



Direzione Ingegneria

**LINEE GUIDA
PER LA PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE
DI SISTEMI FOTOVOLTAICI
INSTALLATI SU COPERTURE DI ALLUMINIO
PER IL RECUPERO ENERGETICO NEI DEPURATORI**

A cura di:

Ing. Giuseppe De Stefano

Ing. Gianvito Capobianco

Ing. Antonio Discipio

Consulenza strutturale:

Ing. Maria Tarantino

Consulenza Area Energia

Dir. Servizi Tecnici Manutentivi

Ing. Giuseppe Rizzi

Il DIRETTORE

Ing. Andrea Volpe

EDIZIONE SETTEMBRE 2021

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3.	CAMPI DI IMPIEGO	5
4.	CRITERI PROGETTUALI	6
4.1.	Premessa	6
4.2.	Criteri a base del dimensionamento delle strutture in alluminio.....	7
5.	MATERIALI PER COPERTURE ED ELEMENTI DI FISSAGGIO	7
5.1.	Premessa	7
5.2.	Caratteristiche tecniche delle coperture in alluminio	8
5.3.	Caratteristiche tecniche degli elementi di fissaggio tra pannelli e coperture	9
6.	CRITERI COSTRUTTIVI PER IL SISTEMA TEGOLI-PANNELLI.....	9
6.1.	Sistema di fissaggio dei pannelli fotovoltaici ai tegoli in alluminio.....	9
6.2.	Schema di montaggio dei pannelli fotovoltaici sulla copertura in alluminio	11
6.3.	Schema di montaggio dei tegoli in alluminio e fissaggio con strutture di sostegno	13
7.	PANNELLI FOTOVOLTAICI ED IMPIANTO ELETTRICO A SERVIZIO	13
7.1.	Premessa	13
7.2.	Caratteristiche tecniche dei pannelli fotovoltaici.....	14
7.3.	Cavi elettrici di cablaggio.....	15
7.4.	Quadri elettrici DC	15
7.5.	Gruppo di conversione CC/CA (Inverter)	16
7.6.	Quadro AC e protezione di interfaccia	17
7.7.	Schema tipico impianto Fotovoltaico	17
7.8.	Caduta di tensione	19
7.9.	Tipologia componenti installati.....	19

1. INTRODUZIONE

Il presente documento raccoglie le linee guida adottate da Acquedotto Pugliese nell'implementazione di impianti fotovoltaici sulle coperture piane in alluminio, esistenti o di nuova realizzazione, predisposte sulle vasche degli impianti di depurazione gestiti da AQP.

Tale tipologia di installazione dei pannelli fotovoltaici, previo adeguato dimensionamento strutturale degli elementi di copertura, consente la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili in abbinamento alla funzione contenitiva delle emissioni odorigene svolta dalle coperture. In questo senso si raggiungerebbe un **duplice obiettivo di riduzione dell'impatto ambientale** delle opere, ossia: l'**abbattimento degli odori immessi in atmosfera**, e la **consistente riduzione del consumo energetico** da fonti non rinnovabili del singolo impianto.

La copertura, pur dotata di moduli fotovoltaici, deve essere costituita da pannelli, con eventuali strutture di sostegno, appositamente progettate secondo le esigenze dell'impianto e delle singole vasche e installate in modo da essere a tenuta relativamente ermetica, onde evitare la fuoriuscita di emissioni in atmosfera.

I tegoli in alluminio, oggetto della presente trattazione, devono essere dimensionati per resistere ai carichi di legge oltre che al carico permanente derivante dall'installazione dell'impianto fotovoltaico secondo lo schema di montaggio definito nelle presenti linee guida.

Le strutture portanti possono essere realizzate in acciaio inossidabile (AISI 316L) oppure in alluminio (serie 5000 o 6000) oppure in c.a. Si rimanda, per aspetti specialistici dedicati al tema delle strutture portanti, alla relativa Documentazione Tecnica aziendale.

Nel caso in cui siano realizzate strutture portanti in acciaio inossidabile, tra pannelli in alluminio e strutture in acciaio inossidabili deve essere interposto idoneo materiale isolante, onde evitare la formazione di "pile", che possano innescare processi corrosivi.

Al netto della nuova funzionalità energetica fornita dall'installazione di pannelli fotovoltaici, i sistemi di coperture devono conservare la capacità di resistere agli agenti atmosferici ed alla corrosione degli agenti chimici presenti nelle vasche, assicurata per le coperture tradizionali.

Per opportune esigenze manutentive e per consentire un agevole accesso all'interno delle vasche, i pannelli di alluminio, accoppiati opportunamente ai moduli fotovoltaici in diretto collegamento, devono essere installati in modo opportuno per essere facilmente smontabili in singolo blocco.

Di seguito verranno esposti ed esaminati in dettaglio i principali criteri di progettazione e realizzazione dei sistemi di copertura in alluminio accoppiati a moduli fotovoltaici indicando, inoltre, gli essenziali accorgimenti tecnico-gestionali utili alle operazioni di manutenzione e mantenimento dell'efficienza.

Restano valide e confermate, in accordo a quanto previsto nelle presenti linee guida, tutte le prescrizioni inerenti le tradizionali coperture delle vasche degli impianti di trattamento raccolte nei Disciplinari AQP e nella Documentazione Tecnica Aziendale, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Soluzioni progettuali diverse da quelle indicate nel presente disciplinare dovranno essere motivate in modo dettagliato dal progettista e dovranno preliminarmente ottenere la formale condivisione degli Uffici AQP competenti (Tecnologia dei Materiali, Energia).

2. PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Vengono di seguito elencate le principali Normative vigenti in materia strutturale e documenti di comprovata validità, impiantistica ed ambientale di cui tener conto nella progettazione e realizzazione delle coperture oggetto di trattazione:

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- D.M. Infrastrutture 17/01/2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- CNR-DT 208/2011: Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Alluminio;
- Regione Puglia - Legge Regionale 22 gennaio 1999, n. 7 “Disciplina delle emissioni odorifere delle aziende. Emissioni derivanti da sansifici. Emissioni nelle aree a elevato rischio di crisi ambientale” e s.m.i. (L.R. 23/2015);
- Regione Puglia - Legge Regionale 12 aprile 2001, n. 11 “Norme sulla valutazione dell’impatto ambientale” e s.m.i.;
- ARPA Puglia – “Linee guida per il rilascio di pareri riguardanti le emissioni in atmosfera prodotte dagli impianti di depurazione” del 17/12/2014;
- UNI 10796:2000 “Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi. Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici”;
- UNI 10964:2001 “Studi di impatto ambientale. Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell’aria”;
- UNI EN 13725:2004 – “Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica”;
- UNI EN 1090-1:2012: Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali;
- UNI EN 1090-3:2008: Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 3: Requisiti tecnici per le strutture di alluminio;
- UNI EN 515:1996: Alluminio e leghe di alluminio. Semilavorati. Designazione degli stati metallurgici;
- UNI EN 573-2:1996: Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Sistema di designazione sulla base dei simboli chimici;
- UNI EN 573-3:2013: Alluminio e leghe di alluminio - Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati - Parte 3: Composizione chimica e forma dei prodotti;
- UNI EN 485-4:1996: Alluminio e leghe di alluminio. Lamiere, nastri e piastre. Tolleranze dimensionali e di forma dei prodotti laminati a freddo;
- UNI EN 485-3:2005: Alluminio e leghe di alluminio - Lamiere, nastri e piastre - Parte 3: Tolleranze dimensionali e di forma dei prodotti laminati a caldo;
- UNI EN 1993-1-4: Progetto di strutture in acciaio: acciai inossidabili;
- norme CEI/IEC inerenti alla sezione elettrica dell’impianto (in particolare CEI 64-8, CEI 99-2, CEI 99-3, CEI 81-10);

- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici (in particolare CEI EN 60904, 61215)
- conformità al marchio CE per tutti gli apparati di bassa tensione;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici e per le opere civili;
- norma EN 61439 per i quadri elettrici;
- norma CEI EN 61000-4-5/A1 sulla compatibilità elettromagnetica (EMC)
- norma CEI 0-16 per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- norma CEI 0-21 per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- D.Lgs 81/2008 “Testo Unico della sicurezza” riguardo alla sicurezza e la prevenzione degli infortuni sui luoghi di lavoro;
- D.M. 37/2008;
- norma DIN EN 61724 per la misura e acquisizione dati;
- norma CEI EN 62446-1 (CEI 82-56) per i sistemi fotovoltaici.

Per quanto non indicato e per tutti i materiali che il progettista intenderà utilizzare per lo specifico progetto, si deve far riferimento alle relative, vigenti, norme UNI, EN, ISO, CEI e alle Linee Guida e Disciplinari Tecnici aziendali per la progettazione e realizzazione di coperture per vasche negli impianti di depurazione.

3. CAMPI DI IMPIEGO

Le coperture piane in tegoli di alluminio dotate di pannelli fotovoltaici possono essere impiegate in tutti i casi in cui siano verificate le seguenti due condizioni:

- sia adottabile, per la determinata vasca facente parte di un impianto di depurazione AQP, una classica copertura piana in alluminio;
- siano da escludere fenomeni di allagamento che possano interessare la vasca oggetto di intervento e che possano determinare il danneggiamento dei pannelli fotovoltaici.

Nel caso specifico, tuttavia, devono considerarsi degli ulteriori aspetti tecnici legati alle prestazioni d’impianto fotovoltaico, utili alla determinazione di fattibilità dell’intervento.

In primo luogo è da valutarsi l’area di copertura di progetto con successivo sviluppo dell’impianto fotovoltaico, modulato secondo l’installazione dei tegoli in alluminio.

È indubbio che la predisposizione del sistema impiantistico, nonché gli stessi pannelli fotovoltaici e tutte le apparecchiature di cablaggio elettrico e di sostegno, implicino un sostanziale aumento dei costi di realizzazione rispetto alla semplice copertura piana in tegoli di alluminio.

Tale spesa deve essere controbilanciata, nel tempo, da un recupero economico derivante dal risparmio energetico prodotto rispetto ai consumi elettrici dell’impianto di depurazione, al netto delle spese di manutenzione necessarie per l’impianto fotovoltaico.

La progettazione di questa tipologia di coperture, quindi, deve tener conto anche delle future prestazioni d'impianto in un'attenta analisi costi-benefici.

Sebbene i costi di realizzazione e manutenzione d'impianto siano direttamente proporzionali alla tipologia delle apparecchiature fotovoltaiche predisposte in progetto, il recupero energetico deriva dall'opportuna scelta dello schema di installazione d'impianto che deve tenere debitamente conto di tutti gli aspetti tecnici tipici di un progetto fotovoltaico (scelta del pannello, orientamento ed inclinazione di installazione, irraggiamento, ombreggiamento, ecc.).

A valle del dimensionamento dell'impianto fotovoltaico, secondo un opportuno schema di installazione compatibile con i tegoli in alluminio della copertura, è possibile valutare la produzione energetica temporale e successivo ritorno economico nello studio di fattibilità, alla base della corretta progettazione.

Come già accennato, è possibile prevedere l'installazione di un impianto fotovoltaico su:

- **coperture in alluminio esistenti**: in questo caso si dovrà effettuare una opportuna indagine preliminare finalizzata all'accertamento dello stato di conservazione degli elementi costituenti la copertura, con determinazione delle loro caratteristiche fisico-prestazionali. Successivamente dovrà essere verificata la capacità portante della copertura su cui si intende realizzare l'impianto fotovoltaico tramite progettazione di fattibilità statica dell'intervento.
- **coperture in alluminio di nuova realizzazione (non ancora progettate o in fase di progettazione 'preliminare')**: per le nuove realizzazioni, dovrà essere svolto uno studio preliminare indirizzato all'individuazione delle migliori caratteristiche costruttive della copertura (larghezza e spessore dei tegoli, orientamento ed orditura della copertura, ecc.) funzionali alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico più prestante tra le alternative realizzabili.
- **coperture in alluminio in fase di progettazione definitiva o esecutiva**: nel caso di coperture in fase di progettazione definitiva o esecutiva, dovrà essere previsto uno studio di fattibilità tecnica strutturale, volto alla definizione degli elementi tecnico/costruttivi da inserire nelle strutture in progetto (es. componenti per il fissaggio tegoli/pannelli), che abbiano funzione di 'predisposizione' ai fini della futura, corretta, installazione dei moduli fotovoltaici sui tegoli in alluminio esistenti.

4. CRITERI PROGETTUALI

4.1. Premessa

Le coperture in lega di alluminio devono essere dimensionate a cura di un progettista abilitato, regolarmente iscritto all'albo professionale, con esperienza specifica nel campo delle strutture.

Il progetto delle coperture in alluminio deve prevedere gli elaborati minimi richiesti ai sensi dell'art. 23 del Dlgs 50/2016, delle disposizioni relative ai contenuti della progettazione di cui al DPR 207/2010 (artt. 28 e 33), nonché le disposizioni di cui al capitolo 10 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018 e Circolare Ministeriale 21/01/2019.

4.2. Criteri a base del dimensionamento delle strutture in alluminio

Gli elementi strutturali d'alluminio ed i loro collegamenti devono essere progettati secondo le disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018, della Circolare Ministeriale 21/01/2019, della vigente norma UNI EN 1999-1 e dei documenti di validità riconosciuta, quali le Istruzioni CNR-DT 208/2011.

Le verifiche allo stato limite di esercizio per gli spostamenti verticali devono essere condotte con riferimento ai tegoli di copertura e alle travi di copertura.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono riguardare la resistenza delle sezioni trasversali o delle sezioni nette in presenza di fori, la stabilità delle membrature e la resistenza a rottura per sezioni soggette a trazione.

Tutte le verifiche devono essere condotte secondo le modalità, i coefficienti e i limiti di cui alla UNI EN 1999-1 o documenti di riconosciuta validità (es. CNR-DT 208/2011).

