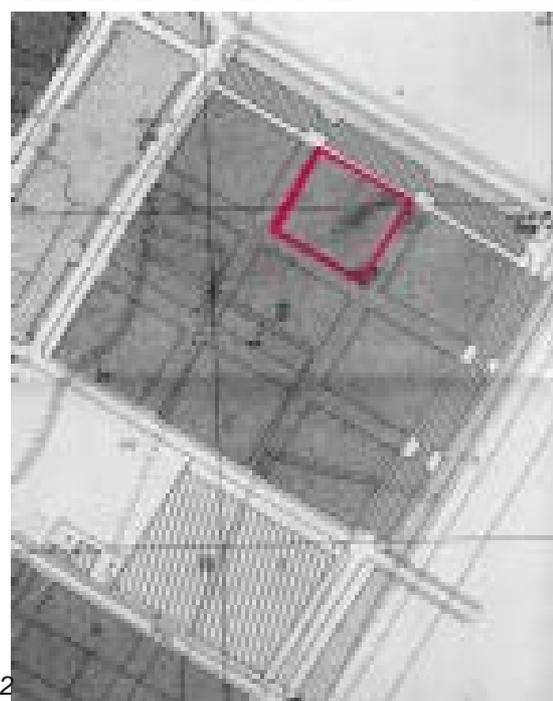
L'impianto FV si compone di sei sottosistemi per una potenza totale installata di circa 20 kWp.

Ogni sottosistema di 3348 Wp è costituito da nove stringhe ciascuna di 372 Wp formata da sei moduli collegati in serie (6 x 62Wp).

I dati relativi ad ogni stringa sono:

- Potenza nominale 372 W
- Tensione a circuito aperto Voc 126 V
- Corrente di corto circuito Isc 4,04 A
- Tensione di massima potenza Vm 101,4 V
- Corrente alla massima potenza Im 3,66 A
- Quadro di campo con scaricatori ed interruttori lato DC ed AC.

La scelta della suddivisione del sistema in sottosistemi facenti capo ciascuno ad un inverter dedicato è stata fatta in modo da



1,2 Planimetria dell'area



3 Copertura e area di installazione dei moduli

garantire comunque il funzionamento dell'impianto anche in presenza di un accidentale mal funzionamento di uno dei sottosistemi.
Ciò a dimostrazione della estrema adattabilità e flessibilità della tecnologia fotovoltaica a potersi inserire in realtà architettoniche diverse tra loro, mantenendone inalterata l'efficienza tecnologica.

6.1.3 Produttività del sistema

Sulla base dei valori di radiazione al suolo e sul piano dei moduli (35°), ed assumendo un rendimento medio del sistema dell'80% ai vari regimi di funzionamento, la produttività energetica del sistema, intesa come energia elettrica ceduta alla rete Enel di distribuzione è pari a:

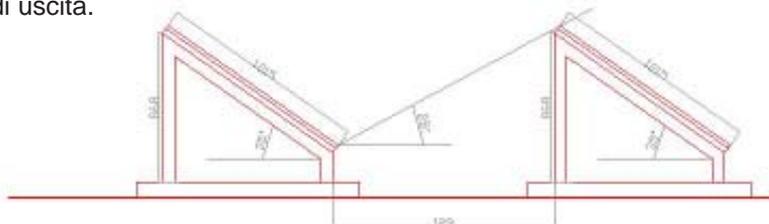
ca. 28.000 kWh/anno.

6.1.4 Descrizione dei componenti

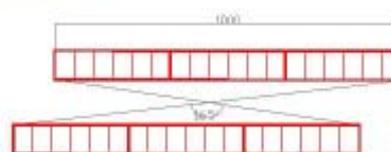
6.1.4.1 Moduli fotovoltaici

I moduli FV costituenti il generatore FV sono del tipo Eurosolare PL8 costituiti da 36 celle in silicio multicristallino collegate in serie tra loro ed incapsulate in un sandwich con vetro ad alta trasmittanza anteriore, incapsulante E.V.A. e Tedlar opaco posteriore. I moduli hanno le seguenti caratteristiche principali:

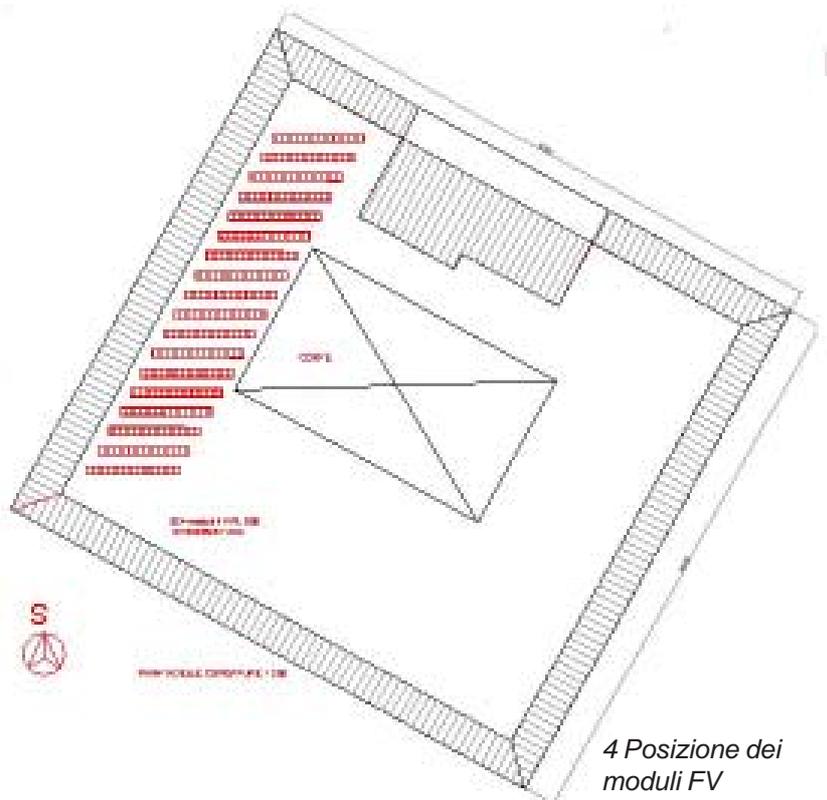
- Potenza minima (garantita): **62 Wp**
- Dimensioni: 1.215 x 555 mm
- Tensione a vuoto Voc: 21,1 V
- Corrente di corto circuito Isc: 4,04 A
- Tensione alla max potenza Vm: 16,8 V
- Corrente alla max potenza Im: 3,66 A
- Peso: 8,5 kg
- Cornice: in alluminio anodizzato
- Scatola di terminazione: IP55 in fibra di vetro rinforzato con due pressacavi PG13,5 di uscita.



SEZIONE DEI MODULI



Orientamento stringhe 1:100



4 Posizione dei moduli FV

6.1.5. Strutture di sostegno dei moduli FV

Il supporto dei moduli FV sarà realizzato con carpenteria in profili di acciaio zincato a caldo installati sulla copertura del fabbricato.

6.1.6. Gruppo di conversione e di consegna dell' energia elettrica

Questo gruppo è formato da sei inverter dedicati ognuno ad un sottosistema, completo di scatola di connessione, per la conversione dell'energia in corrente continua prodotta dal generatore FV in energia in corrente alternata, per l'immissione in rete. L' inverter è del tipo a commutazione forzata a MOSFET, e comprende le logiche di comando, di protezione, di autodiagnostica e delle misure con predisposizione per la trasmissione dei dati a distanza.

Esso è provvisto di separazione galvanica tra moduli FV e rete 230 Vca ed è protetto contro il funzionamento ad isola e quindi, al mancare della tensione di rete, si scollega automaticamente dalla rete stessa e resta in attesa del ripristino delle normali condizioni operative, prima di procedere nuovamente ed in modo automatico, alla riconnessione.

L'inverter è inoltre dotato del dispositivo di inseguimento del punto di massima potenza MPPT (Maximum Point Power Tracker) per ottimizzare il funzionamento del sistema al variare delle condizioni operative ed ambientali, in modo da immettere in rete sempre la massima energia che il generatore FV può erogare istantaneamente.

La scatola di collegamento è predisposta per l'ingresso delle stringhe dal generatore FV e per il collegamento all'inverter.

In essa sono presenti due interruttori azionabili sotto carico che permettono di sezionare l'inverter sia dal generatore FV che dalla rete 230 Vca; due varistori provvedono alla protezione contro le sovra tensioni.

6.1.7 Cavi elettrici, rete di terra e materiali accessori

Il collegamento elettrico tra i vari componenti il sistema avverrà a mezzo cavi in rame: isolante e guaina in PVC e grado di isolamento richiesto.

L'interconnessione tra moduli FV avverrà con cavi in aria staffati alle strutture di sostegno dei moduli stessi. Il collegamento tra moduli e quadro di campo, e da questo al gruppo di conversione, avverrà con cavi infilati in tubi di protezione in PVC del tipo rigido e/o corrugato, se corrugato annegato nella muratura con sistema ad anello con giunzioni meccaniche e chilotti. Gli elementi saranno collegati alla rete di terra esistente dell'impianto mediante corda di rame di sezione opportuna.

Il sistema sarà comprensivo di materiali accessori, quali: canaline e tubi portacavi, cassetta, ecc. necessari a garantire l'esecuzione a "perfetta regola d' arte".

6.1.8. Criteri e valutazioni sul posizionamento del campo fotovoltaico

Dal sopralluogo effettuato presso l'utenza è stato valutato il posizionamento del campo fotovoltaico a terra esposto correttamente e con modesto impatto visivo. L'area idonea è stata individuata sulla copertura del fabbricato.

Vantaggi e svantaggi della soluzione adottata

Soluzione architettonica

COPERTURA PIANA

Campo fotovoltaico orientato a Sud

VANTAGGI

- Progettazione meno onerosa
- Trascurabili sollecitazioni aggiuntive sulle falde di installazione
- Impatto visivo nullo (l'impianto fotovoltaico non sarà visibile dall'esterno dell'edificio, ma potrà essere visionato dall'interno dell'edificio, in modo che possa risultare un itinerario formativo per la produzione di energia)
- Riduzione degli oneri di montaggio (possibile il preassemblaggio di parti in officina)
- Orientamento ottimale per il maggiore sfruttamento dell'impianto

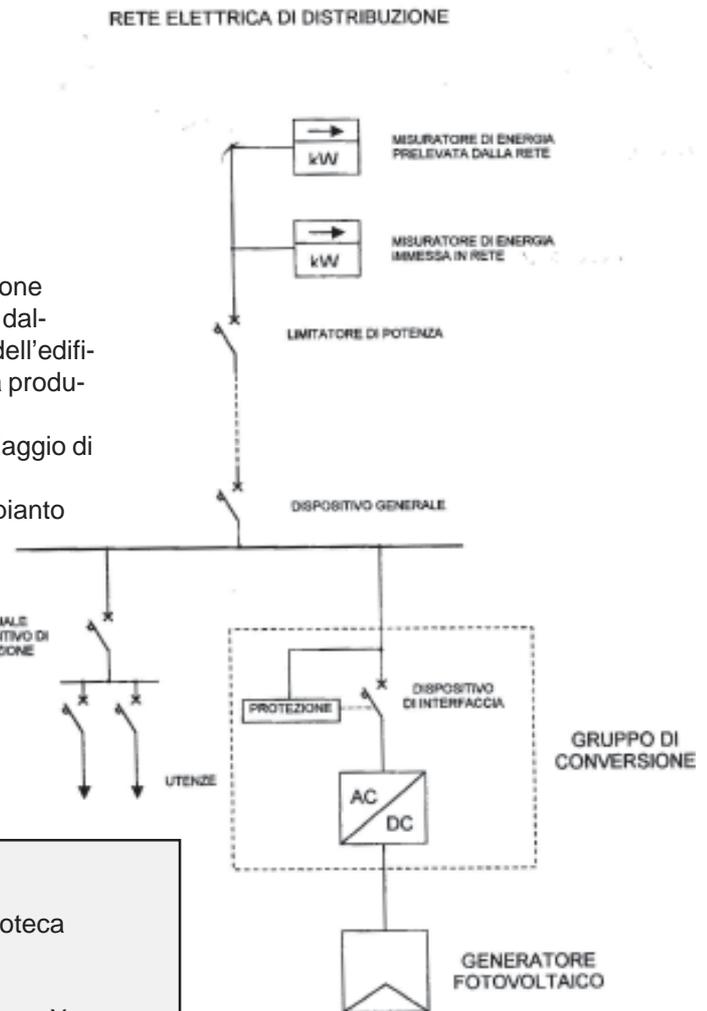
Soluzione architettonica

CAVALLETTI SU COPERTURA

- Aumento dell'energia captabile
- Facilità di accesso al retro dei moduli per manutenzione straordinaria

