

Gli incendi di impianti fotovoltaici sui sistemi di coperture commerciali o industriali impermeabilizzate con membrane bituminose o sintetiche

Fire accidents of photovoltaic modules on commercial and industrial building roofs covered with bituminous or synthetic waterproofing membranes



RIASSUNTO

Gli impianti fotovoltaici hanno avuto in Italia (ed in Europa) una crescita enorme a partire dalla fine del 2010, grazie agli incentivi statali che hanno consentito un ritorno economico molto vantaggioso per queste installazioni. Dai dati riportati dalle varie inchieste pubbliche risulta che si è spesso trascurato l'aspetto di sicurezza e rischio di incendio. Ciò ha causato in Italia, a partire dall'inizio del decennio scorso, un consistente incremento dei casi di incendio delle strutture fotovoltaiche e relative costruzioni su cui erano collocati. L'articolo ha lo scopo di chiarire le cause che possono aver determinato gli incendi e di offrire spunti di riflessione per migliorare la sicurezza degli impianti stessi, e quindi degli edifici che supportano tali impianti.

SUMMARY

Since the end of the year 2010, the photovoltaic systems had greatly increased their number in Italy (and in Europe as well), mainly due to governments supports which granted effective economic benefit to these plants. A number of public investigation reports confirm that the safety and fire risks have been often neglected. This is the reason of the great increase (at least in Italy) of fire accidents involving photovoltaic systems, in the last decade. The purpose of this paper is the willing of clarifying some of the reasons that may cause the fire accidents on the roof. Moreover, we want to suggest cues and opportunities in order to improve the safety related to the photovoltaic systems; consequently, the safety of the building where these systems are located will be assured.

1. Introduzione

Gli impianti fotovoltaici hanno avuto in Italia (ed in Europa) una crescita enorme a partire dalla fine del 2010, grazie agli incentivi statali che hanno consentito un ritorno economico molto vantaggioso per queste installazioni. Soprattutto in Italia la scelta delle strutture e delle apparecchiature è stata “guidata” dalle valutazioni economiche, ovviamente legittime, ma si è spesso trascurato l’aspetto di sicurezza e rischio di incendio delle installazioni e degli edifici sottostanti. Questo ha causato a partire dall’inizio del decennio scorso un consistente incremento dei casi di incendio delle installazioni nel nostro Paese, eventi a cui rispose con precisione e autorevolezza il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco: la legislazione vigente fu integrata con circolari esplicative che da allora guidano i criteri di sicurezza delle nuove installazioni. Ma procediamo con ordine nell’esaminare il “sistema impianto fotovoltaico” e le strutture su cui appoggia (Fig. 1).

2. Sistemi fotovoltaici: il pannello e le strutture di fissaggio

I pannelli fotovoltaici (PV) sono dispositivi formati da elementi semiconduttori che producono energia elettrica per effetto fotoelettrico (luce solare). L’effetto fotoelettrico era noto da molti anni ma solo nel 1963 i primi pannelli sono stati commercializzati. Da allora la loro tecnologia si è notevolmente evoluta, dominata quasi esclusivamente da considerazioni di natura economica, lasciando un po’ in disparte gli aspetti correlati alla sicurezza, ed in particolare al rischio di incendio essendo essi costituiti, di norma, di materiale combustibile. Bisogna sottolineare che solo in Italia abbiamo una normativa per la classificazione al fuoco dei pannelli fotovoltaici, che sono definiti (secondo le classi previste dal DM 10 marzo 2005) come prodotti di classe 1 o di classe 2:

