



Inverdimento dei tetti e impianti di energia solare



Nell'ambito della svolta energetica e dell'attuazione della Strategia energetica 2050 della Confederazione, la produzione di energia elettrica tramite il fotovoltaico assume un'importanza sempre maggiore. I cantoni stanno per introdurre il «Modello di prescrizioni energetiche dei cantoni, MoPEC» nelle loro leggi cantonali sull'energia. In caso di sostituzione del generatore di calore in edifici esistenti ad uso abitativo, la maggior parte dei cantoni richiede che la quota di energia non rinnovabile sia limitata al 90% del relativo fabbisogno. Questo significa che sui tetti devono essere installati più impianti fotovoltaici o impianti solari termici. In tal modo è possibile produrre energia pulita ed evitare considerevoli emissioni di CO₂.

Questo opuscolo si propone di illustrare ai progettisti, agli esecutivi e ai costruttori interessati come progettare e realizzare correttamente gli impianti solari su tetti verdi. Troverete inoltre preziosi riferimenti ad altre pubblicazioni e siti web. Infine, questo opuscolo presenta buone soluzioni tratte dalla prassi per ispirarvi a combinare impianti di energia solare e tetti verdi e creare così preziosi edifici ecologici dal tetto piano con una ricca biodiversità.

Gli impianti di energia solare convertono i raggi del sole in acqua calda o corrente elettrica, necessarie nelle abitazioni.

I tetti verdi immagazzinano l'acqua piovana nella loro struttura a strati e contribuiscono a ridurre il carico del sistema di canalizzazione e dei bacini di depurazione (ritenzione delle acque). Al tempo stesso l'inverdimento dei tetti consente di ripristinare parte della natura sull'area edificata e favorire la biodiversità. In estate l'inverdimento del tetto assicura un clima più fresco nell'appartamento, poiché in questo periodo l'isolamento termico viene migliorato considerevolmente dalla struttura a strati più alta.

Il tetto verde solare presenta quindi sei punti di forza:

1. Isolamento termico estivo
2. Biodiversità
3. Riduzione del carico del sistema di canalizzazione e dei bacini di depurazione
4. Maggiore resa energetica grazie all'effetto di raffreddamento
5. Protezione climatica con riduzione di CO₂ per effetto della resa solare
6. Protezione del clima mediante la cattura di CO₂ per effetto dell'inverdimento del tetto



Figura 1: impianto fotovoltaico combinato a inverdimento estensivo, fonte: Contec

1	Progettazione	6
1.1	<i>Norme, prescrizioni, ordinanza sulle costruzioni e sui lavori di costruzione, sicurezza sul lavoro</i>	6
1.1.1	Norme, prescrizioni, ordinanze sulle costruzioni	6
1.1.2	Fase di progettazione	6
1.1.3	Procedura di notifica e di autorizzazione edilizia	6
1.1.4	Protezione antincendio	6
1.1.5	Protezione contro i fulmini	6
1.1.6	Prescrizioni di installazione	6
1.1.7	Sicurezza sul lavoro	6
1.2	<i>Requisiti per tetti verdi con impianti solari</i>	7
1.2.1	Nuova costruzione	7
1.2.2	Edifici esistenti	8
1.2.3	Requisiti tecnici per impianti solari	9
1.2.4	Tappetini antivegetativi	9
2	Esecuzione	10
2.1	<i>Soluzioni tecniche</i>	10
2.1.1	Struttura a strati	10
2.1.2	Tipi di supporto	10
2.1.3	Soluzioni speciali: moduli bifacciali	10
2.1.4	Disposizione dei collegamenti	11
2.2	<i>Inverdimento estensivo del tetto</i>	12
2.3	<i>Esempi</i>	13
2.3.1	Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, orientamento a sud	13
2.3.2	Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, orientamento a sud	14
2.3.3	Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, orientamento est-ovest	15
2.3.4	Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, orientamento est-ovest	16
2.3.5	Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, orientamento est-ovest	17
2.3.6	Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, orientamento est-ovest	18
2.3.7	Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, supporto verticale	19
2.3.8	Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, supporto verticale	20
2.4	<i>Impianti di energia solare con inverdimento intensivo del tetto</i>	21
3	Cura/Utilizzo	21
3.1	<i>Sistema di manutenzione per impianti solari e inverdimento del tetto</i>	22
	<i>Conclusione</i>	23

1. Progettazione

1.1 Norme, prescrizioni, ordinanza sulle costruzioni e sui lavori di costruzione, sicurezza sul lavoro

1.1.1 Norme, prescrizioni, ordinanze sulle costruzioni

A seconda della fase di costruzione (progettazione, esecuzione, presa in consegna) per l'installazione di impianti fotovoltaici sono rilevanti norme, prescrizioni e ordinanze differenti.

Per approfondire:

– Scheda informativa Fotovoltaico n° 6 – Raccolta di prescrizioni applicabili di Swissolar.

1.1.2 Fase di progettazione

Prima di installare un impianto solare è necessario progettare i diversi componenti dell'impianto e la struttura del tetto. Occorre consultare le norme richieste e progettisti specializzati.

1.1.3 Procedura di notifica e di autorizzazione edilizia

Considerare le prescrizioni locali e cantonali. Oggi, di norma, gli impianti solari possono essere realizzati seguendo una semplice procedura di notifica invece di una procedura di autorizzazione edilizia.

1.1.4 Protezione antincendio

L'opuscolo informativo sulla protezione antincendio «Impianti solari» dell'Associazione degli istituti cantonali di assicurazione antincendio (AICAA) fornisce una panoramica di tutti gli aspetti rilevanti per la protezione antincendio nell'installazione di impianti solari. Fare riferimento alle prescrizioni cantonali.