SVANTAGGI

- Maggiori oneri per le strutture di sostegno



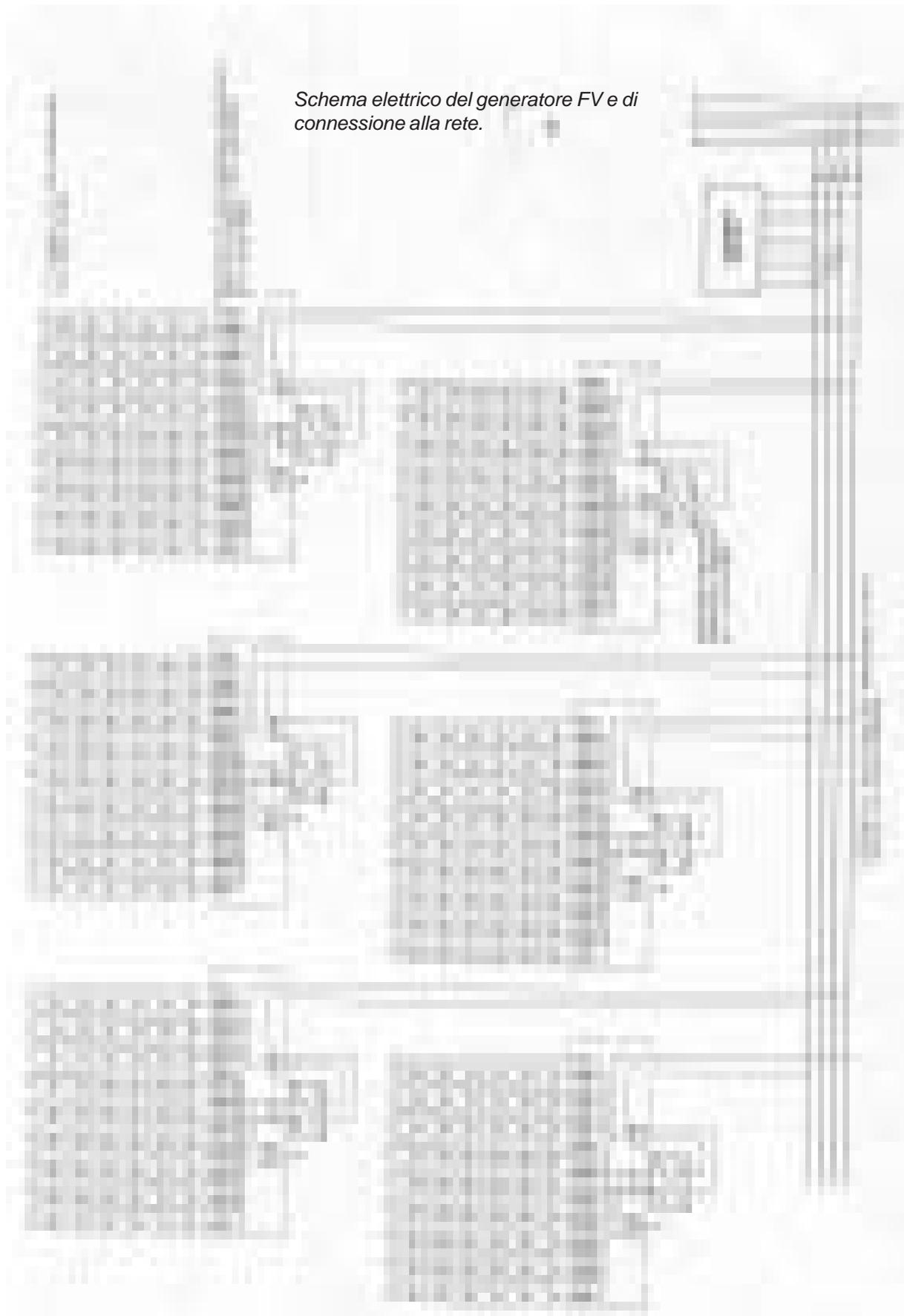
Schema elettrico generale

Scheda tecnica impianto

Tipo di struttura edilizia	Aule e Biblioteca
superficie disponibile per i moduli (m ²)	216
Rete elettrica di distribuzione tensione (V)	
trifase e monofase	X
Generatore fotovoltaico	
potenza nominale (kW)	20
tensione (Vm)	101,4V
tutti i moduli hanno la stessa esposizione	
Tecnologia inverter	
PWM	si
ingresso floating	
protezioni d'interfaccia	Integrate Certificate
Tipologia di installazione	
teito	Retrofit
	X
Tecnologia dei moduli	
silicio policristallino	X
Orientamento dei moduli (azimut)	
sud	X
Inclinazione dei moduli	
20° - 60°	X
Fenomeni di ombreggiamento	
assenti	X

Descrizione
tecnica del
tipo di inverter
utilizzato

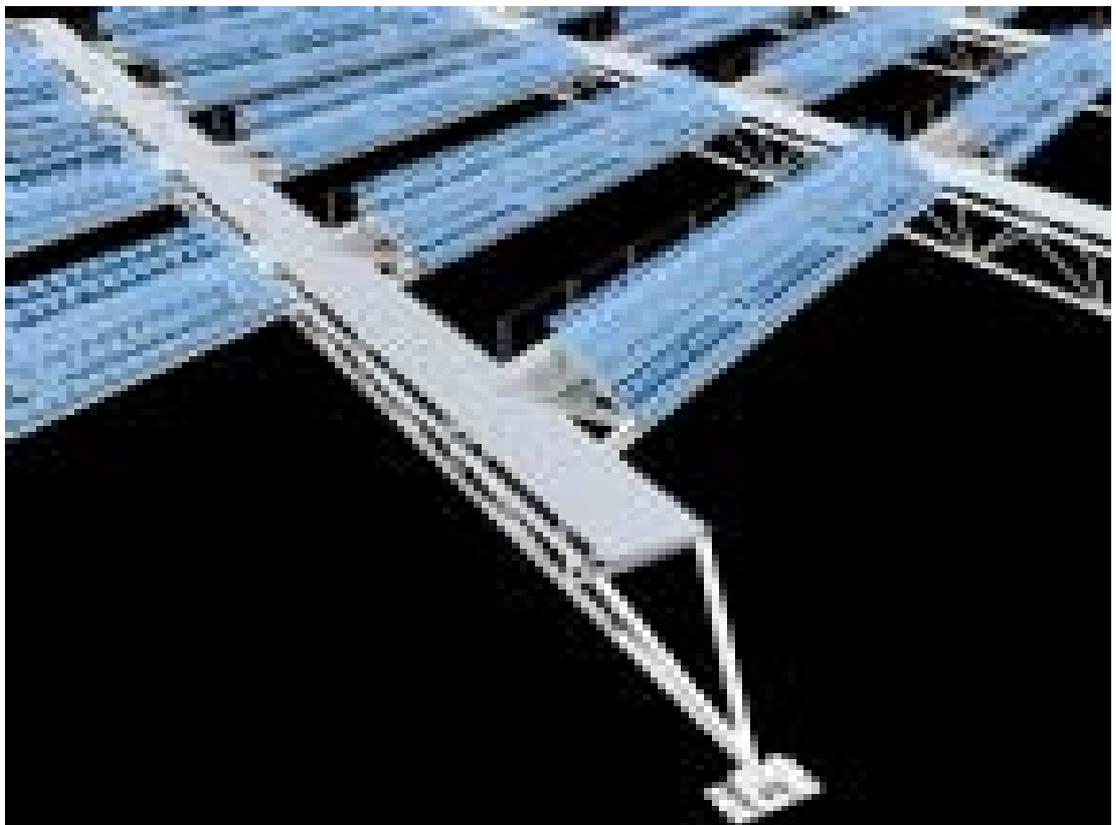




**Partecipazione al progetto Europeo PV
ENLARGEMENT per la ricerca di finanziamenti per
l'integrazione architettonica dell'impianto
Fotovoltaico nell'edificio aule e biblioteca al Polo
Scientifico di Sesto**

Gennaio 2003- Dicembre 2007

Università di Firenze Partner n° 21



6.2. Progetto Europeo PV Enlargement

Contratto NNE5-2001-736

Trasferimento della Tecnologia, Dimostrazione e scambi Scientifici, Affermazione del settore fotovoltaico in Europa

Durata: 48 mesi

Coordinatore del progetto: WIP Monaco, Germania

Contraenti del progetto:

n	paese	Partner
1	Germania	WIP
2	Germania	Gehrlicher
3	Germania	FH Munich
4	Austria	ATB
5	Austria	Università di Vienna,
6	Austria	Università di Innsbruck
7	Austria	Università di Krems
8	Austria	Università di Murzzuschlag
9	BG	Università di Gabrovo
10	BG	Laboratorio di Energie rinnovabili
11	Cecoslovacchia	SOLARTEC
12	Cecoslovacchia	Università di Praga
13	Cecoslovacchia	Università di Brno
14	Cecoslovacchia	TU Ostrava
15	Cecoslovacchia	Università di Plzen
16	Cecoslovacchia	TU Luberec
17	Grecia	Centro Ricerche CRES
18	Grecia	Università di Atene
19	HU	Università di Godollo
20	Italia	Università "La Sapienza"
21	Italia	Università di Firenze
22	Italia	Comune di Pistoia
23	Polonia	Università di Varsavia
24	PT	Istituto superiore Tecnico
25	PT	Nuova Università di Lisbona
26	Romania	Università di Bucaresti
27	Svizzera	SUPSI - LEEE - TISO

6.2.1. Obiettivi

Il progetto "PV Enlargement" intende dimostrare alla Committenza Europea che per incrementare l'efficienza energetica e ridurre il rapporto costi-benefici degli impianti Fotovoltaici è necessario accrescere lo sviluppo del mercato Europeo Fotovoltaico. Il progetto si dividerà in tre principali settori di attività:

1: Dimostrazioni per impianti FV >1,000 kWp, sulla possibilità di riduzione dei

costi per il conseguimento di maggiori benefici e l'impiego di tecnologie altamente innovative, soluzioni da applicarsi in 10 paesi in Europa, in modo da divulgare presso gli enti pubblici applicabilità e visibilità dell'energia solare prodotta con sistemi FV.

2. **Trasferire la conoscenza della Tecnologia fotovoltaica** tra i 15 stati Europei e i paesi della CEE.

3. **Scambio di informazioni scientifiche** per accrescere il rendimento e l'efficienza di tecnologie innovative FV attraverso **connessioni di monitoraggio e dati di prestazione**, resi pubblicamente accessibili.

1. DIMOSTRAZIONI (>1,000 kWp) sulla riduzione del rapporto costi-benefici o l'impiego di tecnologie altamente innovative

La dimostrazione verrà effettuata su 28 impianti dimostrativi FV con 20 diverse tipologie di tecnologie FV applicate per una **produzione di energia di oltre 1,000 kWp** saranno installate in Università Tecniche, Accademie e altri 10 edifici di elevata frequentazione in Europa, tra di essi 5 paesi della CEE. I sistemi impiegati sono **impianti altamente innovativi** e con ottimo rendimento a costi contenuti ad esempio uso di celle del tipo; a-Si, CIS, CdTE, e moduli fotovoltaici con trasmissione senza fili. Il costo medio più basso degli impianti si aggira **sui 6,5 €/Wp**. Gli impianti dimostrativi verranno collocati in posti ben visibili, e in alcuni casi risulteranno essere impianti di potenza superiore a quelli già installati, fino ad oggi, ciò accrescerà notevolmente il pubblico interesse. Verranno organizzati eventi speciali, ad esempio pubbliche inaugurazioni e presentazioni da parte dei media, in modo da moltiplicare gli effetti di diffusione della tecnologia fotovoltaica e la sua installazione.

2. TRASFERIRE LA CONOSCENZA DELLA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Lo scambio di informazioni per crescere il know-how sulla tecnologia FV sarà attuato tramite la collaborazione di 15 Università Tecniche o Accademie così come fabbriche ed installatori di FV di 15 paesi Europei e della CEE in un unico progetto, coinvolgendo, con un ruolo principale, le Università e Accademie in azioni dimostrative e di monitoraggio di 28 sistemi FV, le industrie di FV beneficeranno direttamente dai risultati scientifici acquisiti. Le moderne applicazioni ICT e un portale internet per le comunicazioni interne ed esterne sarà parte integrate del sistema informativo delle soluzioni fotovoltaiche impiegate.

3. SCAMBIO DI INFORMAZIONI SCIENTIFICHE

I partner delle Università installeranno e monitoreranno i sistemi installati. Un sistema di procedure di controllo intensivo soddisferanno ed aggiorneranno i requisiti tecnici. Dopo il settaggio dell'impianto FV da parte degli installatori, le Università raccoglieranno ed interpreteranno i dati tecnici relativi al funzionamento dell'impianto, comunicandoli ai produttori per contribuire alle misurazioni di rendimento del sistema. In ambito internazionale, i concetti di monitoraggio avanzati saranno applicati e valutati con uno scambio di dati tra i partner scientifici, previa verifica normativa relativa ad ogni paese Europeo a cui si riferisce l'installazione.

Il trasferimento automatico dei dati di rendimento (previo controllo interno) dei differenti

impianti sul portale (internet) del progetto consentirà una comparazione delle prestazioni a livello internazionale.

Il progetto contribuirà a fornire dati nel settore per accrescere future decisioni in merito ad analoghe installazioni. Una pubblicazione consentirà, inoltre, di poter paragonare i dati di rendimento degli impianti e poter comparare i diversi prodotti installati, in modo da contribuire in tempi relativamente brevi alla riduzione dei costi di produzione dei moduli FV di oltre il 30%.

Il coordinatore del progetto, data la sua ampia esperienza nel settore sia in Europa che nei paesi CEE contribuirà a favorire l'interscambio di informazioni tra i paesi. Questo progetto produrrà un guadagno per il mercato FV europeo, sia per l'ampio numero di soluzioni utilizzate che per l'elevata promozione dei sistemi FV nelle politiche dell'Unione Europea e sui GHG. Inoltre il progetto provvederà ad accrescere la coesione sociale ed economica tra gli Stati EU, infine il progetto "PV Enlargement" potrà essere la piattaforma di lancio per diffondere e presentare i progetti EC e RE nelle politiche e programmi Europei.

6.2.2. La Dimensione Europea del progetto PV Enlargement

Lo scopo dell'Unione Europea è di installare impianti FV per una capacità complessiva di 3GWp in Europa entro il 2010. Per raggiungere questo obiettivo la crescita annuale del mercato FV in Europa dovrà essere uguale o maggiore del 29% annuo. Ciò necessiterà uno sforzo considerevole da parte della Comunità Europea.