classe 0 : materiali incombustibili

classe 1: materiali combustibili non infiammabili

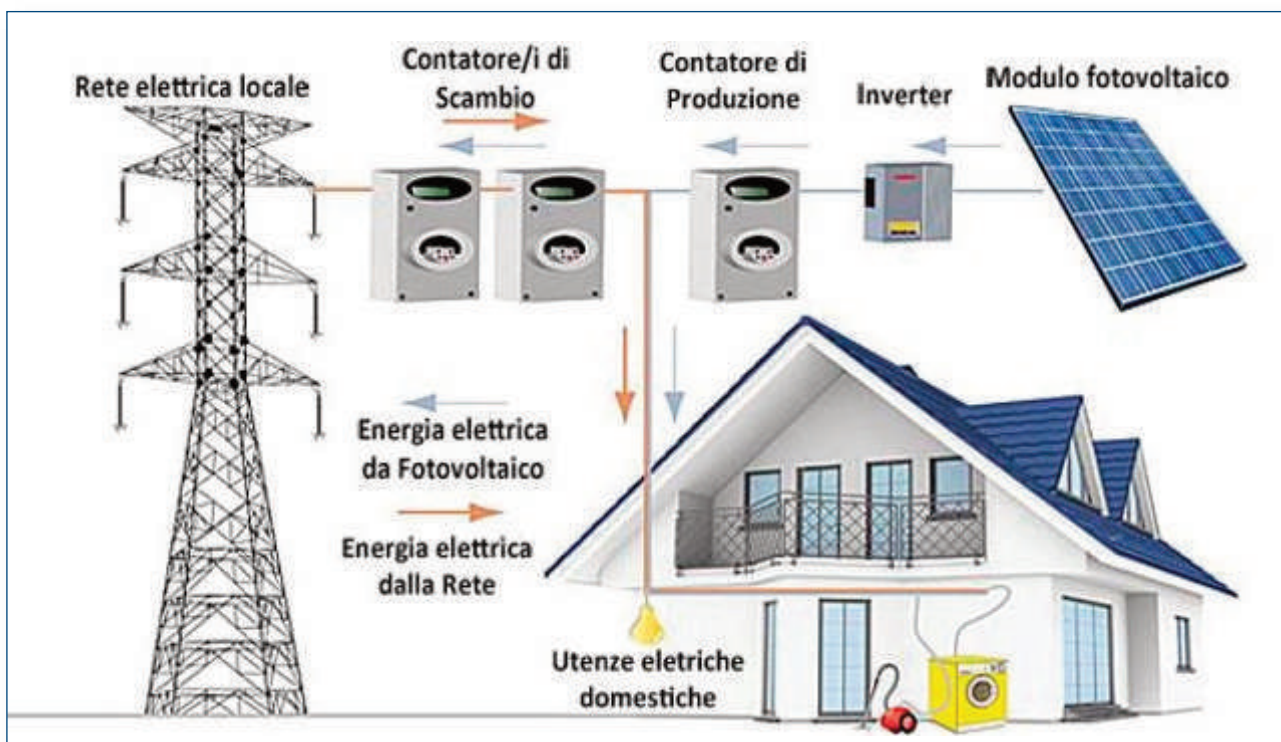
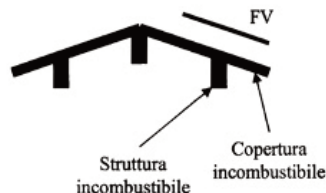


Fig. 1 Veduta di insieme di un sistema fotovoltaico

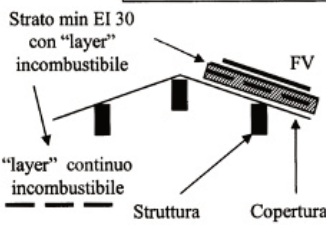
ALLEGATO B

L'installazione degli impianti FV dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato (Requisiti tecnici)

Caso 1
 Installazione su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili



Caso 2
 Interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di appoggio di uno strato di materiale di resistenza al fuoco almeno EI 30 ed incombustibile



Caso 3
 Valutazione specifica del rischio di propagazione dell'incendio

Caso 3/a
 Valutazione del rischio tenendo conto:
 - della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture dei tetti;
 - della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico.

