



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Ing. Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583489
cstival@units.it

LEZIONE

6

Chiusure orizzontali superiori

La ricerca del comfort

A. A. 2021-2022

Laboratorio di Progettazione Tecnologica dell'Architettura
Corso di Metodi e Strumenti di Progettazione Tecnologica

6.1

Richiami

Funzioni delle chiusure orizzontali superiori

**CHIUSURE E
PARTIZIONI
ORIZZONTALI**

funzioni

C.O. Superiori
o di copertura

Costituire il confine tra
interno ed esterno
Garantire condizioni di
comfort

TENUTA
ALL'ACQUA

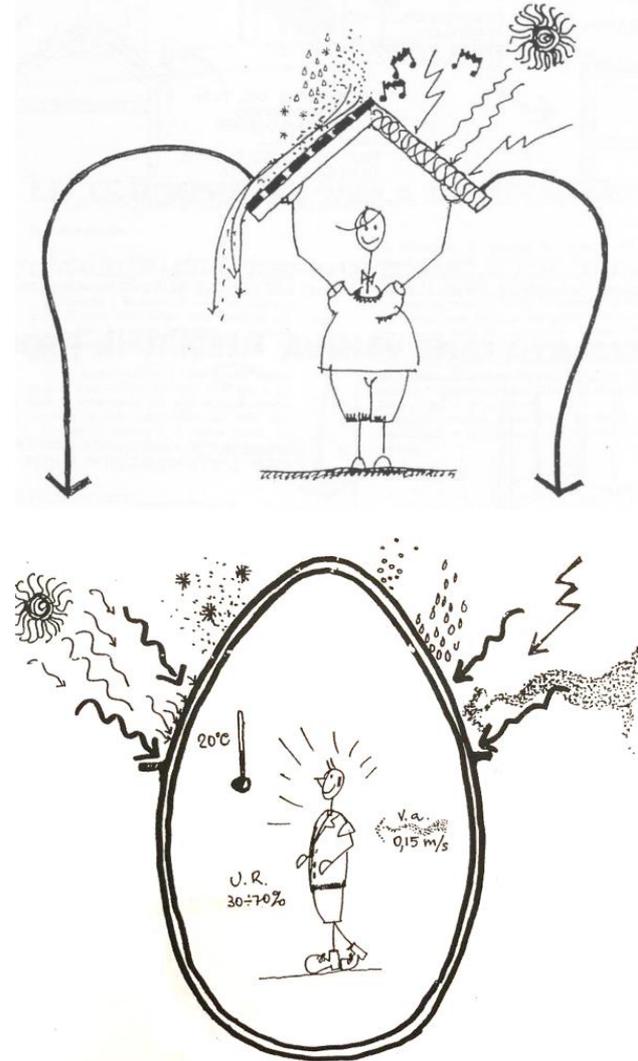
ISOLAMENTO
TERMICO

CONTROLLO
ACUSTICO

RESISTENZA
AGLI SHOCK
TERMICI

INERZIA
TERMICA

CONTROLLO
CONDENSAZIONE



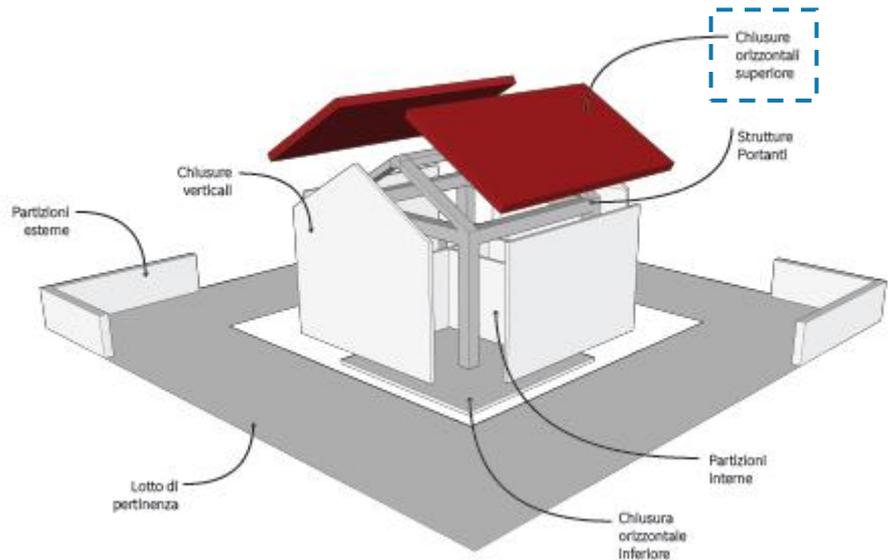
Funzioni delle chiusure orizzontali superiori

4

La **chiusura superiore** è l'insieme delle unità tecnologiche e degli elementi del sistema edilizio avente funzione di **separare** e **conformare** gli **spazi interni** del sistema edilizio dallo **spazio esterno sovrastante**.

Le funzioni espletate dalle chiusure orizzontali superiori, oltre alla **resistenza** a **carichi propri** e **d'esercizio** sono:

- la **protezione** dagli **agenti atmosferici** e la **tenuta all'acqua** e **all'aria**;
- il **controllo** delle **condizioni igrotermiche** rispetto alle condizioni previste negli ambienti sottostanti;
- la **resistenza** ai **carichi variabili** (neve e vento);
- il **controllo** e la riduzione delle **dispersioni energetiche** nella stagione invernale;
- il **controllo** dei **carichi termici estivi**, alla quale sono particolarmente sensibili;
- l'eventuale **praticabilità**, che comporta un'ulteriore valutazione dei carichi variabili e la predisposizione di **elementi tecnici** per la **fruizione** in **sicurezza**.



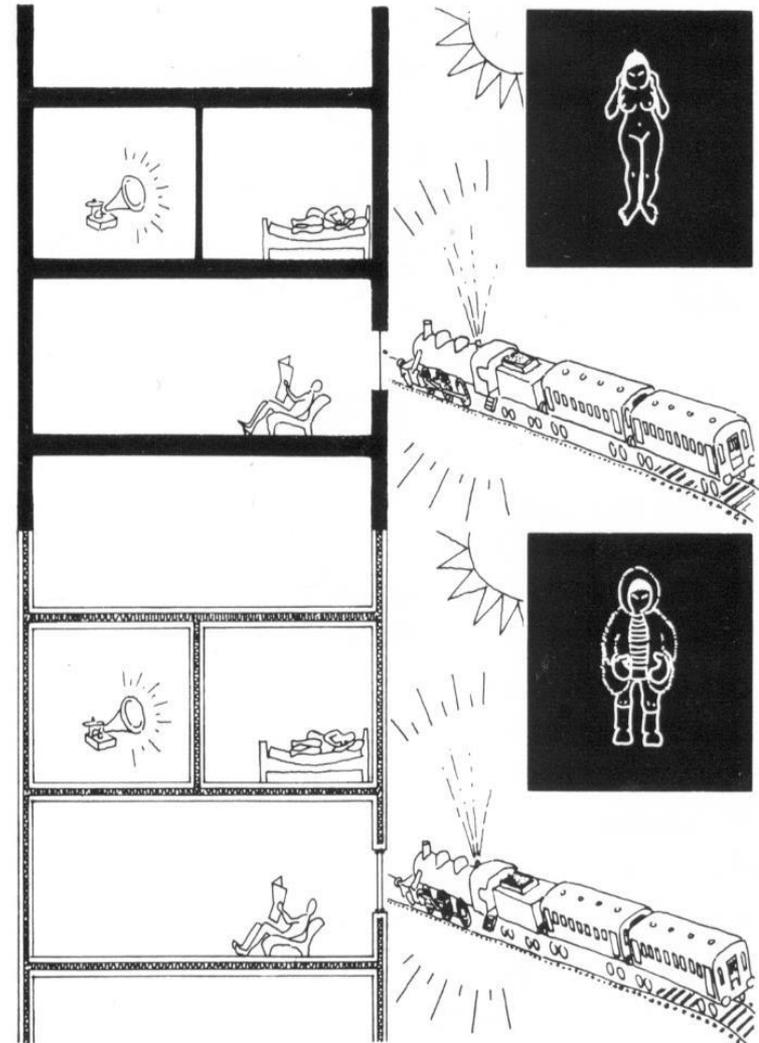
6.2

L'elemento di confine
e le condizioni di comfort

Composizione dell'elemento di confine

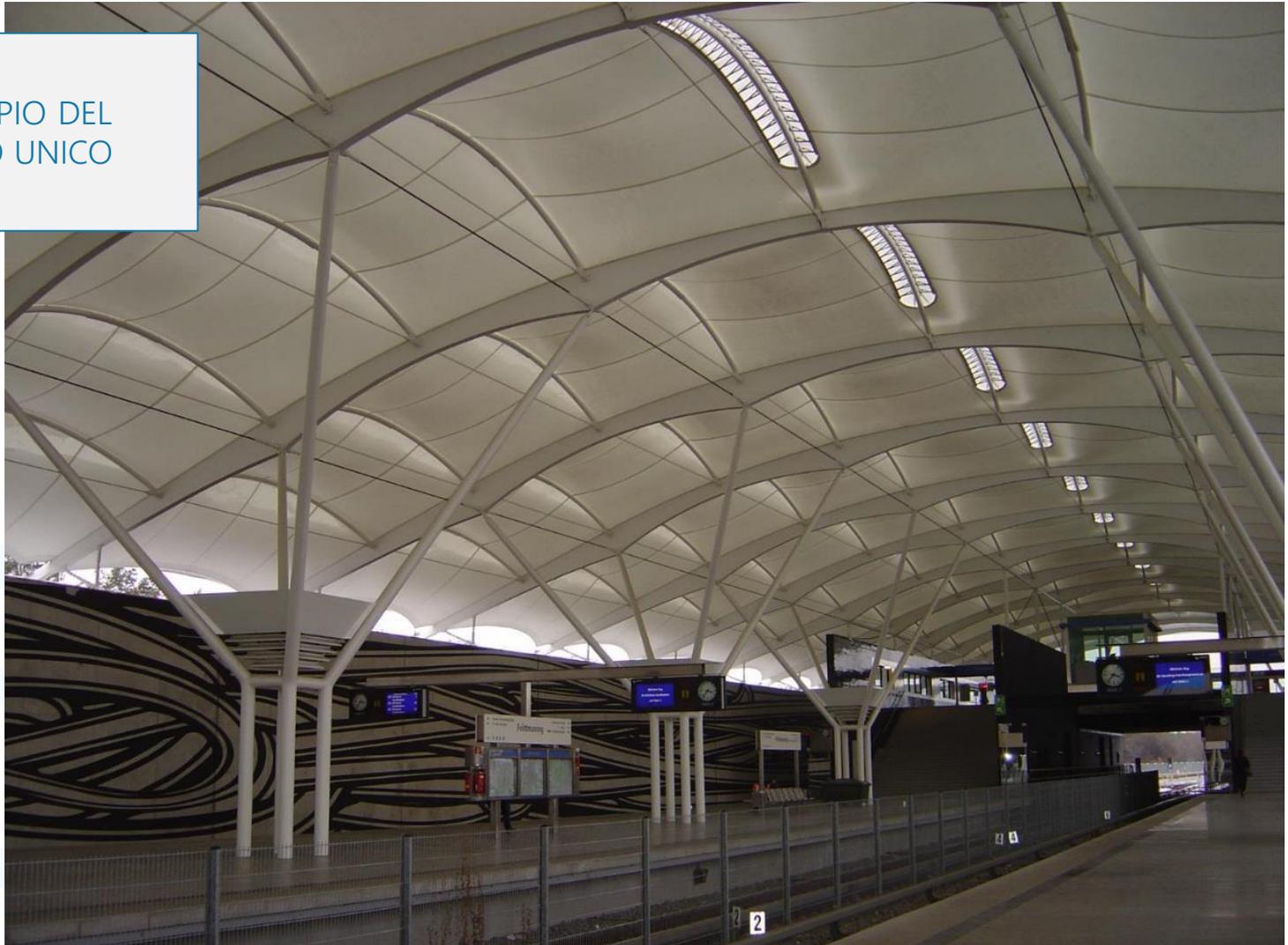
PRINCIPIO DEL
CORPO UNICO

PRINCIPIO DEL
CORPO MULTIPLO



Composizione dell'elemento di confine

PRINCIPIO DEL
CORPO UNICO



Composizione dell'elemento di confine

PRINCIPIO DEL
CORPO MULTIPLO



Composizione dell'elemento di confine



PRINCIPIO DEL
CORPO MULTIPLO

Composizione dell'elemento di confine



PRINCIPIO DEL
CORPO MULTIPLO

Composizione dell'elemento di confine

PRINCIPIO DEL
CORPO MULTIPLO



Composizione dell'elemento di confine

PRINCIPIO DEL
CORPO MULTIPLO

6



Correlazioni requisiti e strati funzionali

Esploso per composizione degli elementi tecnologici di chiusura orizzontale superiore