Le azioni da applicare alla struttura, secondo le combinazioni previste dalle Normative vigenti, sono le seguenti:

- peso proprio;
- peso permanente dovuto ai pannelli fotovoltaici e alla loro struttura di sostegno;
- depressione di esercizio per effetto del sistema di aspirazione delle emissioni odorigene;
- carico per manutenzione (coperture di categoria H);
- vento;
- neve.

Deve essere considerata l'azione della temperatura.

Devono, inoltre, essere considerate le azioni eccezionali dovute all'aumento della depressione per eventuale malfunzionamento del sistema di aspirazione.

Nella relazione di calcolo, devono essere esplicitati i criteri di calcolo (modello analitico utilizzato per i legami, tensione-deformazione classe del profilo, spessore efficace, effetti delle saldature, ecc). Le scelte progettuali devono essere illustrate e giustificate.

I disegni esecutivi costruttivi devono indicare le dimensioni, le misure, gli spessori, le calibrature, i materiali, le rifiniture, gli attacchi e le procedure di montaggio e tener conto delle effettive situazioni di appoggio della vasca sulla quale andranno montate.

La vasca esistente in c.a. sulla quale la copertura in alluminio viene montata deve essere verificata per effetto del carico aggiuntivo ai sensi del Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018 e Circolare Ministeriale 21/01/2019.

L'intera costruzione dovrà essere montata ed eretta secondo i disegni approvati.

5. MATERIALI PER COPERTURE ED ELEMENTI DI FISSAGGIO

5.1. Premessa

Di seguito verranno analizzate le caratteristiche fisiche e prestazionali richieste agli elementi costruttivi delle coperture in alluminio su cui dovranno essere fissati i pannelli fotovoltaici, nonché il sistema di accoppiamento e fissaggio di questi ultimi sulla copertura.

5.2. Caratteristiche tecniche delle coperture in alluminio

Per conferire ai pannelli una buona resistenza alla corrosione (anche in ambiente marino) ed una buona saldabilità, le lamiere devono essere realizzate in lega di alluminio-magnesio serie 5052, 5754 o equivalenti e con trattamento termico da H20 ad H40 (nome commerciale peraluman).

Si tratta di leghe da incrudimento pertanto le caratteristiche meccaniche possono essere aumentate solo mediante laminazione a freddo, e non per trattamento termico.

Di seguito, gli elementi che compongono le coperture e le relative caratteristiche tecniche:

a) tegoli

- devono essere realizzati in lamiera presso-piegata in lega di alluminio-magnesio serie 5052, 5754 o equivalenti con uno spessore compreso tra 2 e 3 mm, a seconda delle dimensioni e dei valori risultanti dal calcolo;
- devono avere sezione a forma di *pigreco*;
- per geometria costruttiva devono essere interbloccati in grado di evitare la fuoriuscita di emissioni in atmosfera;
- devono essere luce fino a 6-7 m. Per luci maggiori, i tegoli devono essere appoggiati su travi in alluminio. Deve essere evitato, per quanto possibile, il ricorso a sistemi costruttivi che prevedano appoggi intermedi su pilastri;
- i tegoli devono essere calpestabili e di facile smontaggio e rimontaggio. Ogni pannello deve poter essere rimosso per qualsiasi ragione per fornire accesso all'ambiente sottostante senza dover sollevare l'intera copertura;
- devono essere asportabili a mano;
- devono avere superficie esterna liscia e libera da sporgenze quali teste di bulloni o rivetti di qualsiasi genere, in modo tale che le coperture presentino, a montaggio avvenuto, una superficie perfettamente piana salvo una eventuale lieve pendenza di circa il 2% per il deflusso delle acque meteoriche;
- ogni pannello deve essere predisposto per l'inserimento di un passo d'uomo in lega di alluminio al magnesio ed accessori di apertura/chiusura in acciaio inox, di dimensioni di circa 500 x 800 mm;
- deve essere possibile l'inserimento di flange in materiale plastico per il collegamento all'impianto di trattamento delle emissioni;
- le botole, valvole di sfiato, aperture e raccordi vari devono poter essere aggiunti su qualsiasi pannello senza alterare le caratteristiche strutturali della copertura;

b) **travi**: in acciaio inossidabile AISI 316 L o in lega di alluminio serie 5000 e 6000 o in c.a.;

c) **pilastri**: in acciaio inossidabile AISI 316 L;

d) **rinforzi** strutturali di irrigidimento: in lega di alluminio serie 6061 T5 o 5754 H22/H32 o equivalenti;

e) **botole** in lega di alluminio serie 6000 5000 (6061 e 5052 o equivalenti), con spessori $2,28 \div 2,5$ mm, le dimensioni 50x80 cm;

- f) **accessori di fissaggio:** alluminio anodizzato 707S-T73 o acciaio inossidabile AISI 316;
- g) **ancoranti:** in acciaio inossidabile AISI 316 L;
- h) **carter di chiusura** in lega di alluminio serie 5000 (Mg 2%-4%) - 5052, 5754 o equivalenti;
- i) **componenti saldati:** devono essere progettati secondo le norme del codice di saldatura strutturale in alluminio ANSI/AWS D1.2.

Deve essere evitato, mediante l'utilizzo di appositi presidi (elementi isolanti plastici o elastomerici), il contatto diretto tra componenti in acciaio e alluminio.

5.3. Caratteristiche tecniche degli elementi di fissaggio tra pannelli e coperture

Gli elementi di fissaggio dei pannelli fotovoltaici ai tegoli in alluminio della copertura devono presentare idonee caratteristiche fisiche e meccaniche che consentano di assicurare il bloccaggio degli elementi impiantistici in modo efficace e duraturo.

Generalmente, devono essere utilizzati dispositivi di fissaggio in alluminio, viteria in acciaio inox ed isolanti nelle zone di contatto con i sottostanti tegoli di copertura.

Possono essere impiegati, a seconda delle condizioni d'impiego, tutti i dispositivi necessari previsti nella classica pratica di fissaggio dei moduli fotovoltaici su coperture piane convenzionali, quali:

- profili o guide in alluminio, di varia forma e dimensione, adatti per il fissaggio, l'inclinazione ed il distanziamento dei pannelli fotovoltaici previsti in progetto;
- staffe o morsetti in alluminio per il bloccaggio dei pannelli fotovoltaici alle guide od ai profili predisposti;
- rivetti in alluminio per il fissaggio degli elementi ai tegoli di copertura;
- viteria in acciaio inossidabile del tipo A2/A4, per il mutuo bloccaggio delle staffe, dei morsetti o dei raccordi in generale;
- isolante in gomma o a nastro, interposto al contatto tra tegoli in alluminio e struttura di sostegno dei pannelli fotovoltaici, per evitare il passaggio d'acqua dai fori di fissaggio.

Le caratteristiche dimensionali dei fissanti, anche legate alle diverse configurazioni d'impianto ed alle resistenze prestazionali richieste, devono essere compatibili con i moduli fotovoltaici individuati.

La prerogativa di base per la determinazione del sistema è rappresentata dall'esatto abbinamento tra le dimensioni dei pannelli fotovoltaici individuati e la dimensione dei tegoli.

