



DEHN ITALIA

Il Fotovoltaico

*Guida al dimensionamento e applicazione
di SPD e LPS per impianti FV*

Premessa

Fisiologia del fulmine

Con il Sistema Italiano di Rilevamento dei Fulmini (SIRF) presso il CESI di Milano ormai è stato rilevato che ogni anno il territorio italiano viene colpito da ca. 1.500.000 fulmini. Altre prove sulle scariche atmosferiche hanno dimostrato che la temperatura massima di un fulmine può arrivare a valori di ca. 30.000°C per una durata di ca. un milionesimo di secondo. Questa temperatura supera più di quattro volte quella della superficie del sole. Il diametro della scarica visibile del fulmine è dell'ordine di 30-40 cm; valutazione approssimativa in quanto rilevata solo per mezzo di fotografie. La lunghezza di una scarica verticale è normalmente da 5 a 7 chilometri, mentre scariche orizzontali possono avere delle lunghezze da 8 fino a 16 chilometri.

In confronto alla velocità della luce di 300.000 km/sec., la velocità del fulmine può variare da un decimo fino ad un terzo di questo valore.

Anche i parametri elettrici sono enormi: il valore di picco della corrente, più alto rilevato, è di 350.000 A.

La tensione tra nuvola e terra, prima dell'innesco della scarica, può arrivare a valori di qualche centinaio di milioni di Volt.

Misure di protezione

Come evidenziato, la natura aleatoria del fulmine, definita solamente da valori statistici, ci costringe a progettare e dimensionare l'impianto di protezione in modo tecnicamente corretto, altrimenti il pericolo di danni può essere aggravato.

La soluzione efficace contro gli effetti delle fulminazioni con-

siste sia nella protezione esterna mediante parafulmine (LPS esterno), sia in quella interna (LPS interno), secondo la Norma CEI EN 62305 (class. CEI 81-10).

Fulmini e impianti fotovoltaici

Per la durata garantita dei generatori PV di 20 anni, le loro posizioni esposte e l'elettronica sensibile dell'inverter, è indispensabile una efficace protezione contro i fulmini e sovratensioni. Non soltanto proprietari di edifici si decidono per un impianto PV sul tetto di casa loro, ma anche società private investono sempre più frequentemente in impianti collettivi, che vengono realizzati su coperture di grandi dimensioni di edifici industriali o su aree libere inutilizzate.

Diverse compagnie assicurative europee si orientano già alla valutazione dei rischi secondo EN 62305-2 e indicano delle misure di protezione contro i fulmini dal punto di vista dell'economia assicurativa.

Così vengono assegnati agli oggetti dei livelli di protezione in modo semplificato. In questo contesto rientrano anche edifici con impianti a energia rinnovabile come p.es. edifici con un impianto PV (> 10 kW). Da questo risulta la realizzazione di un impianto di protezione contro i fulmini con livello di protezione III. Inoltre sono richieste anche delle misure di protezione contro le sovratensioni.

Indice

L'Italia offre condizioni meteorologiche molto buone per l'uso dell'energia solare. Il valore di irraggiamento è compreso tra 1200 e 1750 kWh/m² all'anno con una differenza tra nord e sud del 40%.

L'intensità e la distribuzione spettrale della radiazione solare che arriva sulla superficie terrestre dipendono dalla composizione dell'atmosfera: al suolo l'energia solare è concentrata nell'intervallo di lunghezza d'onda 0,2 - 2,5 micrometri (vedi tabella).

La zona utile per le celle fotovoltaiche di silicio cristallino comincia a 0,35 micrometri fino a tutto l'infrarosso compreso.

L'intensità massima dell'energia solare è compresa tra 0,5 e 0,55 micrometri.

Irraggiamento extraterrestre ("costante solare"):

1.367 W/mq ± 3,3 % (per la diversa distanza Terra - Sole).

Micrometri	Nomenclatura	% dell'energia totale compresa nello spettro
0,2 - 0,38	ultravioletto	6,4
0,38 - 0,78	visibile	48
0,78 - 10	infrarosso	45,6



IMPIANTO CIVILE

Struttura senza LPS esterno con impianto FV sul tetto 6-7

IMPIANTO INDUSTRIALE

Struttura con LPS esterno **senza** distanza di sicurezza „s” 8-9

Struttura con LPS esterno **con** distanza di sicurezza „s” 10-11

PARCO FOTOVOLTAICO

Campo fotovoltaico 12-13

IMPIANTI SPECIALI

Impianto antintrusione 14

Impianto TV a circuito chiuso 15

TEORIA

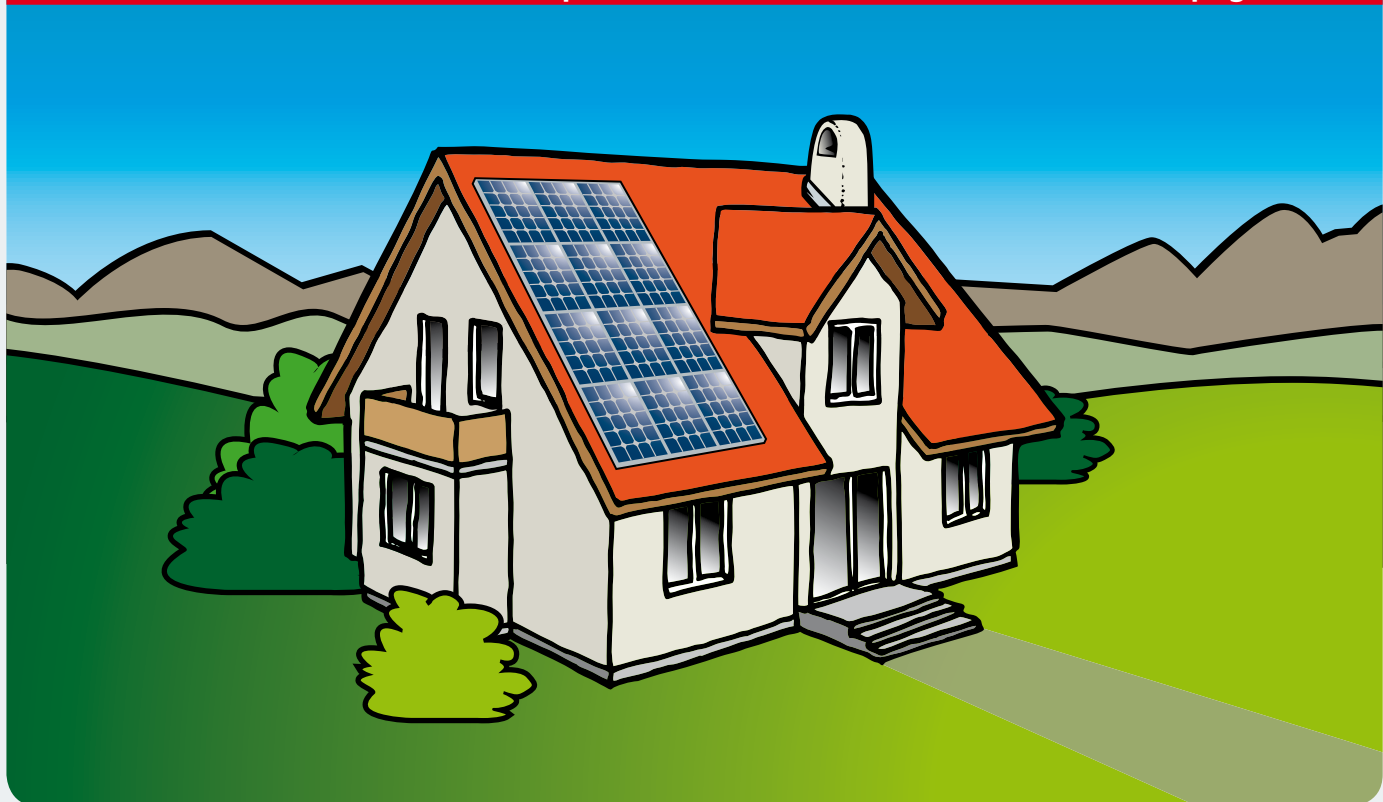
Sfera rotolante, angolo di protezione, ombra asta di captazione 16-18