Correlazioni requisiti e strati funzionali

CHIUSURE
ORIZZONTALI
SUPERIORI

strati funzionali

primari

strato portante

RESISTENZA
MECCANICA

strato di tenuta

PROTEZIONE

strato di isolamento termico

strato per l'isolamento acustico

COMFORT

strato di barriera al vapore

secondari

strato di pendenza

DURABILITÀ

strato di regolarizzazione

strato di imprimitura

strato di diffusione

COMFORT

strato di ventilazione

strato di supporto

CONNESSIONE
SEPARAZIONE

strato di collegamento

strato di scorrimento

strato di continuità

strato di irrigidimento

RESISTENZA
MECCANICA

strato di protezione

strato di ripartizione carichi



6.3

Modalità di classificazione delle coperture

Relazione con le acque meteorologiche

GESTIONE DELLE
ACQUE
METEOROLOGICHE

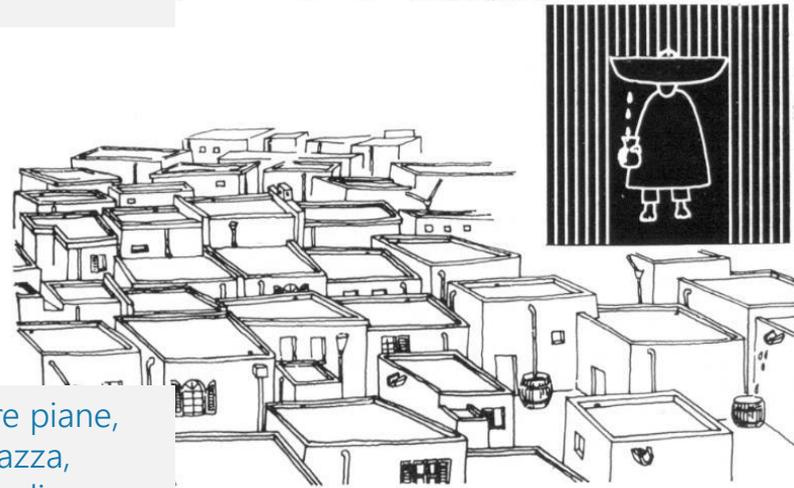
principi

deflusso

Coperture curve
o a falde inclinate

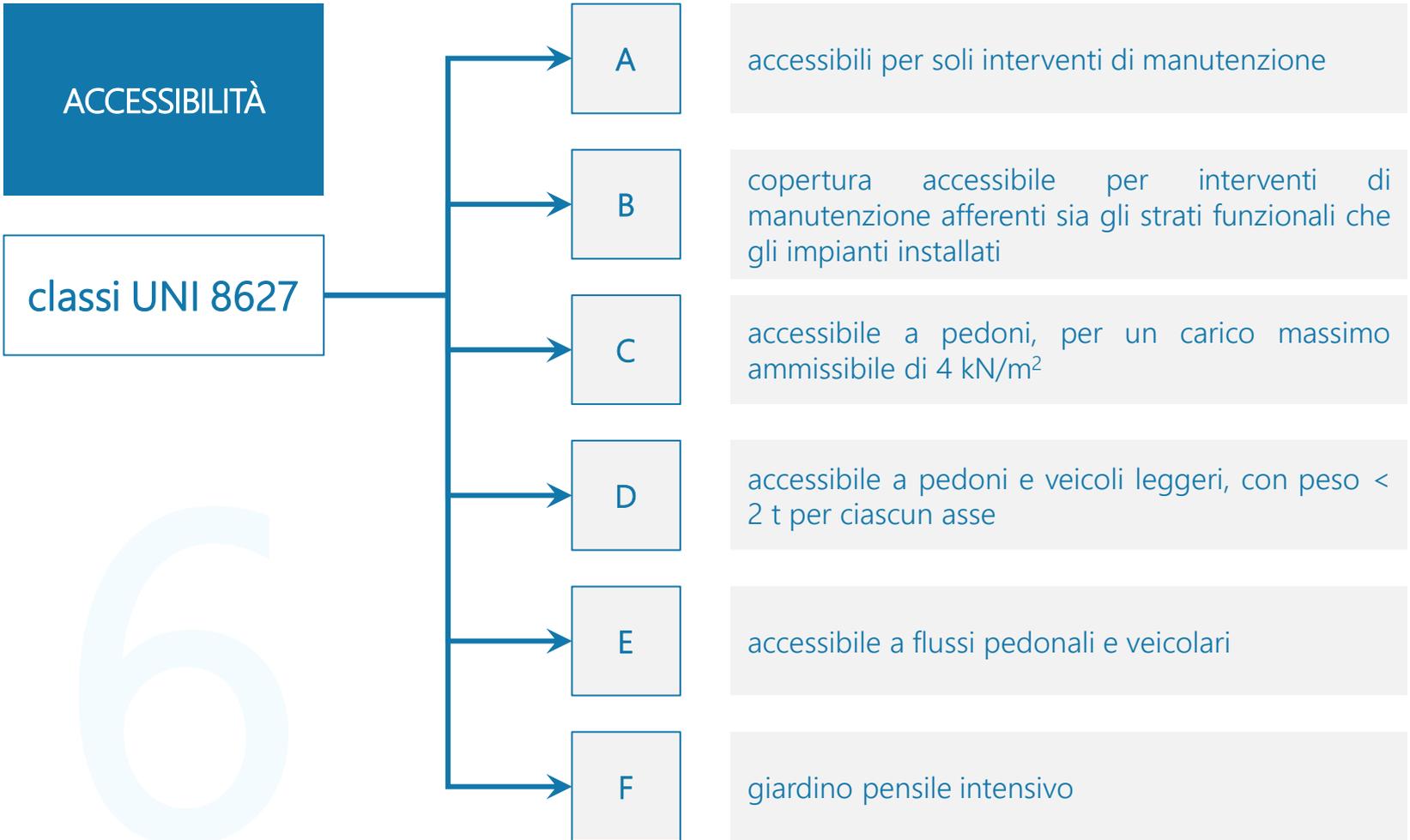
raccolta e
smaltimento

Coperture piane,
a terrazza,
o verdi

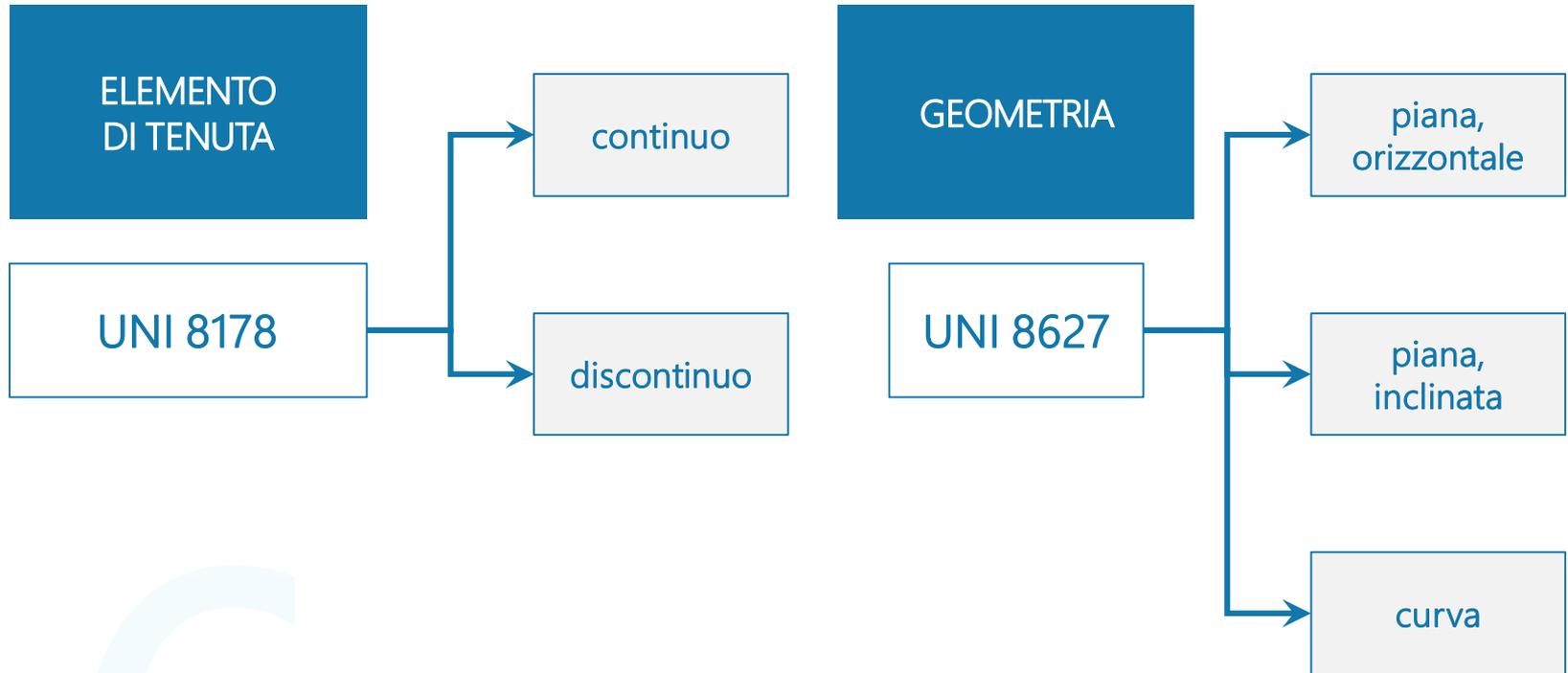


6

Classificazione di accessibilità



Classificazione per morfologia e geometria



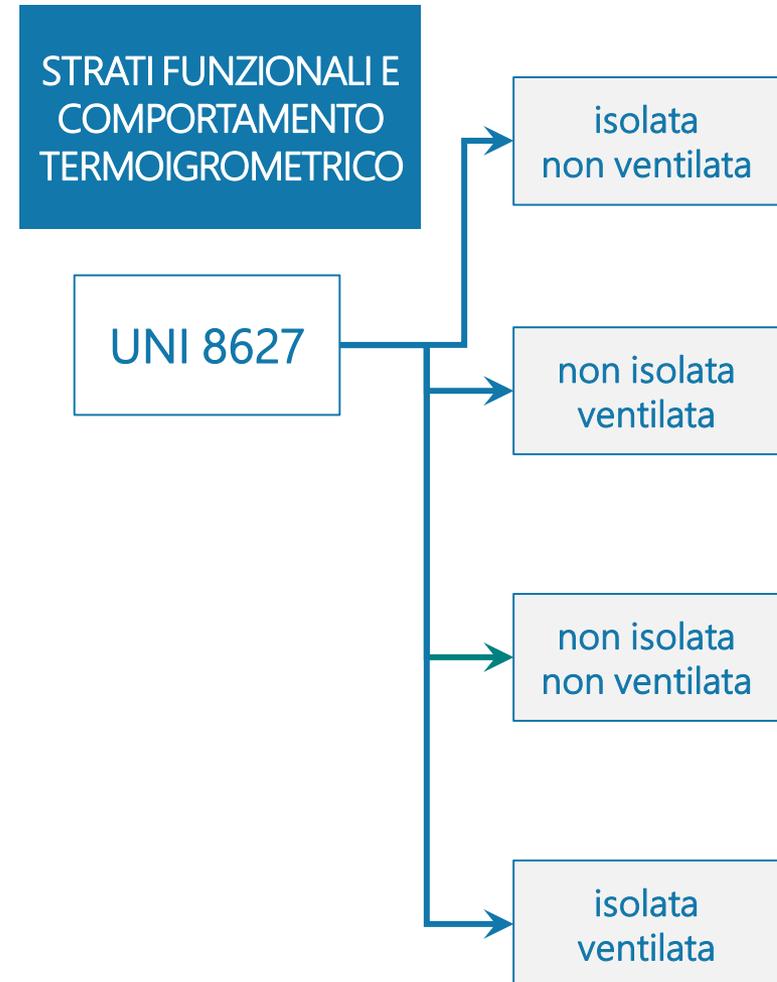
6

Classificazione per comportamento termico

In relazione alle caratteristiche dell'**elemento di tenuta** le chiusure si distinguono in:

- **continue**, nelle quali l'elemento di tenuta è costituito da uno strato senza soluzioni di continuità, il che garantisce il funzionamento anche in assenza di inclinazione;
- **discontinue**, in cui l'elemento di tenuta è costituito dalla giustapposizione di elementi; il funzionamento è garantito dalla posa in opera secondo una idonea pendenza.

In relazione alla presenza di **strati** di **ventilazione** e di **isolamento termico**, sono individuati **quattro schemi** funzionali di copertura.



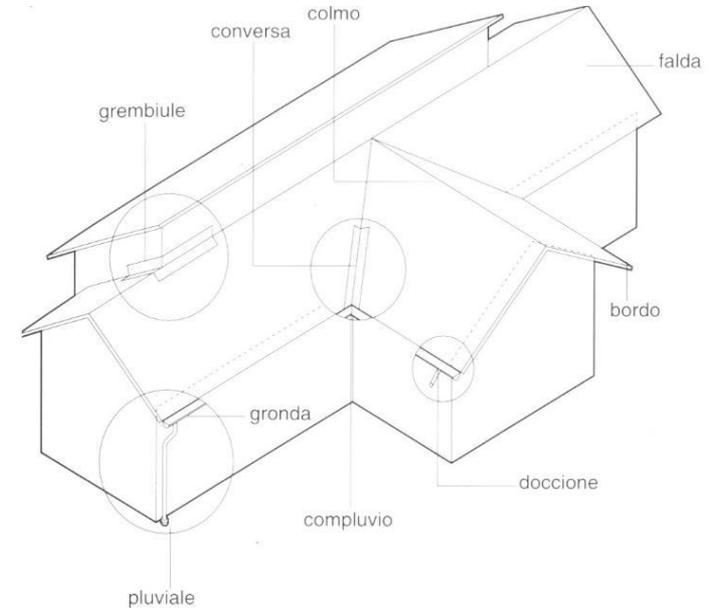
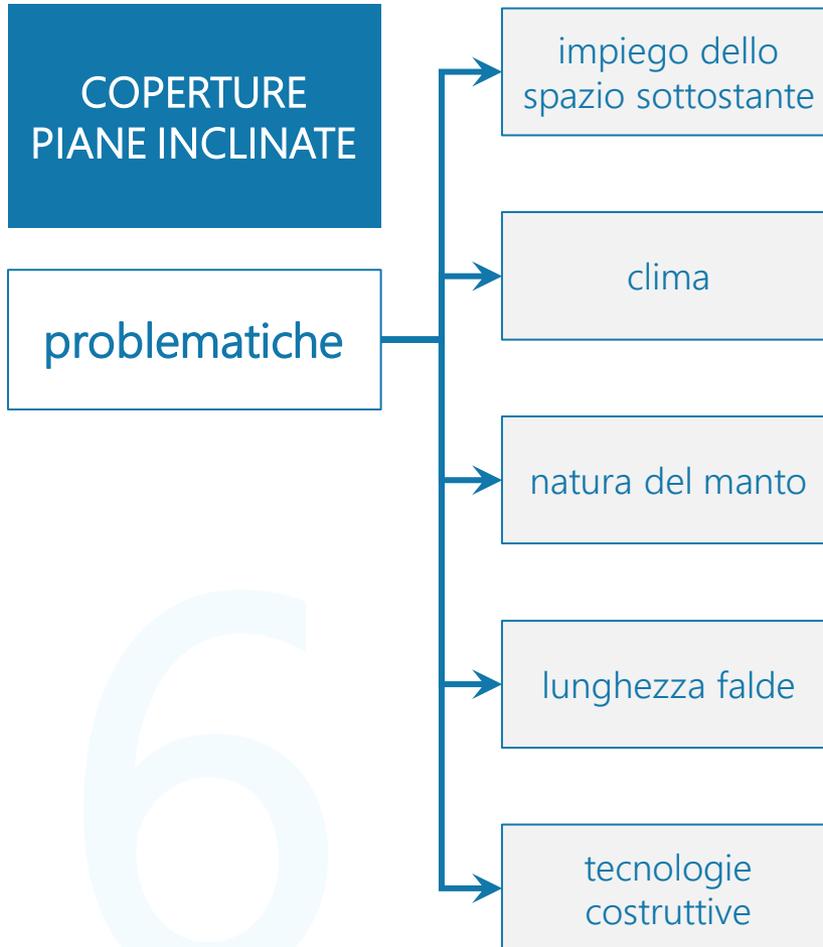
Classificazione per complessità



6.4

Gestione delle acque meteorologiche

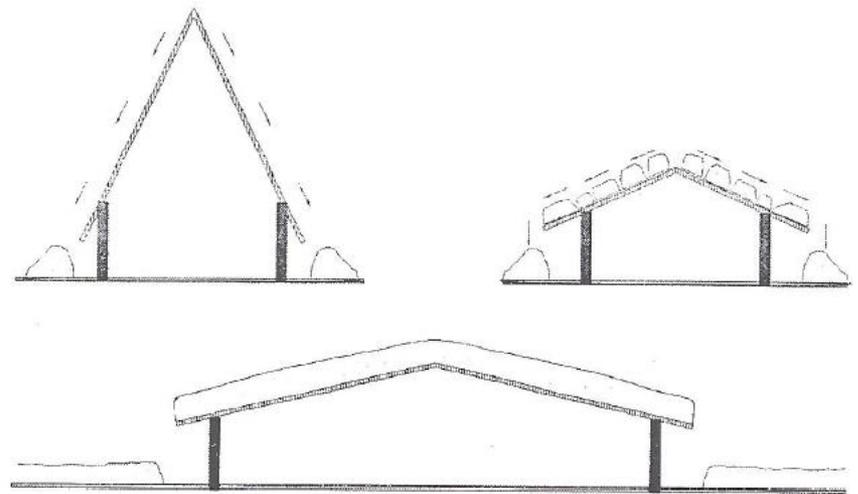
Problematiche generali



Area del tetto in proiezione orizzontale (m ²)	Diametro del canale di gronda (cm)	Diametro del pluviale (cm)
Fino a 10	8	4
Da 11 a 25	10	5
Da 26 a 50	12	7
Da 51 a 100	15	10
Da 101 a 200	18	10

Pendenza

Le **chiusure superiori inclinate** sono caratterizzate da una **configurazione geometrica** determinata dalla pendenza necessaria per il **corretto funzionamento dell'elemento di tenuta** (detto **manto** o tegumento). La chiusura risulta costituita da falde (piani inclinati) la cui pendenza è definita in funzione delle condizioni climatiche del luogo (**nevosità, ventosità e piovosità**). La nevosità è indice della quantità di neve che tende ad accumularsi sulle falde, costituendo un sovraccarico non trascurabile: a forte nevosità corrisponde pertanto forte pendenza al fine di agevolare lo scorrimento verso il basso della neve sulle falde, limitando quindi il sovraccarico.