6.2.3. Sviluppo del Mercato

La crescita dello "sviluppo del Mercato FV" in Europa è dovuta essenzialmente al mercato Olandese e Tedesco. Gli Strumenti di Finanziamento di questi paesi si sono rivelati abili nell'introduzione della tecnologia fotovoltaica. La crescita di diffusione di questa tecnologia supera il 30% ogni anni. I sistemi FV convenzionali sono stati impiegati anche per soluzioni redditizie e l'esperienza di tecnici nel settore è elevata. Per i sistemi FV più innovativi sono necessari ulteriori sistemi di finanziamento, ad esempio per la realizzazione di impianti innovativi oppure di impianti integrati architettonicamente. In questo progetto verranno sviluppate soluzioni altamente innovative ed integrate in architettura in modo da diventare soluzioni dimostrative per ampliare il mercato del settore. L'esperienza pratica sarà diffusa attraverso i differenti partners.

I governi degli stati più a sud dell'Europa, Italia e Portogallo, recentemente hanno introdotto sistemi di finanziamento come il modello portoghese ed il sistema di supporti economici per certe installazioni in Italia.

I parametri di valutazione degli impianti FV, variano dal tipo di sistema installato, il tempo di ritorno dell'investimento varia a seconda della resa dell'impianto utilizzato e dall'esistenza o meno di forme di finanziamento nazionali.

Questo progetto consentirà di valutare i costi degli impianti in relazione alle informazioni relative all'efficienza ed uso degli impianti realizzati.

La visibilità e la capacità dimostrativa degli impianti installati accrescerà l'accettabilità dei recenti strumenti di finanziamento e ciò contribuirà alla crescita, in breve tempo, del mercato FV.

Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato

Partner		Installation Site	Type of Installation	kWp
2		DE Former refuse dump hill to the north of Munich (alternative sites under consideration are: the Munich trade fair building and a site to the south of Munich promising highest kWh outputs with 1.100 kWh/kWp installed.	OG or OR or BI plus TR (27)	377,0
3		DE University of applied sciences / Munich	OFR (50) + OF (30)	80,0
5	5.1	AT Naturhistorisches Museum / Wien	OTR	15,0
	5.2	AT Schiestlhaus (house of the future) / Hochschwab	BI	8,0
6	6.0	AT Donau-University / Krems	BI	35,0
	6.1	AT M-Preis / Rum	BI	25,0
	6.2	AT Kriegerhornbahn / Oberlech	BI	9,7
	6.3	AT Haus Walch / Oberlech	BI	4,3
	6.4	AT Low energy house / Münster-Mödling	BI	20,0
7		AT Alpenländische Heimstätte / Landeck-Innsbruck	BI	20,0
8		AT Viktor-Kaplan-Akademie / Mürtzschlag	BI	25,0
9		BG Technical University / Gabrovo	OFR	10,0
10		BG Central Laboratory of Solar Energy & New Energy Sources / Sofia	OFR	10,0
12		CZ Charles University / Prague	BI	20,0
13		CZ Brno University of Technology / Brno	BI	20,0
14		CZ Technical University / Ostrava	BI	20,0
15		CZ University of West Bohemia / Plzen	BI	20,0
16		CZ Technical University / Liberec	BI	20,0
17		GR Centre for Renewable Energy Sources / Athens	BI	40,0
18		GR Agricultural University / Athens	BI	15,0
19		HU Szent Istvan University / Gödöllő (nearby Budapest)	OR	10,0
20		IT University di Roma La Sapienza / Rome	BI	20,0
21		IT Università degli Studi di Firenze / Florence	BI	20,0
22		IT Municipality / Pistoia	BI	19,0
23		PL University of Technology / Warsaw	OFR + BI	21,0
24		PT Instituto Superior Técnico / Lisbon	BI	50,0
25		PT Universidade Nova de Lisboa / Lisbon	BI	50,0
26		RO Universitea Politehnica din Bucuresti / Bucharest	OR or BI	30,0

Tabella riassuntiva dei progetti partecipanti alla ricerca

INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEGLI EDIFICI

Uno studio per lo sviluppo e la diffusione delle energie rinnovabili negli edifici

Primi fotomontaggi del progetto in cui è prevista l'installazione di moduli FV Eurosolare PL800

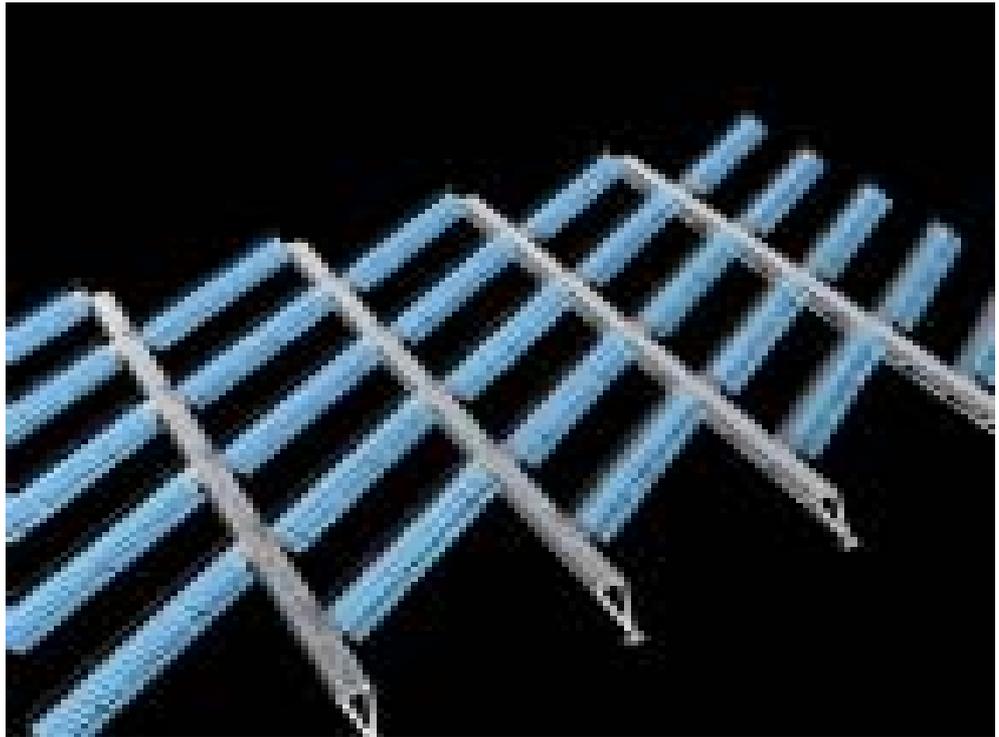


Il primo progetto prevedeva l'inserimento dei moduli FV sulle travi reticolari, montate complanarmente alla copertura piana, in questo progetto non era ancora stata studiata una struttura ispezionabile. L'ultimo progetto è stato progettato per la ispezionabilità e manutenzione dei moduli.

Fotomontaggio con moduli BP solar vetro-vetro laminati



-6.3. PROGETTO FINALE -
Integrazione architettonica di frangisole fotovoltaici 20 kWp
Finanziato dal Ministero dell'Ambiente, Regione Toscana e
Comunità Europea



Vista prospettica della struttura e dei frangisole FV

6.3. Valenze dell'iniziativa

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza totale di 20 kW da installare sulla copertura della corte interna al fabbricato adibito ad aule e biblioteca.

L'impianto funzionerà in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica di bassa tensione e provvederà a coprire parzialmente il fabbisogno energetico dell'edificio sul quale verrà installato.

Nel seguito sono raccolte le linee guida generali della progettazione ed una descrizione motivata delle scelte tecniche.

La realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione ha lo scopo di fornire il servizio elettrico per soddisfare parzialmente il fabbisogno energetico dell'utenza alla quale è collegato. Più in generale, l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- l'applicazione di soluzioni di progettazione del sistema perfettamente compatibili con le esigenze di tutela del territorio (es. l'impatto visivo);

6.3.1. Il progetto fotovoltaico integrato

L'edificio è situato nella nuova area di espansione dell'Università di Firenze, a Sesto Fiorentino. Gli edifici sono tutti di nuova costruzione e la prima utilizzazione degli edifici risale al 2000 circa.

L'edificio aule è il primo scelto dall'Università per realizzare il primo impianto di installazione fotovoltaica. L'edificio ha un consumo di energia piuttosto elevato e l'inserimento di un impianto da 20kWp intende porsi a dimostrazione per la realizzazione di altri nuovi impianti, poiché il fabbisogno energetico dell'edificio è abbastanza superiore alla potenza installata.

L'edificio è isolato ed è di circa 4000 m² di sviluppo in pianta su due piani con una corte interna di di circa 560 m² generalmente utilizzata come spazio all'aperto per la conversazione ed il riposo tra una lezione ed un'altra. Al piano superiore è alloggiata la biblioteca.

La corte è posta in posizione centrale all'edificio ed in tale area è previsto il progetto di integrazione architettonica.

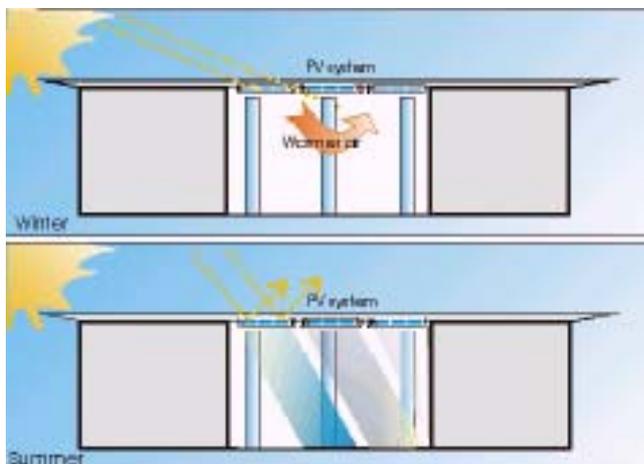
Una copertura aperta formata da frangisole con inserite celle fotovoltaiche viene appoggiata sulla struttura di copertura esistente. Tra i frangisole sono posti dei camminamenti per consentire una facile manutenzione ed ispezione dei moduli.

La struttura fotovoltaica è orientata a sud ed inclinata di 35° in modo da ottenere il massimo rendimento del sistema.

6.3.2. Innovazione scientifica e tecnologica

Il progetto di integrazione prevede la produzione di energia pari a circa 20 kWp sulla corte, utilizzando un sistema fotovoltaico in vetro/ vetro semi-trasparente in modo da non diminuire l'ingresso di luce naturale nella corte.

L'edificio è di nuova costruzione ed ospita le aule e la biblioteca del Polo



Sezioni schematiche sul riscaldamento dell'aria in funzione del riscaldamento dei moduli FV

Scientifico. L'intergrazione fotovoltaica del sistema offre notevoli vantaggi che vanno ben oltre la resa energetica dell'impianto stesso.

L'organizzazione architettonica dell'edificio è caratterizzata da un grande atrio intorno al quale si sviluppano le aule, al centro è posta una grande corte di 18 m per 31 m, al di sopra della quale è previsto l'inserimento del progetto FV.

La copertura semitrasparente realizzata con moduli fotovoltaici consente di migliorare le caratteristiche termiche dell'edificio. In estate, con l'ombreggiatura degli elementi, si evita il surriscaldamento della corte consentendo una piacevole sosta all'esterno, allo stesso tempo i piani superiori, in concomitanza delle aperture risultano essere ombreggiati riducendo di qualche grado

la temperatura degli ambienti interni, durante la notte, essendo una struttura aperta i moduli e la corte sono ben ventilati. In inverno gli spazi interni beneficeranno del calore prodotto dalle celle, che in prossimità delle aperture la temperatura sarà di almeno di 2 gradi. Nella corte, la struttura FV pur essendo sempre a cielo aperto consentirà un parziale riparo dagli agenti atmosferici.

L'impianto FV sarà realizzato con celle in silicio monocristallino, rese semitrasparenti dalla posizione delle celle distanziate tra di loro. La struttura che sosterrà l'impianto è realizzata con 5 travi reticolari lunghe 22 m ciascuna, le pale frangisole sono montate inclinate di 39° rispetto alle travi reticolari in modo da essere orientate in pieno Sud.

La distanza tra i frangisole sarà di 1,60 m, tale distanza è calcolata in modo che gli elementi frangisole non si facciano ombra uno con l'altro.

La struttura in acciaio sarà collegata al cordolo strutturale della corte dell'edificio.

I moduli fotovoltaici con celle in monocristallino di colore blu sono distanziate tra di loro in modo da consentire la trasparenza e la massima illuminazione naturale e allo stesso tempo lasciare una buona visione del cielo.

6.3.3. Caratteristiche dell'impianto FV

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di generazione elettrica innovativo con l'utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica. Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza totale di circa 20 kWp da installare sulla copertura, come elementi frangisole fotovoltaici della corte interna al fabbricato aule.

Tale dimensionamento è derivato non da esigenze energetiche ma dalla richiesta di finanziamenti ottenuta dal Ministero dell'Ambiente che non poteva superare i 20kWp. Per tale esigenza si è ritenuto utile installare moduli ASE 300 DG nel progetto, di dimensione 190x130 cm vetro-temlar con celle opache in policristallino di 10 cm x 10 cm per una potenza di 285W ciascuno per una potenza complessiva di 19,95 kWp.