SUPPORTO RAPIDO DI SELEZIONE PER PRODOTTI

Scelta SPD 19

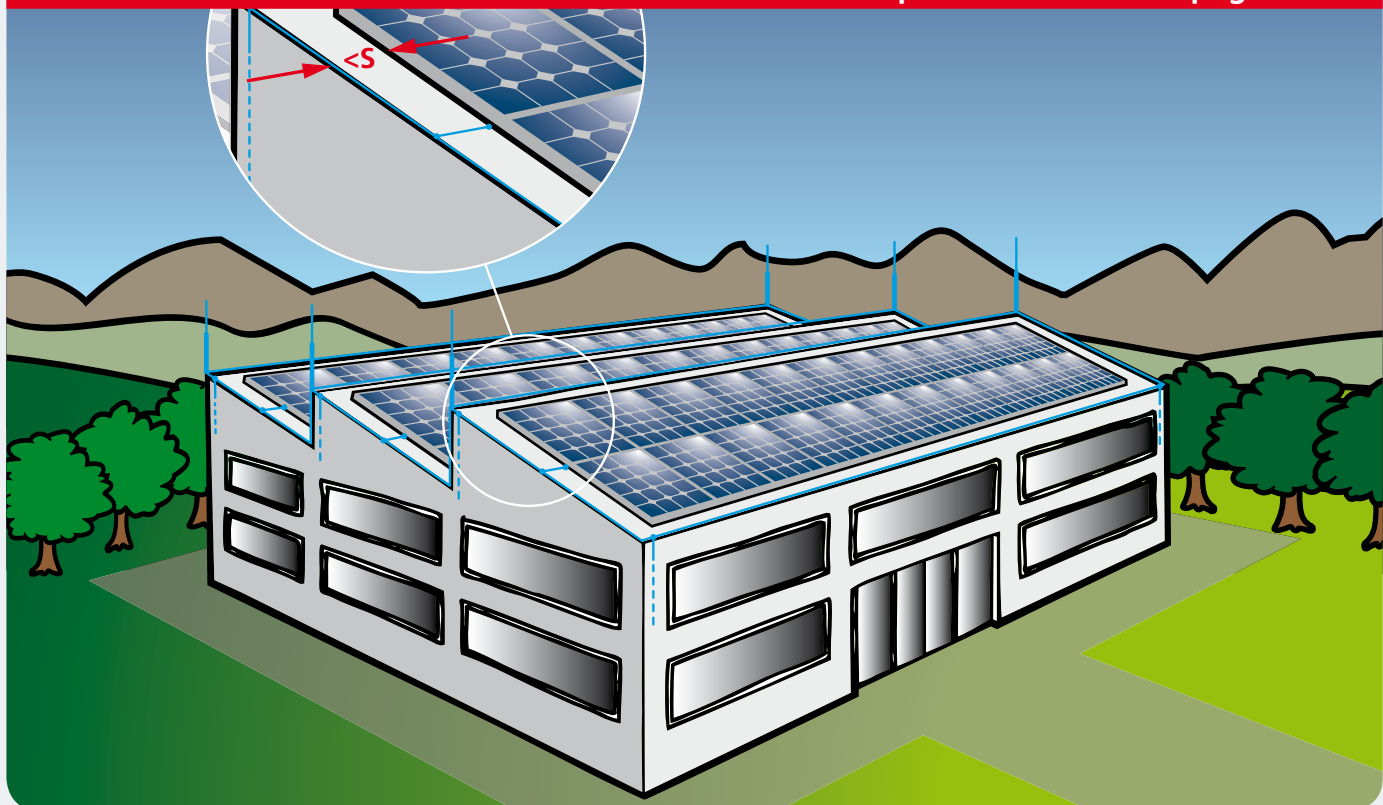
Struttura senza LPS esterno con impianto FV sul tetto

pag. 6-7



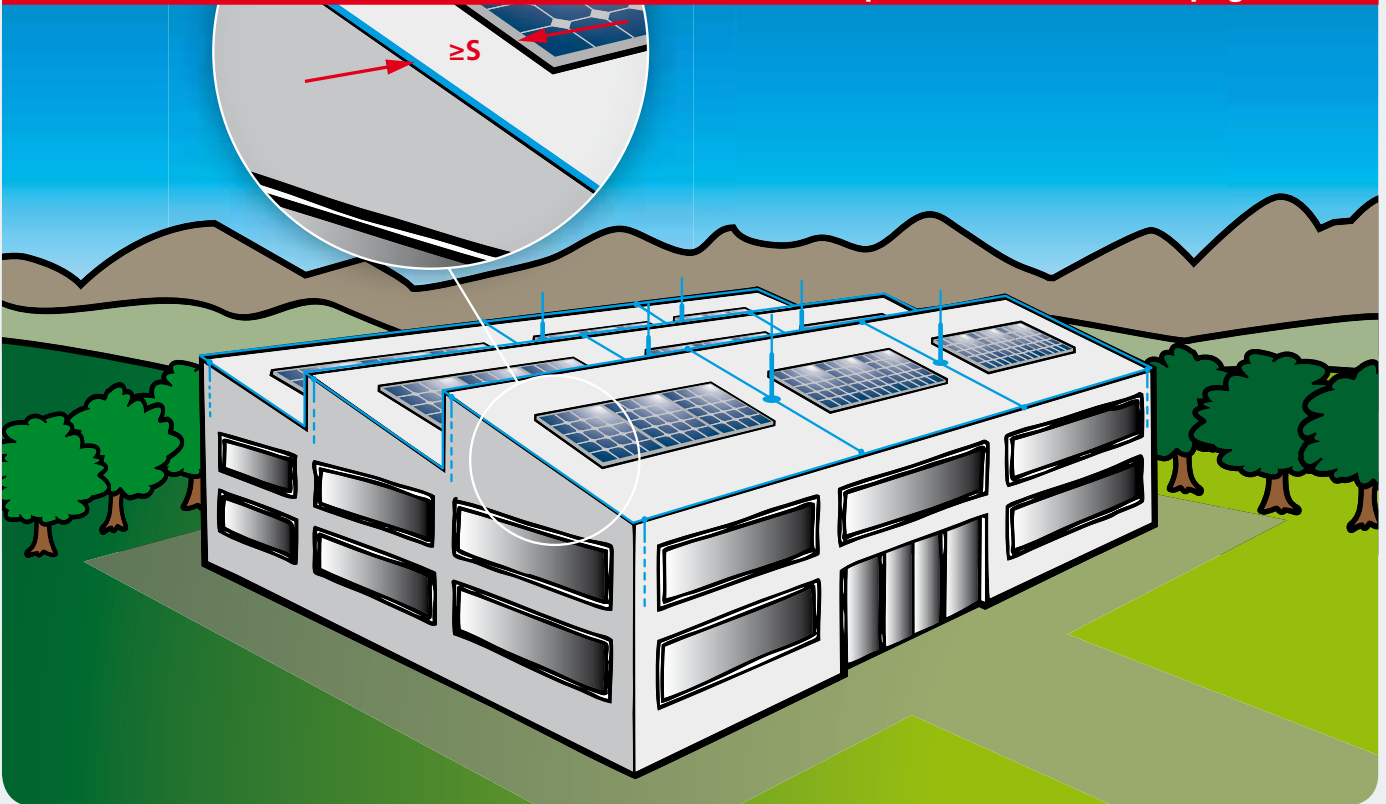
Struttura con LPS esterno senza distanza di sicurezza dai pannelli FV

pag. 8-9



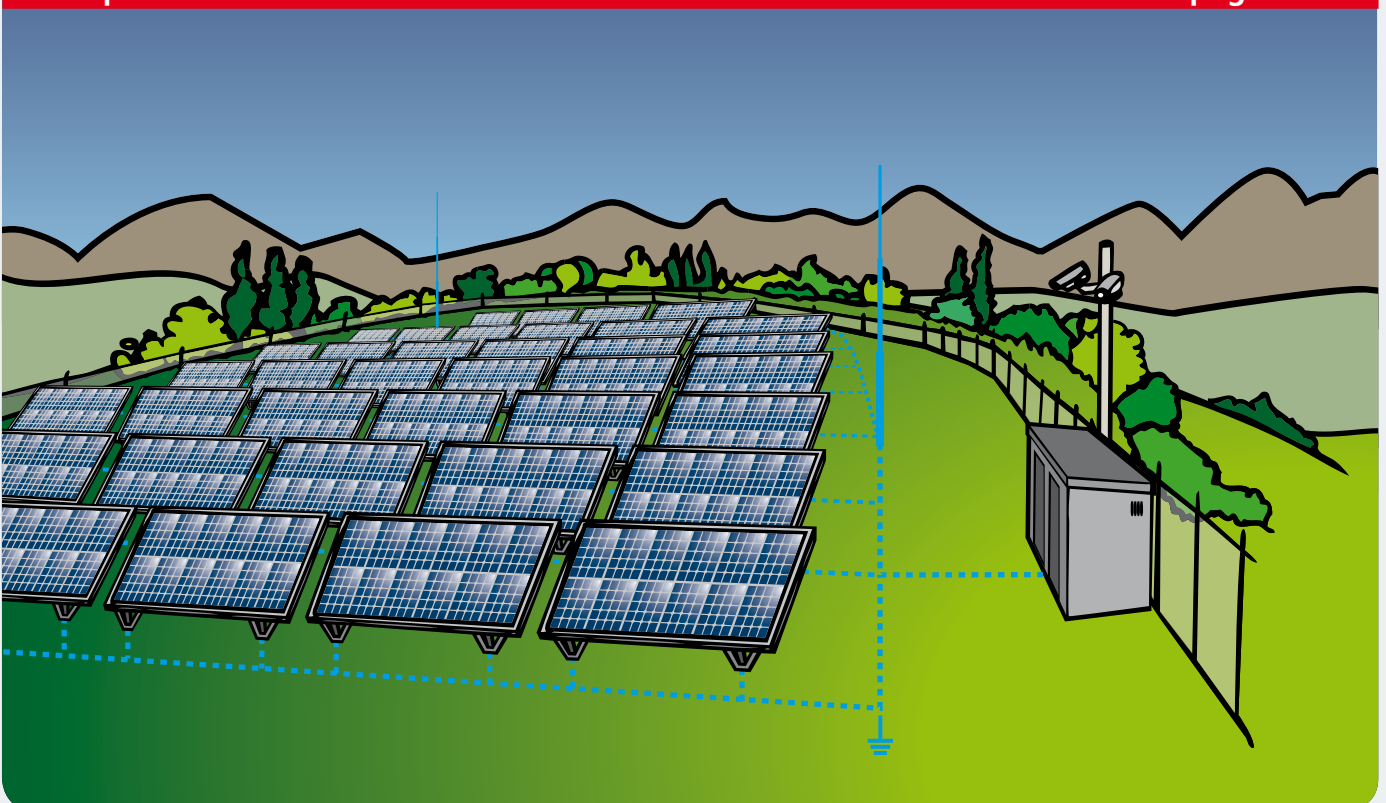
Struttura con LPS esterno con distanza di sicurezza dai pannelli FV