1.1.5 Protezione contro i fulmini

In linea di principio occorre fare riferimento alle prescrizioni cantonali. L'Associazione degli istituti cantonali di assicurazione antincendio (AICAA) regola il campo di applicazione relativo ai sistemi di protezione contro i fulmini.

1.1.6 Prescrizioni di installazione

Si applica la norma generale per le installazioni a bassa tensione (NIN SN 411000:2020). Per l'installazione elettrica di un impianto fotovoltaico è necessaria un'autorizzazione d'installazione generale o limitata secondo OIBT art. 7, art. 9 o art. 14

1.1.7 Sicurezza sul lavoro

Per impianti fotovoltaici/solari su tetti piani inverditi è richiesto un piano per la manutenzione e riparazione sicura. Comprende una progettazione congiunta di protezioni contro la caduta, inverdimento del tetto e impianti di energia solare. Questo assicura efficienza di esecuzione e affidabilità operativa.

Nella progettazione la protezione delle persone ha sempre la priorità. I requisiti della norma SIA 271, punto 2.1.3.2, garantiscono in ogni momento una manutenzione sicura del tetto piano, di tutti gli impianti (solare, ventilazione ecc.) e dei tetti verdi. La progettazione e l'esecuzione di sistemi di protezione anticaduta devono essere assolutamente eseguite secondo le prescrizioni vigenti e le istruzioni del produttore. Occorre inoltre redigere la documentazione necessaria.

Per approfondire:

- Scheda informativa Misure di sicurezza su tetti piani di Involucro edilizio Svizzera
- SUVA MB 44095.D, Energia dal tetto in sicurezza

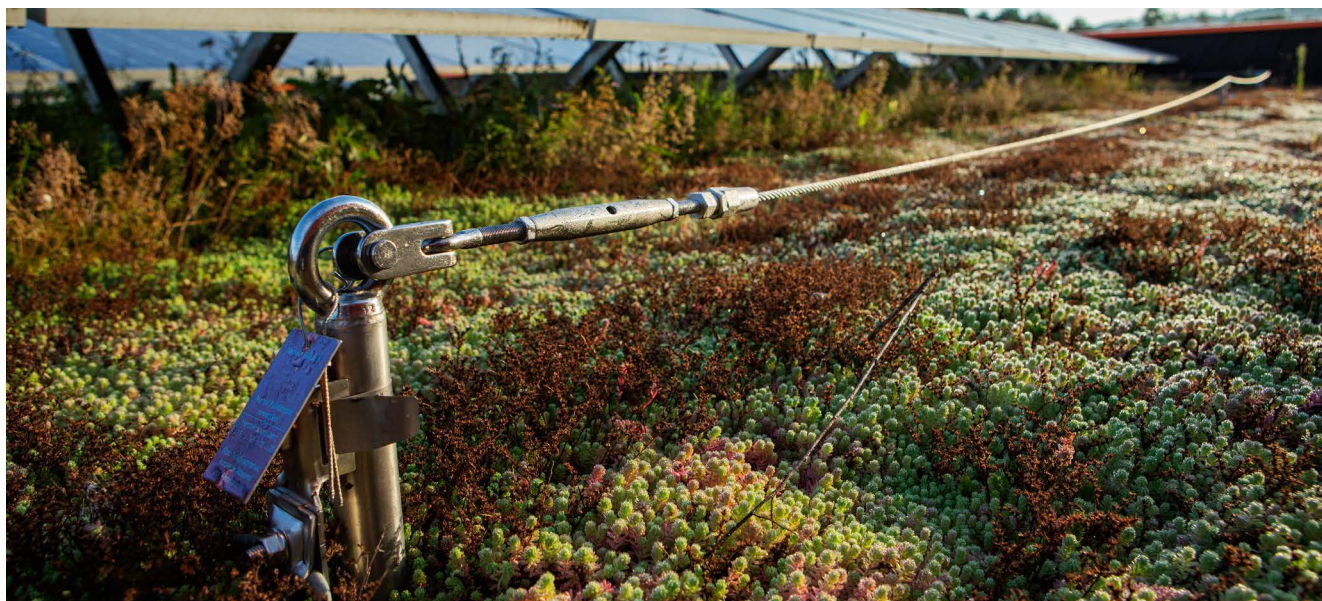


Figura 2: istruzioni del produttore sul sistema di protezione anticaduta, fonte: Contec

1. Progettazione

1.2 Condizioni per tetti verdi con impianti solari

1.2.1 Nuova costruzione

1.2.1.1 Statica

- Redigere una convenzione d'utilizzazione come previsto dalla norma SIA 260.
- Determinare i carichi di neve e vento su base territoriale in considerazione delle norme SIA 260 e 261. Se possibile e disponibile, includere anche un'esperienza a livello locale a lungo termine.
- Determinare i carichi sovrapposti del sistema e lo zavorramento (contro i carichi del vento) (se non è consentito/ possibile creare fissaggi meccanici alla sottostruttura portante).
- I carichi sovrapposti dell'impianto fotovoltaico (profili della sottostruttura e moduli fotovoltaici) dipendono dal sistema scelto. Considerare le istruzioni del produttore.
- Tuttavia, i carichi di zavorramento richiesti dipendono molto dalla posizione geografica e dall'esposizione, dall'altezza dell'edificio, dall'angolazione del supporto dei moduli, dall'altezza dei moduli e dalla distanza dell'impianto solare dal bordo del tetto. Sono utili software di calcolo specifici a riguardo.
- I carichi sovrapposti e di zavorramento risultanti devono essere comunicati all'ingegnere strutturale responsabile dell'oggetto e approvati per la realizzazione.
- Durante la costruzione della struttura, assicurarsi che non vengano superati i carichi concentrati ammissibili (inclusa

la quantità di neve prevista). Questo vale anche per il sollevamento dei carichi sul tetto (o per il deposito/ stoccaggio temporaneo del materiale prima e durante l'installazione).