Pendenza tipica delle coperture con manto in piccoli elementi in Italia

50 - 60% nelle zone alpine

45% nell'alto Appennino

35% nel Basso Appennino

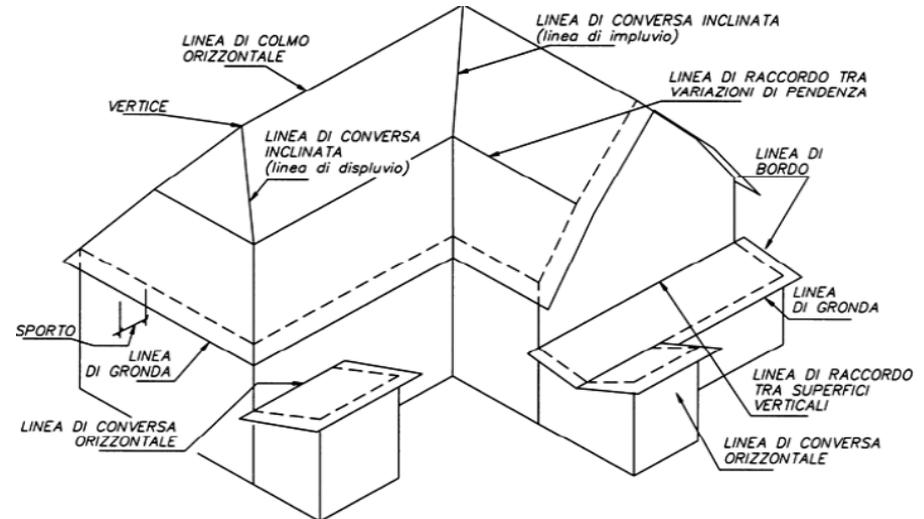
30 - 35% in Italia centrale

20 - 25% in Italia meridionale

Coperture inclinate: definizioni

La norma UNI 8091 introduce la terminologia per la descrizione della geometria dei tetti a falde:

- **falda di copertura**: superficie di copertura inclinata e geometricamente piana;
- linea di **colmo orizzontale**: linea, ad andamento orizzontale, intersezione di due superfici di copertura inclinate a pendenza di senso opposto e divergenti.
- linea di **colmo inclinata**, o **displuvio**: linea, ad andamento inclinato, intersezione laterale di due superfici contigue di copertura non normale alla linea di massima pendenza.
- linea di **gronda**: linea perimetrale inferiore di una superficie di copertura ad andamento orizzontale.
- linea di **conversa orizzontale**: linea, ad andamento orizzontale, intersezione di due superfici di copertura inclinate aventi pendenza di senso opposto e divergenti oppure intersezione di una superficie di copertura con altra verticale nel caso in cui formi un diedro acutangolo.



- linea di **conversa inclinata**, o **compluvio**: linea, ad andamento inclinato, non normale alle linee di massima pendenza, intersezione laterale di due superfici contigue di copertura oppure di una superficie di copertura con una superficie emergente verticale.

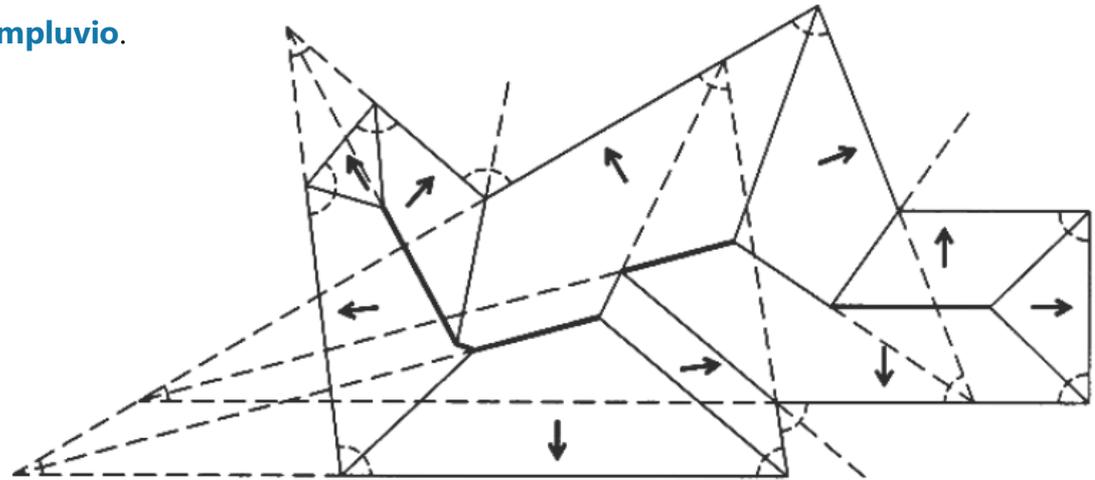
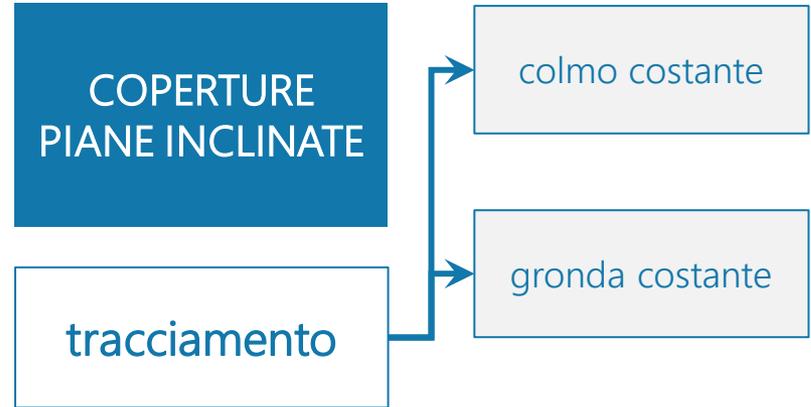
Coperture inclinate: tracciamento

In una copertura discontinua, le falde sono usualmente **tracciate** secondo il **metodo delle bisettrici**.

Le premesse sono che le linee di gronda di un solido si collocano alla medesima quota e le falde di copertura presentano la medesima pendenza.

Le linee di compluvio e displuvio sono determinate dalle bisettrici degli angoli formati da linee di gronda adiacenti:

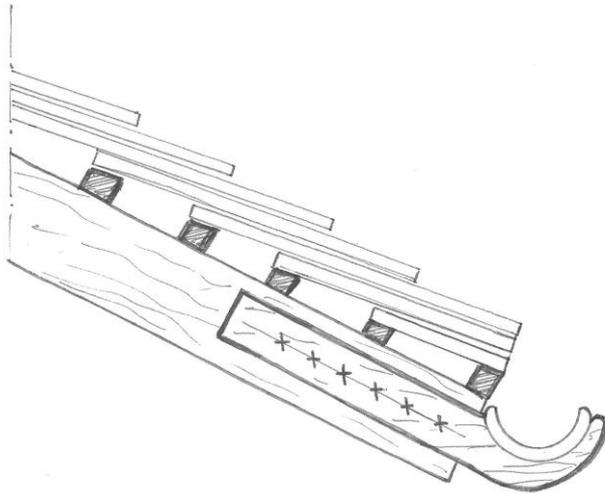
- angoli **concavi** formano linee di **displuvio**;
- angoli **convessi** formano linee di **compluvio**.



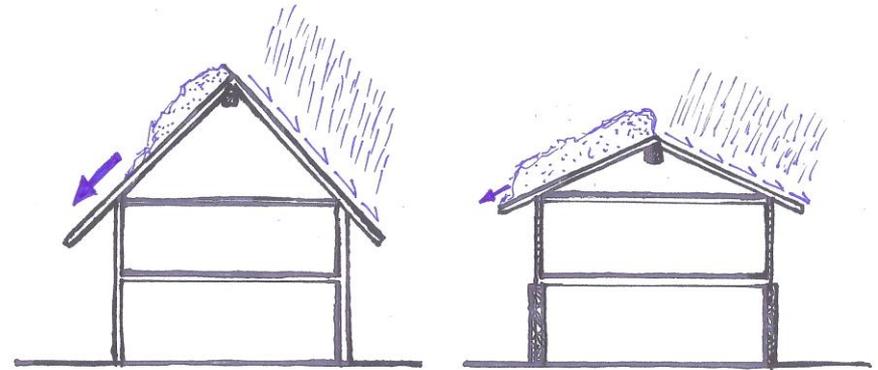
6

Coperture inclinate: finitura

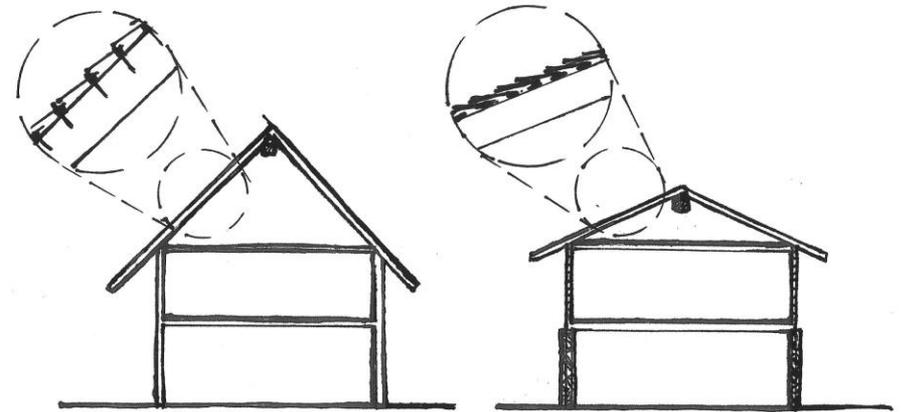
La copertura costituisce l'elemento tecnico d'involucro più **vulnerabile** agli agenti atmosferici e, in generale, alle sollecitazioni provenienti dall'ambiente esterno. Alla luce di ciò, la copertura è caratterizzata da una forte correlazione tra la sua **forma**, i **materiali impiegati** e le **condizioni climatiche** del luogo.



Esempio di manto di copertura in scandole lignee in cui la tenuta all'acqua è assicurata dalla sovrapposizione delle stesse



Influenza della pendenza della copertura sulle precipitazioni (sopra) e sulla tipologia di solidarizzazione del manto di finitura



Coperture orizzontali

COPERTURE
PIANE
ORIZZONTALI

massetto
di pendenza

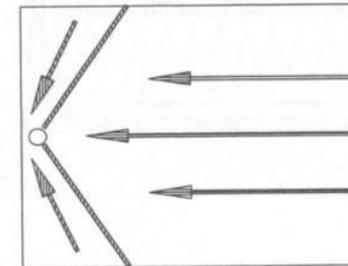
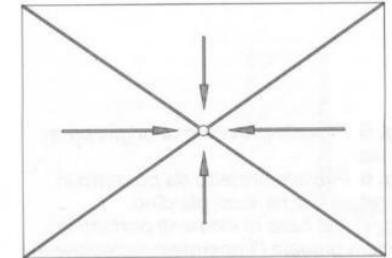
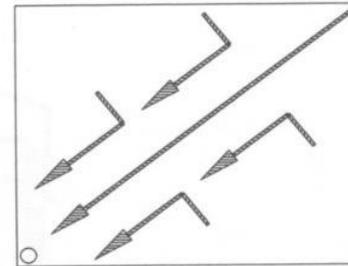
pendenza minima
1%

altezza al minimo
3-5 cm

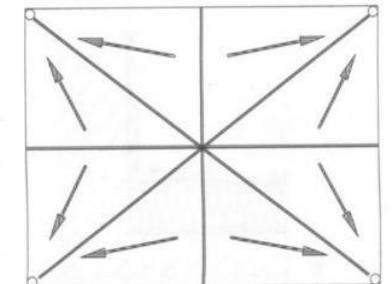
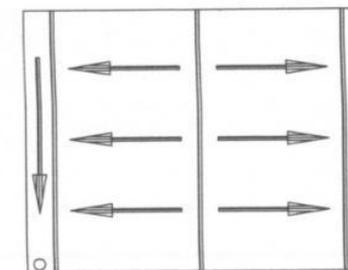
diviso per settori

realizzato a secco
o a umido

deflusso
3 litri / mq



DISPOSIZIONE
DEI PUNTI
DI RACCOLTA



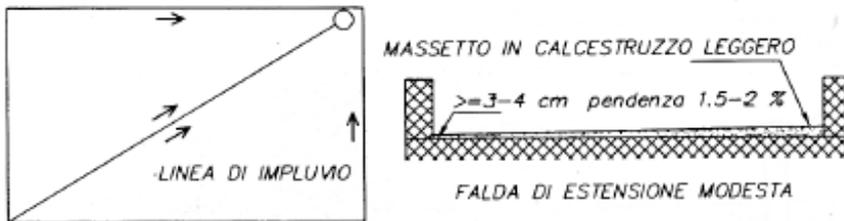
6

Coperture orizzontali

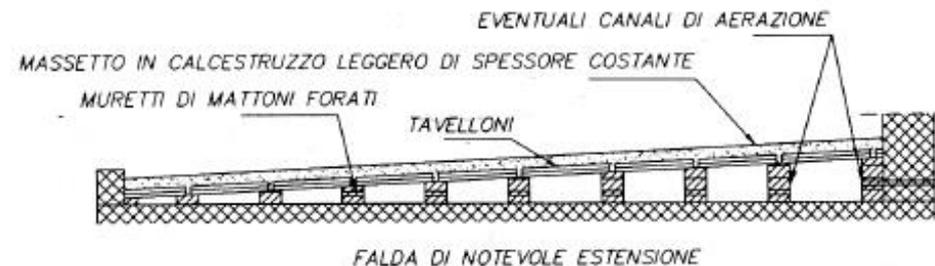
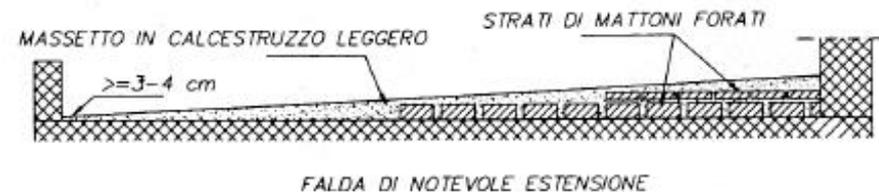
Le chiusure superiori **continue** sono definite comunemente **tetti piani** o **a terrazzo** per la **configurazione piana ed orizzontale** consentita dalla presenza dell'elemento di **tenuta**. Le coperture continue orizzontali sono infatti dotate di una **minima pendenza, variabile tra l'1% e il 5%**, tale da assicurare l'**allontanamento** delle **acque meteoriche** per scorrimento verso i punti di raccolta; esse sono convogliate verso i pluviali.

Non sono caratterizzate da un buon comportamento in caso di forti precipitazioni nevose o piovose poiché l'**accumulo** di neve, o il ristagno di acqua, determinano **sovraccarichi considerevoli** sulla chiusura nonché rischio di **infiltrazione** attraverso i punti critici dell'elemento di tenuta.

Caratteristica dei tetti a terrazzo è la loro **praticabilità**, ossia la possibilità di essere utilizzati dagli utenti per lo svolgimento di varie attività.