6.4. Tipologia d'impianto ed identificativo a norma CEI 0-2

L'impianto fotovoltaico sarà collegato alla rete di distribuzione dell'energia elettrica in bassa tensione della Società Distributrice ENEL S.p.A., iniettando nella stessa l'energia prodotta in eccesso. Parte dei consumi elettrici del fabbricato saranno così coperti dalla produzione elettrica dell'impianto fotovoltaico. L'identificativo dell'impianto, relati-

Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato

pianto

3.2 Formazione di condensa	SI	
3.3 Altitudine (s.l.m.)	40 m	
3.4 Latitudine	43°48' N	
3.5 Longitudine	11°12' E	
3.6 Presenza di corpi solidi estranei:	NO	
Presenza di polvere:	SI	
Note Proteggere da insetti ed utensili		
3.7 Presenza di liquidi:		
Tipo di liquido		
Acqua		
Trascurabile		-
- Possibilità di stillicidio	SI	
- Esposizione alla pioggia	SI	
- Esposizione agli spruzzi	SI	
- Possibilità di getti d'acqua	NO	
3.8 Condizioni del terreno:	Non applicabili	
- Carico specifico ammesso (N/m²)		
- Livello della falda freatica (m)		
- Profondità della linea di gelo		
- Resistività elettrica del terreno (Q m)		
- Resistività termica del terreno (m K/W)		
3.9 Ventilazione dei locali	Locale atrio d'ingresso	
- Naturale	SI	
- Artificiale	NO	
- Naturale assistita da ventilazione artificiale	NO	
- Numero di ricambi (previsti come ordinari)		Non applicabile
Note		
Dati riferiti al posizionamento del quadro di interfaccia		
3.10 Dati relativi al vento		
- Direzione prevalente	N-NE	
- Massima velocità di progetto	Secondo normativa vigente	
3.11 Carico di neve		
- Carico statico di progetto dovuto alla neve	Secondo normativa vigente	
3.12 Effetti sismici		
Note Conduttore nei giunti di raccordo		
3.13 Condizioni ambientali speciali	NO	

6.5.4. Modulo 4 - Dati di progetto relativi alla rete di collegamento

4.1 Tipo di intervento richiesto

- Nuovo impianto SI

4.2 Dati del collegamento elettrico Trifase senza neutro

Descrizione della rete di collegamento

- Potenza disponibile continua 390 kW

- Potenza disponibile di punta 488 kW

Note: Cabina propria

4.3 Misura dell'energia Contatore installato in cabina ENEL

6.5.5. Modulo 5 - Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

5.1 Caratteristiche area di installazione

- Copertura piana

- Copertura piana praticabile

- Superficie utilizzabile: **580m²**

5.2 Posizione quadro di parallelo Sulla parete

5.3 Posizione inverter

- In interno

- Montaggio a parete

- Parete locale tecnico

5.4 Posizione quadro di interfaccia

- In interno

- A parete a fianco del quadro di distribuzione generale nell'atrio dell'ingresso centrale

6.5.6. Riferimenti legislativi e normativi

Nella redazione del presente progetto, inerente la realizzazione di un impianto fotovoltaico nell'immobile di proprietà dell'Università degli Studi di Firenze sito nel Comune di Sesto Fiorentino sono state e dovranno essere considerate nella esecuzione dei lavori di installazione, le disposizioni di legge e le norme tecniche del CEI.

6.5.7. Documentazione e normativa di riferimento

Il sistema sarà progettato e realizzato in accordo con la documentazione e normativa sottoelencata:

- ⊗ CEI/IEC per la parte elettrica ed elettronica;
- ⊗ normativa Enel per la connessione a rete;
- ⊗ CEI/IEC 1215 per i moduli fotovoltaici;
- ⊗ IEC 904/1-2-3 per i moduli fotovoltaici;
- ⊗ CEI 110-6/7 per la compatibilità elettromagnetica delle apparecchiature;

Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato

- ⊗ UNI per la parte meccanica;
- ⊗ DPR 547/ASL per la sicurezza e la prevenzione infortunistica.

Il sistema sarà, inoltre, costruito in accordo con la Legge 46 del 05.03.1990 ed a quant'altro previsto dalla normativa vigente.

6.6. Descrizione del sistema

6.6.1 Generalità

L'effetto fotovoltaico converte la luce solare in energia elettrica, sotto forma di corrente continua. L'unità di misura della potenza installata è il Watt di picco (Wp) e corrisponde alla potenza erogabile da un generatore fotovoltaico in condizioni elioclimatiche standard (radiazione solare di 1.000 W/mq e temperatura di giunzione di 25 °C). Il sistema fotovoltaico proposto, ha una potenza di circa 20 kWp per una superficie occupata di circa 300 mq. L'impianto è composto da n° 70 moduli FV di tipo vetro/vetro oppure vetro/tehdar con un potenza di picco media di 285 W/cadauno, suddivisi in sette sottosistemi da 2857 Wp ciascuno.

Ogni sottosistema, fa capo ad un inverter, completo di scatola di interconnessione. L'impianto fotovoltaico è costituito dai seguenti elementi:

- **Struttura principale** – 4 travi reticolari di circa 20 m ciascuna posizionata sul lato corto della corte interna.
- **Struttura secondaria** – 25 travi realizzate con 2 travi IPE appoggiate alle travi reticolari
- **Struttura di sostegno moduli** – i moduli sono disposti per il lato lungo la direzione delle travi di sostegno, i moduli in vetro/ vetro oppure vetro/tehdar trasparente o semitrasparente sono forniti di telaio realizzato con profilo in alluminio forato sul retro su entrambi i lati. I moduli sono poi ancorati (con avvitatura) a dei cavalletti formati da tre profili ad L in acciaio zincato.
- **Passerelle** – per garantire la manutenzione e la sicurezza nella realizzazione dell'impianto FV sono state realizzate in grigliato tipo (Alugril o Orsogrill) delle passerelle poste: sulle travi principali e secondarie a formare un camminamento largo 1 m nel primo caso e 60 cm nel secondo. Tali passerelle sono poi dotate di corrimano, realizzato in profilo IPE in acciaio zincato collegati da cavo in acciaio. (vedi progetto strutturale).

I moduli fotovoltaici, sono inclinati di circa 35° sul piano orizzontale ed orientati verso sud.

L'energia elettrica in corrente continua prodotta dai moduli FV., convertita in energia elettrica in corrente alternata a 220 V, 50Hz sarà immessa nella rete Enel di distribuzione.

L'energia prodotta verrà misurata mediante apposito contatore, installato dal gestore della rete, e contabilizzata secondo quanto previsto nella delibera n° 224/00 dell'Autorità per l'energia.

6.6.2 Caratteristiche del sistema

Come già anticipato, il sistema si compone di sette sottosistemi per una potenza totale installata di circa 20 kWp.

Ogni sottosistema (2857 Wp) collegati in serie a gruppi di 10 a formare 7 stringhe. Ogni

stringa è composta da 10 moduli.

I dati relativi ad ogni stringa sono:

- Potenza nominale 2,850 Wp
- Tensione a circuito aperto Voc 600 V
- Corrente di corto circuito Isc 6,2 A
- Tensione di massima potenza Vm 505 V
- Corrente alla massima potenza Im 5,64 A

-Quadro di campo con scaricatori ed interruttori lato DC ed AC.

La scelta della suddivisione del sistema in sottosistemi facenti capo ciascuno ad un inverter dedicato è stata fatta in modo da garantire comunque il funzionamento dell'impianto anche in presenza di accidentale non funzionamento di uno dei sottosistemi, ciò a dimostrazione della estrema adattabilità e flessibilità della tecnologia fotovoltaica e di potersi inserire in realtà architettoniche diverse tra loro, mantenendone inalterata l'efficienza

6.6.3 Produttività del sistema

Sulla base dei valori di radiazione al suolo e sul piano dei moduli (35°), ed assumendo un rendimento medio del sistema dell'75% ai vari regimi di funzionamento, la produttività energetica del sistema, intesa come energia elettrica ceduta alla rete Enel di distribuzione è pari a:

ca. 24.521 kWh/anno.

Il calcolo deriva da:

L'energia media annua incidente su una superficie di un metro quadro per moduli inclinati a 35° rispetto all'orizzontale è **4,49 kWh/giorno**; l'energia producibile in un anno dall'impianto fotovoltaico di **19,95 kWp** di potenza è pari a :

Energia prodotta dal sistema FV= 19.95 x 4.49 x 365 =32,695 kWh/anno

Questo valore si riferisce all'energia prodotta dal generatore fotovoltaico, in realtà l'energia effettivamente immessa in rete sarà inferiore, a causa di inevitabili perdite dovute a: sporcizia sui moduli, cadute chimiche su connessioni e giunzioni, cadute su diodi di blocco, mismatching dei moduli, rendimento dell'inverter (in genere prossimo al 90%), eventuali fermi dell'impianto. Il valore di queste perdite può essere assunto pari al 25% dell'energia prodotta, per cui il rendimento di conversione è pari al 75%:

Ø **Stima energia immessa in rete: 0.75 x 32,695 = 24,521 kWh/anno**

6.7. Descrizione dei componenti e schema generale dell'impianto

L'impianto fotovoltaico in oggetto è destinato a produrre energia in collegamento alla rete elettrica di distribuzione BT in corrente alternata; l'impianto sarà connesso elettricamente alla parte della rete di proprietà dell'utente a valle del punto di consegna fiscale dell'energia. Nel punto di connessione la tensione è 400 Vac di tipo trifase, frequenza 50 Hz. L'energia prodotta sarà scambiata sul posto con la rete, in accordo con le condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio definite dalla Deliberazione n. 224/2000 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

Gli elementi principali che costituiscono l'impianto sono i seguenti

Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato

Radiazione solare al suolo e sui piani inclinati
in kWh/mq/giorno

mese	Sesto Fior.(lat. 43° 48' N, long. 11° 12' E)			
	0°	20°	35°	50°
gennaio	1,58	2,39	2,85	3,16
febbraio	2,05	2,68	3,06	3,16
marzo	3,75	4,51	4,81	4,85
aprile	4,77	5,13	5,10	4,83
maggio	5,88	5,89	5,61	5,08
giugno	6,30	6,12	5,71	5,07
luglio	6,44	6,35	5,97	5,34
agosto	5,52	5,77	5,64	5,24
settembre	4,16	4,77	4,95	4,87
ottobre	2,97	3,89	4,35	4,56
novembre	1,83	2,71	3,20	3,51
dicembre	1,38	2,18	2,65	2,96
media annuale	3,88	4,36	4,49	4,38
totale annuale	1.418	1.593	1.642	1.600

- **70 moduli fotovoltaici in silicio policristallino, ciascuno di potenza pari a 285 W_{picco}**
- **5 inverter monofase di potenza 3.3 kW in continua, 4.2 kWp lato fotovoltaico**
- **pannello d'interfaccia per la connessione alla rete BT, in accordo con la normativa CEI 11.20**

L'impianto è costituito da 70 moduli fotovoltaici semitrasparenti (del tipo vetro/vetro o vetro/tehdar trasparente) ciascuno di potenza di circa 285 W_p, collegati in serie a gruppi di 7 a formare 10 stringhe.

Le 10 stringhe sono connesse a due a due in parallelo in 5 quadri di sottocampo, in modo che le grandezze elettriche siano compatibili con i gruppi di conversione.

Ogni coppia di stringhe in parallelo sarà pertanto connessa ad un inverter in grado di adeguare le grandezze elettriche alla rete di distribuzione.

Il punto di consegna dell'energia sarà sistemato in un armadio quadri per installazione a pavimento, con grado di protezione almeno IP 31; l'armadio deve prevedere la ventilazione naturale nella parte inferiore e superiore.

Il gruppo di consegna dell'energia prodotta deve inoltre comprendere tutti i dispositivi di interruzione, protezione e sicurezza in conformità alle normative e alle prescrizioni di ENEL Distribuzione (DK 5950). In particolare, si prevede l'utilizzo di un pannello di interfaccia, dotato di tutte le protezioni di linea richieste dalla normativa CEI 11-20 (omologato da ENEL o dotato delle necessarie certificazioni SINAL). Lo scambio dell'energia prodotta dal sistema avviene in prossimità del quadro generale attualmente esistente nell'edificio, in prossimità del punto di consegna ENEL Distribuzione installerà un contatore trifase per la misura dell'energia prodotta. L'impianto sarà connesso in parallelo con la rete elettrica di distribuzione in accordo con quanto stabilito dalla Deliberazione n. 224/2000 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

Vista la particolarità dell'edificio, il locale che comprende gli inverter e gli altri quadri necessari per la consegna dell'energia prodotta, non deve risultare accessibile agli studenti che frequentano l'edificio; l'esatta ubicazione degli inverter è stabilita nel rispetto della sicurezza delle persone che frequentano il complesso edilizio.

L'impianto sarà connesso alla rete di terra esistente secondo la vigente normativa.

6.7.1 Moduli fotovoltaici, stringhe, quadri di campo, connessione alla rete dell'edificio

6.7.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli FV costituenti il generatore FV sono del tipo Vetro/vetro o vetro/teclor trasparente o semi-trasparente costituiti da 216 celle in silicio multicristallino (o mono) collegate in serie tra loro ed incapsulate in un sandwich con vetro ad alta trasmittanza anteriore, incapsulante E.V.A. e Tedlar posteriore, aventi le seguenti caratteristiche principali:

- Potenza minima (garantita):	285 Wp
- Dimensioni:	1.892 x 1.283 mm
- Tensione a vuoto Voc:	60 V
- Corrente di corto circuito Isc:	6,2 A
- Tensione alla max potenza Vm:	50,5 V
- Corrente alla max potenza Im:	5,64 A
- Peso:	50 kg
- Cornice:	in alluminio anodizzato

6.7.1.2. Stringhe

Ciascuna stringa è composta da 7 moduli connessi in serie e avrà, in condizioni standard, le seguenti caratteristiche:

Numero di moduli FV	7
Potenza stringa	1,995 W _p
Tensione a circuito aperto	420 V
Corrente di corto circuito	6.2 A
Tensione al punto di massima potenza	353.5 V
Corrente al punto di massima potenza	5.64 A

La sezione di interfaccia tra ciascuna stringa ed il proprio quadro di campo dev'essere sezionabile su ogni polarità e dotata di diodo di blocco adatto alla corrente nominale di stringa. Degli scaricatori di sovratensione devono essere inseriti prima dell'ingresso nell'inverter, tra ciascuna polarità e terra.