Per approfondire:

- windlast.gh-schweiz.ch di *Involucro edilizio Svizzera*

1.2.1.2 Struttura del sistema inverdimento del tetto e gestione acque

Il tetto viene realizzato secondo le norme dell'inverdimento estensivo del tetto (SIA 271 e SIA 312). È opportuno tenere in considerazione la «Linea guida per il verde estensivo» della SFG/ASVE come misura integrativa. La struttura e la ritenzione delle acque devono essere conformi ai requisiti dell'ordinanza sulle costruzioni e del progettista. A seconda del produttore, le sottostrutture per impianti fotovoltaici possono essere direttamente incluse nella struttura di inverdimento. A seconda delle necessità, le altezze del substrato possono essere disposte in piano o con differenze di altezza. In relazione alle file di moduli fotovoltaici, questo può avere effetti positivi sulla vegetazione e sull'ombreggiamento e aumenta la biodiversità. In ogni caso, le strutture degli strati devono essere adattate tra loro. Le aree verdi e umide hanno un effetto positivo sulla produzione di energia degli impianti fotovoltaici.



Figura 3: combinazione di inverdimento estensivo/intensivo del tetto accanto a impianto fotovoltaico, fonte: Contec

1. Progettazione

1.2 Condizioni per tetti verdi con impianti solari

1.2.1.3 Inverdimento e biodiversità

Per consentire una corretta progettazione dell'inverdimento è necessario stabilire prima un obiettivo di inverdimento, tenendo conto delle norme e delle linee guida. Significato, scopo e requisiti devono essere definiti in modo chiaro per poter selezionare i giusti componenti del sistema. Si deve puntare a un inverdimento di alta qualità con un alto livello di biodiversità e una ricca diversità di specie. I substrati e le piante devono essere determinati secondo le norme SIA e le linee guida SFG/ASVE. I substrati devono essere definiti in anticipo in modo che i pesi specifici (sistemi con carichi sovrapposti), la ritenzione delle acque e la vegetazione prevista siano armonizzati tra loro. La selezione delle piante è di enorme importanza nella combinazione di impianti di energia solare e inverdimento dei tetti e si differenzia nettamente dalle miscele di sementi standard. Le piante sono esposte a esigenze diverse rispetto alle aree aperte ed estensive. È importante che le piante selezionate non gettino ombra sugli impianti solari per evitare una riduzione della resa solare. Le miscele di sementi per tetti solari comprendono piante a crescita bassa che tollerano l'ombra e l'umidità.

Raccomandazioni per i substrati:

- Qualità del substrato secondo le linee guida SFG/ASVE
- Adattare i substrati agli obiettivi di vegetazione (substrato magro = vegetazione rada)
- Stabilire prima le miscele di substrato in relazione ai pesi specifici

Raccomandazioni per le piante:

- Considerare la posizione e le condizioni dell'edificio
- Preferire piante dalle foglie chiare e argentate (la riflessione della luce sui moduli fotovoltaici produce una resa solare più elevata)
- Utilizzare varietà di piante a crescita bassa
- Evitare piante fortemente radicate e invasive
- Utilizzare miscele adeguate al sito e ricche di varietà
- Considerare i tempi di fioritura delle piante (offerta di nutrimento per insetti nel corso dell'intero anno)
- Considerare i tempi di semina/condizioni atmosferiche
- All'occorrenza, integrare con miscele di sementi di piante annuali
- L'inverdimento può essere valorizzato con elementi ecologici (legno vecchio, specchi d'acqua, nidi per api, lenti di sabbia ecc.)



Figura 4: l'impianto fotovoltaico deve essere installato a sufficiente distanza dal bordo del tetto (≥ 60 cm), fonte: reech gmbh

1.2.2 Edifici esistenti

Per la maggior parte, si applicano gli stessi parametri validi per le nuove costruzioni (da 1.2.1.1 a 1.2.1.4), quindi di seguito sono elencati solo i punti aggiuntivi rilevanti per gli edifici esistenti.

1.2.2.1 Statica

- Valutazione della struttura a strati (materiali, tensione di compressione, isolamento termico, spessori ecc.) e del sistema portante del tetto
- Determinazione dell'ingegnere strutturale incaricato della costruzione, chiarimento dei carichi sovrapposti ammessi ed eventuali riserve di carico sovrapposto (kg/m^2)
- In assenza di una verifica statica dell'edificio, è necessario procurarsi i calcoli e le prove relativi

1.2.2.2 Controllo tetto

Verificare la struttura presente del tetto prima di qualsiasi cambiamento di destinazione. È necessario predisporre un'analisi delle condizioni del tetto piano con previsione e chiarire se è possibile raggiungere la durata d'utilizzazione futura prevista. Questa analisi delle condizioni deve essere effettuata e documentata da uno specialista di involucri edilizi.