6. CRITERI COSTRUTTIVI PER IL SISTEMA TEGOLI-PANNELLI

6.1. Sistema di fissaggio dei pannelli fotovoltaici ai tegoli in alluminio

Il sistema di fissaggio dei pannelli fotovoltaici ai tegoli in alluminio della copertura sottostante deve comporsi degli elementi necessari caratterizzati in precedenza ed assicurare quanto segue:

- ancoraggio su quattro punti per evitare gli effetti dell'inflessione dei tegoli sui pannelli;

- distanziamento di almeno 10 cm tra la superficie esterna dei tegoli di copertura e superficie inferiore dei pannelli fotovoltaici;
- esatta inclinazione e disposizione secondo le indicazioni di progetto.

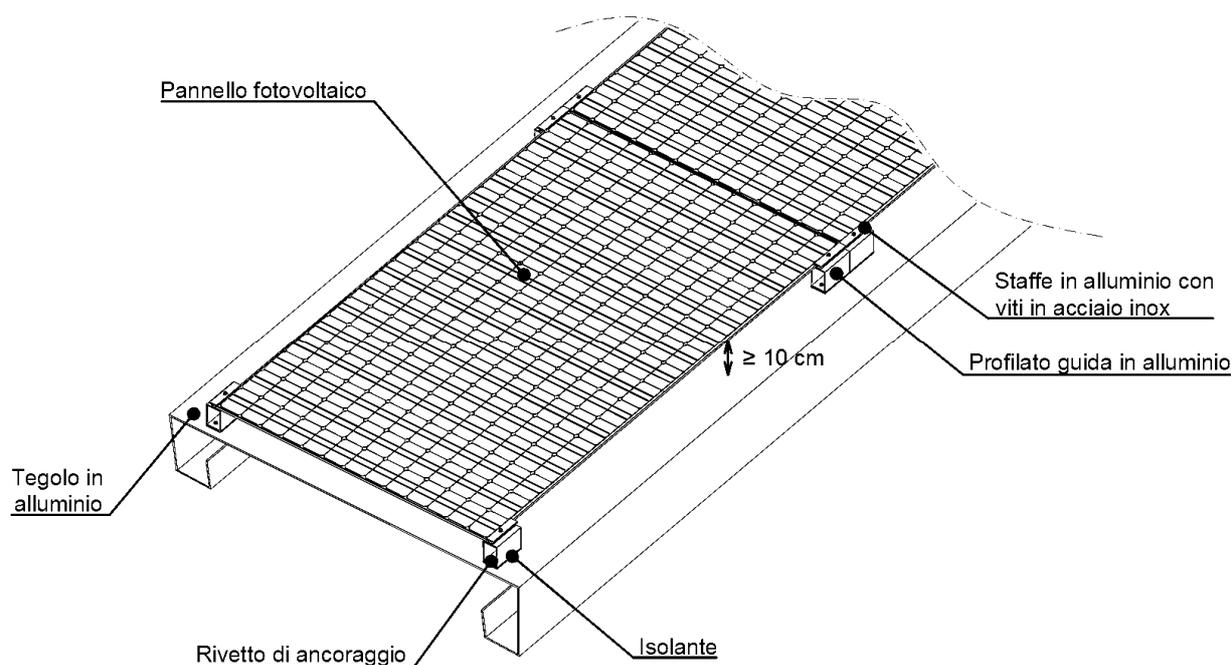
Il distanziamento tra pannelli fotovoltaici e copertura crea un ricircolo d'aria utile a:

- limitare gli effetti di trasmissione termica tra gli elementi a diversa esposizione;
- creazione di ricircolo d'aria utile a prevenire eventuali fenomeni di condensa.

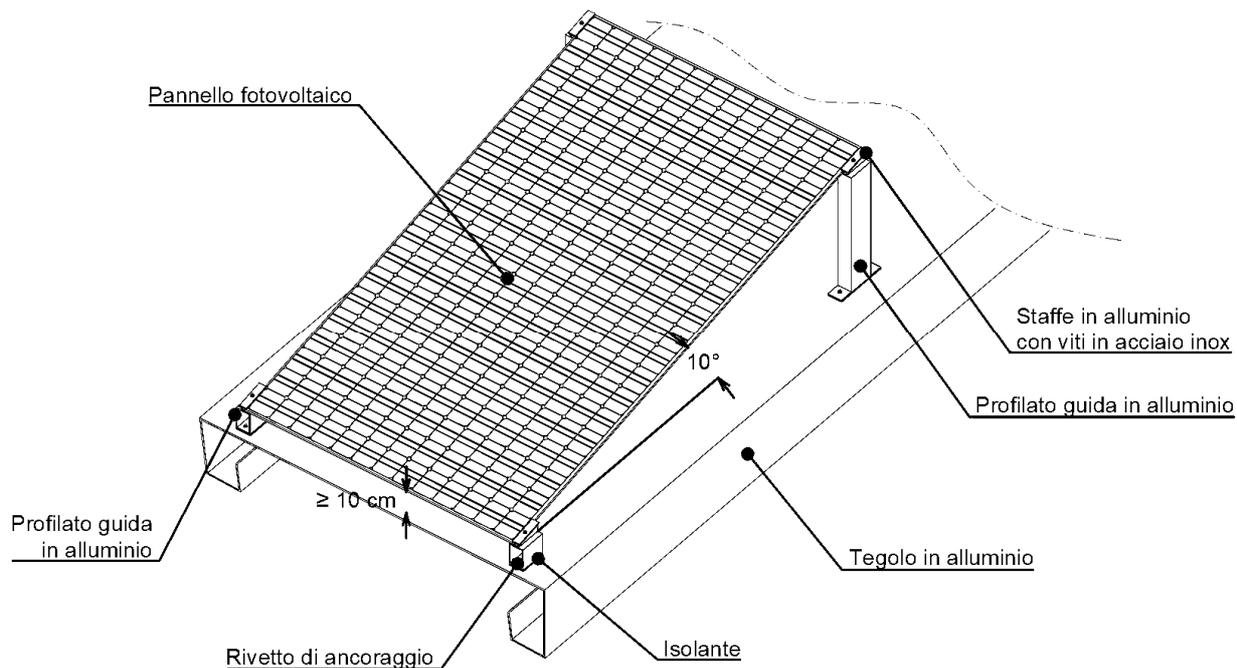
L'inclinazione dei pannelli, realizzabile secondo condizioni progettuali, non deve essere superiore a 10° rispetto al piano di copertura e deve avere, preferibilmente, esposizione in direzione SUD/SUD-EST, compatibilmente con la direzione e l'orientamento dei tegoli.

I pannelli possono anche essere posati in modo complanare rispetto alla copertura, ossia con inclinazione pari a 0°.

Si riportano, di seguito, gli schemi esemplificativi di fissaggio con pannelli "in piano" e con inclinazione massima di 10°.