Caso 3/b
 Valutazione del rischio ad hoc finalizzata al raggiungimento degli obiettivi del Regolamento UE 305/2011

Fig. 2 Estratto dalla Guida esplicativa CNVFF 4 maggio 2012

classe 2: materiali combustibili difficilmente infiammabili

classe 3: materiali combustibili infiammabili

classe 4: materiali combustibili facilmente infiammabili

classe 5: materiali combustibili estremamente infiammabili.

Sulle coperture commerciali o industriali, che normalmente sono tetti piani o con modesta pendenza, abbiamo installazioni di pannelli fotovoltaici "aderenti" al manto impermeabile o "in pendenza". Questi ultimi sono sostenuti da strutture metalliche che sono fissate su un "sistema tetto" normalmente composto da un pacchetto di coibentazione di spessore consistente (anche fino a 50 cm) e ricoperto da membrana im-

permeabilizzante, bituminosa o sintetica.

La Nota esplicativa alla "Guida..." del 4 maggio 2012 (CNVFF) prevede che pannelli fotovoltaici installati sulle coperture possono essere di classe 1 o classe 2 in relazione alla "classe di reazione al fuoco" della superficie su cui poggiano (incombustibile o con "reazione a fuoco esterno di tipo B roof t2" secondo EN 13501-5 e TS 1187). La Fig. 2 riporta un estratto della guida emanata dal Ministero dell'Interno. Le strutture metalliche di per se non danno origine a inneschi di incendio (a parte il possibile innesco da fulmini) ma la loro corretta posizione in relazione a eventuali ombreggiature dei pannelli, se non adeguatamente prevista in fase di progetto, può creare dei problemi. »