Per questo sono disponibili alcune checklist:

- Analisi delle condizioni del tetto piano di Involucro edilizio Svizzera
- Web app «Manutenzione e riparazione» di suissetec

1. Progettazione

1.2 Condizioni per tetti verdi con impianti solari

1.2.2.3 Sicurezza

Un cambiamento di destinazione può determinare nuovi requisiti relativi alle misure di sicurezza. Nel caso di nuovi impianti o di un cambiamento di destinazione, possono essere previsti vincoli imposti dall'autorità che richiedono una scala d'accesso al tetto installata in modo permanente o un accesso attraverso l'edificio.

1.2.3 Requisiti tecnici per impianti solari

Per la maggior parte, si applicano gli stessi parametri validi per le nuove costruzioni.

Per quanto riguarda l'installazione di impianti solari su tetti verdi si devono rispettare gli stessi requisiti previsti per i tetti piani senza piantumazione, solo la distanza dei moduli da terra deve essere maggiore e deve essere possibile la cura della vegetazione.

Installazioni di impianti di energia solare direttamente sul substrato sono ammesse solo se:

- è presente uno strato protettivo sufficientemente spesso,
- è rispettata la distanza minima tra i moduli e il substrato (cfr. Capitolo 2.1) e
- sono tenuti in considerazione gli influssi statici.

1.2.4 Tappetini antivegetativi

Sono sconsigliati gli impianti fotovoltaici bassi (sistemi standard a tetto piano) su rinverdimenti in combinazione con «tappetini antivegetativi».

Un tappetino antivegetativo tra un supporto basso e il rinverdimento non offre un vantaggio duraturo per la manutenzione e l'esercizio dell'impianto. Inoltre, ciò pregiudica considerevolmente la funzionalità del tetto verde e non consente di sfruttare gli effetti sinergici del rinverdimento e degli impianti fotovoltaici.



Figura 5: L'impianto fotovoltaico deve essere installato a sufficiente distanza da elementi strutturali adiacenti, attacchi a parete e simili, fonte: Contec

2. Esecuzione

2.1 Soluzioni tecniche

2.1.1 Struttura a strati

Il tetto viene realizzato secondo le norme dell'inverdimento estensivo del tetto (SIA 271 e SIA 312). È opportuno tenere in considerazione la «Linea guida per l'inverdimento estensivo del tetto» della SFG/ASVE come misura integrativa. La struttura deve essere conforme all'ordinanza sulle costruzioni e ai requisiti del piano generale di smaltimento delle acque (PGS) relativamente alla gestione delle acque. A seconda del produttore, le sottostrutture per impianti fotovoltaici possono essere direttamente integrate nella struttura di inverdimento.

2.1.2 Tipi di supporto

Gli impianti fotovoltaici possono essere installati su tetti piani inverditi con sistemi differenti. L'orientamento dei moduli (sud, est-ovest), l'altezza e l'inclinazione dei moduli influiscono sull'estensione della superficie verde del tetto.

Per i tetti verdi, sono previsti sistemi speciali di carichi sovrapposti, in cui il substrato vegetale stesso può essere utilizzato per l'appesantimento (cfr. Figura 6).

2.1.3 Soluzioni speciali: moduli bifacciali

Le celle solari possono convertire in energia elettrica la luce che entra sia frontalmente che posteriormente. Nei moduli fotovoltaici bifacciali il lato posteriore del modulo è trasparente e permette alla luce di entrare da entrambi i lati. Questo consente rese maggiori, richiede però sistemi di montaggio diversi e rende possibili nuovi tipi di montaggio. Questi moduli possono quindi essere installati anche in verticale, il che comporta rese solari più elevate, soprattutto in inverno (cfr. Figura 7).



Figura 6: sistema di carichi sovrapposti per supporto a triangolo fotovoltaico, fonte: Bauder



Figura 7: impianto fotovoltaico con moduli bifacciali della residenza per anziani Eichgut, Winterthur. Un suolo chiaro con piante dalle foglie argentate, come eliantemo e timo, favorisce la riflessione della luce solare e genera una resa maggiore nella produzione di energia solare. Fonte: Solarspar

2. Esecuzione

2.1 Soluzioni tecniche

2.1.4 Disposizione dei collegamenti

Nei tetti verdi è particolarmente importante proteggere meccanicamente i cavi dagli attrezzi di taglio utilizzati nella cura della vegetazione (cfr. Figure 8 e 9).



Figura 8: disposizione dei cavi dall'impianto fotovoltaico all'inverter, fonte: Contec



Figura 9: disposizione dei cavi tra i moduli fotovoltaici, fonte: Contec

2. Esecuzione

2.2 Inverdimento estensivo del tetto

12


Forme di crescita in caso di inverdimento esteso dei tetti				
				
Forme di piante, aspetto	Specie di Sedum, muschi, piccola quantità di erbe	Specie di Sedum, muschi, piccola quantità di graminacee	Graminacee, erbe	Graminacee, piccola parte erbe
Spessore dello strato (ad assestamento avvenuto)	a partire da 80 mm	a partire da 100 mm	a partire da 120 mm	a partire da 150 mm

Tabella 1: formazioni vegetali realizzabili a seconda dello spessore dello strato di base della vegetazione con inverdimento estensivo del tetto (fonte: norma SIA 312)

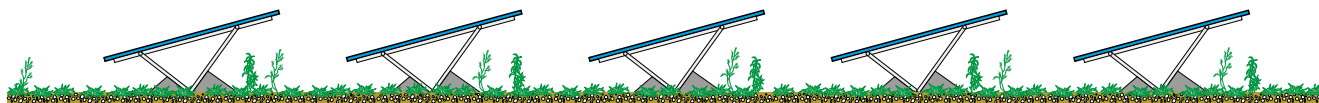


Figura 10: combinazione di inverdimento estensivo/intensivo del tetto accanto a impianto fotovoltaico, fonte: Zinco