6.7.1.3. Quadri di campo

Nei quadri di campo (o sottocampo) avviene il parallelo delle stringhe che costituiscono il generatore fotovoltaico (in totale 10); in ciascuno dei 5 quadri di sottocampo si realizza il parallelo di 2 stringhe. Le caratteristiche sottocampi sono:

	Sottocampi
Numero di stringhe	2
Potenza sottocampo	3,990 W _p
Tensione a circuito aperto	420 V
Corrente di corto circuito	12.4 A

Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato

Tensione al punto di massima potenza 353.5 V

Corrente al punto di massima potenza 11.28 A

L'uscita dei quadri di campo è collegata tramite sezionatore sotto carico al gruppo di conversione. Ogni quadro di sottocampo contiene i seguenti dispositivi:

- a) su ciascun arrivo dalle rispettive stringhe due morsetti sezionabili e un diodo di blocco
- b) sulla sbarre di interfaccia inverter un sezionatore di linea e scaricatori di sovratensioni (tra le polarità e la terra) connessi preferibilmente alla gabbia di Faraday esterna dell'edificio

Il quadro di campo sarà conforme alle seguenti Norme:

- Parti elettriche: CEI - IEC
- Struttura: ASTM - D635

Il quadro di campo deve essere per esterni, a tenuta d'acqua, con grado di protezione IP55, fabbricato con resina autoestingente, con pressacavi e chiusura meccanica ed ha le seguenti caratteristiche:

- rigidità dielettrica superiore a 5000 V
- inalterabilità per temperatura compresa fra -20 e +60 °C.

6.7.1.4. Connessione alla rete dell'edificio

Le uscite degli inverter verranno connesse in parallelo per la connessione con l'impianto elettrico trifase dell'edificio. In particolare, per minimizzare gli squilibri delle 3 fasi, gli inverter verranno connessi in parallelo: 2 su una fase, 2 sulla seconda ed 1 sulla terza. Laddove un unico inverter verrà connesso alla fase meno caricata dell'edificio e tutte le polarità negative degli inverter verranno invece connesse al conduttore neutro della rete locale.

	Parallelo di 2 inverter	1 inverter
Numero di stringhe	4	2
Potenza	7,975	3,987.5

6.7.1.5. Cablaggi

I cavi devono essere dimensionati e concepiti in modo tale da semplificare e ridurre al minimo le operazioni di posa in opera, con particolare riguardo al contenimento delle cadute di tensione. Queste saranno, indicativamente, contenute entro il 2% del valore nominale. I cavi avranno la guaina in PVC non propagante la fiamma e l'isolante in PVC o in gomma etilenpropilenica. I conduttori saranno di corda di rame ricotto, in accordo alle norme CEI 20-32/1980. I cavi di collegamento dei quadri di campo con il quadro di condizionamento della potenza saranno posati in appositi cavidotti, costituiti da canaline e/o tubi.

L'elaborato e) del presente progetto illustra la disposizione dei cavi all'interno dell'edificio.

6.7.2 Strutture di sostegno dei moduli FV

L'area in cui verrà installato l'impianto FV ha pianta rettangolare di dimensioni 32x21 m circa. La superficie in pianta è pari a 672 m² circa.

La struttura si sviluppa in piano per un'altezza pari a circa m. 1.

Quanto sopra, assieme a tutte le caratteristiche della struttura, è rappresentato nei seguenti disegni:

Carpenterie, Travi principali, montanti, ringhiere, Particolari e sezioni

La struttura sarà di acciaio con l'impiego di profilati laminati a caldo e di tubi tipo carpenteria in composizione saldata e bullonata

In particolare essa è formata da n. 4 travi principali del tipo tralicciato, in tubo saldato, appoggiate sulle strutture in c.a. esistenti.

A tali travi saranno fissate, mediante bullonatura, travi secondarie in IPE 120 portanti strutture accessorie, grigliati per camminamenti atti a consentire la manutenzione dell'impianto fotovoltaico e tale impianto

Ulteriori passerelle in grigliato, di accesso agli anzidetti camminamenti, sono previste sulle travi principali.

6.7.2.1. Modalità di vincolo delle nuove strutture alla struttura esistente

I vincoli alle strutture di cemento armato in elevazione verranno realizzati con piastre di forma opportuna riportata negli elaborati grafici., zancate mediante connettori chimici alle strutture esistenti. Queste ultime, per quanto riguarda i solai estrusi, saranno predisposte mediante il riempimento con calcestruzzo dei vuoti sottostanti di estrusione, attraverso fori opportunamente predisposti e per una lunghezza di circa 1 mt a cavallo dell'asse dell'appoggio. (vedi elaborati). Prima della posa in opera delle piastre dovrà essere messa a nudo la struttura in calcestruzzo mediante la rimozione, nella zona interessata, delle parti di finitura (isolante termico, impermeabilizzazione, pavimento, ecc) Le stesse finiture dovranno essere ripristinate dopo la posa in opera delle strutture in acciaio.

6.7.2.2. Qualità dei materiali

I materiali devono essere nuovi ed esenti da difetti palesi ed occulti.

L'appaltatore è tenuto a presentare al committente copia dei certificati di collaudo degli acciai per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, il metodo di fabbricazione e le composizioni chimiche ed è tenuto in ogni caso al rispetto integrale di quanto disposto dal D.M. LL.PP. 9.1.96

La scelta del tipo di acciaio e del relativo grado è devoluta al progettista e sarà operata tenendo conto delle esigenze tecniche particolari, dei procedimenti tecnologici di fabbricazione e di tutti gli altri parametri che hanno influenza a tale riguardo.

E' consentito l'uso di acciai speciali di tipo diverso da quelli sopra richiamati purchè siano rispettate le condizioni di seguito precisate:

- Le caratteristiche meccaniche degli acciai speciali devono essere esattamente definite.

- Gli acciai speciali devono essere corredati di una adeguata documentazione teorica e sperimentale e devono garantire un grado di sicurezza non inferiore a quello previsto dalle norme.

- L'impiego di acciai speciali devono essere preventivamente autorizzato dal committente.

Le giunzioni bullonate dovranno essere realizzate con bulloni di caratteristiche rispon-

denti a quanto prescritto dal D.M. LL.PP. 9.1.96

6.7.2.3. Protezione superficiale

Tutte le strutture di acciaio non zincato dovranno essere protette contro la corrosione mediante il ciclo di pitturazione di seguito precisato.

Il fondo dovrà essere convenientemente preparato mediante pulizia ed asportazione di ruggine, calamina, tracce di grasso e corpi estranei, mediante sabbiatura commerciale.

Ciclo di verniciatura:

- una prima mano di antiruggine primer
- una seconda mano di antiruggine da applicarsi in cantiere a strutture montate.

Dovrà essere garantita l'inalterabilità della prima mano di primer alla esposizione atmosferica, prima dell'applicazione della mano successiva, della durata di 3 mesi.

A montaggio della struttura ultimato e prima di procedere alla stesa della mano successiva, dovranno essere eseguiti i necessari ritocchi alle eventuali lesioni prodotte alla pellicola della prima mano di primer.

Non dovranno essere preventivamente verniciate le zone interessanti eventuali giunti con bulloni ad attrito, che saranno oggetto di trattamento con primer nella fase precedente di ritocco.

Non dovranno essere verniciate tutte le parti annegate nei getti o ad intimo contatto con gli stessi.

Le modalità di applicazione e le eventuali mani di finitura devono corrispondere alle specifiche del produttore.

6.7.3 Gruppo di conversione e di consegna dell' energia elettrica

Questo gruppo è formato da sette inverter dedicati ognuno ad un sottosistema, completo di scatola di connessione, per la conversione dell'energia in corrente continua prodotta dal generatore f.v. in energia in corrente alternata, per l'immissione in rete. L' inverter è del tipo a commutazione forzata a MOSFET, e comprende le logiche di comando, di protezione, di autodiagnostica e delle misure con predisposizione per la trasmissione dei dati a distanza.

Esso è provvisto di separazione galvanica tra moduli FV. e rete 230 Vca ed è protetto contro il funzionamento ad isola e quindi, al mancare della tensione di rete, si scollega automaticamente dalla rete stessa e resta in attesa del ripristino delle normali condizioni operative, prima di procedere nuovamente ed in modo automatico, alla riconnessione.

L'inverter è inoltre dotato del dispositivo di inseguimento del punto di massima potenza MPPT (Maximum Point Power Tracker) per ottimizzare il funzionamento del sistema al variare delle condizioni operative ed ambientali, in modo da immettere in rete sempre la massima energia che il generatore FV. può erogare istantaneamente.

La scatola di collegamento è predisposta per l'ingresso delle stringhe dal generatore FV e per il collegamento all'inverter.

In essa sono presenti due interruttori azionabili sotto carico che permettono di sezionare l'inverter sia dal generatore FV che dalla rete 230 Vca; due varistori provvedono alla protezione contro le sovra tensioni.

Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche e le condizioni di funzionamento di

ciascuno dei 5 inverter forniti dalla stazione appaltante:

Ditta produttrice	Sun Power Solartechnik
Modello	SP 3100-600
Potenza di picco del generatore fotovoltaico (kWp)	4.2
Potenza nominale di uscita (kW)	3.1
Tensione massima a vuoto (V)	600
Tensione nominale (range di funzionamento MPPT)	280 , 600
Rendimento a 20% comprese perdite trasformatore (%)	> 90.9
Rendimento a 50% comprese perdite trasformatore (%)	> 94
Rendimento a 100% comprese perdite trasformatore (%)	> 93
Perdite a vuoto comprese le perdite trasformatore (W)	< 3
Numero di fasi	1
Tensione nominale di rete (V)	400 +/-10%
Frequenza di uscita (Hz)	50 +/-2%
Cosj	1
Grado di protezione IP	IP33
Distorsione armoniche	Secondo normativa vigente
Rumore ad 1 metro (dB)	< 60
Condizioni ambientali del vano contenente il gruppo	
Temperatura di funzionamento (°C)	-10°C + 60°C
Temperatura di stoccaggio (°C)	-20°C + 60°C
Umidità relativa (%)	95 max

Gli inverter verranno collocati nel locale tecnico adiacente al tetto dove viene installato il generatore fotovoltaico. Negli elaborati si illustra la disposizione prevista.

6.7.4 Cavi elettrici, rete di terra e materiali accessori

Il collegamento elettrico tra i vari componenti il sistema avverrà a mezzo cavi con conduttori in rame, isolante e guaina in PVC e grado di isolamento richiesto.

L'interconnessione tra moduli f.v. avverrà con cavi in aria staffati alle strutture di sostegno dei moduli stessi. Il collegamento tra moduli e quadro di campo, e da questo al gruppo di conversione, avverrà con cavi infilati in tubi di protezione in PVC del tipo rigido e/o corrugato.

L'equipotenzialità tra i componenti del sistema sarà garantita mediante giunzioni meccaniche e cavallotti di messa a terra. Gli elementi saranno collegati alla rete di terra esistente dell'impianto mediante corda di rame di sezione opportuna.

Il sistema sarà comprensivo di materiali accessori, quali: canaline e tubi portacavi,

cassettame, ecc. necessari a garantire l'esecuzione a "perfetta regola d' arte".

6.7.5 Criteri e valutazioni sul posizionamento del campo fotovoltaico

Per l'integrazione architettonica dell'impianto fotovoltaico è stata scelta la corte interna poiché da questa posizione l'impianto resta ben visibile.

L'impianto produce corrente e al tempo stesso è utile all'ombreggiamento della corte interna dell'edificio, luogo di sosta e svago tra una lezione ed un'altra degli studenti, oltre a ciò l'impianto è ben visibile dalla biblioteca, posta al primo piano, luogo di studio anche per studenti di altre facoltà scientifiche, che anch'essi potranno vedere l'impianto e attraverso un PC collegato al sistema potranno consultare in diretta i dati di produttività elettrica.

6.7.6 Sistema di Controllo e Monitoraggio (5CM)

Per il controllo della funzionalità dell'impianto e della sua diagnostica è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio in grado di interfacciarsi tramite software dedicato anche con un PC dal quale sarà possibile in maniera molto semplice e veloce interrogare in ogni istante il funzionamento dell'impianto con l'indicazione di:

- diagnostica di ognuno dei due convertitori statici installati con pagine grafiche indicanti gli eventuali allarmi di malfunzionamento;
- indicazioni di potenza in ingresso ed in uscita, tensione, corrente erogate in corrente continua ed in corrente alternata per ciascuno dei due convertitori;
- archivio storico delle grandezze elettriche negli ultimi mesi di funzionamento.

Il software sviluppato appositamente per queste applicazioni ha una veste grafica di facile comprensione. L'elaborazione dei dati dell'archivio storico con lo sviluppo di grafici e tabelle, consentirà la stesura di un rapporto semestrale. Tramite il collegamento in internet i dati verranno messi a disposizione del gruppo di ricerca *PV Enlargement*.

Il sistema di conversione deve essere predisposto per il montaggio di un sistema di acquisizione dei dati. Il sistema di acquisizione dati è essenzialmente costituito da un insieme di sensori e/o convertitori, da un acquisitore con capacità di memorizzazione dei dati e da un modulo di trasmissione dati.