pag. 10-11



Campo fotovoltaico

pag. 12-13



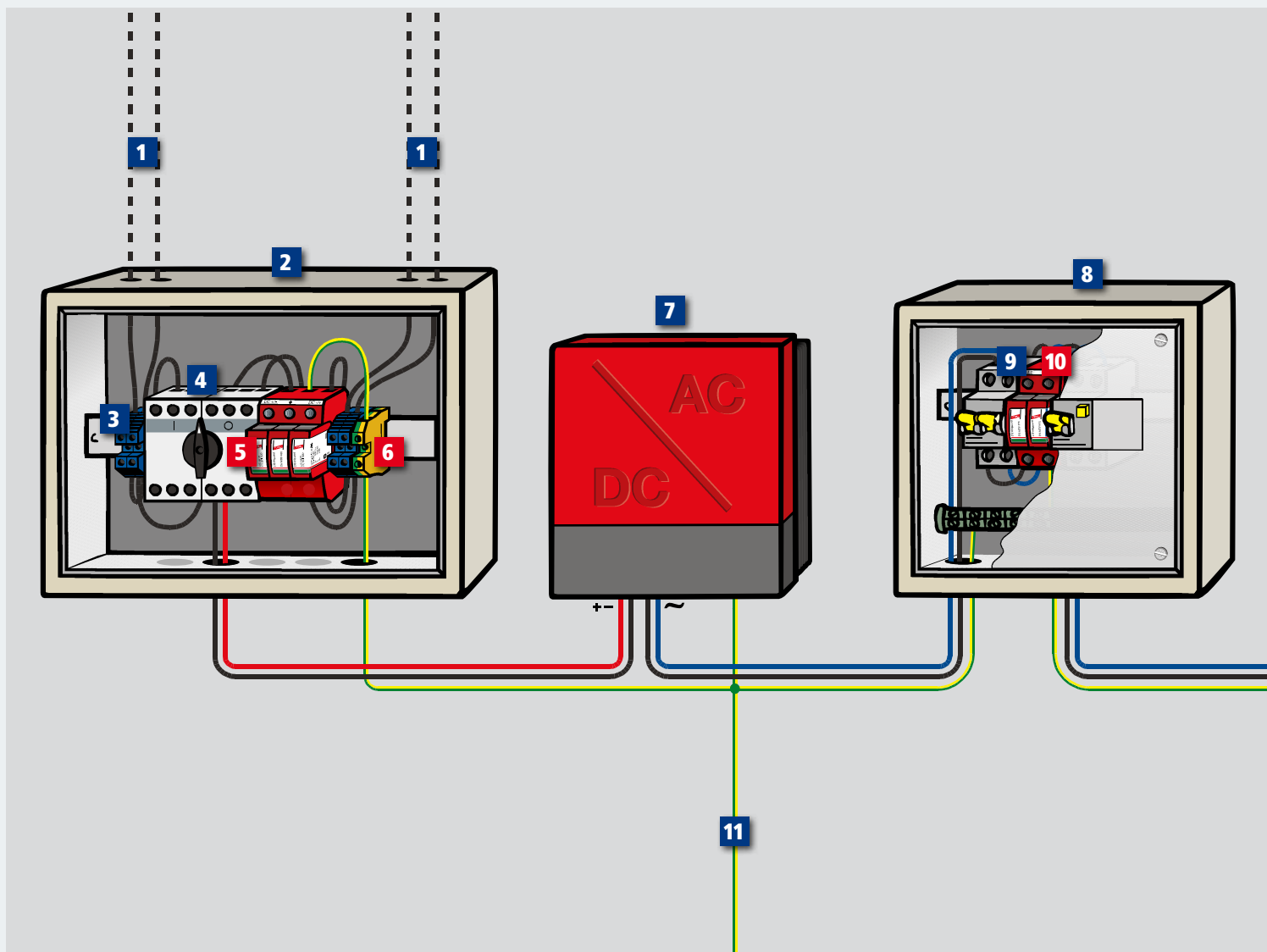
Abitazione civile



I moduli fotovoltaici montati sulla copertura dell'edificio p.es. in aderenza alla sagoma della falda, non alterano significativamente l'esposizione alla fulminazione diretta.

Tuttavia si consiglia di proteggere le stringhe fotovoltaiche in ingresso all'inverter FV da sovratensioni indotte, con uno SPD di Tipo 2, come previsto dalle norme CEI EN 62305-3/4.

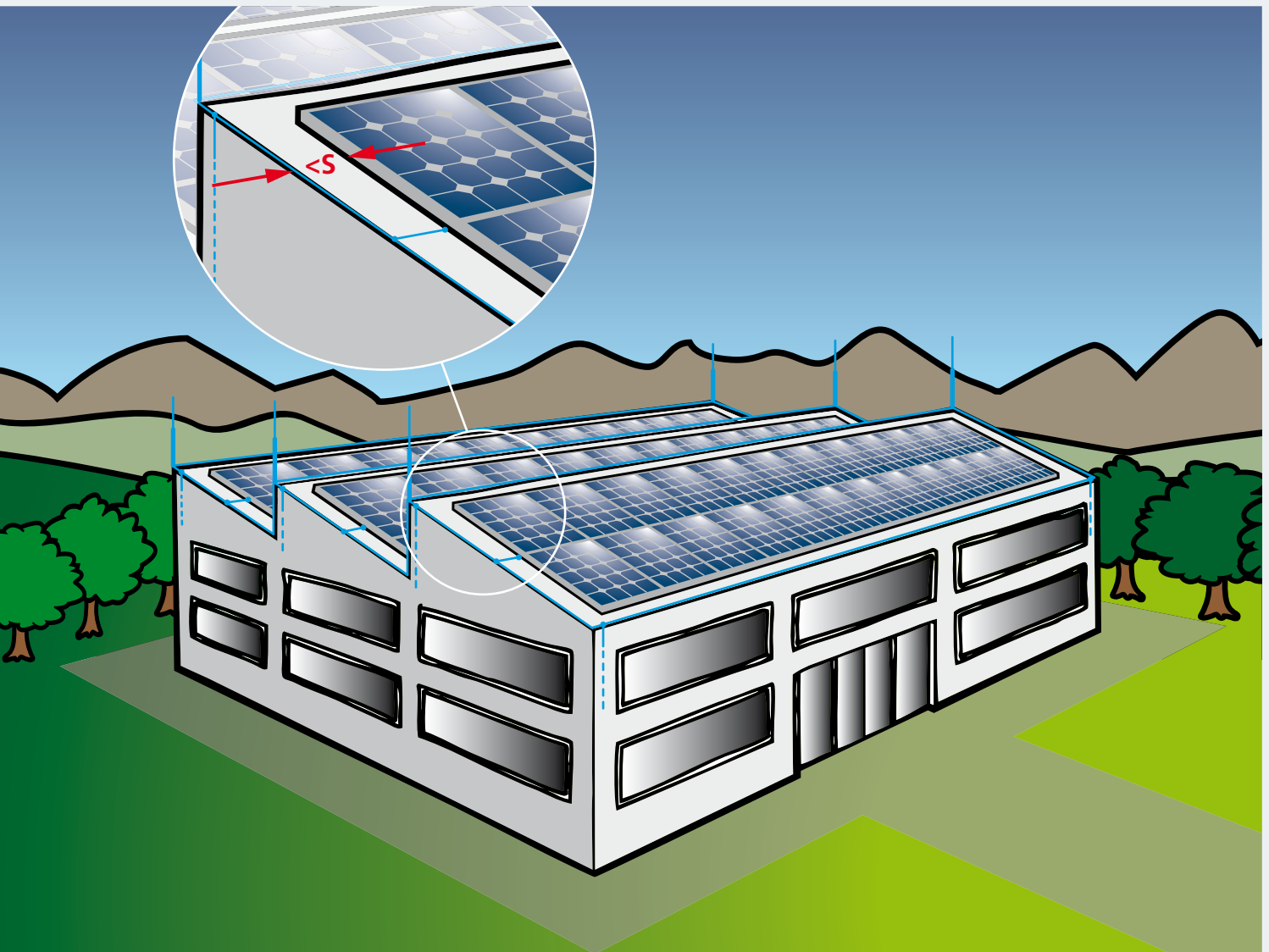
Inverter fotovoltaico



Descrizione	Art.
1 Arrivo stringhe	
2 Quadro di terminazione/sezionamento	
3 Morsetti	
4 Sezionatore DC	
5 Limitatore di sovratensione DEHNguard® M YPV SCI ... (FM)*	952 51.
6 Morsetto per conduttore di protezione SLK	910 099
7 Inverter	
8 Quadro AC	
9 Interruttore magnetotermico generale	
10 Limitatore di sovratensione DEHNguard® M TT 2P 275	952 110
11 Verso la barra equipotenziale principale	

* Da scegliere in base alla tensione max del generatore fotovoltaico (vedi pag. 19)