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.1 Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, orientamento a sud



- Orientamento verso sud
- Bordo inferiore del modulo almeno 30 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato minimo secondo il calcolo dei carichi sovrapposti o la norma SIA 312
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime di 60 cm tra file e moduli (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento

Vantaggi:

- Spazio sufficiente per l'inverdimento
- Spazio sufficiente per interventi di manutenzione e cura

Svantaggi:

- Scarso utilizzo dell'area a causa dell'orientamento a sud
- Curva di potenza della produzione di elettricità

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore

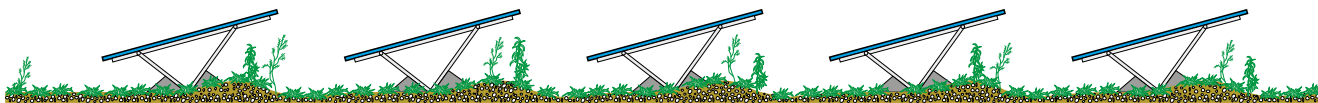


Figura 11: impianto fotovoltaico orientato a sud con substrato minimo, fonte: Contec

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.2 Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, orientamento a sud



- Orientamento verso sud
- Bordo inferiore del modulo almeno 35 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato da 80 a 150 mm. L'altezza della posa dovrebbe essere modellata in modo che ci sia meno substrato davanti ai moduli solari che sotto i moduli.
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime di 60 cm tra file e moduli (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento

Vantaggi:

- Spazio sufficiente per l'inverdimento
- Spazio sufficiente per interventi di manutenzione e cura
- Biodiversità più elevata grazie agli spessori differenti di substrato
- Nessun ombreggiamento con uno spessore di posa del substrato più ridotto in corrispondenza del bordo anteriore del modulo

Svantaggi:

- Scarso utilizzo dell'area a causa dell'orientamento a sud
- Curva di potenza della produzione di elettricità

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore



Figura 12: impianto fotovoltaico orientato a sud con substrato modellato di diverse altezze, fonte: Contec

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.3 Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, orientamento est-ovest



- Orientamento verso est e verso ovest
- Bordo inferiore del modulo almeno 30 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato minimo secondo il calcolo dei carichi sovrapposti o la norma SIA 312
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime di 60 cm tra file e moduli in corrispondenza del bordo più basso del modulo (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento

Vantaggi:

- Elevato utilizzo dell'area grazie all'orientamento verso est e verso ovest
- Spazio sufficiente per manutenzione e cura
- Biodiversità più elevata grazie alle situazioni di sole e ombra differenti
- Minore area esposta al vento
- Curva di potenza della produzione di elettricità

Svantaggi:

- Difficoltà nell'eseguire gli interventi di manutenzione sotto il modulo

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore



Figura 13: impianto fotovoltaico orientato a est/ovest con substrato minimo, fonte: Bauder

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.4 Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, orientamento est-ovest



- Orientamento verso est e verso ovest
- Bordo inferiore del modulo almeno 35 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato da 80 a 150 mm. L'altezza della posa dovrebbe essere modellata in modo che ci sia meno substrato davanti ai moduli solari che sotto i moduli.
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime di 60 cm tra file e moduli in corrispondenza del bordo più basso del modulo (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento

Vantaggi:

- Elevato utilizzo dell'area grazie all'orientamento verso est e verso ovest
- Spazio sufficiente per interventi di manutenzione e cura
- Biodiversità più elevata grazie alle situazioni di sole e ombra differenti
- Biodiversità più elevata grazie agli spessori differenti di substrato
- Minore area esposta al vento
- Curva di potenza della produzione di elettricità

Svantaggi:

- Difficoltà nell'eseguire gli interventi di manutenzione sotto il modulo

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore

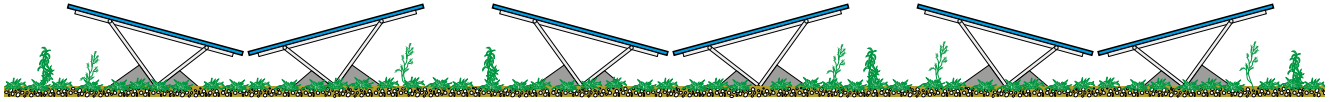


Figura 14: impianto fotovoltaico orientato a est/ovest con substrato minimo di diverse altezze, fonte: Contec

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.5 Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, orientamento est-ovest



- Orientamento verso est e verso ovest
- Bordo inferiore del modulo almeno 30 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato minimo secondo il calcolo dei carichi sovrapposti o la norma SIA 312
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime tra file e moduli in corrispondenza del bordo alto del modulo (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento; distanze minime di 10 cm in corrispondenza del bordo basso

Vantaggi:

- Elevato utilizzo dell'area grazie all'orientamento verso est e verso ovest
- Buona accessibilità per interventi di manutenzione e cura anche sotto i moduli
- Biodiversità più elevata grazie alle situazioni di sole e ombra differenti
- Curva di potenza della produzione di elettricità

Svantaggi:

- La neve permane più a lungo con una distanza ridotta tra i moduli (non può scivolare e causa perdite di resa)

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore

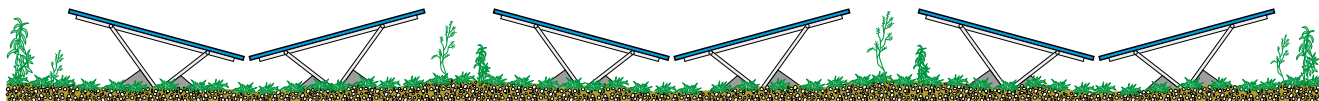


Figura 15: impianto fotovoltaico orientato a est/ovest con substrato minimo, fonte: Zinco