In particolare verranno misurate:

- 1) Irraggiamento sul piano dei moduli
- 2) Radiazione globale
- 3) Temperatura dei moduli fotovoltaici
- 4) Corrente continua di stringa
- 5) Tensione continua di stringa
- 6) Temperatura ambiente
- 7) Potenza ed energia delle stringhe
- 8) Potenza ed energia all'uscita degli inverter

Il sistema di acquisizione dev'essere dotato di una uscita in grado di connettere un modem per la trasmissione a distanza dei dati raccolti e deve prevedere inoltre la possibilità di interfacciarsi con un personal computer e con un display di visualizzazione. I moduli fotovoltaici devono essere predisposti per l'alloggiamento dei sistemi di monitoraggio (sonde Pt100 per la temperatura e piranometri per la misura della radiazione totale e diffusa).

I costi ancora alti degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili mettono in forte risalto l'esigenza di ottimizzare il funzionamento per spingere sempre più in alto rendimento e affidabilità dei sistemi.

Risulta quindi indispensabile poterne analizzare i dati e le informazioni finalizzati all'elaborazione di oculati e puntuali bilanci energetici. Tutto ciò oggi è possibile grazie alla spinta integrazione con sistemi "intelligenti" di supervisione, è la Telegestione che consente una agevole e indispensabile interazione uomo-macchina. L'integrazione delle nuove tecnologie elettroniche, informatiche e telematiche. (Internet Embedded, Internet Automation), M2M (Communication) rappresenta oggi la soluzione ideale per soddisfare in modo funzionale, e a costi relativamente contenuti, questi nuovi bisogni. I diversi sistemi si compongono di apparecchiature dedicate alla gestione nonché alla acquisizione, elaborazione, trasmissione e visualizzazione di informazioni di processo relative ai diversi stati di funzionamento.

6.7.6.1. Funzionamento del sistema

Il sistema ha un funzionamento completamente automatico e non richiede ausilio per il regolare esercizio.

Durante le prime ore della giornata, quando è raggiunta una soglia minima di irraggiamento sul piano dei moduli, il sistema inizia automaticamente ad inseguire il punto di massima potenza del campo fotovoltaico, modificando la tensione lato continua per estrarre la massima potenza dal campo.

6.7.8. Prestazioni del sistema

6.7.8.1 Radiazione solare

La produttività del sistema f.v. è basata sui valori di radiazione solare del sito, stimati dalle immagini fornite dal satellite Meteosat e pubblicati dall' ENEA ne "La radiazione solare globale al suolo in Italia nel 1996-1997" di Cogliani, Mancini, Petrarca, Spinelli.

Essi sono rappresentati nella tabella alla pagina seguente.

6.7.9. Verifiche di collaudo sull'impianto

Le verifiche di collaudo previste sono elencate nel seguito:

- a) esame a vista per accertare la rispondenza dell'opera e dei componenti alle prescrizioni tecniche e di installazione previste dal progetto definitivo;
- b) verifica sulle stringhe fotovoltaiche:
 - misura dell'uniformità della tensione e vuoto
 - misura dell'uniformità della corrente di cortocircuito;
- c) misura della resistenza di isolamento dei circuiti tra le due polarità lato corrente continua e terra e lato alternata tra conduttori e terra;

6.7.10. Display informativo

Il progetto prevede inoltre l'installazione di un pannello informativo, di tipo standard e con display luminoso, da posizionarsi nell'atrio di ingresso dell'edificio con piedistallo in metallo.

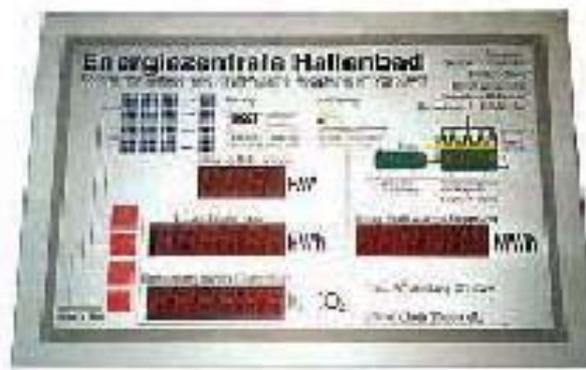
Il solar display, in aggiunta al sistema di acquisizione dati e monitoraggio dell'impianto



fotovoltaico, permette la divulgazione di una serie di messaggi di carattere informativo, per indicare che si è installato un impianto di produzione di energia pulita, per evidenziare, tramite un display a cristalli liquidi, una serie di dati e informazioni inerenti l'impianto FV installato e connesso alla rete elettrica. Sul pannello informativo saranno indicate le informazioni relative all'impianto FV. Il display collegato all'impianto FV evidenzierà: i valori di potenza istantanea espressa in watt, il valore di irraggiamento espresso in W/m^2 , la temperatura in gradi centigradi, l'energia totale prodotta kWh e la quantità di CO_2 espressa in kg. La trasmissione dei dati avverrà tramite cavo.

Le misure standard delle cifre riportate sul display saranno di altezza di 100mm.

Esempio di display informativo



6.7.11. Documentazione e garanzie

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi manutentivi;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi della legge 46/90, articolo 1, lettera a
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate.

Per quanto riguarda i certificati di garanzia, l'intero impianto deve godere di una garanzia non inferiore a due anni a far data dal collaudo dell'impianto stesso, mentre i moduli fotovoltaici devono godere di una garanzia non inferiore a 12 anni.

6.7.12. Normativa di riferimento

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e il gruppo di conversione;
- UNI 10349 per il dimensionamento del generatore fotovoltaico;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e d'ancoraggio dei moduli FV;

Si richiamano, in particolare, le norme EN 60439-1 e IEC 439 per i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal gruppo di conversione, le norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF. Circa la

sicurezza e la prevenzione degli infortuni, si ricorda:

- DPR 547/55 e il D. Lgs. 626/94 e successive modificazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- legge 46/90 e DPR 447/91 (regolamento di attuazione della legge 46/90) e successive modificazioni, per la sicurezza elettrica.

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

- norma CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica;
- norme CEI EN 61724 per la misura e acquisizione dati;
- ENEL DK 5940 per l'allacciamento di impianti di produzione alla rete BT
- legge 133/99, articolo 10, comma 7, per gli aspetti fiscali.

Per quanto riguarda il regime di scambio dell'energia elettrica, si applica la Deliberazione n. 224/00 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas del 6 dicembre 2000: "Disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW".

6.7.13 Manutenzione ordinaria preventiva

Le attività di manutenzione preventiva sono consigliate con una cadenza almeno, annuale e comprendono una serie di ispezioni e controlli. La maggior parte delle verifiche possono essere effettuate anche da personale non esperto in tecnologia fotovoltaica purché addestrato ad operare su circuiti elettrici applicando le norme di sicurezza e, comunque, non senza aver preso visione del "Manuale d'uso e manutenzione" redatto dal progettista e consegnato al cliente insieme al progetto esecutivo.

6.7.13.1. Moduli fotovoltaici

La manutenzione preventiva sui singoli moduli non richiede la messa fuori servizio di parte o di tutto l'impianto e consiste in:

▽ *Ispezione visiva*: tesa all'identificazione di danneggiamenti ai vetri (o supporti plastici) anteriori, deterioramento del materiale usato per l'isolamento interno dei moduli, microscariche per perdita di isolamento ed eccessiva sporcizia del vetro (o supporto plastico);

▽ *Controllo cassetta di terminazione*: mirata ad identificare eventuali deformazioni della cassetta di terminazione, la formazione di umidità all'interno, lo stato dei contatti elettrici delle polarità positive e negative, lo stato dei diodi di by-pass, il corretto serraggio dei morsetti di intestazione dei cavi di collegamento delle stringhe e l'integrità della siliconatura dei passacavi.

6.7.13.2. Stringhe fotovoltaiche

La manutenzione preventiva sulle stringhe, viene effettuata dal quadro elettrico in continua, non richiede la messa fuori servizio di parte o tutto l'impianto e consiste nel:

Controllo delle grandezze elettriche: con l'ausilio di un normale multimetro controllare l'uniformità delle tensioni a vuoto e delle correnti di funzionamento per ciascuna delle stringhe che fanno parte dell'impianto; se tutte le stringhe sono nelle stesse condizioni di esposizione, risultano accettabili scostamenti fino al 10 %.

6.7.13.3. Struttura di sostegno

Per La struttura di sostegno è sufficiente che le connessioni meccaniche bullonate più sollecitate risultino ben serrate, che l'azione del vento non abbia piegato o modificato anche leggermente la geometria dei profili e che lo strato di zincatura (se in acciaio) sia ancora uniforme senza macchie di ruggine. Qualora si trovino sbavature di ruggine è consigliabile provvedere a rimuovere lo strato ossidato ripristinando la zincatura con un processo a freddo.

6.7.13.4. Quadri elettrici

La manutenzione preventiva sui quadri elettrici non comporta operazioni di fuori servizio di parte o di tutto l'impianto e consiste in:

▽ *Ispezione visiva*: tesa alla identificazione di danneggiamenti dell'armadio e dei componenti contenuti (riscaldamenti localizzati, danni dovuti ai roditori, ecc.) ed alla corretta indicazione degli strumenti di misura eventualmente presenti sul fronte quadro.

6.7.14. Check list di controllo periodico

Nella tabella sono state raccolte le operazioni di verifica che è consigliabile effettuare sull'impianto in forma di check list da spuntare ad ogni intervento con cadenza minima annuale.

▽ *Controllo protezioni elettriche*: per verificare l'integrità dei diodi di blocco e l'efficienza degli scaricatori di sovratensione.

▽ *Controllo organi di manovra*: per verificare l'efficienza degli organi di manovra (interruttori, sezionatori, morsetti sezionabili).

▽ *Controllo cablaggi elettrici*: per verificare, con prova di sfilamento, i cablaggi interni dell'armadio (solo in questa fase è opportuno il momentaneo fuori servizio).

▽ *Controllo elettrico*: per controllare la funzionalità e l'alimentazione del relè di isolamento installato, se il generatore è flottante, e l'efficienza delle protezioni di interfaccia (qualora presenti nel quadro in alternata di impianti collegati alla rete).

6.7.14.1. Convertitore statico

Le diverse tipologie di convertitori utilizzabili nei sistemi fotovoltaici hanno, diversi schemi elettrici e risulta indispensabile una personalizzazione per qualsiasi intervento anche solo ispettivo: per questo, è consigliabile attenersi alle indicazioni contenute nel "Manuale d'uso e manutenzione" che accompagna la macchina.

In genere, le operazioni di manutenzione preventiva sono limitate ad una ispezione visiva mirata ad identificare danneggiamenti meccanici dell'armadio di contenimento, infiltrazioni di acqua, formazione di condensa., eventuale deterioramento dei componenti contenuti e controllo della corretta indicazione degli strumenti di misura eventualmente presenti. Tutte le operazioni è bene vengano eseguite con impianto fuori servizio.

6.7.14.2. Collegamenti elettrici

La manutenzione preventiva sui cavi elettrici di cablaggio non necessita di fuori servizio e consiste, per i soli cavi a vista in un'ispezione visiva tesa all'identificazione di danneggiamenti, bruciature, abrasioni, deterioramento isolante, variazioni di colorazione del materiale usato per l'isolamento e fissaggio saldo nei punti di ancoraggio (per esempio, la struttura di sostegno dei moduli).

6.7.15. Affidabilità e parti a scorta

L'affidabilità dei sistemi fotovoltaici è in genere piuttosto alta a patto che si seguano durante la progettazione alcune delle accortezze già indicate nei precedenti capitoli.

L'esperienza dimostra che il componente del sistema attualmente ancora meno affidabile è il convertitore statico; dove non ne è prevista l'installazione (impianti fotovoltaici per utenze isolate con distribuzione in corrente continua) si raggiunge un'affidabilità elevata e, in genere, gli unici malfunzionamenti derivano dalle conseguenze di una sovratensione indotta di origine atmosferica particolarmente distruttiva o dal guasto di un diodo di blocco che fa perdere il contributo di una siringa.

Il generatore fotovoltaico ha dimostrato di essere il componente più affidabile e se anche qualche malfunzionamento avviene (per esempio, diodi di bypass guasti o montati con polarità invertite), lo si scopre all'atto della prima messa in servizio; l'ingiallimento dell'incapsulante o dello strato antiriflettente spruzzato sulle celle che in molti moduli cristallini si è notato dopo un'esposizione di 15 anni, risulta di fatto solo estetico con un

degrado delle prestazioni elettriche inferiore all'1%.

Conclusioni

L'impianto si pone in evidenza sia per la configurazione dell'edificio in cui sorge, sia per la morfologia urbana del contesto in cui è inserito, potendo essere visibile dalle zone vicine.

Si prevede che l'impianto dopo un Workshop di inaugurazione iniziale sarà oggetto di visite guidate a beneficio di studenti e partecipanti a corsi di specializzazione, ma anche di rilevazioni, sperimentazioni e studi volti ad allargare il bagaglio conoscitivo relativo all'integrazione architettonica del



Vista prospettica della struttura e dei frangisole FV

Finanziamenti ricevuti per la realizzazione dell'impianto

Contributo richiesto dal Ministero dell'Ambiente	108456
Contributo EC - Progetto PV enlargement impianto FV	90000
Contributo EC - Progetto PV enlargement monitoraggio	8994
Impegno di spesa dell'Università di Firenze	36.000
TOTALE Euro	243.450

fotovoltaico in contesto urbano.