Edificio industriale

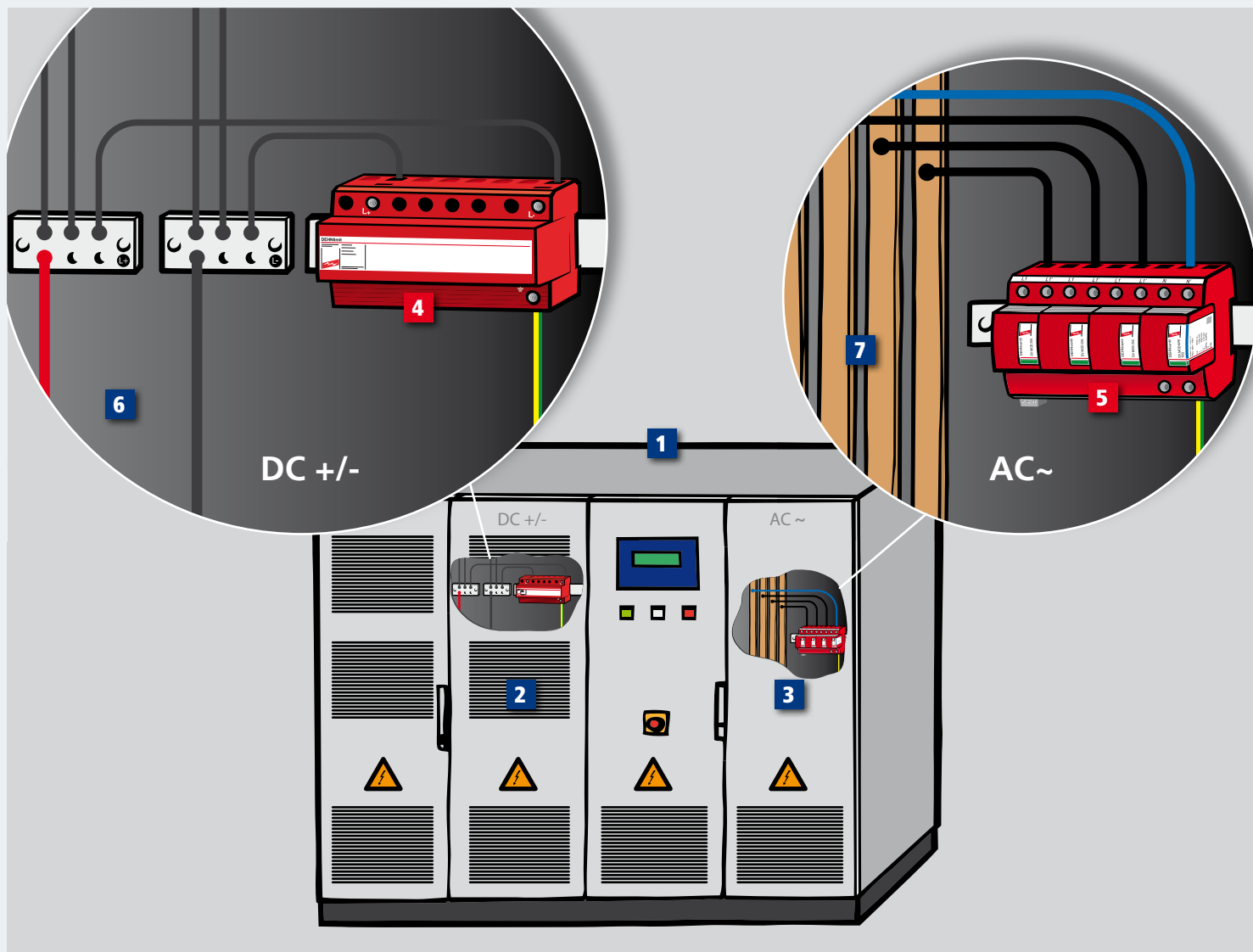


Impianto industriale **senza** distanza di sicurezza „s“

I pannelli fotovoltaici installati su capannoni industriali, provvisti di impianto parafulmine, dovranno essere collegati direttamente all'LPS, se non è possibile mantenere la distanza di sicurezza determinata secondo la norma CEI EN 62305-3.

Le stringhe fotovoltaiche in ingresso all'inverter FV dovranno essere protette da correnti di fulmine e sovratensioni con uno SPD di Tipo 1, come previsto dalle stesse norme CEI EN 62305-3/4.

Inverter fotovoltaico

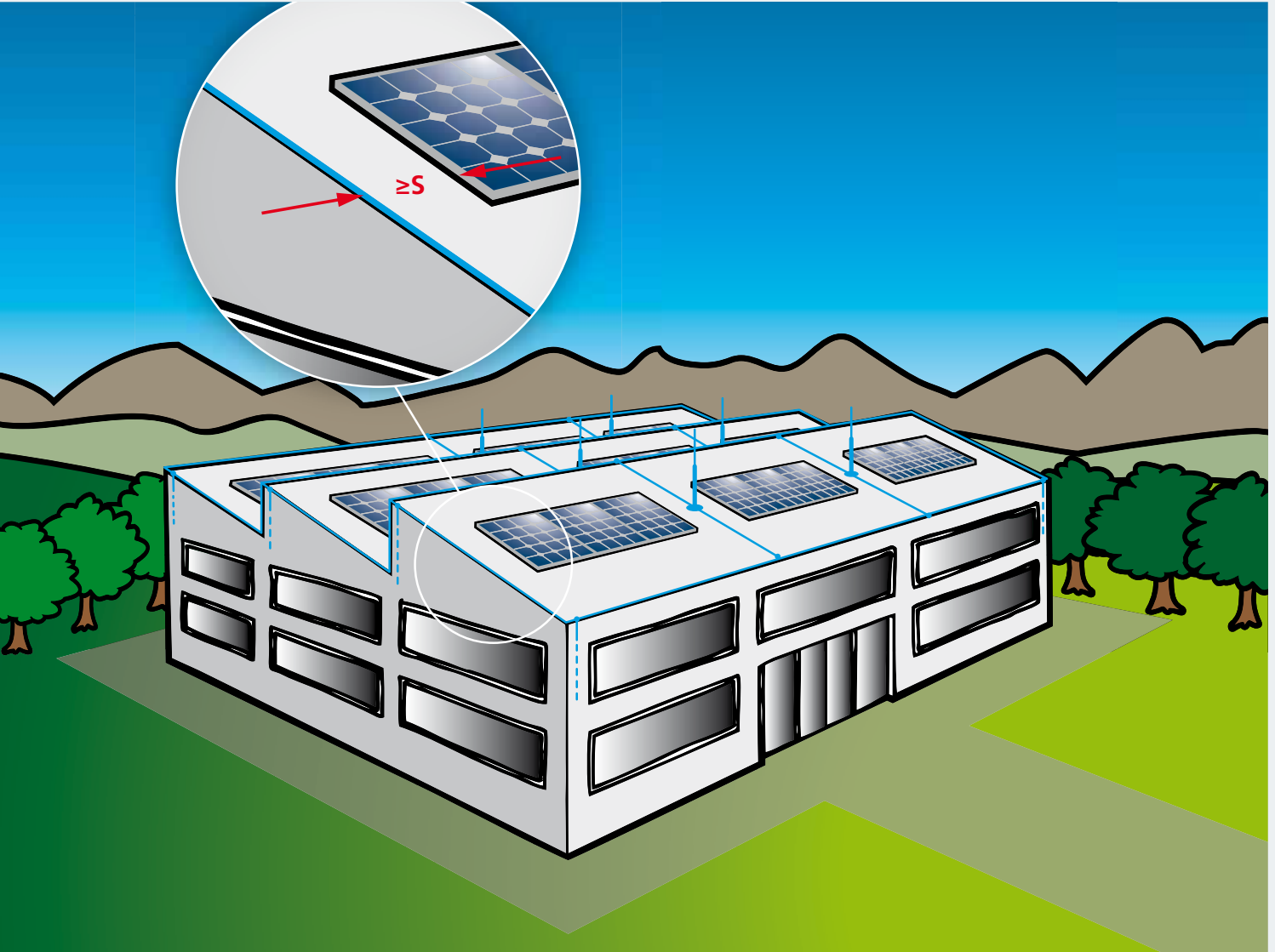


Descrizione	Art.
1 Inverter centralizzato	
2 Scomparto DC	
3 Scomparto AC	
4 Scaricatore combinato DEHLimit PV 1000	900 330
5 Scaricatore combinato multipolare DEHNventil® M TT 255	951 310
6 Verso l'unità inverter DC/ AC	
7 Verso l'allacciamento rete/ contatore di scambio	

Nota:

- Per le sezioni di collegamento e fusibili di protezione vedi istruzioni di montaggio.

Edificio industriale

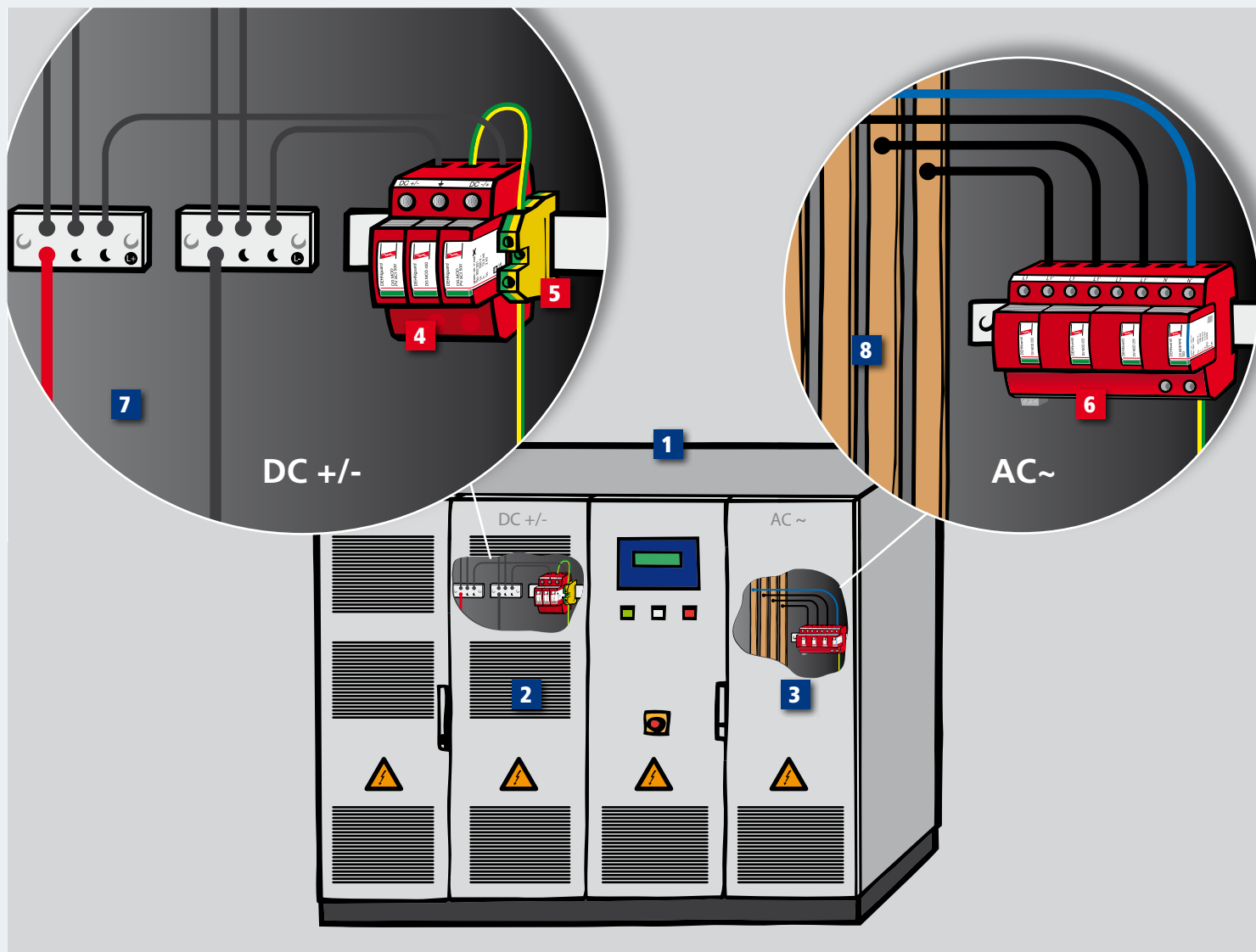


Impianto industriale con distanza di sicurezza „S“

L'impianto parafulmine su capannoni industriali con moduli FV in copertura, dovrebbe sempre essere realizzato in modo isolato, p.es. mediante aste di captazione.