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.6 Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, orientamento est-ovest



- Orientamento verso est e verso ovest
- Bordo inferiore del modulo almeno 35 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato da 80 a 150 mm. L'altezza della posa dovrebbe essere modellata in modo che ci sia meno substrato davanti ai moduli solari che sotto i moduli.
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime di 60 cm tra file e moduli in corrispondenza del bordo più alto del modulo (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento; distanze minime di 10 cm in corrispondenza del bordo basso

Vantaggi:

- Elevato utilizzo dell'area grazie all'orientamento verso est e verso ovest
- Buona accessibilità per interventi di manutenzione e cura anche sotto i moduli
- Biodiversità più elevata grazie alle situazioni di sole e ombra differenti
- Biodiversità più elevata grazie agli spessori differenti di substrato
- Curva di potenza della produzione di elettricità

Svantaggi:

- La neve permane più a lungo con una distanza ridotta tra i moduli (non può scivolare e causa perdite di resa)

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore

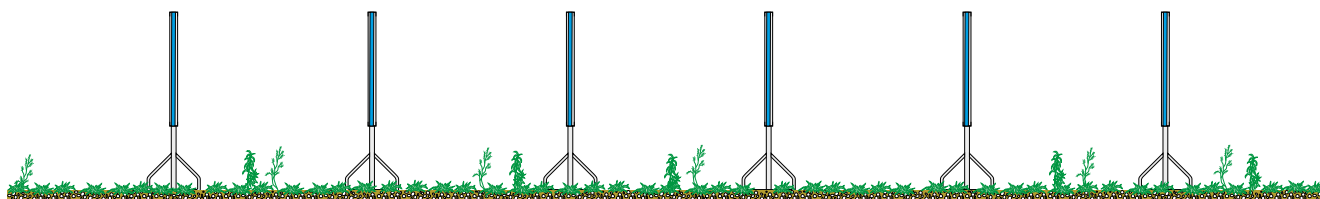


Figura 16: impianto fotovoltaico orientato a est/ovest con substrato modellato di diverse altezze, fonte: Zinco

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.7 Inverdimento estensivo, struttura a strati con spessore minimo del substrato, supporto verticale



- Supporto verticale con orientamento est-ovest
- Bordo inferiore del modulo almeno 30 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato minimo secondo il calcolo dei carichi sovrapposti o la norma SIA 312
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Angolazione del modulo in base al calcolo (a seconda delle distanze dei moduli)
- Distanze minime di 60 cm tra file e moduli in corrispondenza del bordo basso del modulo (passaggio per manutenzione) o secondo il calcolo dell'ombreggiamento

Vantaggi:

- Spazio sufficiente per interventi di manutenzione e cura
- Nessun ombreggiamento dovuto alle piante
- Resa elevata grazie ai moduli bifacciali
- Aumento della resa grazie alla presenza di piante chiare o ghiaia
- Assenza di depositi di neve sui moduli

Svantaggi:

- Elevata area esposta al vento
- Altezza di costruzione

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore
- Sono particolarmente adatte piante dalle foglie argentate