Esempio di Check list di controllo periodico

Componente

Generatore fotovoltaico

Controllo

- .. Stato di pulizia dei moduli fotovoltaici
- .. Integrità della superficie captante dei moduli
- .. Deterioramento visivo dell'incapsulante o microscariche per perdita isolamento
- .. Controllo di un campione di cassette di terminazione (deformazioni, umidità, contatti elettrici, diodi di bypass, serraggio, siliconatura passacavi, sfilabilità cavi)
- .. Uniformità di tensioni, correnti e resistenza di isolamento delle stringhe fotovoltaiche

Tensione a vuoto [V] Corrente di corto [A] Resistenza di isolamento [W]

Stringa 1

Stringa 2

Stringa.3

Condizioni della misura: Tamb =..... °C Meteo

Note:

Componente

Strutture di Sostegno

Controllo

- .. Serraggio delle connessioni bullonate e integrità della geometria
- .. Stato della zincatura sui profili in acciaio

Componente

Quadro/i elettrici

Controllo

- .. Integrità dell'armadio e corretta indicazione degli strumenti eventualmente presenti
- .. Efficacia dei diodi di blocco e dell'efficienza degli scaricatori di tensione
- .. Efficienza degli organi di manovra (interruttori, sezionatori, morsetti sezionabili)
- .. Prova a sfilamento dei cablaggi in ingresso ed uscita
- .. Funzionalità e alimentazione del relè di isolamento installato se il generatore è flottante ed efficienza delle protezioni di interfaccia (qualora presenti nel quadro in alternata di impianti collegati alla rete)

Note:

Rete di terra

Controllo

- .. Verifica della continuità dell'impianto di terra

Componente

Convertitore statico

Controllo

Riferirsi al "Manuale d'uso e manutenzione" della macchina

Componente

Collegamenti elettrici

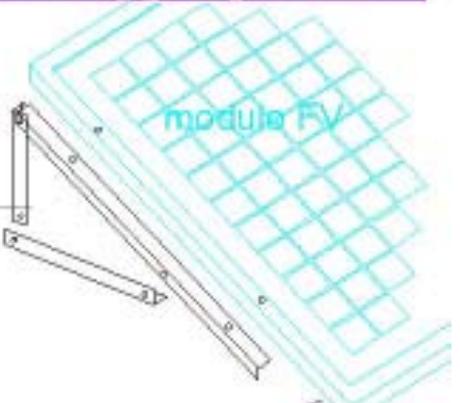
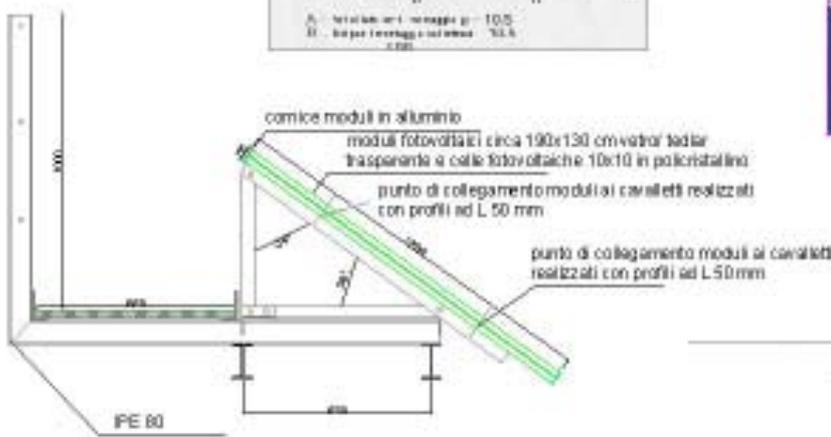
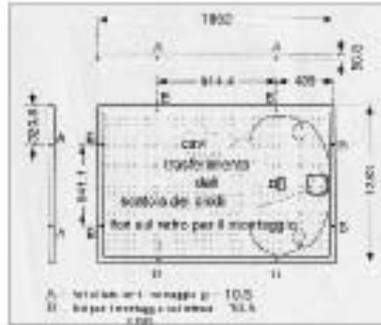
Controllo

Sui cavi a vista, identificare danneggiamenti, bruciate, abrasioni, deterioramento isolante, variazioni di colorazione del materiale usato per l'isolamento e fissaggio saldo nei punti di ancoraggio

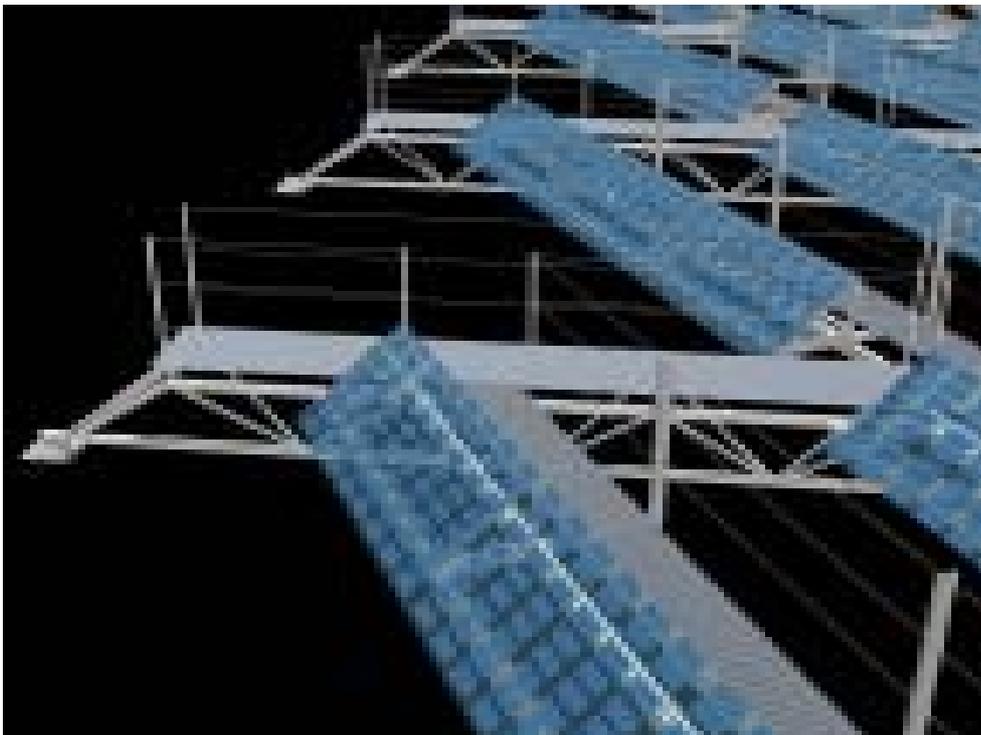
INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEGLI EDIFICI

Uno studio per lo sviluppo e la diffusione delle energie rinnovabili negli edifici

Schema del modulo fotovoltaico con telaio in alluminio



Sezione struttura secondaria e appoggio moduli FV



Vista prospettica della struttura e dei frangisole FV particolari costruttivi

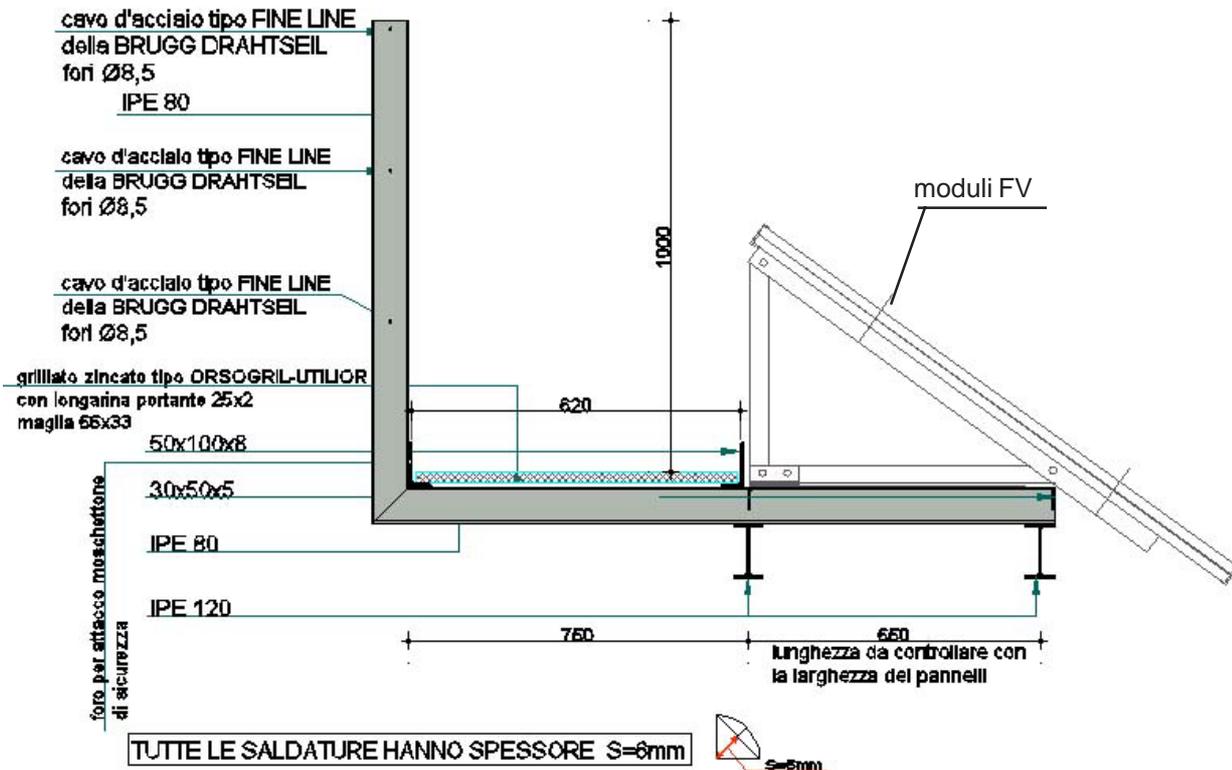
Data sheet riassuntivo del sistema

Tipologia e componenti		Caratteristiche tecniche principali
Tipologia		Impianto collegato alla rete
Rete elettrica di collegamento		Bassa tensione 400 V (3F+N)
Modulo fotovoltaico:		
- tipo		Silicio policristallino
- potenza unitaria MPP	Wp	
- tensione a MPP		V
- corrente ad MPP		A
Campo fotovoltaico:		
- n sottocampi	n°	5
- funzionamento elettrico		flottante
- numero moduli		70
- numero stringhe		
-potenza nominale, totale installata	kWp	19,95
- tensione nominale a STC	Vcc	330
- tensione a vuoto STC		Vcc 480
- max corrente di campo	A	20
-posizionamento		copertura della corte
Struttura di sostegno:		
-tipo		travi principali reticolari e travi secondarie
- materiale		acciaio zingato
- fissaggio alla copertura		giunti speciali imbullonati
Convertitore statico		
- tipo commutazione		commutazione forzata
-elettronica		MOSFET
-controllo		microprocessore
-numero	n°	2
-tensione nominale cc		Vcc 330
-range di tensione di ingresso		Vcc 250-550
-potenza di uscita	W	2x2500
-tensione di uscita	Vca	230 monofase
-contenitore		acciaio inox
-grado di protezione		IP65
Cassetta di parallelo		
-numero		1
-grado di protezione	n°	IP65
Quadro di interfaccia bt:		
-numero	n°	1
-protezioni elettriche		norma CEI 11-20 +prescr. ENEL
-grado di protezione		IP 5X
Sistema di controllo (SCM):		
-hardware		acquisizione e display LCD
-software		ambiente Window
-comunicazione		bus RS 485 + conv RS 485/232