Le stringhe fotovoltaiche in ingresso all'inverter FV dovranno essere protette da sovratensioni indotte con uno SPD di Tipo 2, come previsto dalle norme CEI EN 62305-3/4.

Inverter fotovoltaico



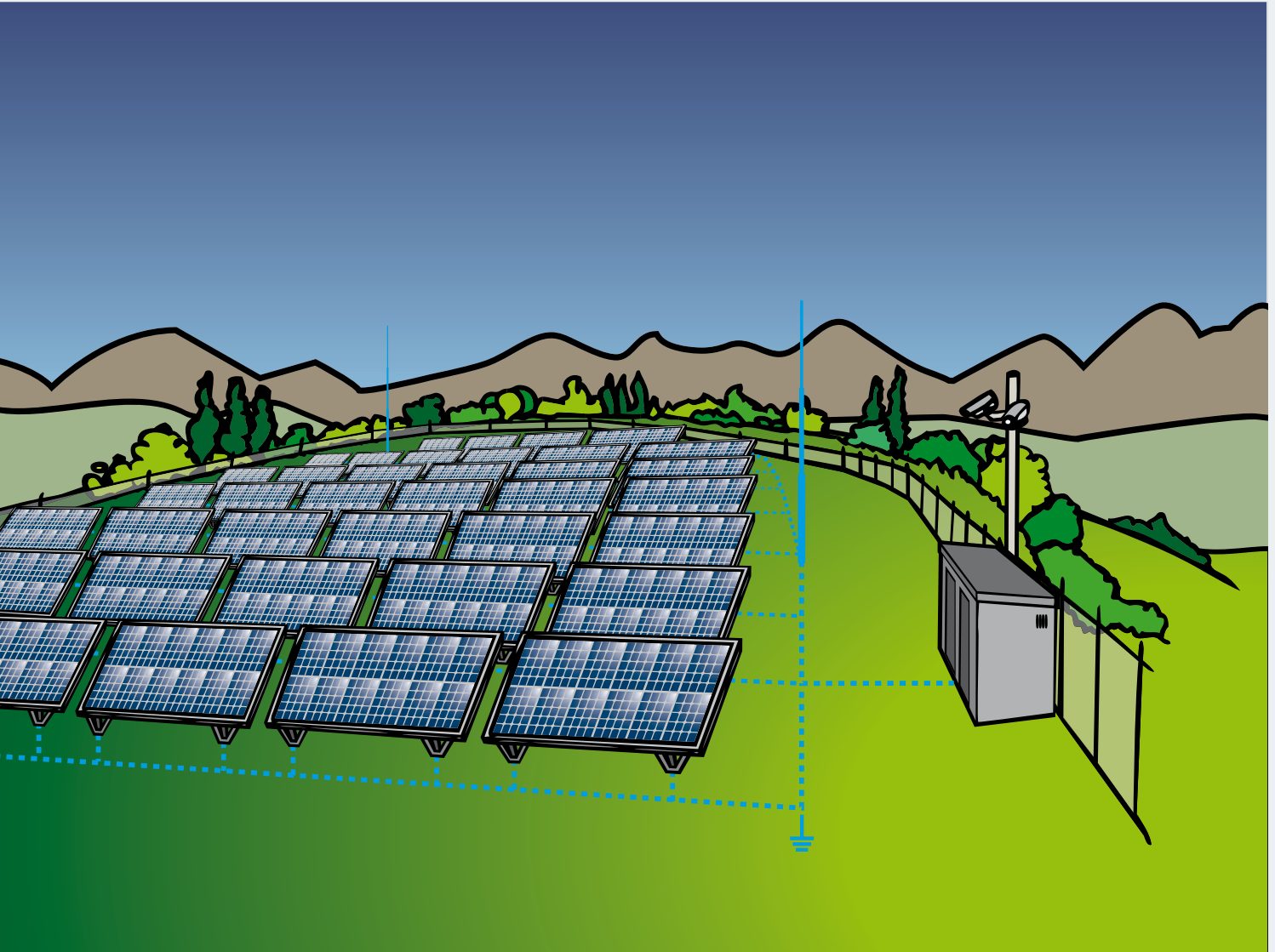
Descrizione	Art.
1 Inverter centralizzato	
2 Scoparto DC	
3 Scoparto AC	
4 Limitatore di sovratensione DEHNGuard® M YPV SCI ... (FM)*	952 51.
5 Morsetto per conduttore di protezione SLK	910 099
6 Scaricatore combinato multipolare DEHNventil® M TT 255	951 310
7 Verso l'unità inverter DC/ AC	
8 Verso l'allacciamento rete/contatore di scambio	

* Da scegliere in base alla tensione max del generatore fotovoltaico (vedi pag. 19)

Nota:

- Per le sezioni di collegamento e fusibili di protezione vedi istruzioni di montaggio.

Parco fotovoltaico



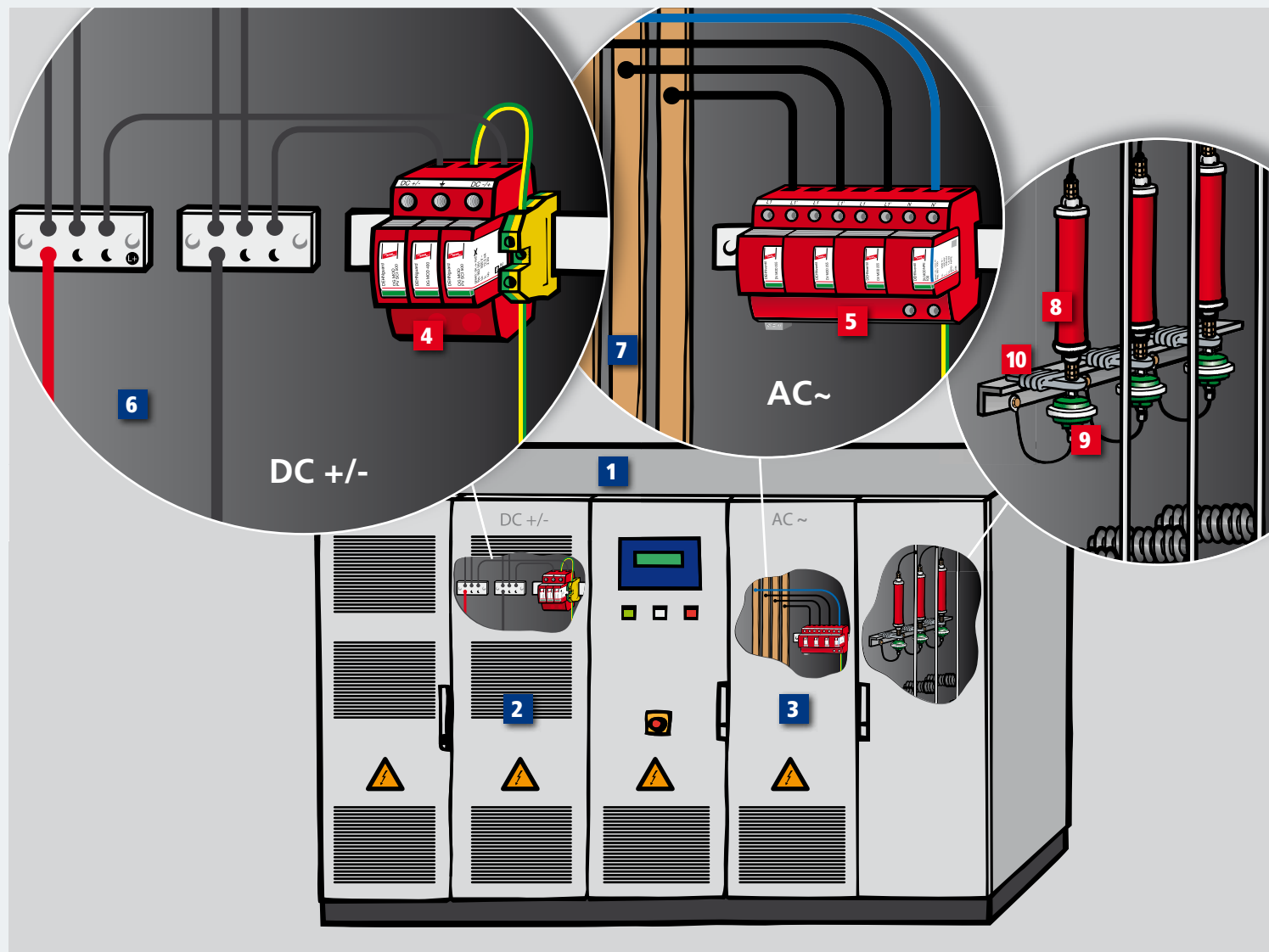
La vasta superficie di campi fotovoltaici potrà essere protetta dalla fulminazione diretta, utilizzando pali componibili in acciaio, dimensionati e dislocati in base al livello di protezione determinato dalle giornate temporalesche della rispettiva zona.

Le stringhe fotovoltaiche in ingresso all'inverter FV dovranno essere protette da sovratensioni indotte con uno SPD di Tipo 2, come previsto dalle norme CEI EN 62305-3/4.