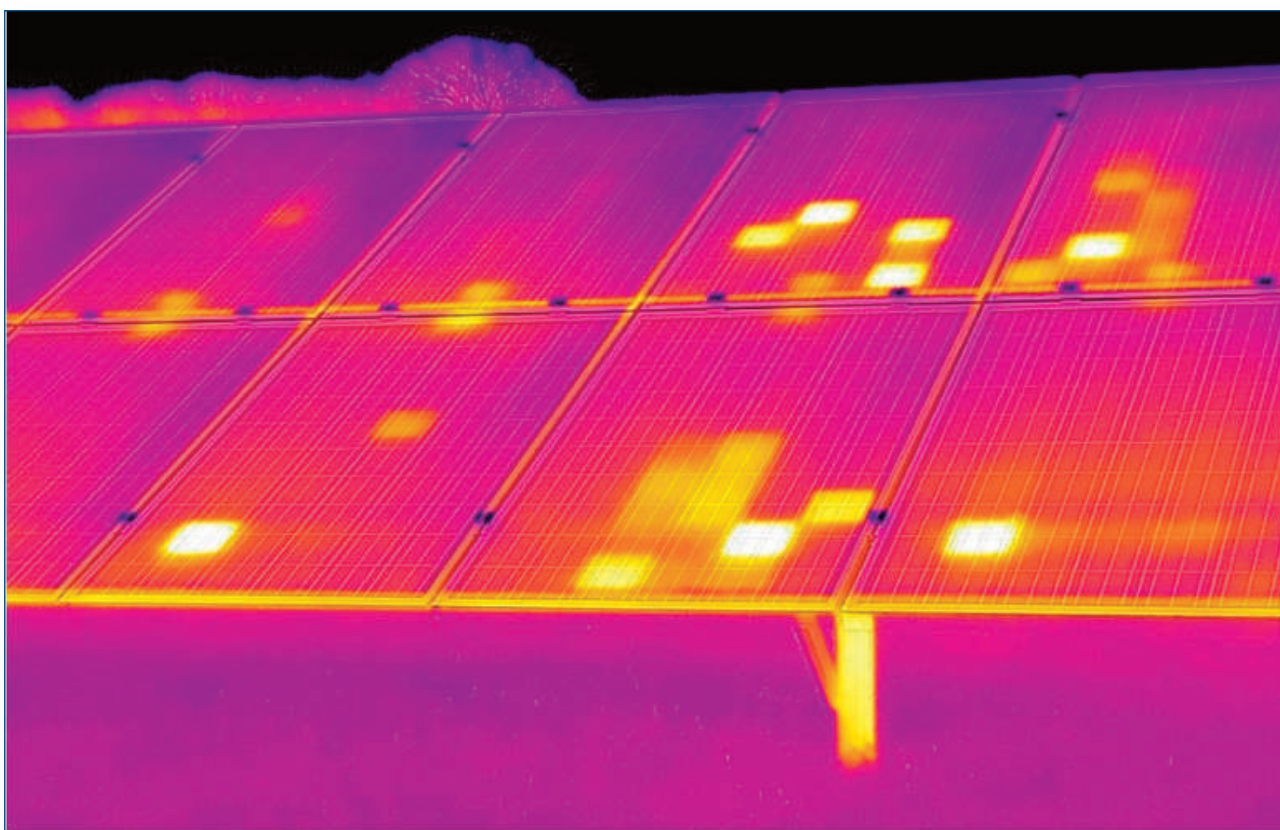


Fig. 3 Termografia di pannelli fotovoltaici che evidenzia con colori più chiari gli elementi in condizioni di surriscaldamento (e quindi a rischio di innesco di incendio)

3. Il rischio di incendio per i pannelli

Lo strato di silicio che genera la corrente elettrica è l'elemento chiave all'origine dell'autocombustione di un pannello. Può presentarsi un parziale difetto di produzione, un guasto tecnico durante l'utilizzo, o una semplice ma prolungata ombra durante una forte insolazione, e quella specifica parte di pannello si trasforma da "generatore di energia" in "resistenza elettrica". Il passaggio della corrente prodotta dalla restante parte dell'impianto provoca nella parte diventata "resistenza" un surriscaldamento che può arrivare a temperatura tale da generare auto-combustione se l'impianto è costituito da numerosi pannelli in serie, che producono correnti e tensioni elevate, ben oltre i 600 Volt e la decina di Ampere.

La verifica termografica dell'efficienza dei pannelli è uno strumento ideale per valutare lo stato di "salute" delle singole celle di silicio in ciascun pannello: consente di evidenziare i punti in cui le celle presentano disfunzioni, con evidente surriscaldamento che a occhio nudo non sarebbe visibile. Una regolare ispezione con moderni mezzi (per es. un drone dotato di telecamera a infrarossi) è veloce e poco impegnativa, ma sarebbe essenziale per prevenire l'insorgere di gravi problemi di incendio. Purtroppo questo tipo di controllo non è previsto dalle attuali norme antincendio, e quindi è scarsamente applicato, anche se "basilare" per la sorvegliare l'efficienza e l'integrità dell'impianto e prevenire il rischio di incendio. La **Fig. 3** evidenzia i punti di surriscaldamento di un sistema di pannelli collocato a terra.

4. Il cablaggio e il rischio di incendio

Le connessioni tra i pannelli devono essere adeguate alla tensione e alla corrente che circola nell'impianto. I cavi devono essere resistenti ai raggi UV ed alle alte temperature (sono posizionati al sole!), oltre ad essere di sezione adeguata alle correnti dell'impianto ed essere correttamente collegati (almeno IP 65).

Per un impianto "domestico" da 3 kW abbiamo mediamente circa 4 Ampere e 350-400 Volt, ma per un sistema "industriale" con centinaia di pannelli possiamo avere anche 1000 Volt e una decina di Ampere per ciascuna stringa. Questa è la situazione tipica per impianti collocati su strutture commerciali o industriali, dove si è verificato il maggior numero di incendi in Italia.