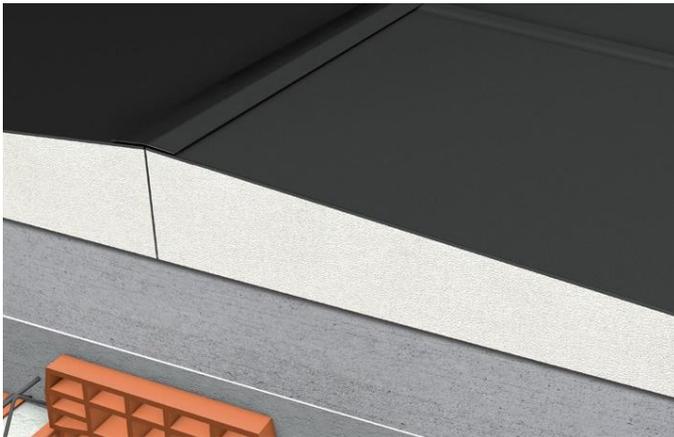
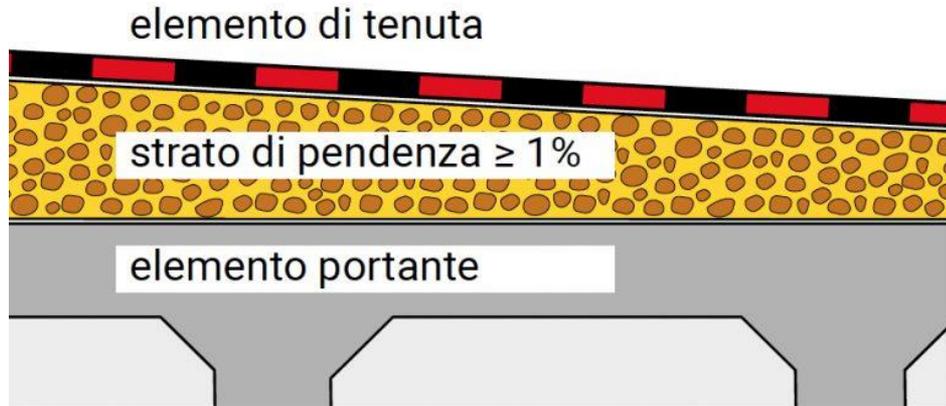
PIANTA DELLE PENDENZE



Coperture orizzontali

COPERTURE
PIANE
ORIZZONTALI

massetto
di pendenza



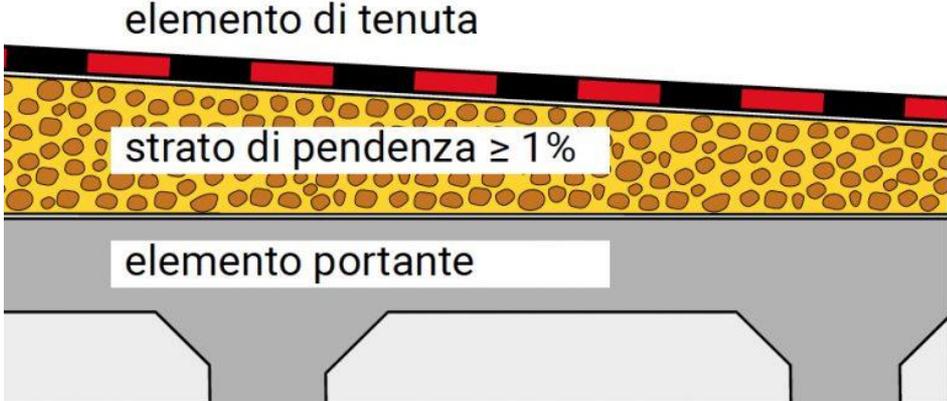
Coperture orizzontali

COPERTURE
PIANE
ORIZZONTALI

massetto
di pendenza



MASSETTO DI PENDENZA
REALIZZATO A SECCO



Coperture orizzontali

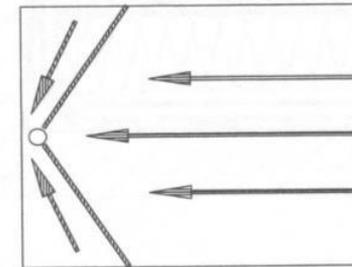
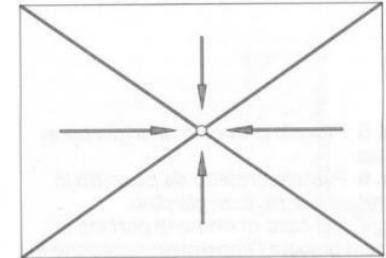
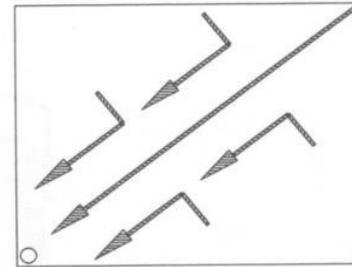
COPERTURE
PIANE
ORIZZONTALI

attacco pluviali

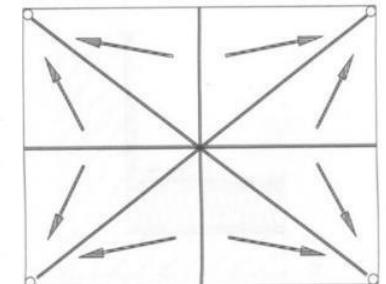
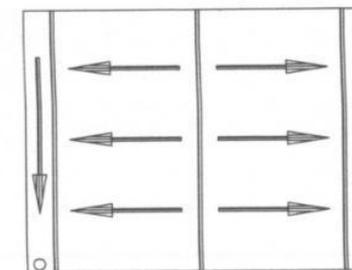
posizionati alla
quota minore
di copertura