Esempio

area: **1 ha**
densità di fulminazione: **4 fulmini / kmq anno**
ogni 25 anni un fulmine

Inverter fotovoltaico



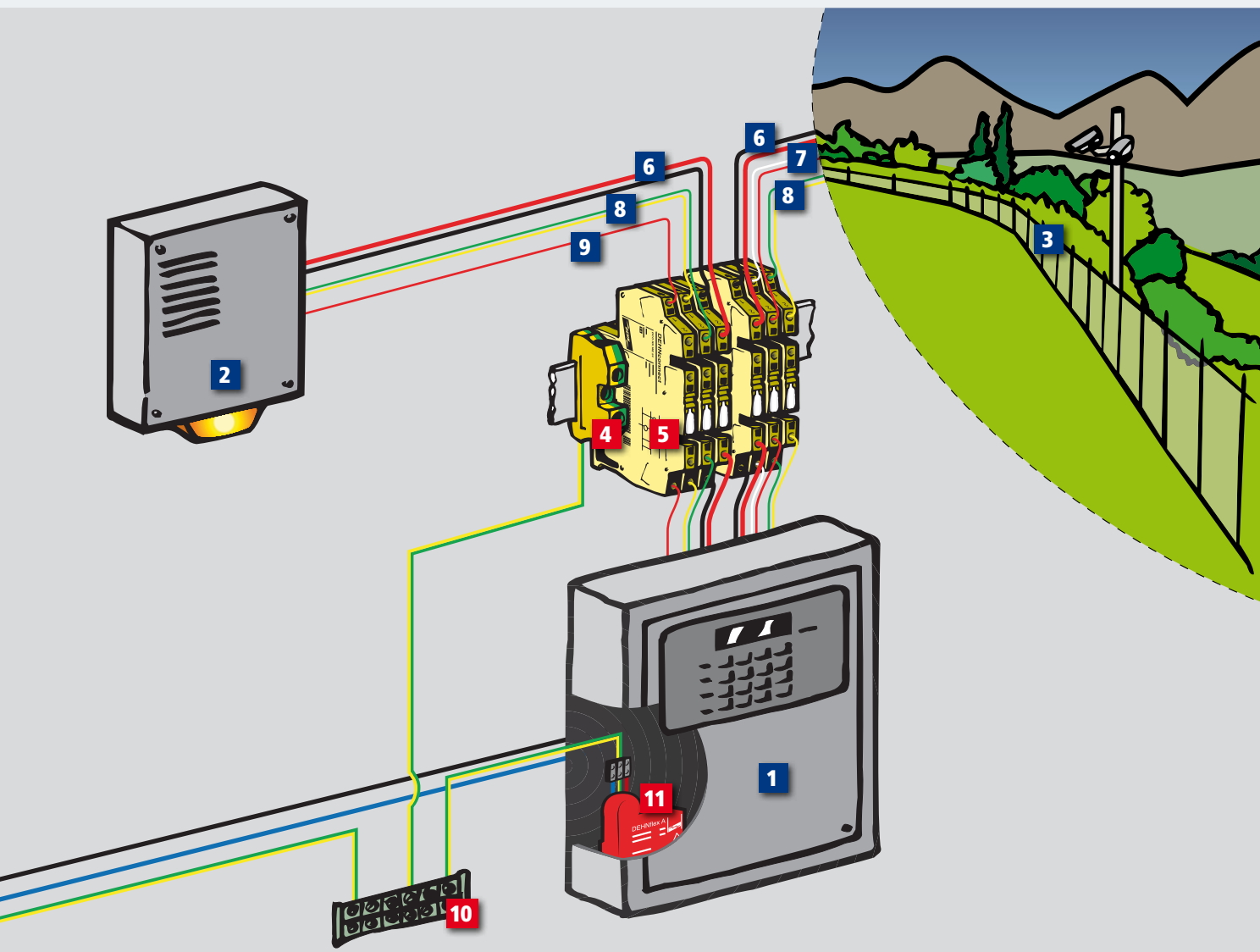
Descrizione	Art.
1 Inverter centralizzato	
2 Scomparto DC	
3 Scomparto AC	
4 Limitatore di sovratensione DEHNGuard® M YPV SCI ... (FM)*	952 51.
5 Scaricatore combinato multipolare DEHNventil® M TT 255	951 310
6 Verso l'unità inverter DC/ AC	
7 Verso l'allacciamento rete/contatore di scambio	
8 Scaricatore di media tensione DEHNmid ...L* ; per applicazione all'interno	990 0...
9 Supporto isolato BF IH	994 060
10 Unità di sezionamento DIC 10	994 003

* Da scegliere in base alla tensione max del generatore fotovoltaico (vedi pag. 19)

Nota:

- Per le sezioni di collegamento e fusibili di protezione vedi istruzioni di montaggio.

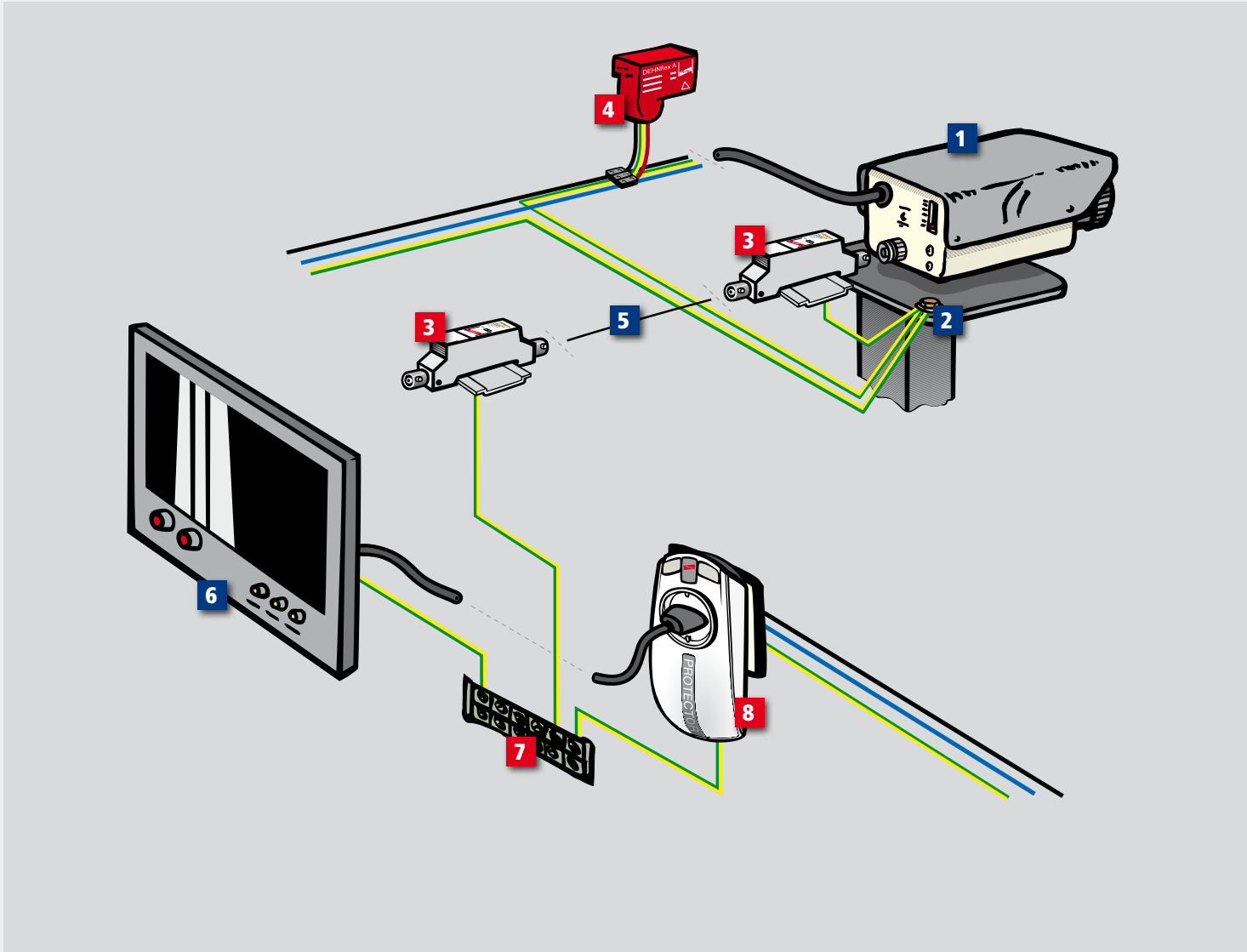
Impianto antintrusione



Descrizione	Art.
1 Centralina elettronica d'allarme	
2 Sirena con lampeggiatore	
3 Sensore a contatto oppure barriera	
4 Morsetto per conduttore di protezione SLK	910 099
5 Morsetto di protezione da sovratensioni DEHNconnect ME 12* oppure	919 920
Morsetto di protezione da sovratensioni DEHNconnect ME 24*	919 921
6 Conduttori di alimentazione per sirena/ sensori	
7 Conduttori di allarme	
8 Conduttori di sabotaggio/ sicurezza	
9 Conduttore di presenza tensione positiva	
10 Barra equipotenziale locale	563 105
11 Apparecchio di protezione da sovratensioni DEHNflex A 255	924 389

* Indicazione informativa non impegnativa. Dipende dal tipo di centrale/ tensione di lavoro del loop.

Impianto TV a circuito chiuso



Descrizione	Art.
1 Telecamera con alimentazione a 230 V	
2 Punto comune di messa a terra	
3 Limitatore di sovratensione per cavo coassiale DGA BNC VCD	909 710
4 Apparecchio di protezione da sovratensioni DEHNflex A 255	924 389
5 Cavo coassiale	
6 Monitor	
7 Barra equipotenziale locale	563 105
8 Limitatore di sovratensione DPRO 230	909 230

• Indicazione informativa non impegnativa.