Un primo rischio di innesco è quello dell'arco elettrico che può partire dalle connessioni o dai cavi, se scoperti o danneggiati, viste le tensioni non indifferenti in gioco. Il rischio di incendio innescato dai cablaggi è spesso sottovalutato: le connessioni sono in molti casi fonte di arco elettrico e quindi di innesco d'incendio anche su coperture metalliche. L'arco elettrico può fondere il sottile spessore della copertura metallica (inferiore al millimetro) e quindi si ha la propagazione della fiamma alla coibentazione sottostante, in genere fatta di materiale combustibile. L'incendio del sistema tetto diventa inevitabile e i danni sono sempre ingenti.

5. Il sistema elettrico e il rischio di incendio

Le apparecchiature elettriche sono il cuore dell'impianto. La corrente continua prodotta dai PV viene trasformata in corrente alternata dai gruppi di conversione (*inverter*) che sono l'elemento più delicato del sistema elettrico, con le relative connessioni e protezioni.

Gli *inverter* trasformano l'energia elettrica da "continua" in "alternata a 50 Hertz sincrona" per poterla im-

mettere in parallelo nelle rete nazionale ed essere fruibile dalle apparecchiature elettriche. Sono quindi apparecchiature elettroniche soggette ad elevate tensioni e correnti, e a produzione di calore; devono essere dotate di dispositivi di sicurezza e di interruzione per eseguire manovre, manutenzioni ecc., considerando che al loro interno si possono generare scintille e quindi incendi. Come prescrizione di prevenzione, i locali che contengono gli *inverter* dovrebbero essere dotati di allarme per incendio.

Due delibere CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano (numero 786/R/EEI/016 e 021) hanno sostanzialmente aggiornato i criteri di sicurezza degli *inverter*, con ulteriori sistemi di limitazione delle sovratensioni, per es. a 250 volt, per impianti al di sotto di 11 KW di potenza onde impedire il ripetersi di incendi innescati dalle apparecchiature elettriche installate. In caso di ispezione del GSE - Gestione Servizi Energetici, se gli *inverter* non sono a norma, secondo le delibere di cui sopra, viene sospesa l'erogazione dei contributi fino a regolarizzazione degli *inverter* per le sovratensioni da parte del proprietario dell'impianto.

6. La nostra legislazione di prevenzione incendi per le installazioni dei PV

L'Italia è uno dei pochissimi Paesi europei in cui esiste una classificazione obbligatoria per l'omologazione dei pannelli fotovoltaici e la loro reazione al fuoco, ai fini della prevenzione incendi. Solo in Francia abbiamo una legislazione simile con un metodo di prova al fuoco del Pannello Fotovoltaico. In Danimarca si normano solo i pannelli integrati nella superficie del tetto, secondo la EN13501 + CEN TS1187.

Bisogna considerare che il problema dei PV che si incendiano è sorto (soprattutto in Italia) dopo gli incentivi alla produzione di EE a cominciare dal 2011. In carenza di specifiche di legge (la normativa è arrivata nel maggio 2012) sono state fatte installazioni anche ap- »

prossimative da imprese spesso inesperte. Questo ha portato a difetti di posizionamento, insufficienze di cablaggio, e carenze tecniche nelle apparecchiature: la conseguenza è stata l'incremento di casi di incendio che non si è avuto in altri Stati.

I dati attualmente disponibili sui casi di incendio, che hanno portato il Corpo Nazionale VVFF a iniziare una ricerca sul comportamento all'incendio dei pannelli e della relativa tipologia di tetto associato, sono riportati nella **Tab. 1**. I successivi dati (2017-2020) sono stati a lungo richiesti ai VVFF (per fornire dati al CEN, TC 127 di cui l'Autore è membro), ma al momento non è ancora pervenuta alcuna risposta.