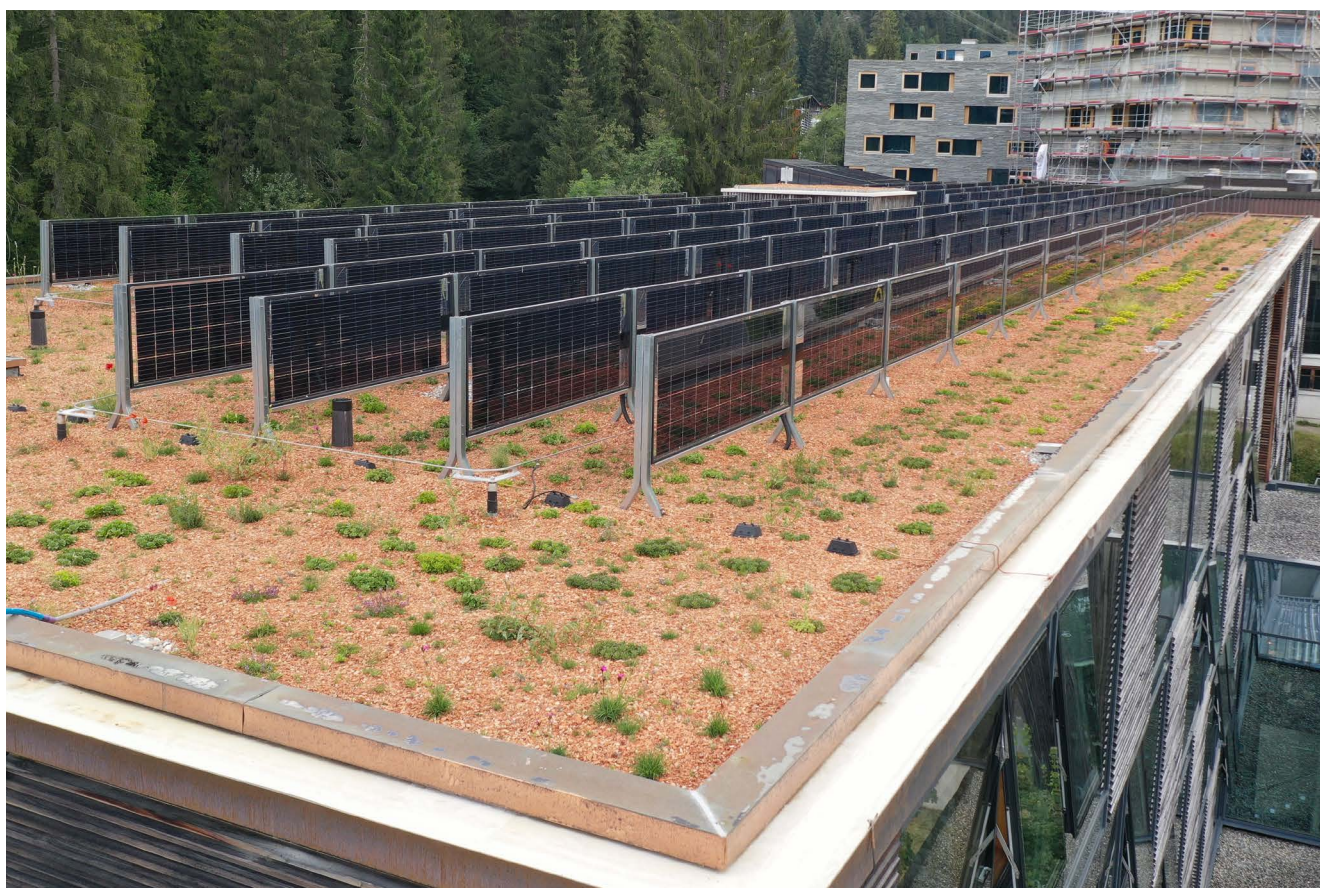
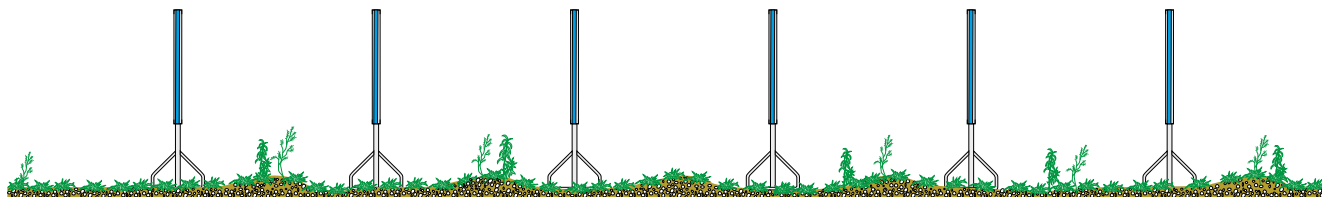


Figura 17: moduli fotovoltaici montati verticalmente con substrato minimo, fonte: Zinco

2. Esecuzione

2.3 Esempi

2.3.8 Inverdimento estensivo, struttura a strati modellata, supporto verticale



- Supporto verticale con orientamento est-ovest
- Bordo inferiore del modulo almeno 30 cm sopra il substrato
- Spessore di posa del substrato da 80 a 150 mm. L'altezza della posa dovrebbe essere modellata in modo che ci sia meno substrato sotto i moduli solari che tra i moduli
- Cisterna dell'acqua integrata nella sottostruttura
- Distanze tra le file e i moduli secondo il calcolo dell'ombreggiamento

Vantaggi:

- Nessun ombreggiamento dovuto alle piante
- Resa elevata grazie ai moduli bifacciali
- Aumento della resa grazie alla presenza di piante chiare o ghiaia
- Spazio sufficiente per interventi di manutenzione e cura
- Biodiversità più elevata grazie agli spessori differenti di substrato
- Assenza di depositi di neve sui moduli

Svantaggi:

- Elevata area esposta al vento
- Altezza di costruzione

Piante:

- Piante tappezzanti a crescita bassa, secondo le indicazioni del fornitore
- Sono particolarmente adatte piante dalle foglie argentate



Figura 18: impianto di prova ZHAW, fonte: Solarspar

2. Esecuzione

2.4 Impianti di energia solare con inverdimento intensivo del tetto


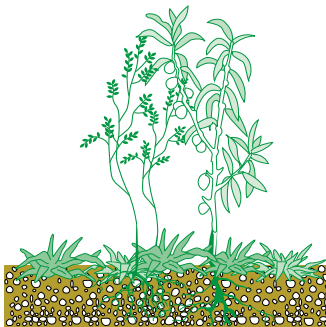
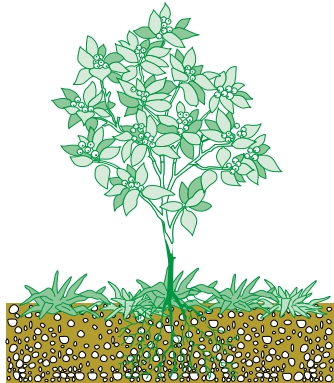
Forme di crescita in caso di inverdimento intensivo dei tetti			
			
Aspetto	Tappeti erbosi, prati, arbusti e boscaglia bassa	Arbusti e boscaglia di altezza media	Boscaglia alta
Spessore dello strato	da 120 a 300 mm	da 300 a 500 mm	a partire da 500 mm
Forme di piante	Graminacee, arbusti, piccola boscaglia	Arbusti, piccola boscaglia	Piccola e grande boscaglia

Tabella 2: formazioni vegetali realizzabili a seconda dello spessore dello strato di base della vegetazione con inverdimento intensivo del tetto (fonte: norma SIA 312)

Porzioni di area con spessori maggiori di substrato, (inverdimento intensivo del tetto fino a 50 cm con arbusti e cespugli) possono essere realizzate a integrazione delle superfici ricoperte con i moduli. Tuttavia, la piantumazione intensiva

di queste porzioni di area non deve ombreggiare i moduli. Gli esempi illustrati nel capitolo 2.3 possono anche essere combinati tra loro a piacere.