corona rivestita in
materiale
impermeabile

bocchettoni
provvisi di griglia
parafoglia

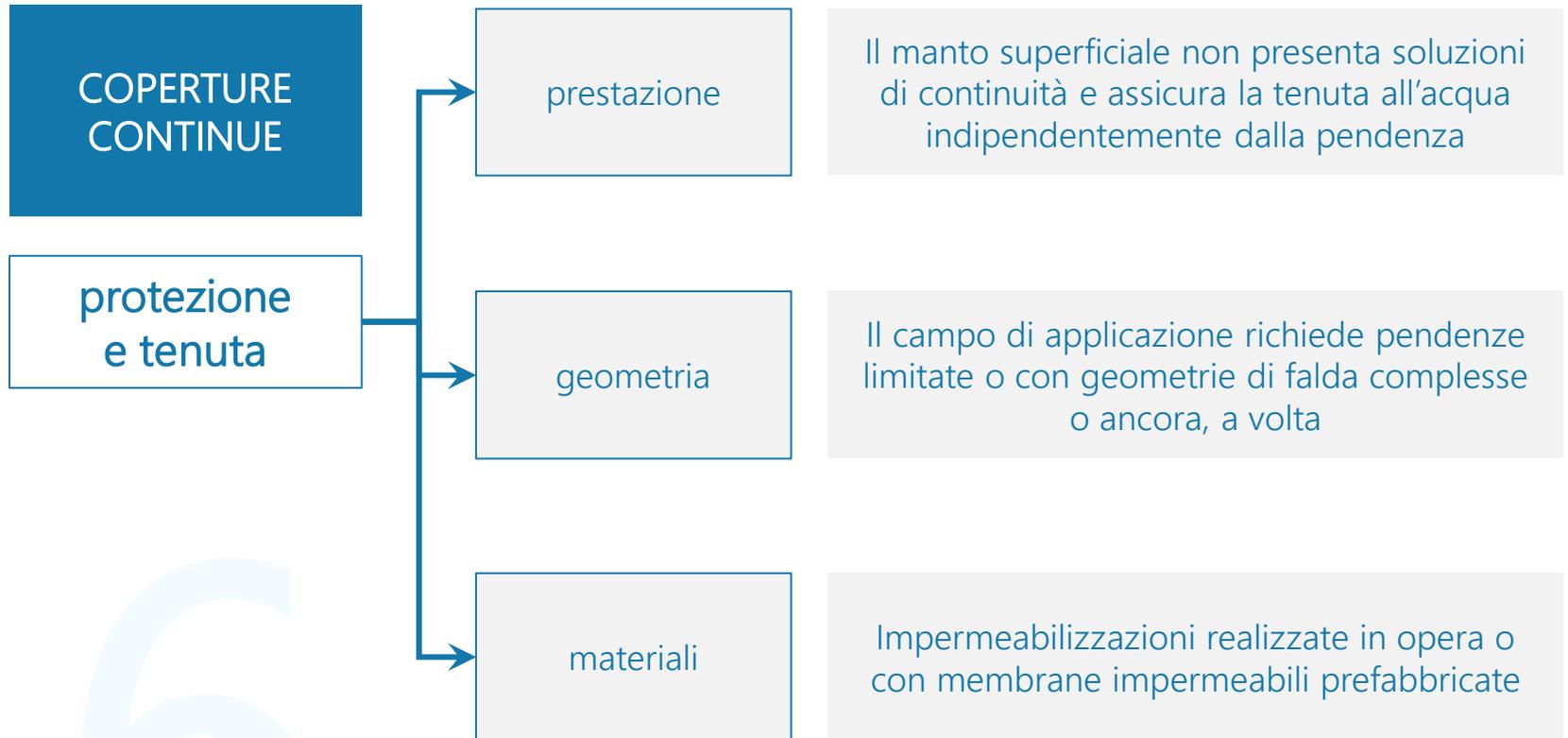


DISPOSIZIONE
DEI PUNTI
DI RACCOLTA

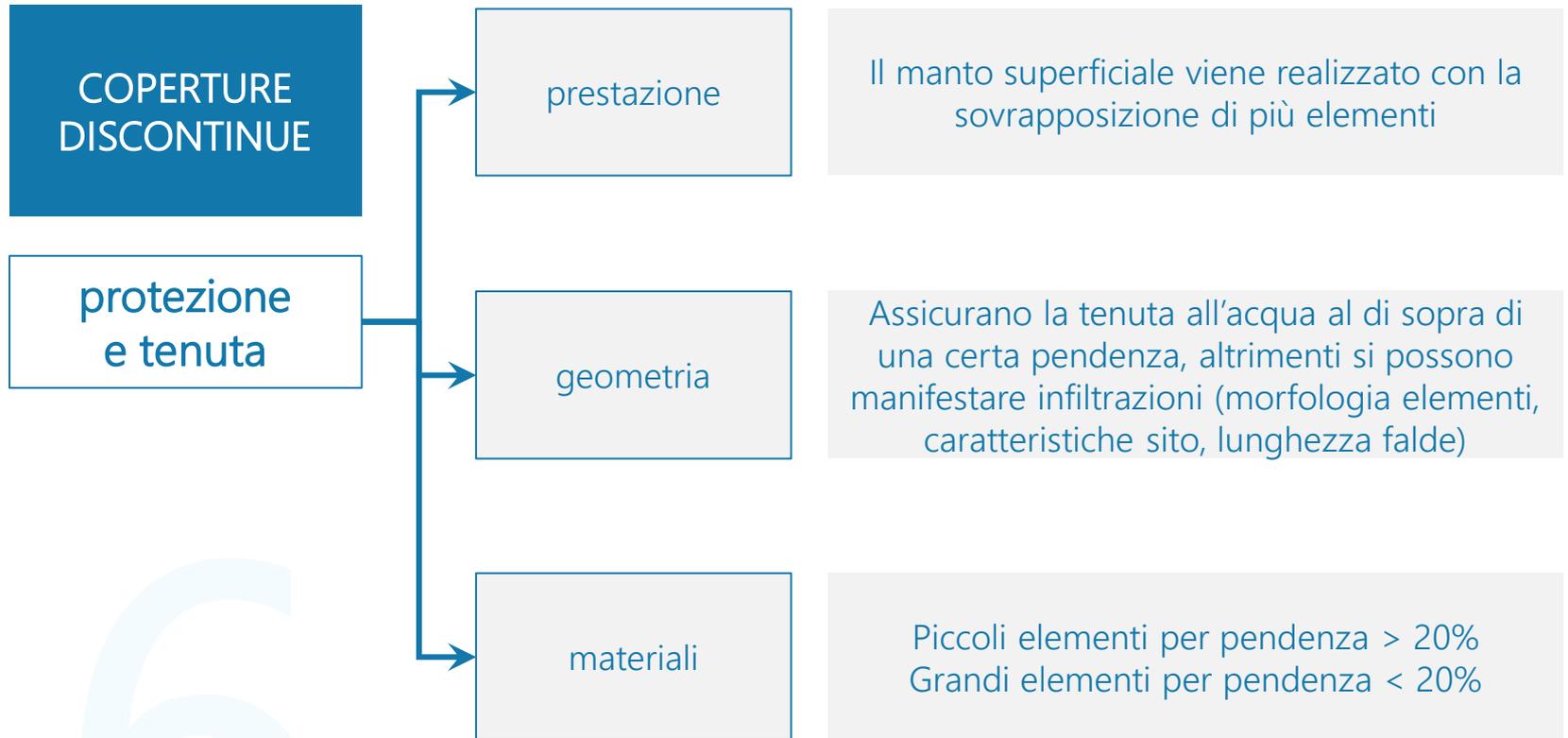


6

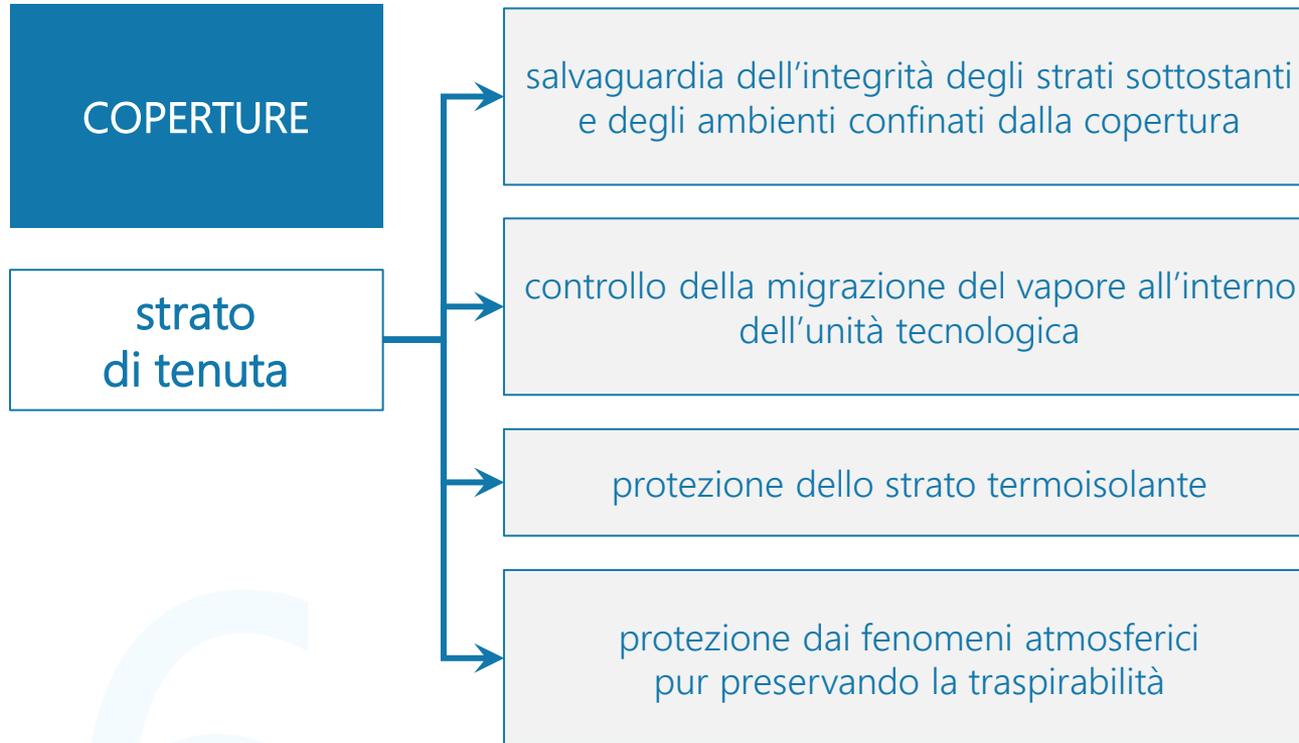
Tenuta all'acqua



Tenuta all'acqua

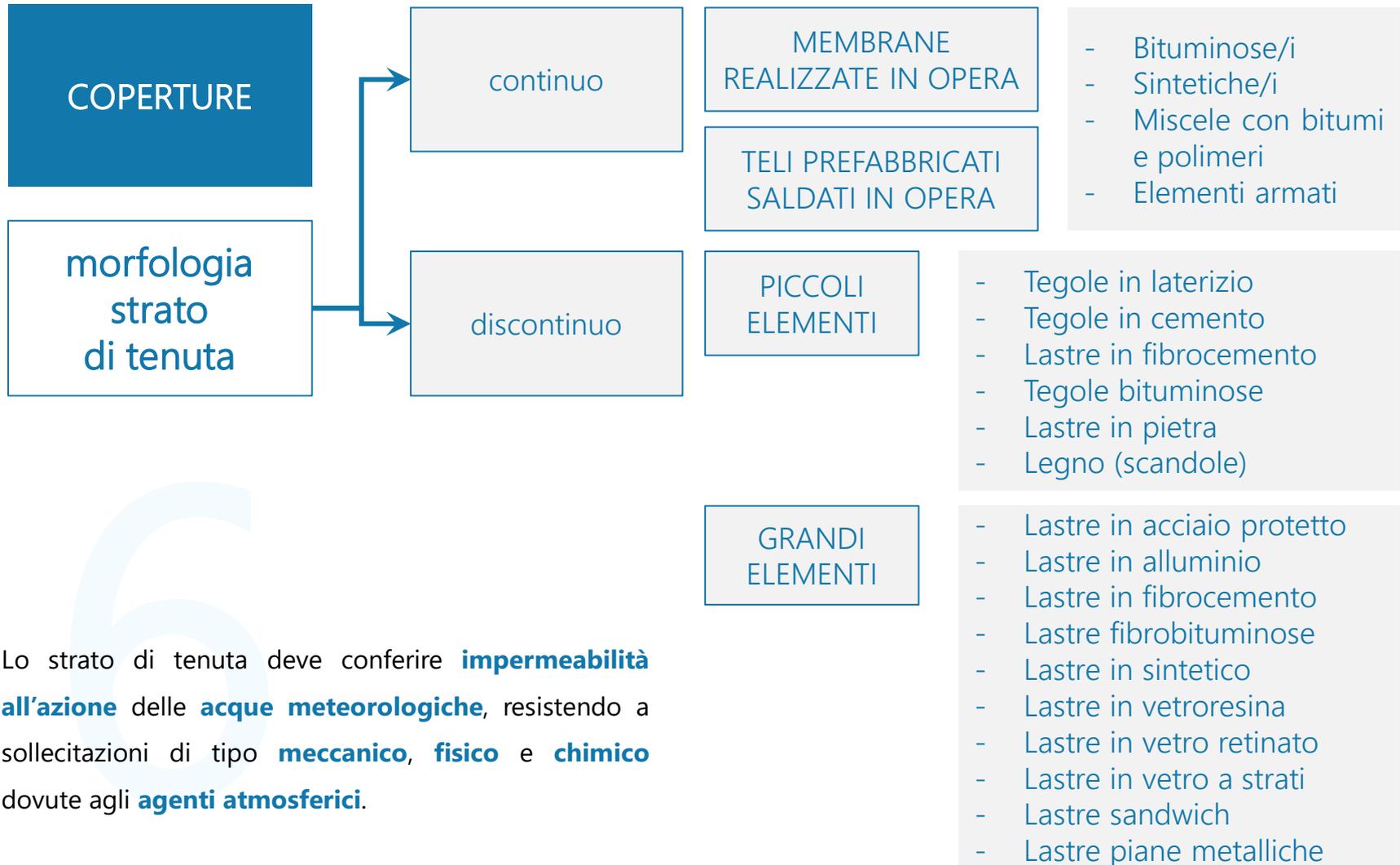


Tenuta all'acqua



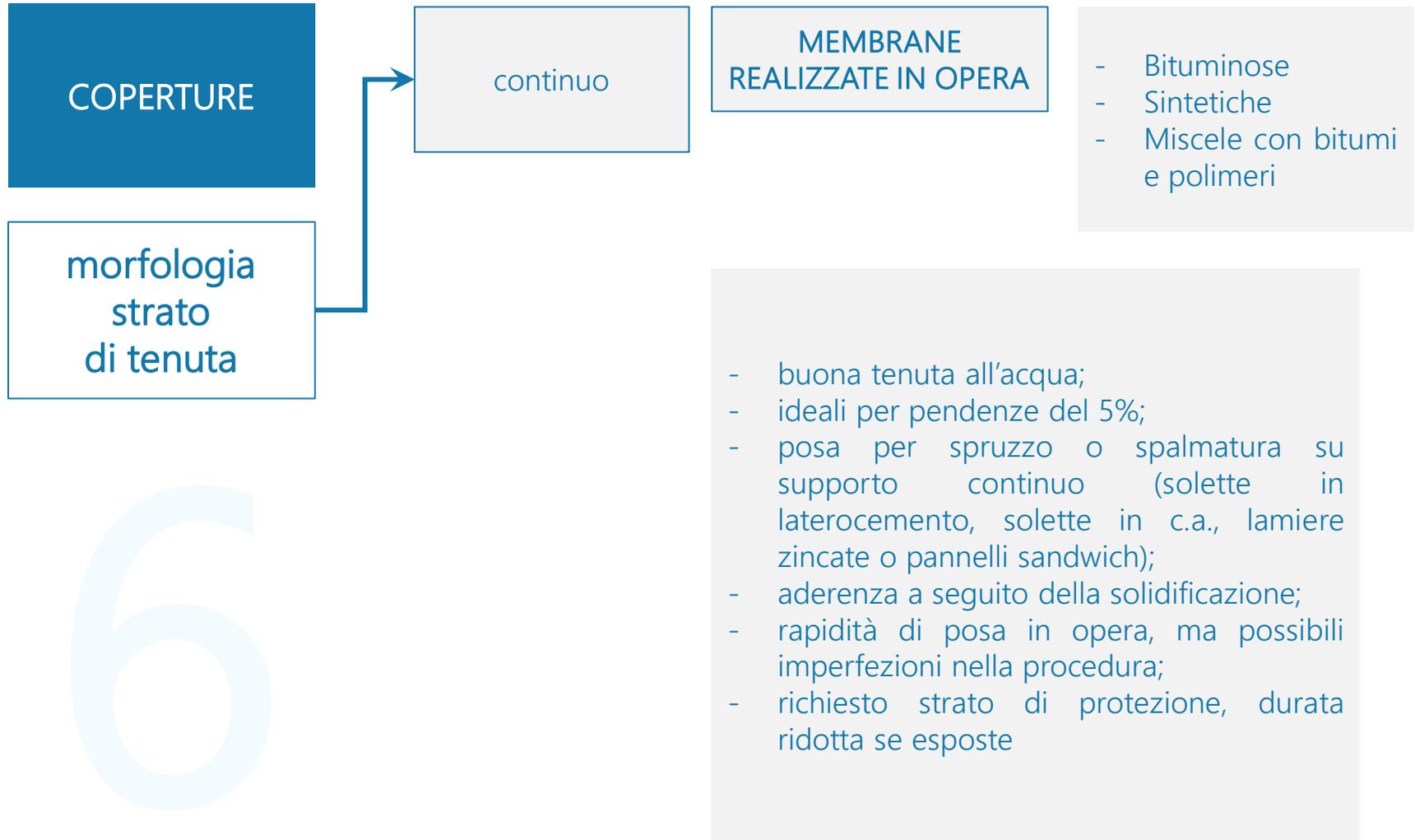
Lo strato di tenuta deve conferire **impermeabilità all'azione** delle **acque meteorologiche**, resistendo a sollecitazioni di tipo **meccanico**, **fisico** e **chimico** dovute agli **agenti atmosferici**.

Tenuta all'acqua



Lo strato di tenuta deve conferire **impermeabilità all'azione** delle **acque meteorologiche**, resistendo a sollecitazioni di tipo **meccanico**, **fisico** e **chimico** dovute agli **agenti atmosferici**.

Tenuta all'acqua

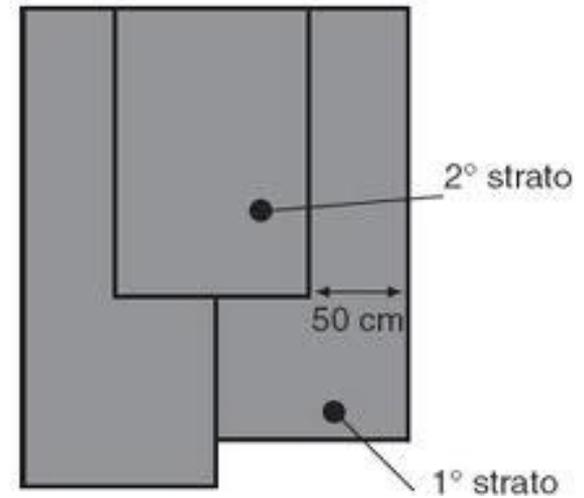


6

Tenuta all'acqua



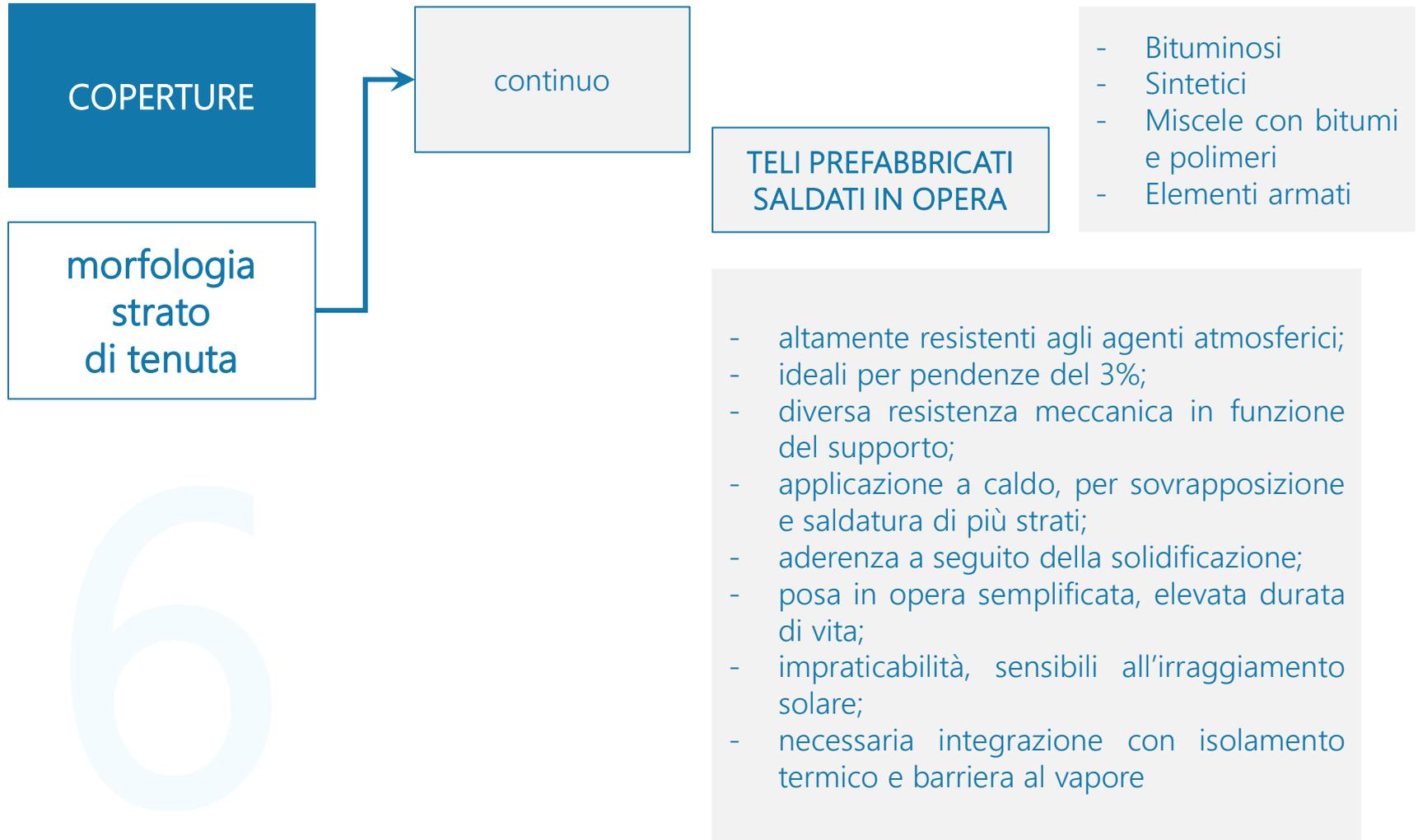
Tenuta all'acqua



Tenuta all'acqua



Tenuta all'acqua

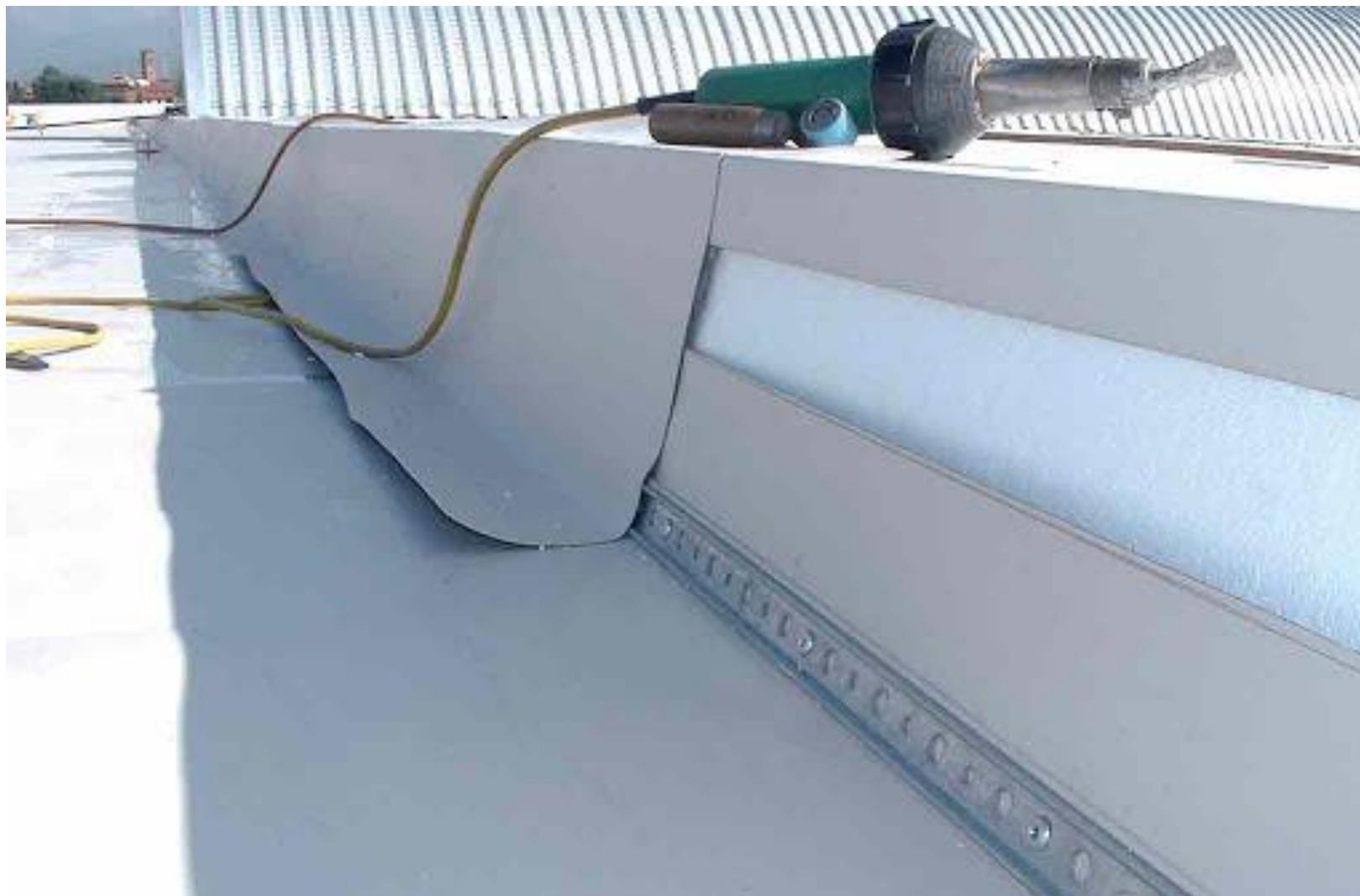


6

Tenuta all'acqua



Tenuta all'acqua



Tenuta all'acqua



Tenuta all'acqua

COPERTURE

morfologia
strato
di tenuta

discontinuo

PICCOLI
ELEMENTI

- Tegole in laterizio
- Tegole in cemento
- Lastre in fibrocemento
- Tegole bituminose
- Lastre in pietra
- Legno (scandole)

6

- posa su supporti piani oppure lineari, per adesione, fissaggio meccanico, incastro, sovrapposizione
- adatti a pendenze superiori al 20%;
- media resistenza meccanica, buona durabilità, permeabilità ridotta;
- necessario elevato numero di giunti e fissaggi;
- peso non trascurabile;
- necessaria integrazione con isolamento termico e barriera al vapore