Tabella 1.
Dati disponibili relativi al numero di incendi dei pannelli

Anno	N° di incendi
2003	2
2004	3
2005	8
2006	13
2007	34
2008	26
2009	66
2010	136
2011	382
2012	479
2013	463
2014	469
2015	461
2016	375

La ricerca sperimentale, finanziata da un progetto ministeriale, si basa su prove condotte da un Istituto specializzato italiano, sia su PV che su PV + membrane (fornite da SITEB, classificate di tipo sia Broof t2 che Proof). Al momento mancano le prove sulle diverse tipologie di materiali isolanti che possono essere usati nel sistema tetto "completo" (materiali accoppiati alle

diverse tipologie di pannelli e in rapporto alle diverse possibilità di installazione) prima di poter trarre qualche conclusione significativa sia sul metodo che sui materiali. Se la ricerca portasse a una normativa, le numerose tipologie di pannelli, la loro possibile diversa distanza ed inclinazione rispetto al tetto, le diverse tipologie di membrane bituminose e sintetiche, e le varie tipologie e spessori di materiale isolante obbligherebbero a effettuare una serie "innumerevole" di prove incrociate, prima di certificare una membrana (che sia bituminosa o sintetica) come "adatta" ad essere utilizzata nei sistemi di copertura degli edifici su cui si andranno ad installare sistemi fotovoltaici. Questa estrema variabilità di casi preoccupa i produttori di membrane, che per ciascuna tipologia di membrana si fanno già carico delle 4 certificazioni esistenti in Europa per poter esportare i loro prodotti nei diversi Paesi della EU, visto che le prove di "reazione a fuoco esterno" sono 4, e non sono state unificate in un solo metodo di verifica e certificazione.

Una ulteriore considerazione deve essere espressa sulla "rilevanza" del rischio di incendio, in base ai dati del GSE e del CNVFF sugli impianti fotovoltaici.

Dopo il 2010 il numero di impianti è cresciuto notevolmente (**Fig. 4**) mentre il numero di incendi in Italia si è andato stabilizzando, per poi mostrare un inizio di decrescita dal 2016; da ciò l'importanza di avere ulteriori dati dai VVFF.

Se associamo i dati disponibili sul numero di incendi forniti dai VVFF e quelli del numero di impianti fornito dal GSE (**Tab. 2**), abbiamo un'immagine della "rilevanza" degli incendi sui PV rispetto al numero di impianti esistenti in Italia. Purtroppo i dati ad oggi sono incompleti, ma molto probabilmente dimostrerebbero una tendenza al ribasso nel numero di incendi. Certamente i dati sarebbero ancora più significativi e riduttivi se potessero essere anche contestualizzati: mancano infatti nella attuale documentazione del CNVFF le informazioni relative alla età e alla tipolo-

Tabella 2

Numero di impianti e di incendi negli ultimi 10 anni.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
n. Impianti realizzati	34805	76593	160963	335358	485406	596355	648196	697759	732053	774014	822301	880090
% crescita		120	110	108	44,7	22,9	8,7	7,6	4,9	5,7	6,2	7,0
n. incendi*	26	66	136	382	479	463	469	461	375	?	?	?
% crescita incendi		153	106	180	25,4	-3	1,3	-1,	-18	?	?	?
% relativa rilevanza incendi	0,07	0,09	0,08	0,11	0,10	0,08	0,07	0,07	0,05	?	?	?

* manca la contestualizzazione degli incendi, essenziale per comprendere la loro effettiva rilevanza

gia dei sistemi fotovoltaici che hanno generato incendi. Diversa, ai fini della valutazione di rilevanza, sarebbe la considerazione del numero di incendi se si potessero scorporare ad esempio quelli riferiti ai sistemi fotovoltaici collocati sul terreno. Inoltre, sarebbe estremamente utile capire se negli ultimi anni si sono verificati incendi sui sistemi che sono stati installati dopo l'entrata in vigore della legislazione italiana

(2012); ciò a dimostrazione di due cose: la validità della legislazione stessa e le lacune delle installazioni antecedenti.