Sfera rotolante

Per la protezione da fulminazione possono essere utilizzate aste di captazione. Un metodo di posizionamento prevede il montaggio di 4 aste sul perimetro della superficie da proteggere. La sfera rotolante permette in tale caso un posizionamento ottimale, in quanto, penetrando in profondità appoggiata sulle 4 aste, consente la verifica del volume protetto nell'ambito di un generatore fotovoltaico.

$$p = r - \sqrt{r^2 - (d/2)^2}$$

r raggio della sfera rotolante
d distanza tra le aste di captazione

2 aste: **d = distanza**, 4 aste: **d = distanza in diagonale**

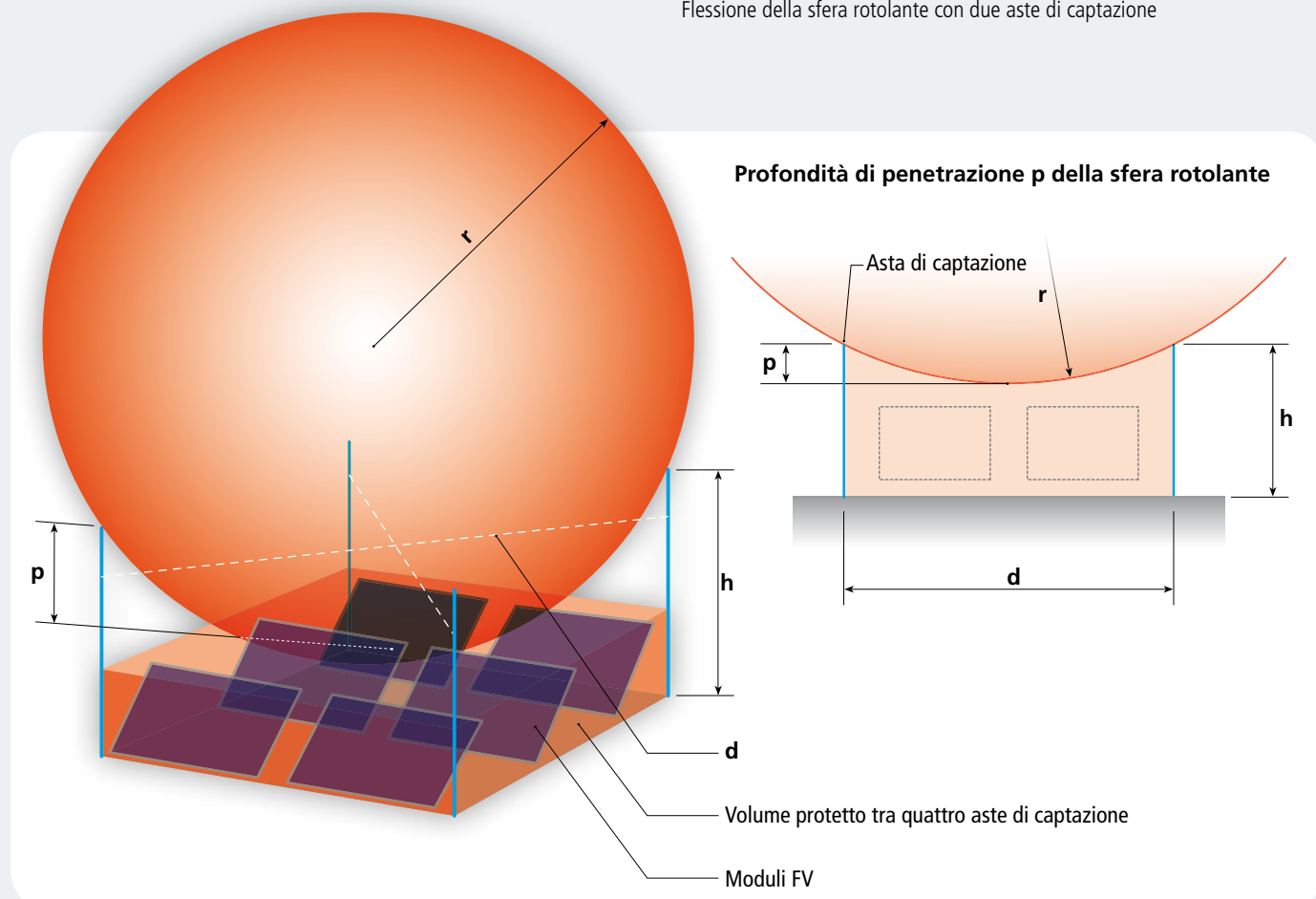
L'altezza delle aste di captazione *h* dovrebbe sempre essere maggiore rispetto al valore individuato della profondità di penetrazione della sfera. Attraverso questo aumento di altezza dell'asta viene garantito che la sfera rotolante non tocchi il generatore fotovoltaico installato in superficie.

Raggio della sfera rotolante secondo la classe dell'LPS

classe	I	II	III	IV
r	20 m	30 m	45 m	60 m

d Distanza tra le aste di captazione [m]	Penetrazione della sfera rotolante [m] (arrotondato)			
	Classe dell'LPS con raggio della sfera rotolante in metri			
	I (20 m)	II (30 m)	III (45 m)	IV (60 m)
2	0,03	0,02	0,01	0,01
4	0,10	0,07	0,04	0,03
6	0,23	0,15	0,10	0,08
8	0,40	0,27	0,18	0,13
10	0,64	0,42	0,28	0,21
12	0,92	0,61	0,40	0,30
14	1,27	0,83	0,55	0,41
16	1,67	1,09	0,72	0,54
18	2,14	1,38	0,91	0,68
20	2,68	1,72	1,13	0,84
23	3,64	2,29	1,49	1,11
26	4,80	2,96	1,92	1,43
29	6,23	3,74	2,40	1,78
32	8,00	4,62	2,94	2,17
35	10,32	5,63	3,54	2,61

Flessione della sfera rotolante con due aste di captazione



Angolo di protezione

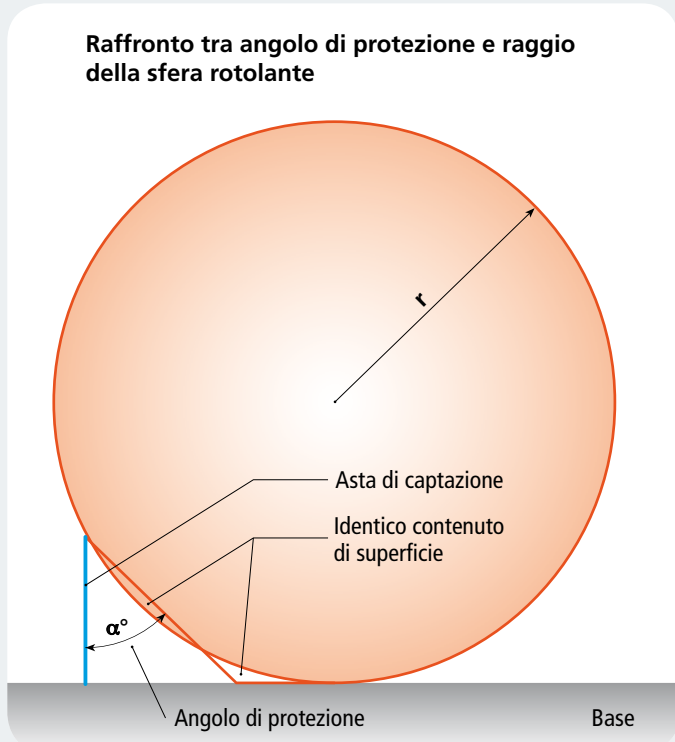
Metodo dell'angolo di protezione

Il metodo dell'angolo di protezione è dedotto dal modello di fulmine geometrico-elettrico. L'angolo di protezione viene determinato dal raggio della sfera rotolante. L'angolo di protezione paragonabile con il raggio della sfera rotolante si ottiene, quando una linea obliqua taglia la sfera rotolante in modo che le superfici così create siano di misura uguale.

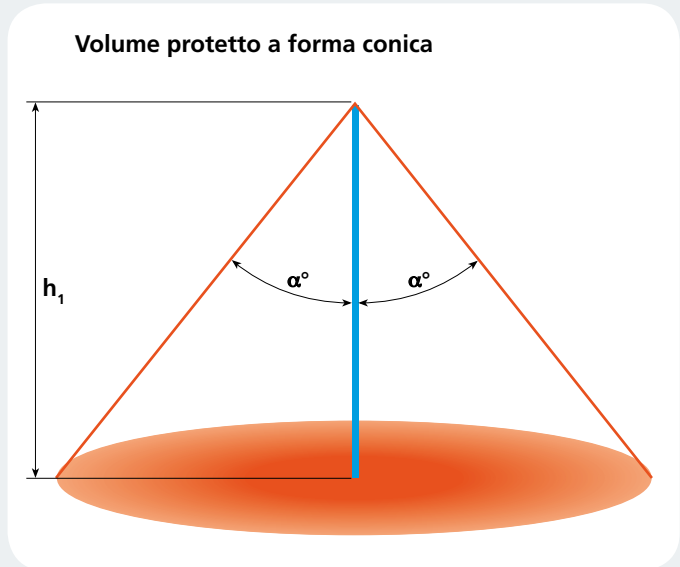
I conduttori di captazione, aste di captazione, pali e funi dovrebbero essere posizionati in modo da far rientrare tutte le parti della struttura da proteggere all'interno del volume protetto dall'impianto di captazione.

Il volume protetto può essere „a forma conica” oppure „a forma di tenda” ottenibile ad esempio con l'utilizzo di una fune tesa.

Raffronto tra angolo di protezione e raggio della sfera rotolante



Volume protetto a forma conica



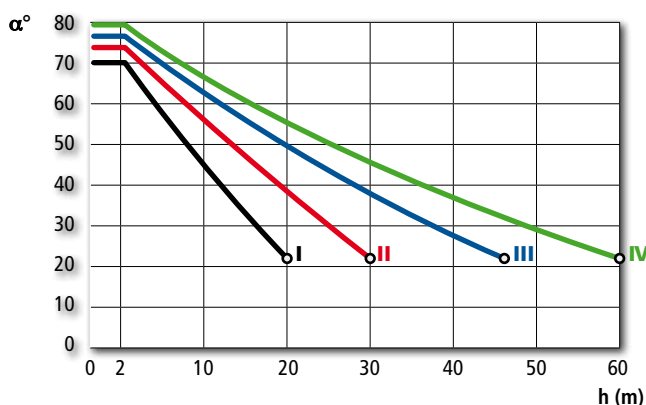
Questa procedura è da utilizzare per edifici di misure simmetriche (ad esempio tetti a punta) oppure per strutture sul tetto (ad esempio antenne, tubi di sfogo).