Figura 19: soluzione intelligente nella combinazione di inverdimento intensivo ed estensivo, insieme a un impianto fotovoltaico, fonte: Contec

3. Cura/Utilizzo

3.1 Sistema di manutenzione per impianti solari e inverdimento del tetto

Occorre adottare misure idonee per una cura sicura dell'inverdimento del tetto e per gli interventi di manutenzione sugli impianti solari (sicurezza del lavoro e protezione delle persone).

La manutenzione del tetto verde deve essere eseguita da un professionista competente. I primi due-quattro anni in particolare sono cruciali per raggiungere l'obiettivo di inverdimento definito. Dopo la crescita, l'inverdimento deve essere curato una o due volte all'anno secondo le linee guida. La norma SIA 312 e le linee guida SFG/ASVE servono come riferimento.

Di norma l'impianto solare non richiede interventi di riparazione e manutenzione. Solo per determinati guasti, segnalati dal sistema di monitoraggio remoto (monitoring), l'impianto deve essere controllato da un professionista competente.

Dopo tempeste o grandinate, è consigliabile anche far ispezionare da un professionista i moduli solari o le relative

sottostrutture per stabilire se si sono verificati danni. Altrimenti è raccomandabile un controllo visivo ogni due-quattro anni.

È necessario determinare in anticipo i servizi di manutenzione e cura, così come le competenze e le responsabilità. Occorre inoltre definire contrattualmente chi è responsabile della manutenzione, questo vale in particolare in caso di affitto di aree del tetto da parte di gestori di impianti solari.

Vedere anche: «Contratto di manutenzione» (per membri di Involucro edilizio Svizzera)

I contenuti degli accordi riguardano:

- Accessibilità
- Sistemi di sicurezza
- Controllo e misure per vegetazione/ombreggiamento
- Controllo impianto/funzionamento/produzione di elettricità



Figura 20: sistema di protezione di lavoro e persone durante gli interventi di manutenzione dell'inverdimento e degli impianti solari, fonte: Contec

Conclusione

Sarà possibile in futuro generare più energia solare su tetti piani senza danneggiare la biodiversità della flora e della fauna? Sì, perché impianti di energia solare e inverdimento dei tetti piani costituiscono una combinazione di successo per un futuro sostenibile e ricco di specie.

Se adeguatamente progettate e realizzate, si creano aree di cui possono beneficiare sia la flora e la fauna sia gli esseri umani. I giardini pensili forniscono un habitat importante per i piccoli animali, proteggono gli spazi abitativi dal calore e garantiscono ai centri città temperature più fresche in estate.

Questo perché il legno, la terra e l'humus assorbono molto meno calore durante il giorno rispetto a materiali da costruzione come l'asfalto, il cemento o la ghiaia.

Per le organizzazioni di categoria coinvolte il fatto che le opportunità derivanti dalla combinazione di energia solare e inverdimento dei tetti siano riconosciute e sfruttate è motivo di grande interesse. Questo nell'ottica di realizzare la Strategia energetica 2050, agire per il bene della flora e della fauna locale e fare qualcosa di buono a favore della natura.



Figura 21: protezione contro la caduta, fonte: Contec

Colophon

Associazioni partecipanti

Involucro edilizio Svizzera, Associazione aziende svizzere involucro edilizio, Lindenstrasse 4, 9240 Uzwil
Holzbau Schweiz, Associazione svizzera dei costruttori in legno, Thurgauerstrasse 54, 8050 Zurigo
JardinSuisse, Associazione svizzera Imprenditori giardinieri, Bahnhofstrasse 94, 5000 Aarau
Associazione svizzera degli specialisti dell'inverdimento degli edifici, Waisenhausstrasse 2, 3600 Thun
Suissetec, Associazione svizzera e del Liechtenstein della tecnica della costruzione, Auf der Mauer 11, 8021 Zurigo
Swissolar, Associazione svizzera dei professionisti dell'energia solare, Neugasse 6, 8005 Zurigo

Responsabile di progetto del gruppo di lavoro

Hanselmann Urs, 8454 Buchberg, Involucro edilizio Svizzera

Gruppo di lavoro

Gut Robin, 5443 Niederrohrdorf, Suissetec
Haus Stefan, 5000 Aarau, JardinSuisse
Hinter Stefan, 9058 Brülisau, Associazione svizzera degli specialisti dell'inverdimento degli edifici
Hüppi Bruno, 8730 Uznach, Holzbau Schweiz
Moll Christian, D-78224 Singen (HTW.), Swissolar
Nussbaumer Reto, 8808 Pfäffikon, Involucro edilizio Svizzera
Sigrist Heinz, 3661 Uetendorf, Associazione svizzera degli specialisti dell'inverdimento degli edifici
Spiller Nathalie, 8004 Zurigo, Swissolar
Struffenegger Rolf, 5000 Aarau, JardinSuisse

Redazione e illustrazioni

Ragonesi Marco, RSP Bauphysik AG, 6003 Lucerna

Immagine di copertina

Contec

Valido dal: 16 dicembre 2021

Aggiornato il: 2023-12-20

Copyright © Il presente documento, in tutte le sue parti, è protetto dal diritto d'autore. Qualsiasi utilizzo al di fuori dei limiti della legge sul diritto d'autore è vietato e punibile senza previa autorizzazione delle associazioni partecipanti.