La domanda che possiamo comunque farci è semplice: c'è veramente bisogno di un ulteriore metodo di prova per il "sistema tetto+pannelli PV", a fronte ai numeri dell'ultima riga della Tab. 2, se i problemi di incendio sono dovuti esclusivamente all'impianto fotovoltaico?

La risposta ci potrebbe essere suggerita dalla ricerca tedesca dell'Istituto TUV, che ha pubblicato nel 2018 un ampio report sulla situazione tedesca degli impianti fotovoltaici e sulla prevenzione dei rischi di incendio: "Guideline for Assessing Fire Risk in PV Systems" (303 pagine). L'Istituto TUV ha esaminato i pochi casi di incendio (350 in 10 anni, su un milione e mezzo di impianti installati in Ger- ➤



Fig. 4 Evoluzione del numero e della potenza degli impianti fotovoltaici in Italia (fonte GSE 2019)

mania) e ha tratto le seguenti conclusioni:

- » in circa un terzo dei casi il danno è stato causato dai componenti dei pannelli stessi,
- » un altro terzo è stato causato da errori di posizionamento,
- » un altro terzo è stato causato da difetti nel materiale (elettrico) di installazione.

Nel rapporto si sottolinea inoltre che gli incendi si sono (quasi tutti) verificati nella stagione estiva, durante le ore di maggiore insolazione e quindi, ovviamente, in situazioni di massima corrente disponibile. In questi casi i pannelli difettosi hanno ceduto.

7. Il lavoro dei comitati per le normative CEN sui materiali da costruzione e CENELEC sui materiali elettrici

Il CEN TC 127 nel suo WG5 (che tratta incendio da “fuoco esterno” sui tetti) si sta occupando da alcuni anni del problema PV con alterne vicende. Nel 2019 è stato circolato agli enti normativi nazionali un questionario le cui risposte hanno evidenziato la pesante carenza di legislazione e di attenzione in Europa. Nove Stati membri su 27 hanno chiesto al TC127 una normativa per valutare la reazione a fuoco esterno del tetto quando esiste un “sistema tetto+PV”. Altri 4 enti nazionali hanno espresso parere negativo (tra cui Germania e Francia) e il restante numero (14 !!!) non si è espresso, segno che il problema per i restanti non era interessante. Mi sembra corretto segnalare che tra i favorevoli abbiamo enti normativi che non sono quasi mai stati presenti ai lavori del CEN e non hanno portato alcun elemento a sostegno della loro posizione, cosa che fa dubitare del loro effettivo interesse al problema. Anche l'Italia (attraverso UNI) ha votato a favore, pur con la maggioranza dei membri del comitato UNI CT 33 GdL 11 che aveva espresso

un chiaro parere contrario: è prevalso d'ufficio il parere del coordinatore, un rappresentante del CNVFF. Restiamo in attesa degli sviluppi del lavoro in ambito TC 127 dove la proposta avanzata da SITEB di produrre per ora un documento-inchiesta sul problema (un *Technical Report*) prima di andare ad un metodo di prova, è posta ai voti durante la riunione plenaria del 9 novembre 2021.

Il CENELEC TC82 nel frattempo ha prodotto un documento (TR 50670) per valutare l'influenza della combustione dei pannelli sui sistemi tetto. I risultati sono stati “poco felici” rispetto allo scopo prefisso: hanno descritto un metodo per valutare il comportamento al fuoco esterno di un pannelli, con inclinazione e distanza fissa rispetto alla superficie del tetto, a sua volta costituito da materiale incombustibile. Manca completamente tutta la possibile casistica esaminata nel CEN TC 127, che porterebbe a una numerosissima serie di prove, viste le variabili in gioco, come già riportato.

L'aspetto normativo europeo è quindi abbastanza delicato e in evidente evoluzione: il TC 127 deve conciliare le richieste pervenute per avere un metodo di prova del sistema integrato “tetto+pannelli” (fatte da 9 Stati membri del CEN), con l'evidenza che un metodo di prova al fuoco esterno si trasformerebbe in una serie innumerevole di test da far eseguire ai produttori di membrane, considerando le diverse tipologie di tetto, di pannelli, e di strutture.