Tenuta all'acqua



coppo



embrice



marsigliese



portoghese

6

Tenuta all'acqua

COPERTURE

- posa su supporti piani o lineari, con sovrapposizione e fissaggio per incastro o avvitamento;
- leggerezza, rapidità e semplicità di montaggio, ridotto numero di giunti, dimensioni standardizzate;
- resistenza termica ridotta, sensibilità a corrosione e degrado;
- necessaria integrazione con isolamento termico e barriera al vapore

morfologia
strato
di tenuta

discontinuo

GRANDI ELEMENTI

- Lastre in acciaio protetto
- Lastre in alluminio
- Lastre in fibrocemento
- Lastre fibrobituminose
- Lastre in sintetico
- Lastre in vetroresina
- Lastre in vetro retinato
- Lastre in vetro a strati
- Lastre sandwich
- Lastre piane metalliche

Chiusure orizzontali superiori. La ricerca del comfort

Tenuta all'acqua

47



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



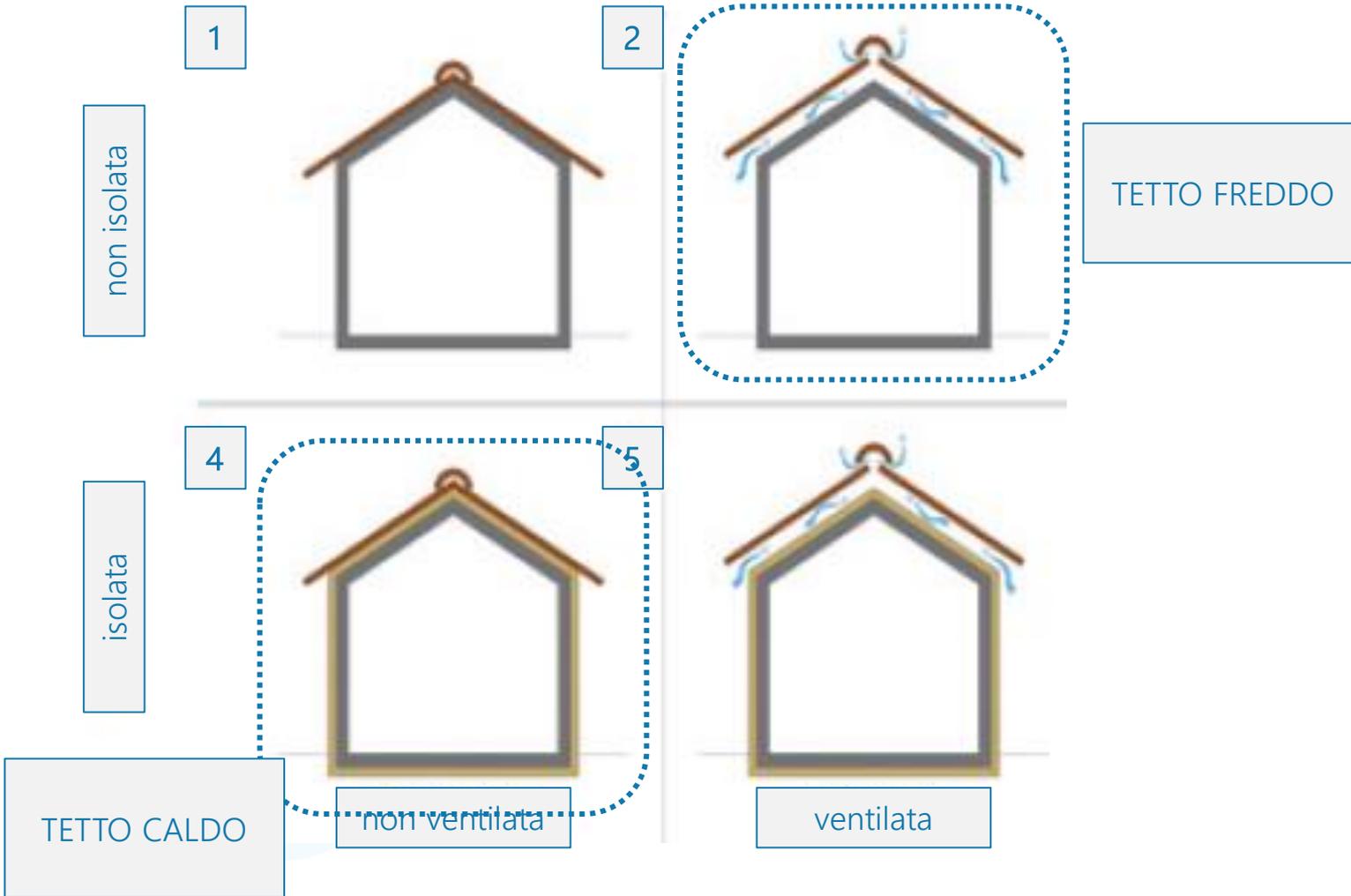
Carlo Antonio Stival
Metodi e Strumenti di Progettazione Tecnologica

6

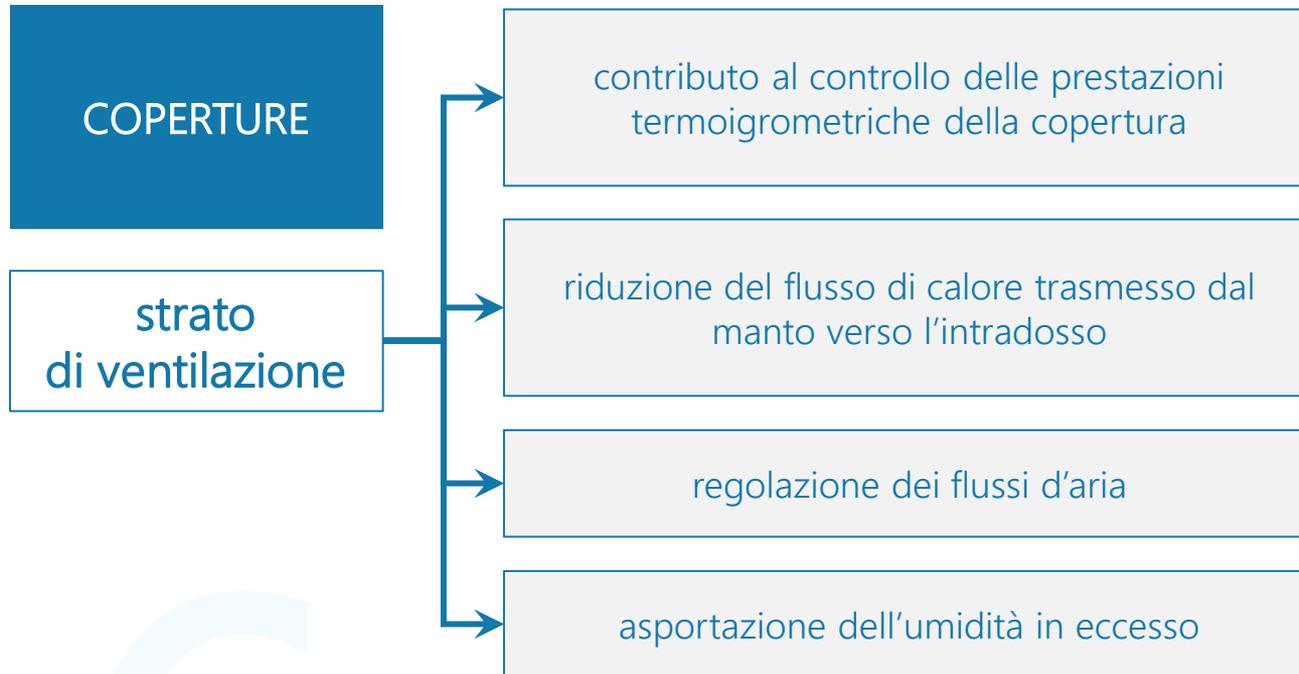
6.5

Gestione dei flussi termici

Comportamento termoigrometrico



Comportamento termoigrometrico



6

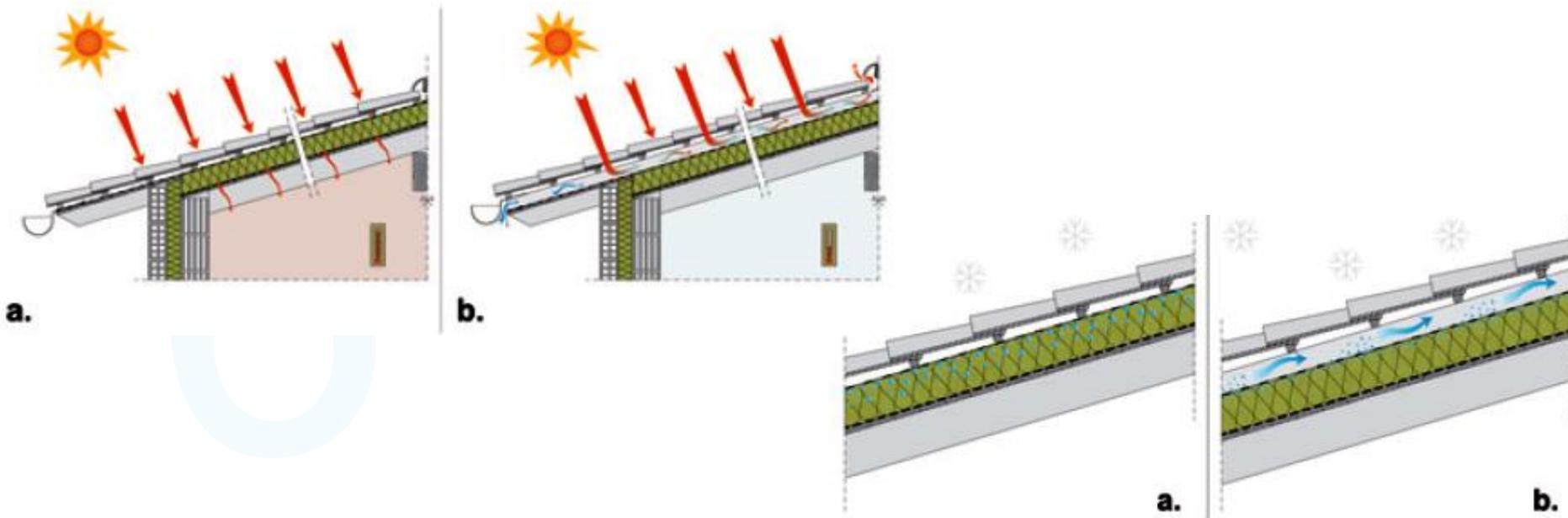
Comportamento termoigrometrico

La **ventilazione** della **copertura** permette il miglioramento delle **prestazioni in regime dinamico**, in particolare:

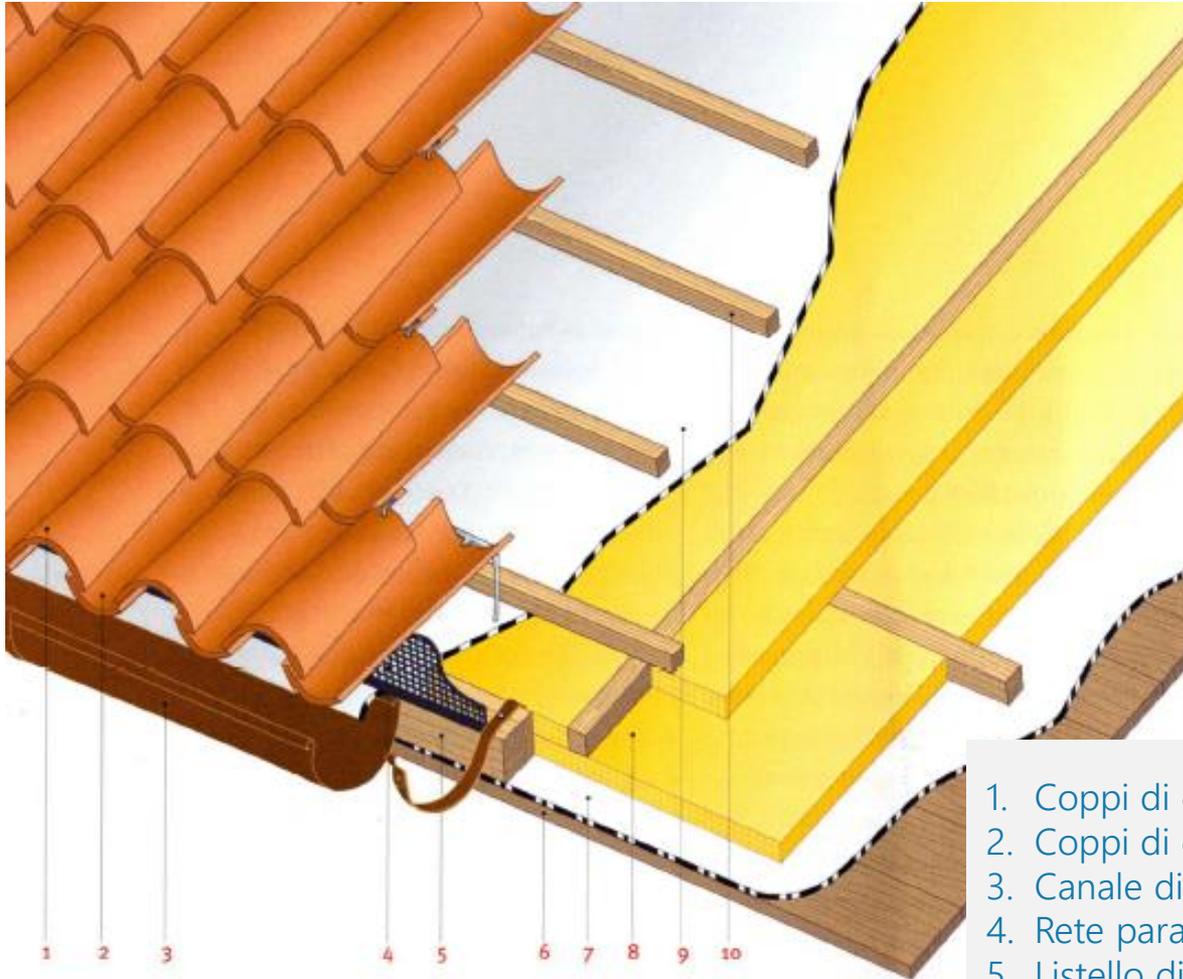
- consente di **asportare** parte dell'**energia termica solare** incidente sulla copertura (stagione estiva);
- trasferisce verso l'esterno il vapore acqueo contenuto nell'aria interna evitando la condensa ed il ristagno in prossimità dello strato isolante (stagione invernale).

Una copertura si considera ventilata quando nella successione degli strati funzionali è inserito uno **strato di ventilazione** collocato tra l'isolamento termico e il rivestimento esterno.

Non è ventilata una copertura realizzata con rivestimenti discontinui in cui è presente solo la **microventilazione** al di sotto del rivestimento stesso (detta **sottotegola**).