Esempio schema di fissaggio per pannelli ad inclinazione nulla (0°) con sostegno puntuale



Esempio schema di fissaggio per pannelli ad inclinazione massima (10°) con sostegno puntuale

La configurazione a pannelli inclinati garantisce certamente un miglior rendimento (soprattutto in caso di pannelli esposti in direzione SUD/SUD-EST); tuttavia, essa impone che i pannelli siano opportunamente distanziati, al fine di eliminare il fenomeno del mutuo ombreggiamento.

La configurazione con pannelli “in piano”, determina certamente un maggior sfruttamento dell’area disponibile, un minor distanziamento tra i moduli fotovoltaici e, dunque, un maggior numero di pannelli installabili; tuttavia, garantisce un rendimento inferiore rispetto alla soluzione che prevede i pannelli inclinati.

A livello manutentivo, pannelli piani necessitano di maggior interventi di pulizia della superficie fotovoltaica, in quanto soggetti a fenomeni di deposizione di polveri o materiali di disturbo.

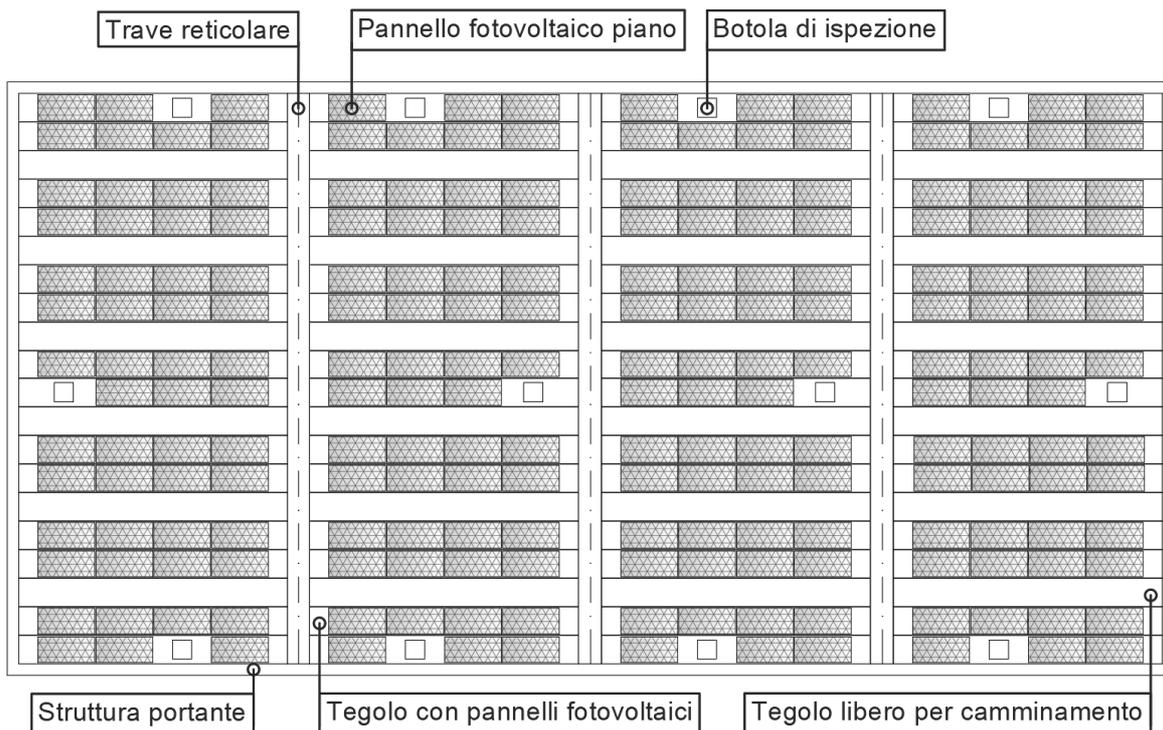
In tal senso, i pannelli installati secondo una certa inclinazione, anche se minima, hanno esigenze più contenute in termini di interventi manutentivi.

Per quel che riguarda le modalità di collegamento tra pannelli e tegoli e dunque le caratteristiche degli elementi di fissaggio sono ammesse anche tipologie differenti da quelle sopra rappresentate, sempre che garantiscano la stabilità e l’efficienza del sistema secondo i parametri tecnico-funzionali indicati nel presente paragrafo. Gli eventuali, diversi, sistemi di fissaggio proposti dal progettista dovranno comunque essere condivisi con la Stazione Appaltante ed approvati dalla stessa.

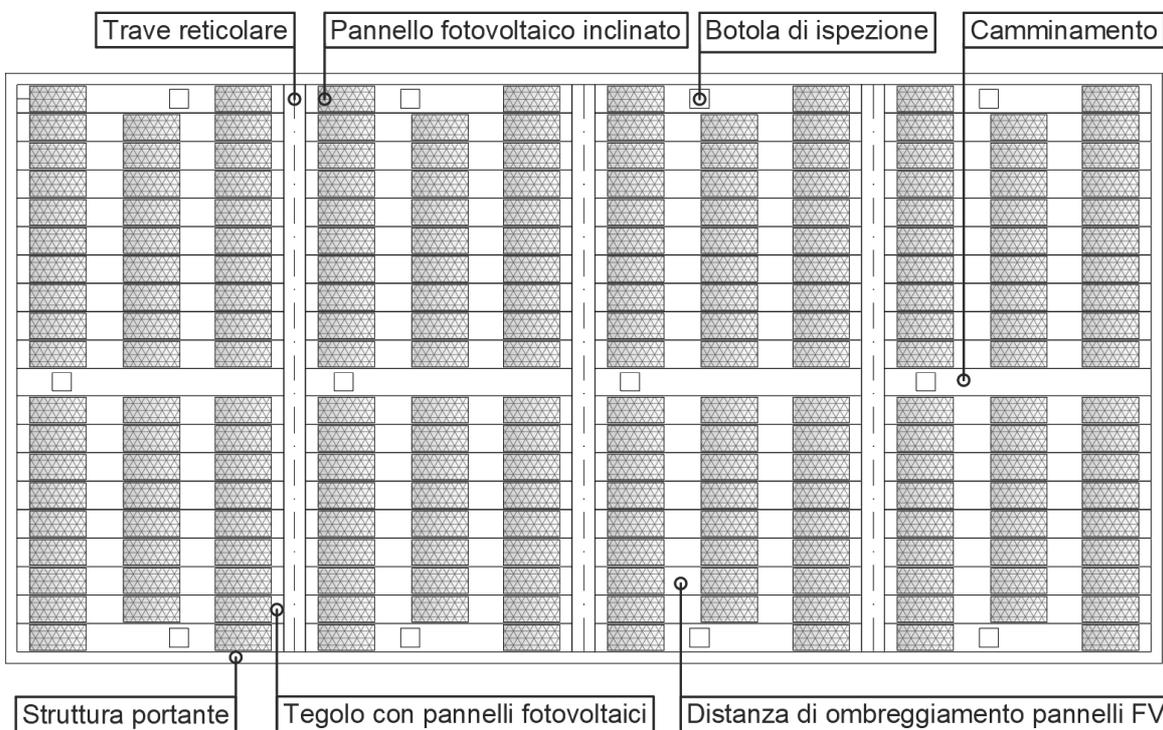
6.2. Schema di montaggio dei pannelli fotovoltaici sulla copertura in alluminio

Le file di pannelli, compatibilmente all’orditura dei tegoli di copertura, devono essere disposte in modo tale che possa raggiungersi agevolmente ciascun modulo fotovoltaico installato e che siano ispezionabili tutte le linee di cablaggio previste in progetto.