SITEB sta collaborando attivamente con il TC 127 per prevenire l'innescò dell'incendio, piuttosto che predisporre ulteriori test di interazione tra pannello che brucia e sistema tetto.

8. Conclusioni

Il rischio di incendio dei sistemi fotovoltaici in generale è innegabile, se pur si stia riducendo in Italia, anche grazie agli interventi legislativi. Di altri Paesi europei non abbiamo dati ma in Germania dove non c'è una

legislazione specifica, ma ci sono severi criteri di esecuzione delle installazioni, il problema già da tempo è minimizzato e non è ritenuto tale da richiedere una ulteriore normativa.

Il concetto che riteniamo guida per affrontare il rischio di incendio è semplice: il pannello o i sistemi elettrici non devono innescare incendi; nel malaugurato caso che ciò accada, deve essere previsto un sistema di controllo ed allarme immediato che segnali l'anomalia prima che si diffonda, prima che interferisca con il "sistema tetto". Introdurre nella normativa vigente una ulteriore prova tecnica con i pannelli che bruciano sopra un tetto impermeabilizzato, comporterebbe rifare le valutazioni su tutte le membrane perché soggette ad un diverso sistema irraggiante, commisurato all'effettivo contributo dei pannelli stessi (ci sono pannelli composti da strati vetro-vetro, altri con vetro e diverse tipologie di materiale sintetico). Avremmo così nuove variabili da aggiungere a tutte quelle considerate in precedenza, con un ulteriore incremento del numero dei test da eseguire. A nostro parere avremo solo la conferma che il tetto è composto da materiale combustibile difficilmente infiammabile, ma è combustibile, se l'incendio parte dai pannelli: questo è già noto ed è ovvio, non serve un ulteriore test per dimostrarlo. Un nuovo test non porterebbe ad alcun beneficio per incrementare la sicurezza degli edifici. In pratica andremmo solo a incrementare il lavoro degli istituti di prova, senza risolvere veramente il problema degli incendi dei sistemi fotovoltaici. L'intervento da chiedere al legislatore è quello di incrementare gli strumenti di prevenzione e le prescrizioni di sicurezza per il ri-

schio di incendio per i componenti elettrici dei sistemi fotovoltaici. Potrebbe essere compito dei colleghi del CENELEC, dove invece la rappresentanza dei produttori o importatori di pannelli fotovoltaici (che ha una notevole rilevanza) sembra si frenare qualsiasi ulteriore azione normativa.

9. Bibliografia

- Min. Interno: Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici (2012)
- Min. Interno: Chiarimento alla nota "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" (Maggio 2012)
- DM 3 agosto 2015: Codice Unico di Prevenzione Incendi
- CNVVFF: Relazione Tecnica sugli incendi coinvolgenti impianti fotovoltaici
- CNVVFF Annuari 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020.
- GSE: Rapporto Statistico 2019
- Fire Safety Journal: PV modules on buildings; Outlines of PV roof samples fire rating assessment 2020, (Cancelliere, Manzini, Traina, Cavriani)
- Antincendio Italia: Rischio incendio dei pannelli fotovoltaici - 2017 (Zaccarelli)
- EU Commission: PV Status Report 2019 (kjna29938 report)
- TUV: Assessing Fire Risk in PV Systems; Guideline 2018
- BRE Scotland: Fire-solar-pv-systems-literature-review
- Journal Officiel de la Republique Francaise, 31 marzo 2016, Prevention de risque accidentels, section V, dispositions aux équipements ..utilisant l'énergie photovoltaïque
- ATA: Fire Risks Of Solar PV 2016_Final, Australia
- IEEE-review-solar-panel-fire-accident-2020
- NEDO: Photovoltaics and Firefighters' Operations, www.nrel.gov/docs/fy19osti/68415 JAPAN