L'angolo di protezione dipende dal livello di protezione e dall'altezza dell'impianto di captazione sopra il piano di riferimento.

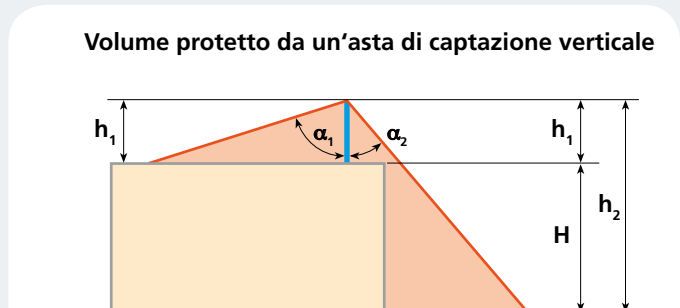
Se vengono posizionate le aste di captazione per la protezione di strutture installate sulla superficie del tetto, l'angolo di protezione α può variare.

Nella figura sottostante il piano di riferimento per l'angolo di protezione α_1 è la superficie del tetto. L'angolo di protezione α_2 ha come piano di riferimento il suolo, e quindi l'angolo α_2 secondo la tabella qui di lato (Metodo dell'angolo di protezione) e la tabella sulla pagina seguente è minore rispetto a α_1 .

Metodo dell'angolo di protezione



Volume protetto da un'asta di captazione verticale



h_1 altezza fisica dell'asta di captazione

Nota: L'angolo di protezione α_1 si riferisce all'altezza del dispositivo di captazione h_1 sopra la superficie del tetto da proteggere (livello di riferimento); L'angolo di protezione α_2 si riferisce all'altezza $h_2 = h_1 + H$, dove il livello di riferimento è a livello del suolo.

Nella tabella seguente il rispettivo angolo di protezione può essere individuato secondo il livello di protezione e la distanza corrispondente (zona di protezione).

Altezza asta di captazione [m]	LPL I		LPL II		LPL III		LPL IV	
	Angolo α	Distanza a [m]	Angolo α	Distanza a [m]	Angolo α	Distanza a [m]	Angolo α	Distanza a [m]
1	71	2,90	74	3,49	77	4,33	79	5,14
2	71	5,81	74	6,97	77	8,66	79	10,29
3	66	6,74	71	8,71	74	10,46	76	12,03
4	62	7,52	68	9,90	72	12,31	74	13,95
5	59	8,32	65	10,72	70	13,74	72	15,39
6	56	8,90	62	11,28	68	14,85	71	17,43
7	53	9,29	60	12,12	66	15,72	69	18,24
8	50	9,53	58	12,80	64	16,40	68	19,80
9	48	10,00	56	13,34	62	16,93	66	20,21
10	45	10,00	54	13,76	61	18,04	65	21,45
11	43	10,26	52	14,08	59	18,31	64	22,55
12	40	10,07	50	14,30	58	19,20	62	22,57
13	38	10,16	49	14,95	57	20,02	61	23,45
14	36	10,17	47	15,01	55	19,99	60	24,25
15	34	10,12	45	15,00	54	20,65	59	24,96
16	32	10,00	44	15,45	53	21,23	58	25,61
17	30	9,81	42	15,31	51	20,99	57	26,18
18	27	9,17	40	15,10	50	21,45	56	26,69
19	25	8,86	39	15,39	49	21,86	55	27,13
20	23	8,49	37	15,07	48	22,21	54	27,53

Ombra asta di captazione

Distanza minima tra asta di captazione/elemento di captazione e modulo FV, evitando l'ombra.

L'ombra è definita come parte totalmente oscurata dai raggi solari. La penombra è data come parte a minor irraggiamento solare, dovuto alla parziale oscurità causata da p.es. aste di captazione oppure altri oggetti.

A seconda della dimensione dell'asta di captazione /organo di captazione, il teorema di triangoli simili offre uno strumento per il calcolo della distanza minima al fine di evitare l'ombra.

La distanza tra modulo FV ed asta di captazione in ogni caso non dovrà essere inferiore alla distanza di sicurezza definita dalla norma CEI EN 62305-3 art. 6.3 "Isolamento elettrico dell'LPS esterno".

$$a_f [m] = 108 \cdot d_f [m]$$

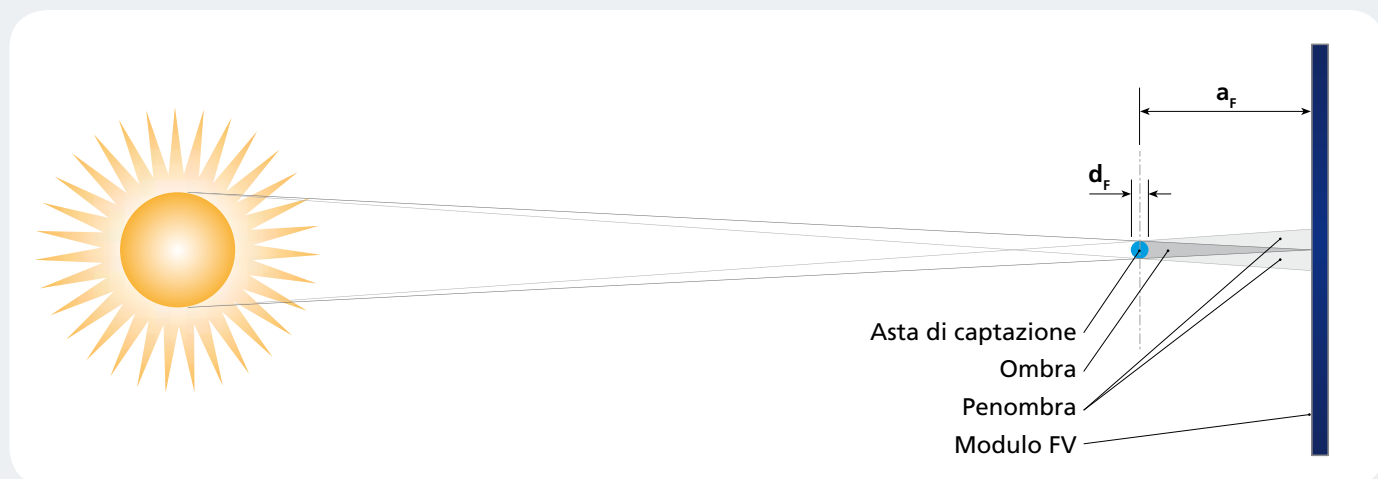
a_f distanza asta di captazione - modulo FV

d_f diametro asta di captazione

Esempio di calcolo valore a_f con asta di captazione \varnothing 16 mm e \varnothing 10 mm:

\varnothing 16 mm: $a_f = 108 \cdot 0,016 \text{ m} = 1,73 \text{ m}$

\varnothing 10 mm: $a_f = 108 \cdot 0,010 \text{ m} = 1,08 \text{ m}$



Scelta SPD

Gli SPD dovranno essere dimensionati in base alla tensione massima della stringa FV.

Richiamando la norma IEC 62109-1 Tab 7-10, si evince la tenuta all'impulso delle apparecchiature in corrente continua in impianti FV a seconda della loro categoria di sovratensione II oppure III e rispettivamente base o rinforzato.

Tensione nominale	Categoria II	Categoria III
300 Vdc	min. 2500 V	min. 4000 V
600 Vdc	min. 4000 V	min. 6000 V
1000 Vdc	min. 6000 V	min. 8000 V

Impianto FV a film sottile (silicio amorfo) con un polo collegato a terra:

- I) distanza tra quadro di parallelo e inverter inferiore di 5 m lunghezza di cavo
- tensione max 600 V:**
 tipo DG S PV SCI 600 art. 952 550
 tipo DG S PV SCI 600 FM art. 952 555
- II) distanza tra quadro di parallelo e inverter maggiore di 5 m lunghezza di cavo
- tensione max 600 V:**
 tipo DG M YPV SCI 600 art. 952 511
 tipo DG M YPV SCI 600 FM art. 952 516
- tensione max 1000 V:**
 tipo DG M YPV SCI 1000 art. 952 510
 tipo DG M YPV SCI 1000 FM art. 952 515

Impianto FV policristallino, impianto isolato da terra:

- tensione max 600 V:**
 tipo DG M YPV SCI 600 art. 952 511
 tipo DG M YPV SCI 600 FM art. 952 516
- tensione max 1000 V:**
 tipo DG M YPV SCI 1000 art. 952 510
 tipo DG M YPV SCI 1000 FM art. 952 515
- tensione max 1200 V:**
 tipo DG M YPV SCI 1200 art. 952 512
 tipo DG M YPV SCI 1200 FM art. 952 517



DEHNgard® S PV SCI 600 art. 952 550
 DEHNgard® S PV SCI 600 FM art. 952 555



DEHNgard® M YPV SCI 1000 art. 952 510
 DEHNgard® M YPV SCI 1000 FM art. 952 515



DEHNgard® M YPV SCI 600 art. 952 511
 DEHNgard® M YPV SCI 600 FM art. 952 516



DEHNgard® M YPV SCI 1200 art. 952 512
 DEHNgard® M YPV SCI 1200 FM art. 952 517



DEHN ITALIA

**Protezione da sovratensioni
Protezione da fulmini
Impianti di terra
Antinfortunistica**

DEHN ITALIA S.p.A.
Via del Vigneto, 23
I-39100 Bolzano
Italia

Tel. 0471 561300
Fax 0471 561399
www.dehn.it
info@dehn.it