A titolo di esempio si riportano di seguito degli esempi di schema di montaggio dei moduli fotovoltaici su coperture in alluminio, sia in configurazione piana che in configurazione inclinata.



Esempio schema di montaggio planimetrico dei pannelli FV ad inclinazione nulla (0°)



Esempio schema di montaggio planimetrico dei pannelli FV ad inclinazione massima (10°)

6.3. Prescrizioni tecniche per il montaggio dei tegoli in alluminio sulle strutture di sostegno

Durante le operazioni di montaggio devono essere rispettate scrupolosamente le tolleranze indicate sui disegni esecutivi e di montaggio.

Il personale addetto deve essere specializzato e deve avere esperienza specifica nella realizzazione di coperture in alluminio.

Non è ammesso il riutilizzo di materiale pervenuto danneggiato in cantiere né far combaciare a forza gli elementi in fase di montaggio.

Il sistema di fissaggio tra pannello e pannello deve essere realizzato in modo da garantire una buona tenuta alle emissioni senza ricorrere ad alcun tipo di guarnizione.

In corrispondenza dell'appoggio del pannello sulla parete in c.a. deve essere posizionato un carter di chiusura a "Z" oppure a "doppia L" in lega di alluminio delle caratteristiche di quella del pannello, di altezza funzione di quella del tegolo e di spessore idoneo.

Il carter viene fissato al tegolo mediante viti autoforanti AISI 304 ed al bordo vasca mediante tasselli in acciaio inox AISI 316 da inserire in fori praticati nel cls.

Le mensole o le travi devono fissate essere alle strutture esistenti della vasca con ancoranti inox AISI 316 o tasselli chimici e barre filettate in acciaio inox.

Se per motivi strutturali e/o gestionali si prevede che la copertura debba poggiare su strutture di sostegno autonome (pilastri e travi), devono essere realizzate, perimetralmente alla vasca opportune opere di fondazione in calcestruzzo armato alle quali vincolare il telaio in elevazione.

La struttura portante (travi e pilastri) deve essere in acciaio inox AISI 316 o in alternativa in lega di alluminio serie 6000.

Le pareti di tamponamento devono essere costituite da pannelli in lega di alluminio serie 5000.

I pannelli di tamponatura devono essere fissati tra loro ed alle strutture portanti con bulloneria in acciaio inox AISI 316.

7. PANNELLI FOTOVOLTAICI ED IMPIANTO ELETTRICO A SERVIZIO

7.1. Premessa

A supporto dei principi di sostenibilità e transizione ecologica, nell'ottica di implementare nuove tecnologie volte al risparmio energetico degli impianti di depurazione, una delle soluzioni possibili è rappresentata dallo 'sfruttamento' delle coperture delle vasche ai fini dell'installazione di impianti fotovoltaici utili alla produzione di energia elettrica; **in tali casi, analogamente agli impianti già in esercizio, l'energia prodotta è auto-consumata nell'ambito dell'impianto stesso. Eventuali surplus di energia prodotta saranno immessi nella rete elettrica del distributore.**

Tale possibilità è legata alle caratteristiche delle superfici effettivamente disponibili in copertura, a seconda del dimensionamento effettuato in fase di progettazione, sempre verificando la compatibilità strutturale degli elementi sottoposti a sollecitazione.

L'architettura elettrica impiantistica di campo a servizio del Sistema Fotovoltaico installato sulla copertura in alluminio di vasche a servizio di depuratori è costituita dai seguenti elementi:

- Pannelli fotovoltaici;
- Cavi elettrici di cablaggio;
- Quadri elettrici DC;
- Gruppo di conversione CC/CA (Inverter);
- Quadro AC.

Nel presente capitolo vengono fornite tutte le indicazioni necessarie alla realizzazione di un impianto fotovoltaico (FV) con potenza nominale variabile, valutata caso per caso, in base alle dimensioni e all'ubicazione della struttura sul quale installare il medesimo; tale impianto deve essere connesso alla rete di distribuzione elettrica interna all'impianto, in modo tale che l'energia prodotta sia totalmente auto-consumata dall'impianto di depurazione stesso.

7.2. Caratteristiche tecniche dei pannelli fotovoltaici

L'installazione di un impianto FV sulla copertura di vasche di depurazione non deve pregiudicare la continuità di esercizio e le attività di manutenzione del processo depurativo; infatti, al fine di garantire una semplice rimozione del tegolo durante le attività di manutenzione della vasca e garantire la massima producibilità annua dell'impianto di produzione, è necessario prevedere che i moduli fotovoltaici:

- presentino una dimensione in larghezza inferiore a quella del tegolo;
- presentino l'intero impianto elettrico in corrente continua sconnettibile nel caso di rimozione temporanea e contemporanea di più tegoli adiacenti;
- siano posizionati in modo tale da non subire importanti ombreggiamenti di arbusti e altri elementi architettonici esistenti, eliminando al contempo gli effetti dell'auto-ombreggiamento: nel caso di inclinazione dei moduli maggiore di 0°, in fase di progettazione, deve essere determinata la distanza minima tra le file parallele in modo tale che l'ombra di una determinata fila di moduli non interessi quelle retrostanti o viceversa; tale distanza deve essere maggiore dell'ombreggiamento che si determina, nella località in cui avrà sede l'impianto, a mezzogiorno nel giorno del solstizio d'inverno;
- siano disposti in modo tale da garantire in ogni caso i camminamenti necessari per lo svolgimento in sicurezza delle attività di manutenzione dell'impianto fotovoltaico;
- abbiano inclinazione massima pari a 10°, al fine di limitare l'effetto del carico vento sulle strutture e dell'auto-ombreggiamento tra file di moduli adiacenti e/o successive;
- abbiano le seguenti caratteristiche tecniche minime:
 - efficienza del modulo almeno pari al 17%;
 - perdita di rendimento della P_{max} in funzione della temperatura non superiore a 0,4%/°C;
 - garanzia del prodotto pari ad almeno 10 anni;
 - efficienza del modulo fotovoltaico almeno pari all'85% dopo 20 anni.

Eventuali soluzioni che non rispettino tali requisiti minimi devono essere opportunamente giustificate e soggette a valutazione specifica da parte di Acquedotto Pugliese SpA.

Con riferimento alla normativa di settore, i pannelli fotovoltaici devono rispettare le seguenti norme:

- CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646: Moduli fotovoltaici a film sottile per usi terrestri. Qualificazione del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61730-1: Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici. Prescrizioni per la sicurezza;
- CEI EN 61730-2: Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici. Prescrizioni per le prove.