Comportamento termoigrometrico



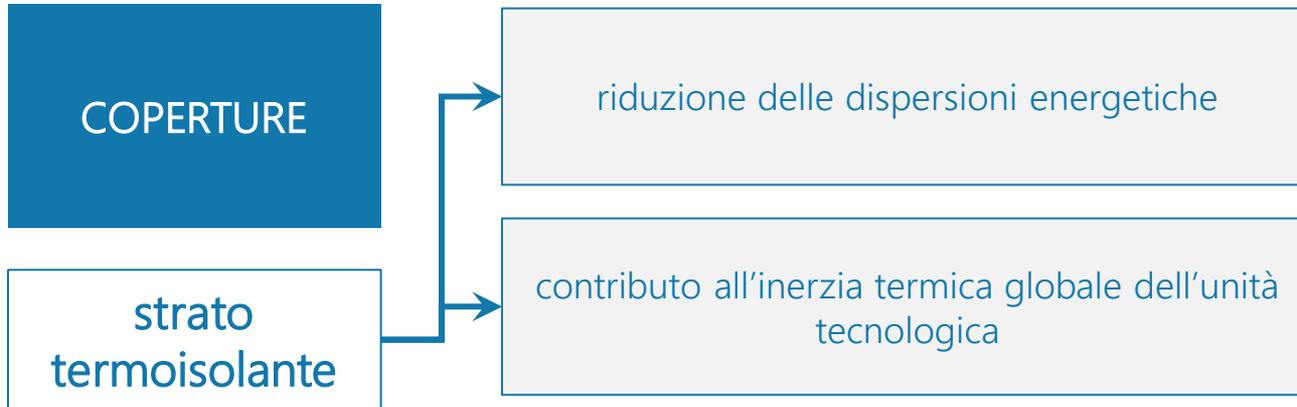
PRESE D'ARIA ALLA LINEA DI GRONDA

INTERCAPEDINE VENTILATA

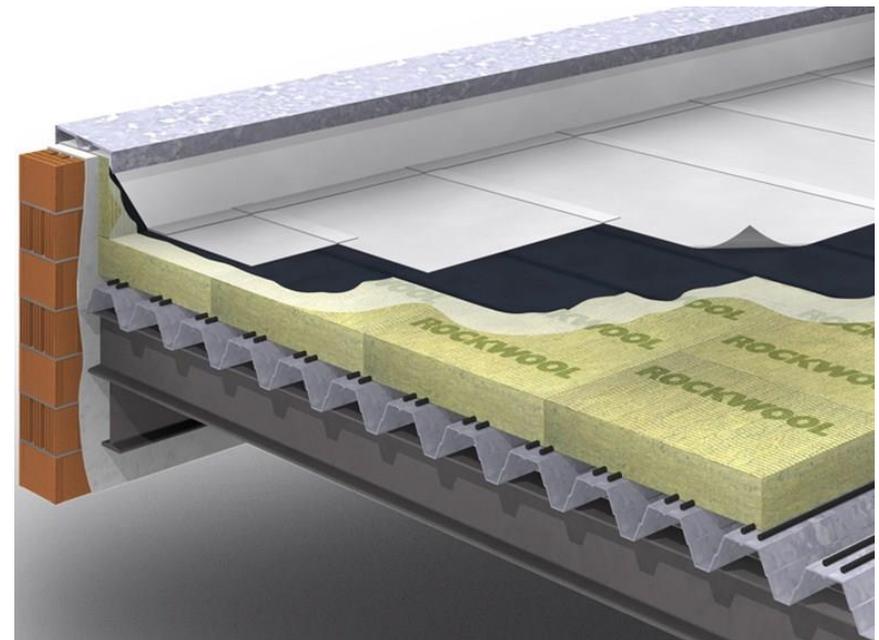
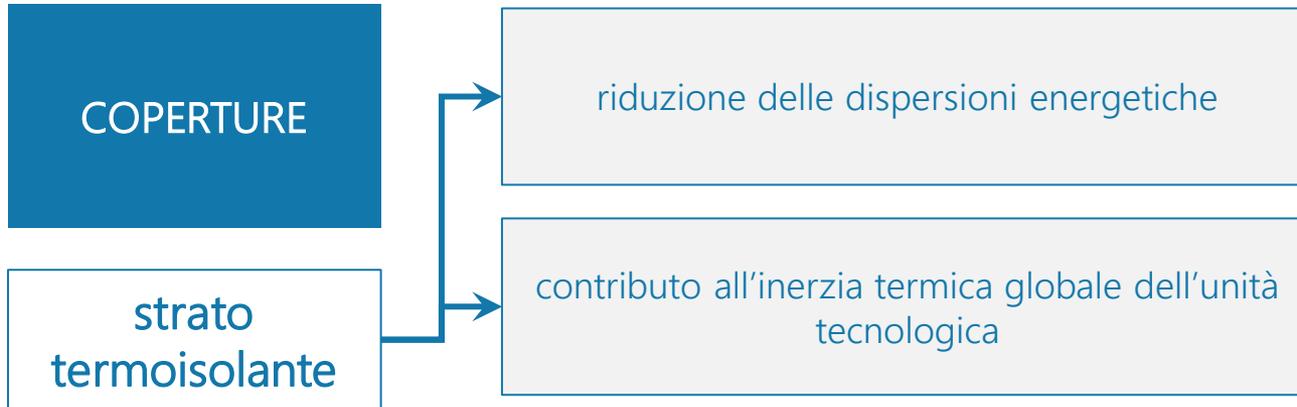
COLMO AERATO

1. Coppi di coperta
2. Coppi di canale
3. Canale di gronda
4. Rete parapasseri
5. Listello di battuta
6. Tavolato di posa
7. Barriera al vapore
8. Pannelli coibenti in doppio strato
9. Strato di tenuta all'acqua
10. Listelli di supporto al manto

Comportamento termoigrometrico



Comportamento termoigrometrico

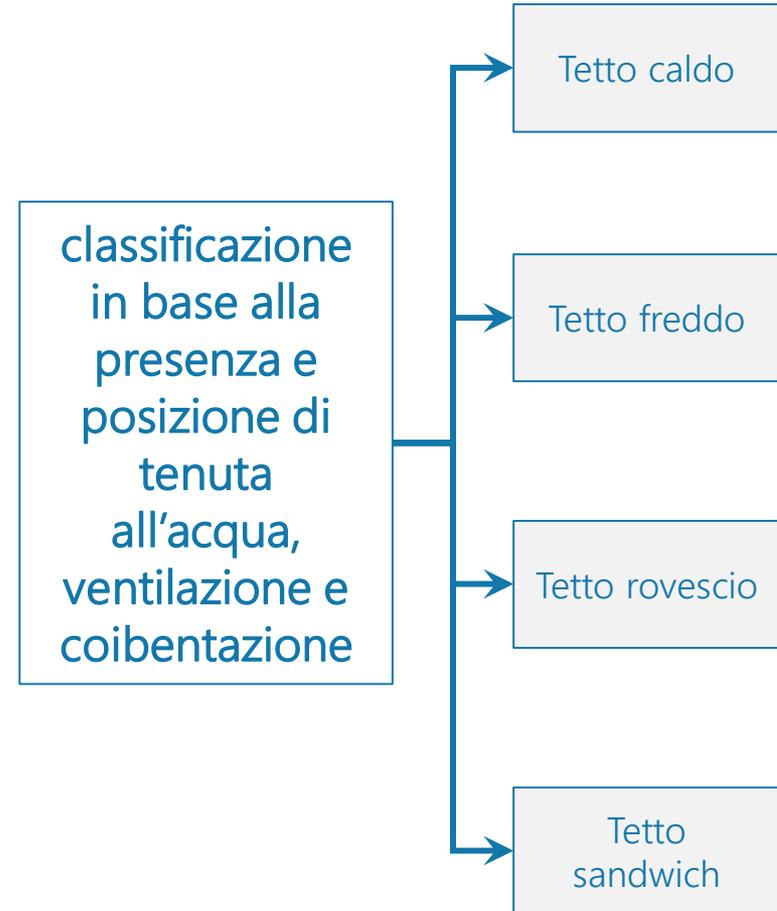


Nomenclatura

Differenti tipologie di chiusure derivano dalla combinazione di strati funzionali; le principali sono:

- tetto **caldo**;
- tetto **freddo**;
- tetto **rovescio**.

La **posizione** reciproca degli **strati principali** determina conseguenze rilevanti sul loro comportamento, sugli strati accessori da inserire e sulla scelta dei materiali da utilizzare.



Nomenclatura

TETTO FREDDO

Lo strato di tenuta all'acqua è posto SOPRA all'eventuale strato di isolamento termico, verso l'estradosso della copertura. È presente uno strato di ventilazione, sottotetto.

TETTO CALDO

Lo strato di tenuta all'acqua è posto SOPRA allo strato di isolamento termico, verso l'estradosso della copertura. È necessaria una barriera al vapore che eviti fenomeni di condensazione interstiziale. Privo di ventilazione o con ventilazione sottomanto.

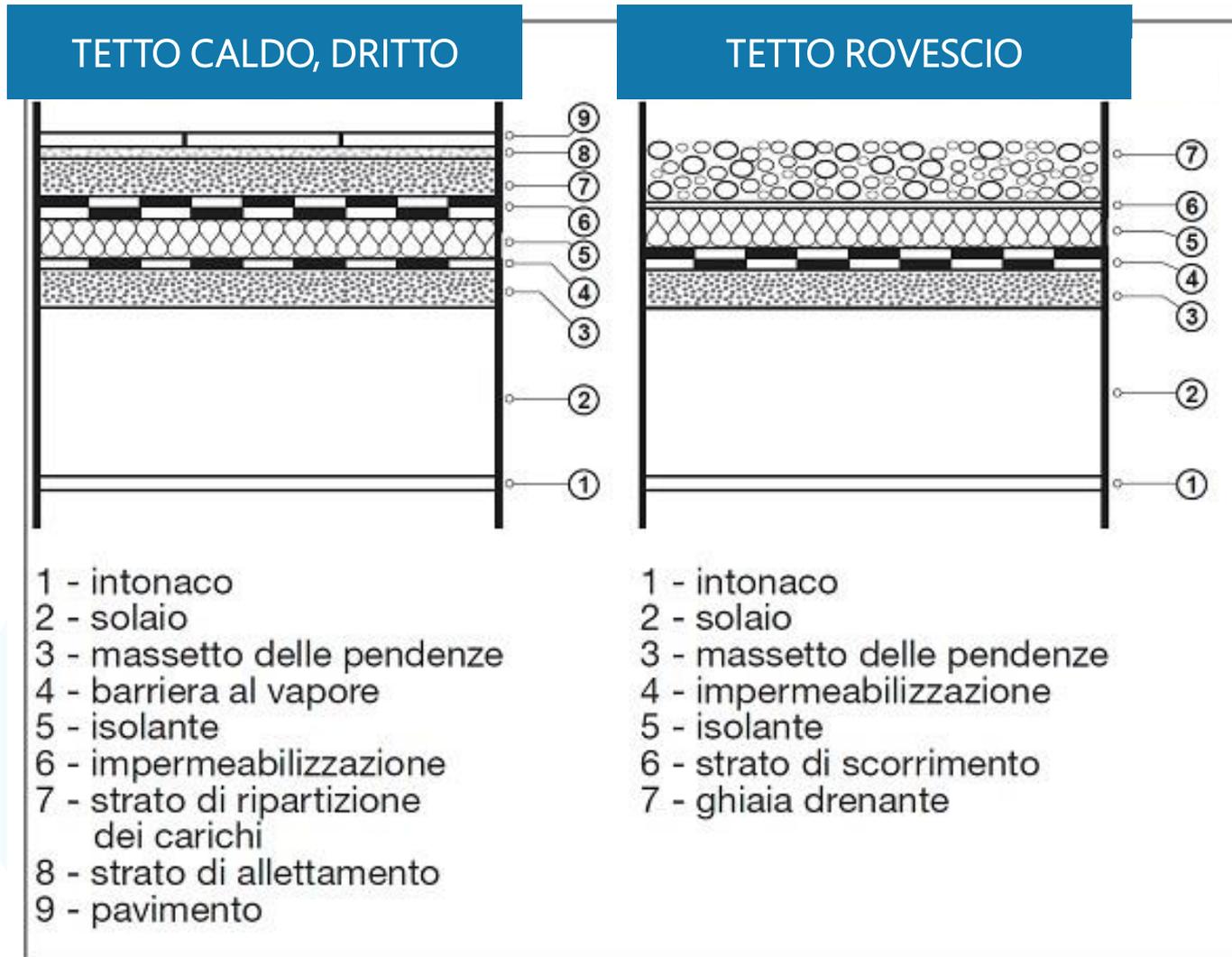
TETTO ROVESCIO

Lo strato di tenuta all'acqua è posto SOTTO allo strato di isolamento termico, verso l'intradosso della copertura. Lo strato termoisolante deve resistere alle sollecitazioni meccaniche indotte. Lo strato di tenuta svolge la funzione di barriera al vapore.

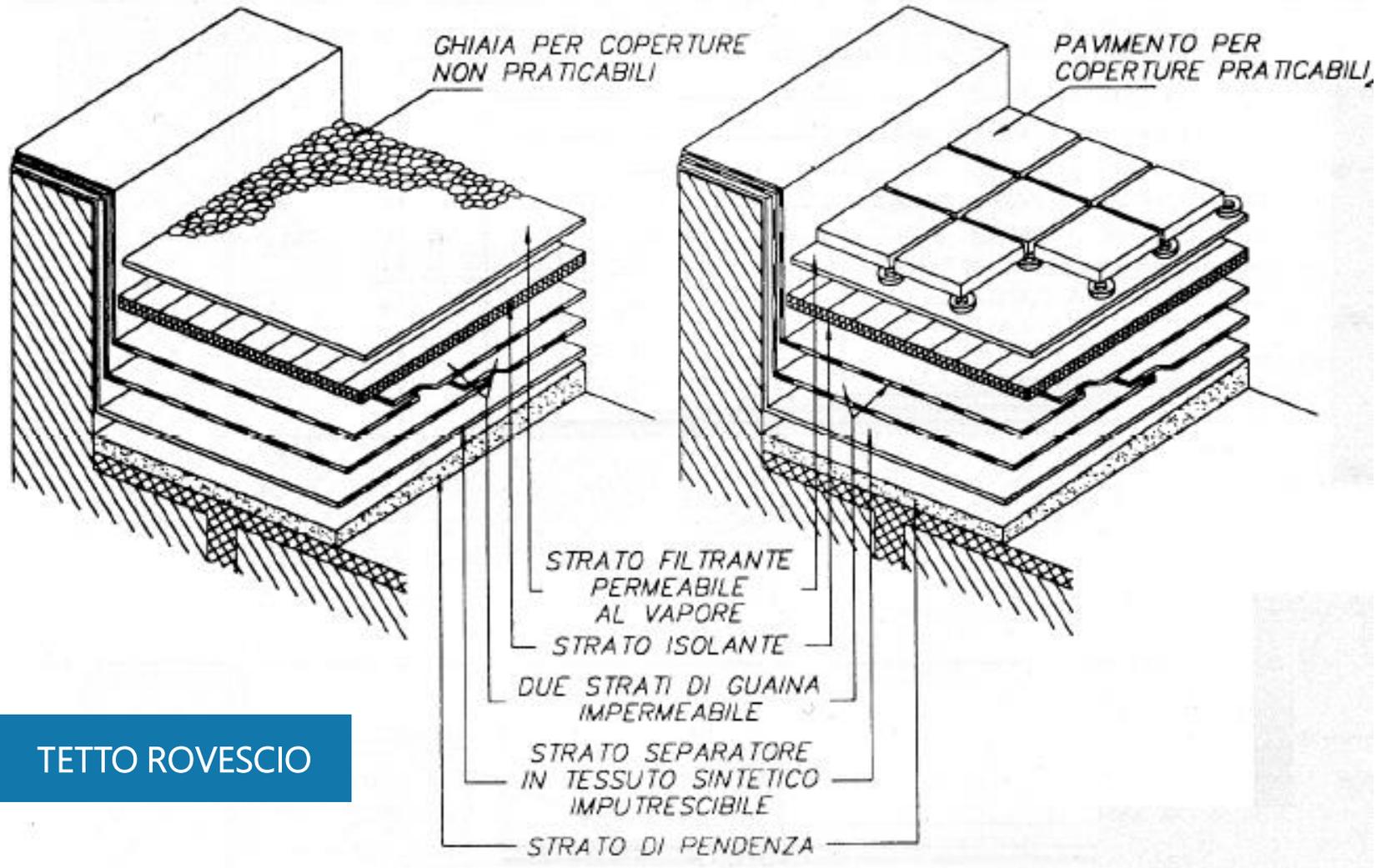
TETTO SANDWICH

Si utilizza in contesti in cui è necessario conferire elevate prestazioni di resistenza termica al sistema copertura; in essa sono presenti due distinti strati di isolamento termico ai quali è interposto lo strato di tenuta all'acqua.