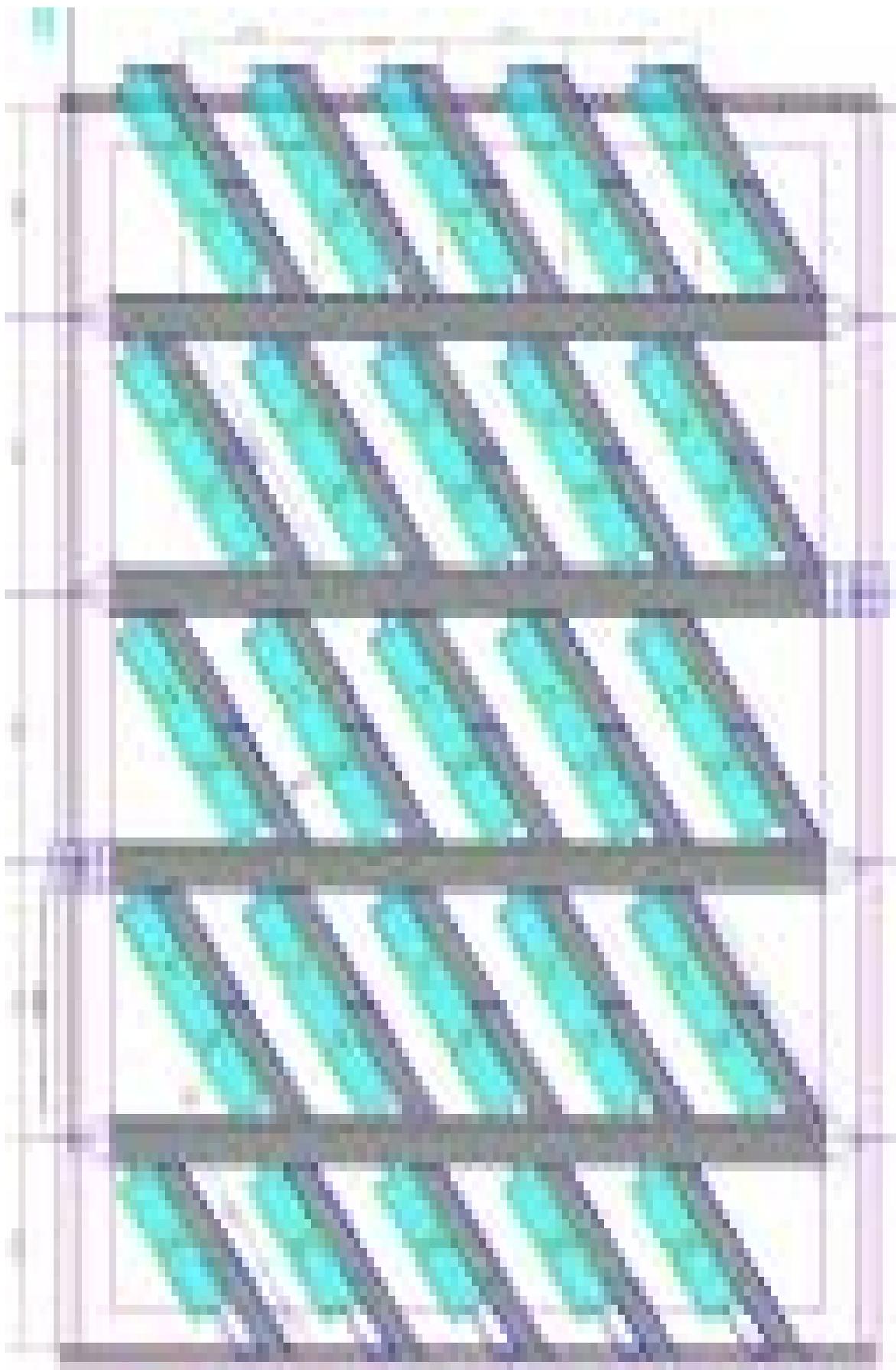


Vista prospettica della struttura e dei frangisole FV - particolari costruttivi

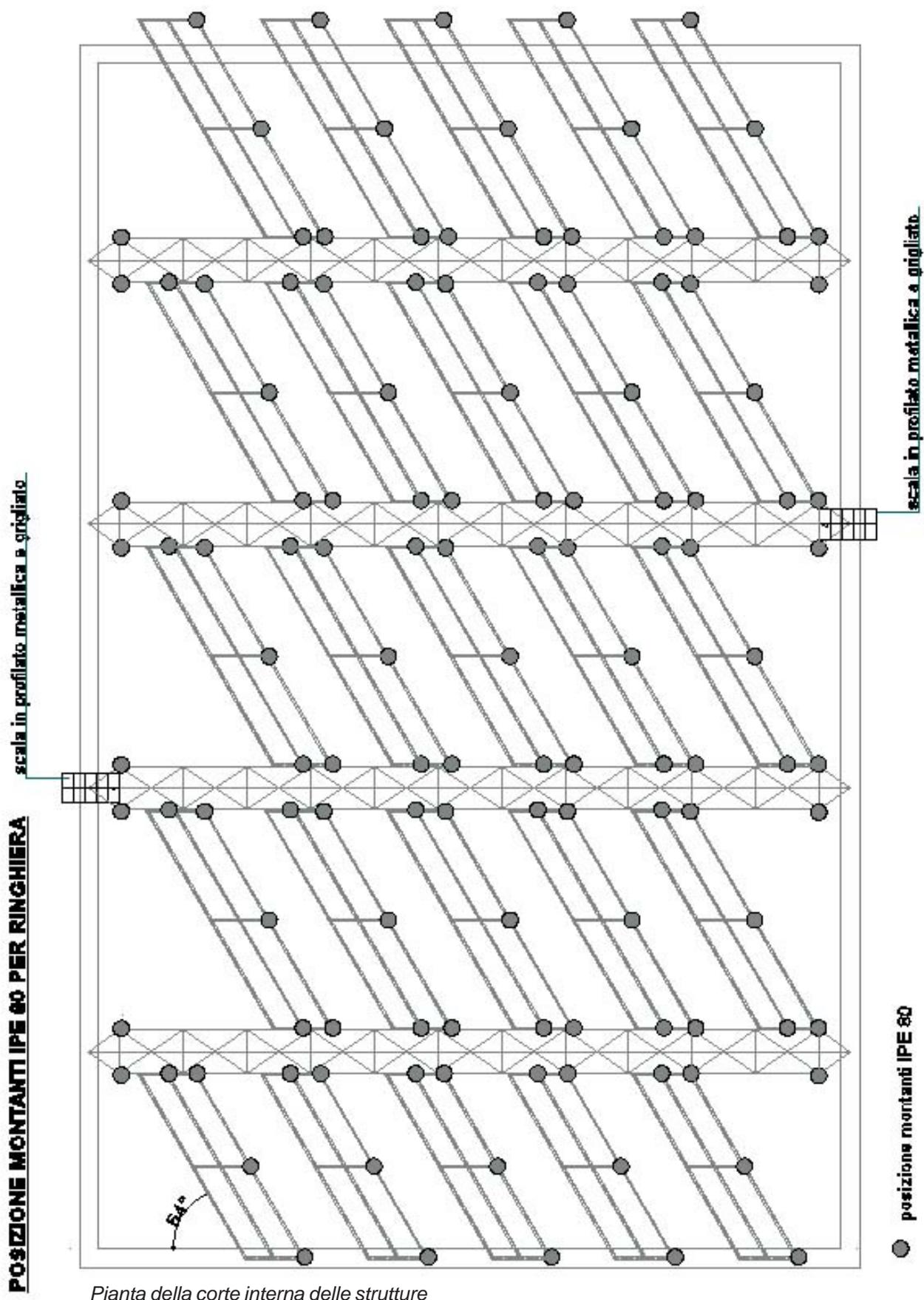
SEZIONE A - A



Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato



Pianta della corte interna con posizione dei frangisole FV

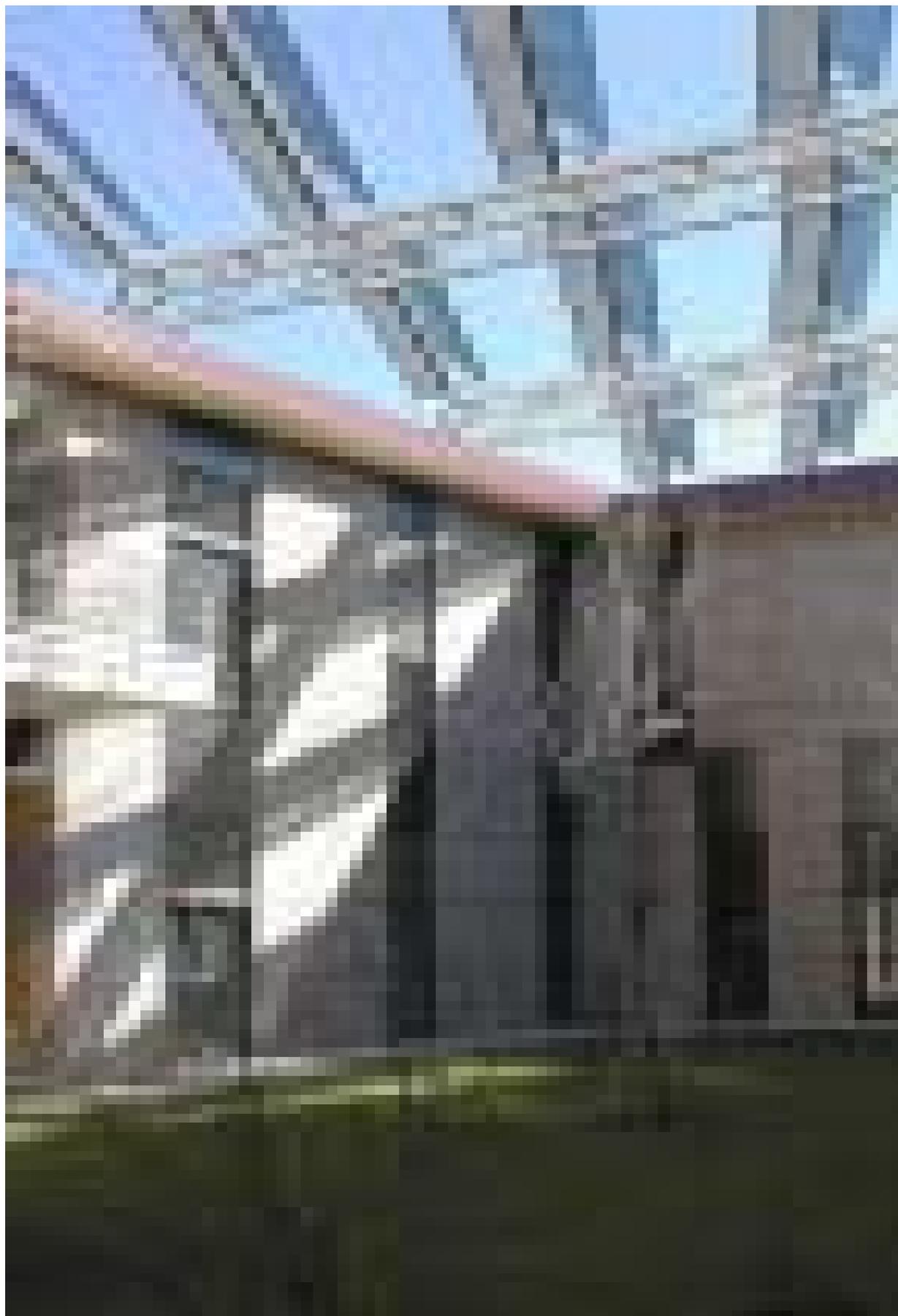


Pianta della corte interna delle strutture





Vista verso OVEST





Vista verso EST

Parte Sesta- Progetto di un componente FV integrato

Due viste prospettiche dell'installazione FV



Studi per il posizionamento del dispositivo informativo sulla potenza istantanea generata dall'impianto FV



Per dare al progetto un contenuto dimostrativo e didattico, si è deciso di rendere visibili tutti i componenti dell'impianto. A questo proposito è stato collocato, nell'atrio di ingresso dell'edificio un armadio ispezionabile, al cui interno sono collocati il quadro elettrico ed un data logger con incluso un modem che lo collega alla rete per il monitoraggio del funzionamento dell'impianto. All'esterno dell'armadio sono stati posizionati 8 inverter, per la trasformazione dell'energia prodotta dall'impianto da continua in alternata. C'è inoltre un visualizzatore a cristalli liquidi che evidenzia i valori di potenza istantanea espressa in Watt, il valore di irraggiamento espresso in W/m^2 , la temperatura in gradi centigradi, l'energia totale prodotta espressa in chilowattora e la quantità di anidride carbonica non emessa espressa in chilogrammi.

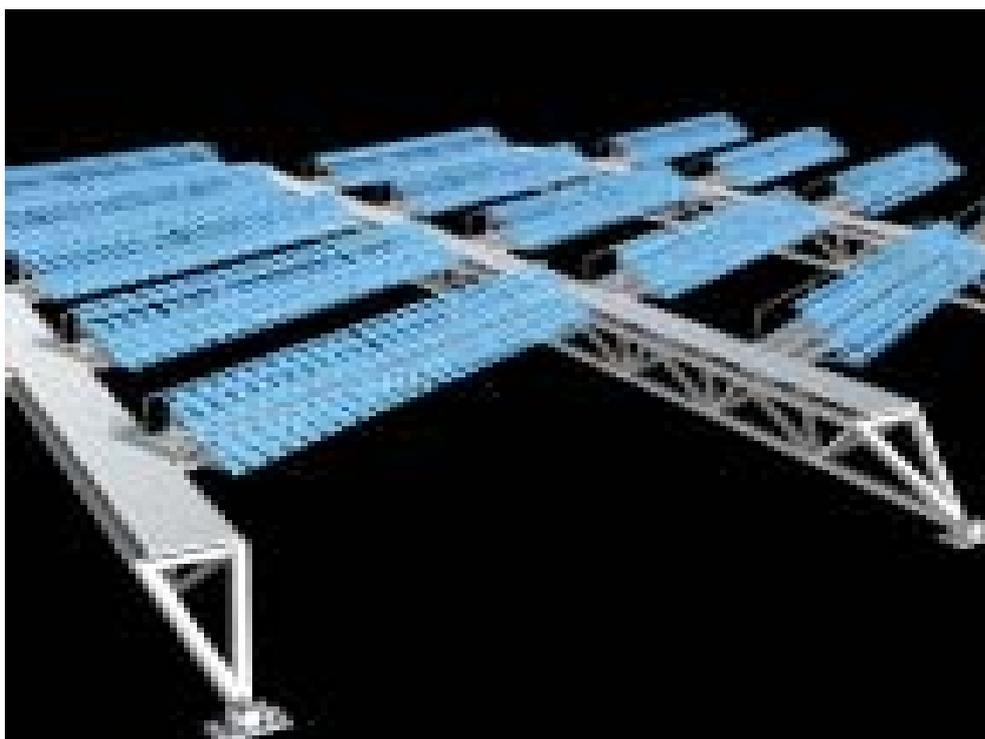
Il calcolo del quantitativo di CO_2 evitato è basato su un coefficiente di produzione media, calcolato considerando diversi sistemi tradizionali di produzione di energia elettrica. Ed è pari a 0,34 kg per ogni chilowattora di energia prodotta.

Allegati:

Scheda tecnica moduli ASE 300 DG-FT

Computo metrico delle opere

**Piano di Manutenzione impianto fotovoltaico ed
elettrico (art.40 D.P.R. n°554/99)**



Vista dei moduli in fase di studio delle travi reticolari e le passerelle con collegati i frangisole FV