7.3. Cavi elettrici di cablaggio

Il cablaggio elettrico di tutta la parte CC tra i vari moduli e le stringhe e tra queste ultime e il quadro CC di zona deve avvenire per mezzo di cavi del tipo H1Z2Z2-K o equivalente, esclusivamente destinati all'impiego di sistemi fotovoltaici (PV) di alimentazione secondo quanto previsto dalla norma CEI 64-8 sez. 712 (HD 60364-7-712); adatti per:

- installazione permanente all'esterno e all'interno, per installazioni libere mobili, libere a sospensione e fisse;
- installazione anche in condotti e su canaline, all'interno o sotto intonaco oltre che nelle apparecchiature;
- applicazione su apparecchiature con isolamento di protezione (classe di protezione II);
- per la posa interrata.

Tali cavi devono essere intrinsecamente a prova di corto circuito a terra in conformità con l'HD 60364-5-52.

La condotta deve essere rilevabile a vista e realizzata posando i cavi in tubo rigido in PVC a parete.

Tutti i cavi devono rispondere alle normative di settore: CEI EN 50618 (CEI 20-91), CEI EN/IEC 60228, CEI EN 50395, CEI EN 50396, CEI EN 60811-403, EN 60062-2-78, CEI EN 60216-1, CEI EN 60216-2, CEI EN 61034-2, CEI EN/IEC 60332-1-2, CEI EN 50525-1, EN 50575:2014+A1:2016.

I cavi devono avere i requisiti dettati dal "Regolamento Prodotti Da Costruzioni 305/2011 Eu." e dalle Direttive Europee: 2014/35/UE (B.T.) - 2011/65/CE e 2015/863/UE (RoHS).

Il dimensionamento dei cavi deve essere condotto sulla base di considerazioni di carattere termico (portata) ed elettrico (caduta di tensione).

7.4. Quadri elettrici DC

Con riferimento ai Quadri DC, va creato un primo quadro di sezionamento locale nei pressi del campo fotovoltaico, sul quale devono convergere tutte le stringhe presenti, le quali devono essere sezionabili singolarmente, mediante opportuni organi di protezione e sezionamento.

Un secondo quadro di sezionamento e protezione dalle scariche atmosferiche lato DC va ubicato nel vano tecnico predisposto per l'installazione degli inverter; tale quadro deve contenere i fusibili di stringa/MT in C.C. e scaricatori di sovratensione di stringa (SPD uno per ogni polo) collegati a terra su una barra equipotenziale, posizionata in una cassetta dedicata nei pressi dello stesso Quadro.

Tutti gli apparecchi di protezione vanno dimensionati per le opportune correnti e tensioni e vanno allocati nel suddetto quadro elettrico, dotato di grado di protezione adeguato al sito di installazione.

Con riferimento alla normativa di settore, i Quadri Elettrici DC e AC devono rispettare le seguenti norme:

- CEI EN 61439-1 e 61439-2 dal titolo: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)" Parte 1: Regole generali, Parte 2: Quadri di potenza;
- CEI 23-51:2016-04 "prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare";
- Direttiva bassa tensione (2014/35/UE);
- Direttiva EMC sulla compatibilità elettromagnetica (2014/30/UE);
- Direttiva (Atex 99/92/CE) se destinato ad essere installato in zone con pericolo di esplosione;
- Marcatura CE

7.5. Gruppo di conversione CC/CA (Inverter)

Il gruppo di conversione è composto dal componente principale "inverter" e da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili.

Le caratteristiche principali sono riassunte qui di seguito:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21, e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;
- Ingresso cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ossia con sistema IT;
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità alle norme CEI 310;
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico;
- Conformità marchio CE;
- Rispondenza alla norma CEI 64-8;
- Rispondenza alle norme: IEC 61683; IEC 61727; EN 50081; EN 50082; EN 61000;
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).

Il costruttore deve rilasciare una Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, nella quale si fa esplicito riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.

Al fine di monitorare la produzione energetica e lo stato globale dell'impianto, anche da remoto, è opportuno equipaggiare l'impianto fotovoltaico installato sulle coperture con sistemi di telemisura e telerilevamento dei parametri.

Tale sistema deve, altresì, fornire avvisi in modo tempestivo circa il verificarsi di anomalie di produzione energetica o malfunzionamenti derivati da guasti o impedimenti di altra natura.

7.6. Quadro AC e protezione di interfaccia

Tutti gli impianti devono avere sul lato della corrente alternata, ossia fra l'inverter e il contatore di produzione, dei dispositivi di protezione e manovra in grado di proteggere la linea, gli apparati elettrici e le persone.

All'interno del quadro devono essere presenti tutti i dispositivi di protezione come da normative tecniche di settore.

Tutti gli apparecchi di protezione devono essere dimensionati per le opportune correnti e tensioni e devono essere allocati nel suddetto quadro elettrico che sarà dotato di grado di protezione adeguato al sito di installazione.

Tutti gli impianti FV per legge devono essere dotati di un'interfaccia di rete, vale a dire di un dispositivo di protezione che serve ad evitare problematiche e consumi di energia inutili.

Il Sistema di Protezione di Interfaccia, mediante il Dispositivo di Interfaccia, separa l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione e controlla i limiti di tensioni e frequenze tra sistema e rete.

Tutto questo per tre fondamentali ragioni:

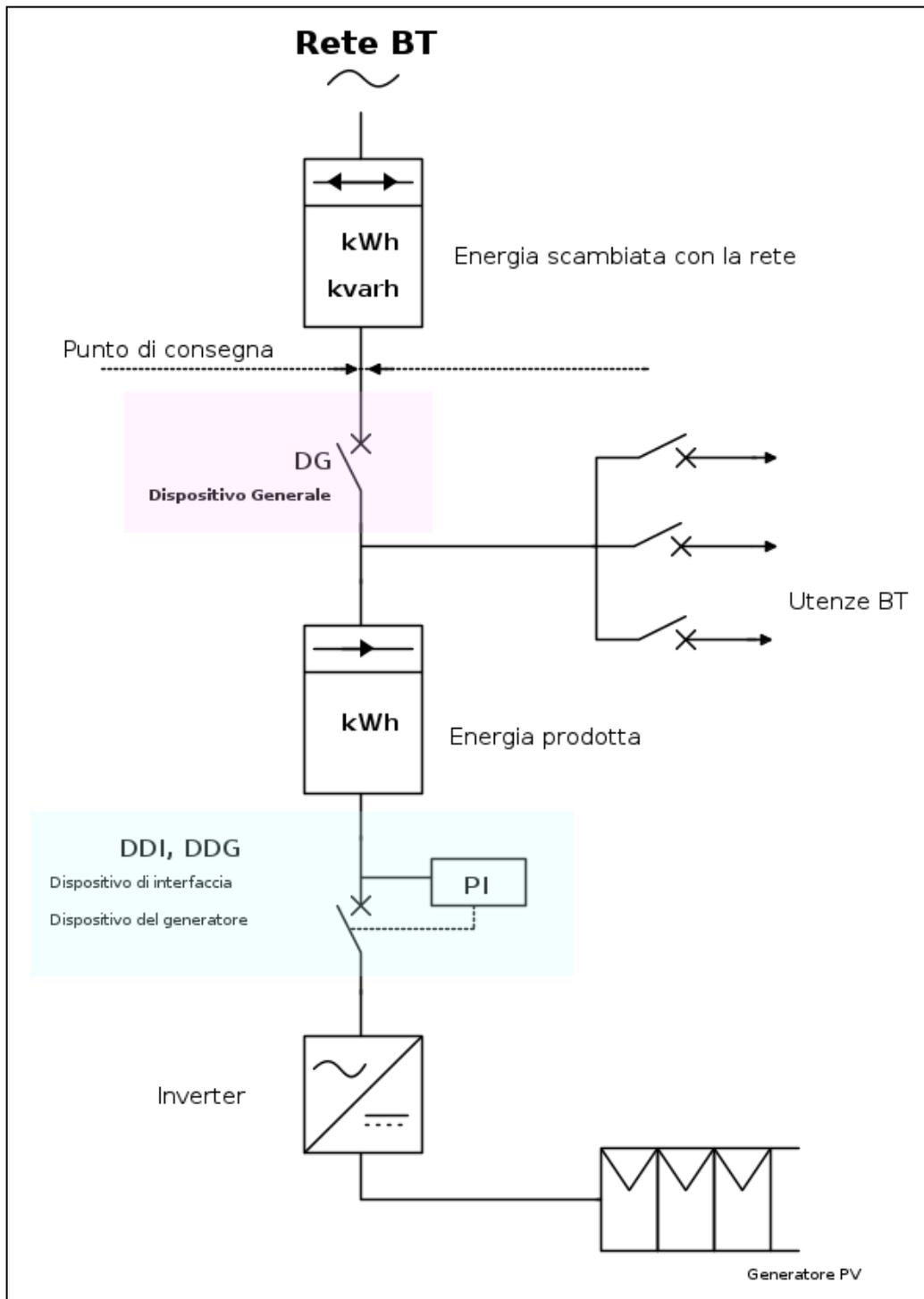
- in caso di guasti sulla linea, evitare che l'utente alimenti il guasto.
- non creare perturbazioni al servizio sulla rete;
- interrompere immediatamente la distribuzione di energia in rete nel caso in cui tensione e frequenza fossero fuori dai parametri comunicati.

Con riferimento alla normativa di settore, si sottolinea che i quadri AC devono essere conformi alle stesse normative citate al paragrafo 7.4.

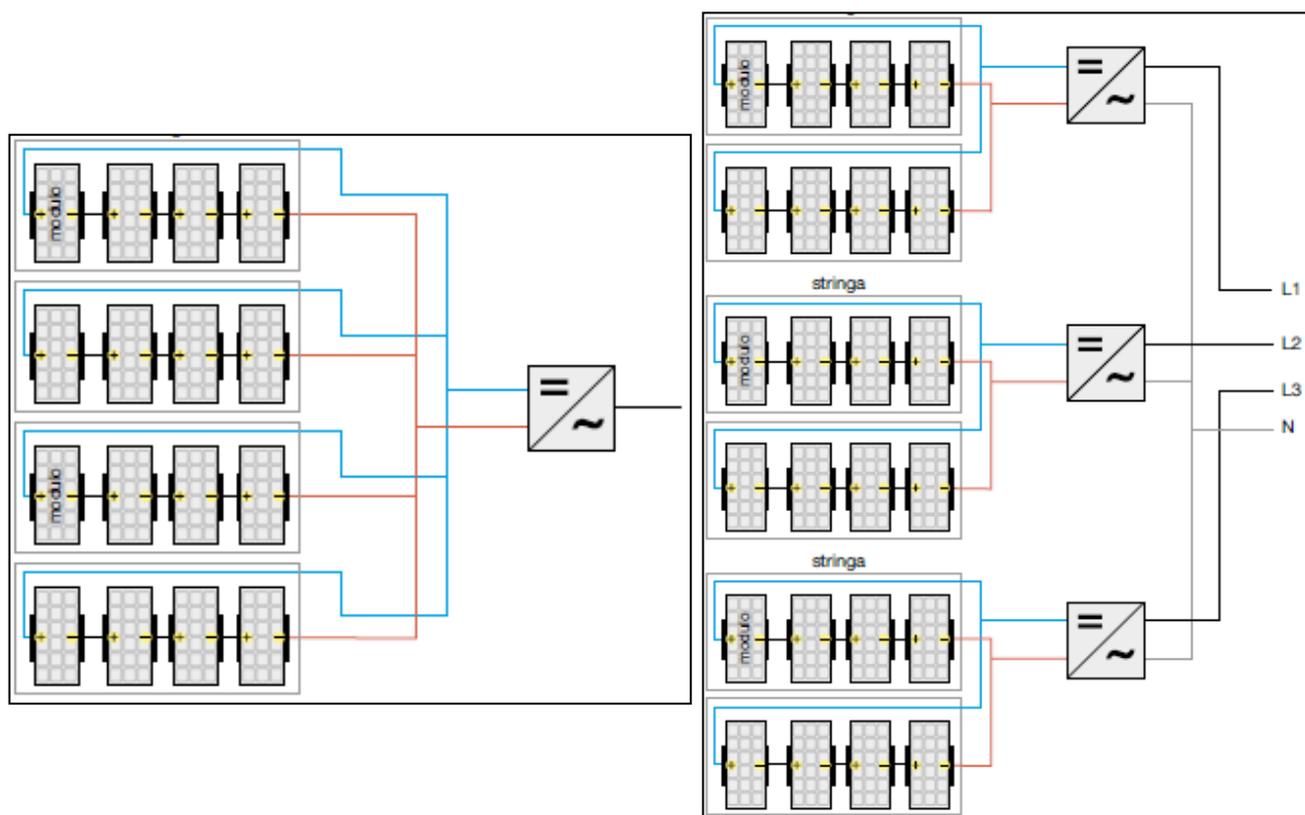
Per quanto riguarda la scelta e la verifica periodica dei dispositivi di protezione di interfaccia (SPI), la progettazione deve essere eseguita in conformità alle norme CEI 0-16 e CEI 0-21.

7.7. Schema tipico impianto Fotovoltaico

Si riportano, di seguito, gli schemi tipo relativi alla configurazione di un impianto Fotovoltaico in BT mono inverter e multi inverter.



Esempio schema tipo impianto fotovoltaico BT



Esempio configurazione tipo impianto fotovoltaico BT mono inverter /multi inverter

7.8. Caduta di tensione

La norma CEI 64-8, art. 525, stabilisce che la caduta di tensione tra l'origine dell'impianto utilizzatore e qualunque apparecchio utilizzatore non sia superiore al 4 %.

Al fine di contenere le perdite sul lato in corrente continua e quindi ottimizzare il contributo del conto energia, i cavi di corrente continua del generatore fotovoltaico devono essere dimensionati in modo tale che la caduta di tensione non superi il 2 %.

7.9. Tipologia componenti installati

L'installatore è tenuto ad utilizzare i componenti elettrici delle migliori marche oggi presenti sul mercato.

Tutti i materiali elettrici utilizzati nell'installazione dell'impianto devono possedere il Marchio di Conformità Europea (CE).