Nomenclatura

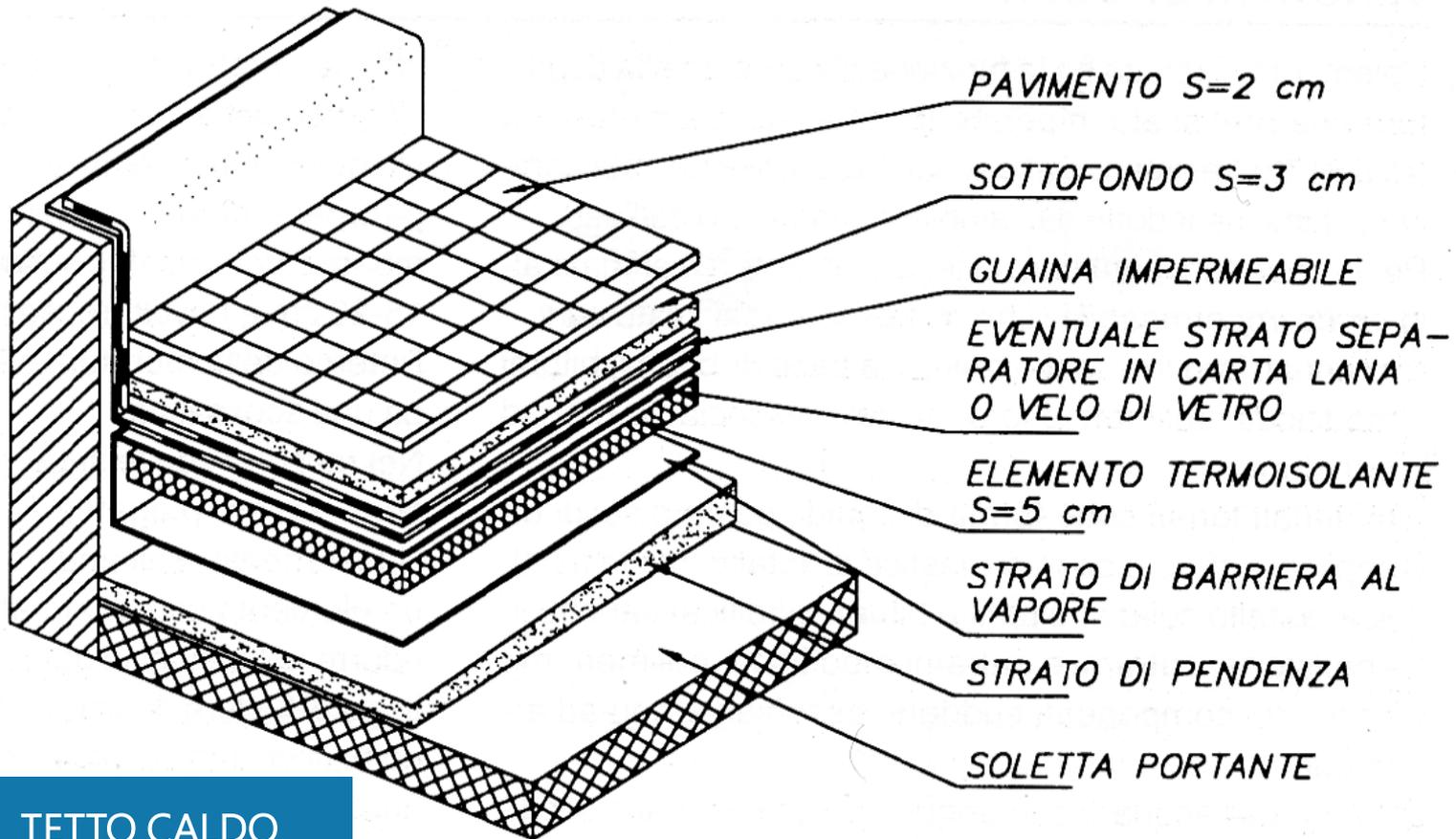


Nomenclatura



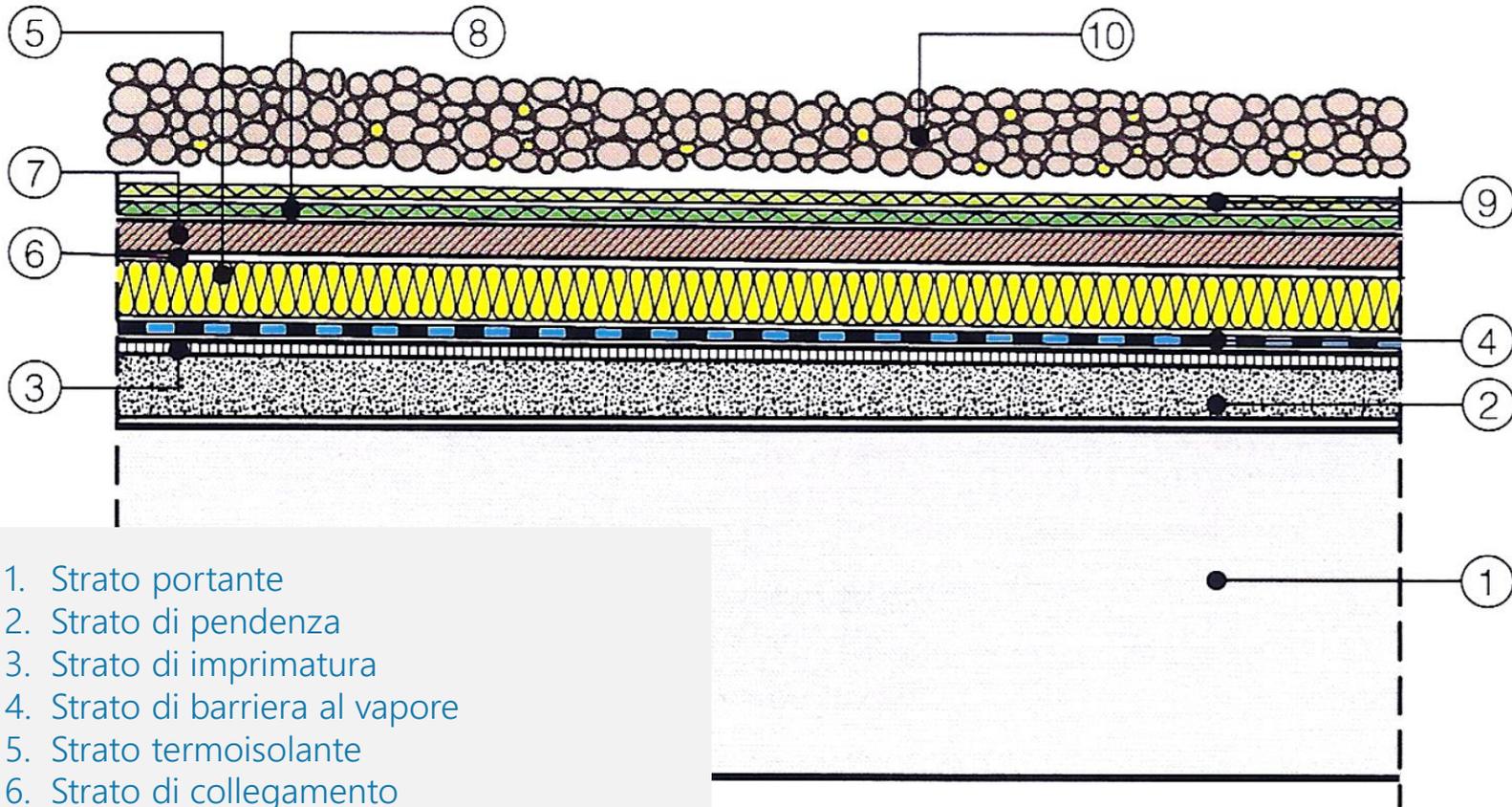
TETTO ROVESCIO

Nomenclatura



TETTO CALDO

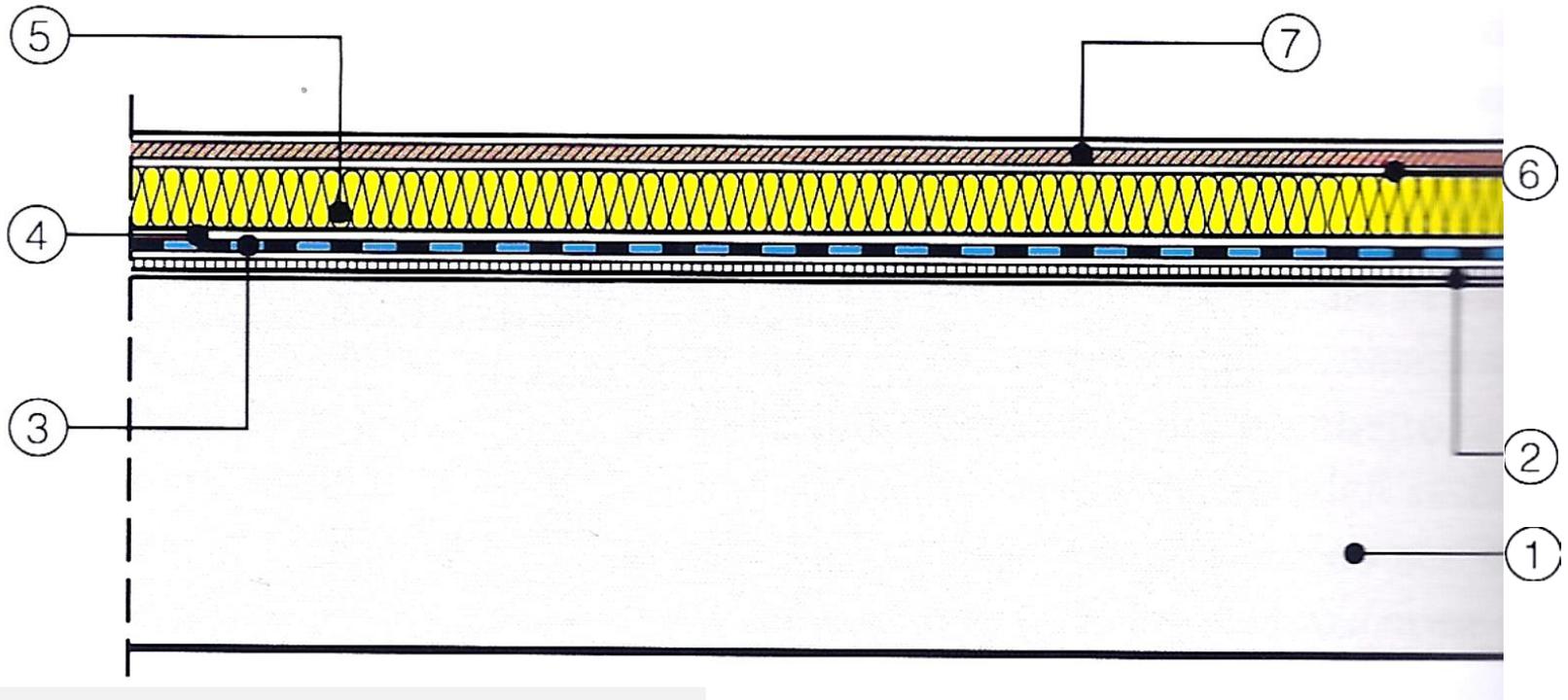
Nomenclatura



- 1. Strato portante
- 2. Strato di pendenza
- 3. Strato di imprimatura
- 4. Strato di barriera al vapore
- 5. Strato termoisolante
- 6. Strato di collegamento
- 7. Strato di tenuta
- 8. Strato di protezione
- 9. Strato di separazione
- 10. Strato di zavorramento incoerente

COPERTURA CALDA NON PEDONABILE
CON ZAVORRAMENTO

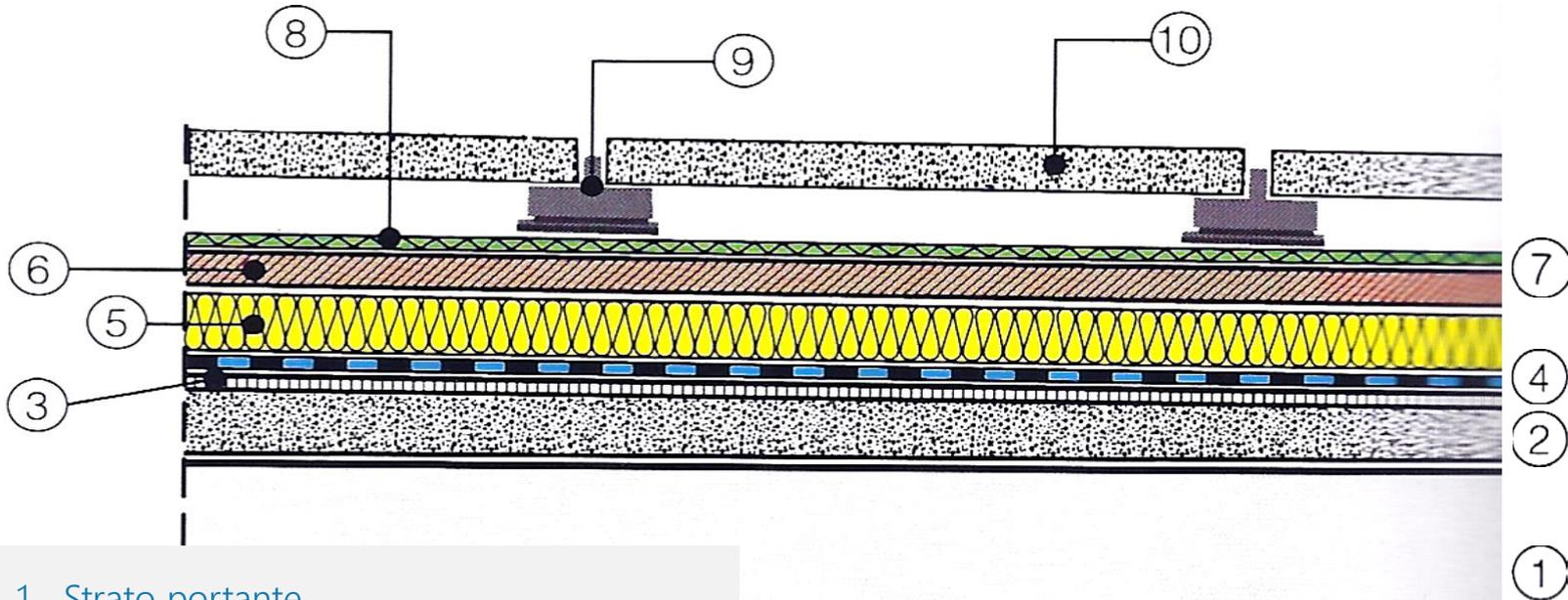
Nomenclatura



1. Strato portante
2. Strato di imprimatura
3. Strato di barriera al vapore
4. Strato di collegamento
5. Strato termoisolante
6. Strato di collegamento
7. Strato di tenuta autoprotetto

COPERTURA CALDA NON PEDONABILE

Nomenclatura



- 1. Strato portante
- 2. Strato di pendenza
- 3. Strato di imprimatura
- 4. Strato di barriera al vapore
- 5. Strato termoisolante
- 6. Doppio strato di tenuta
- 7. Strato di collegamento
- 8. Strato di protezione meccanica
- 9. Elementi tecnici di supporto
- 10. Strato di finitura calpestabile

COPERTURA CALDA PEDONABILE
CON ZAVORRAMENTO

6.6

Coperture verdi

Tipologie



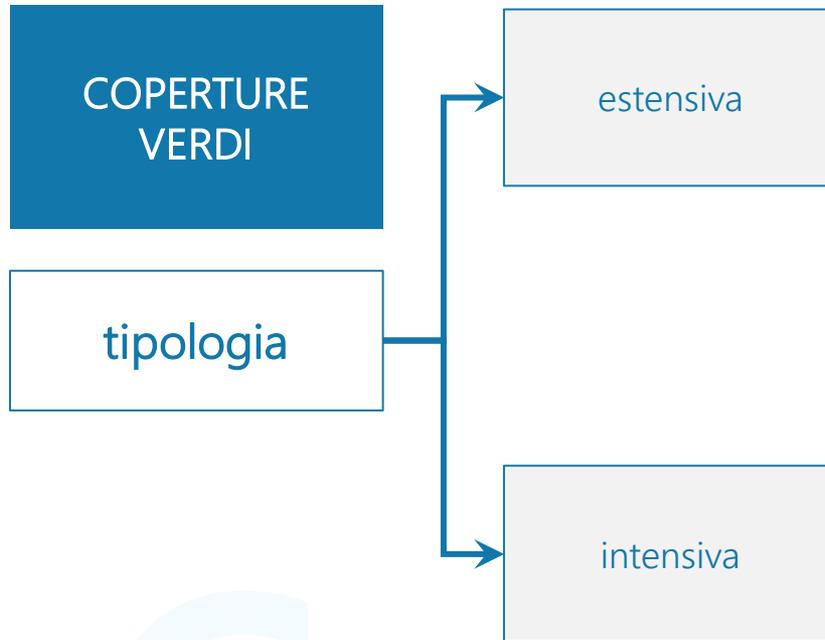
Tipologie



Tipologie



Tipologie

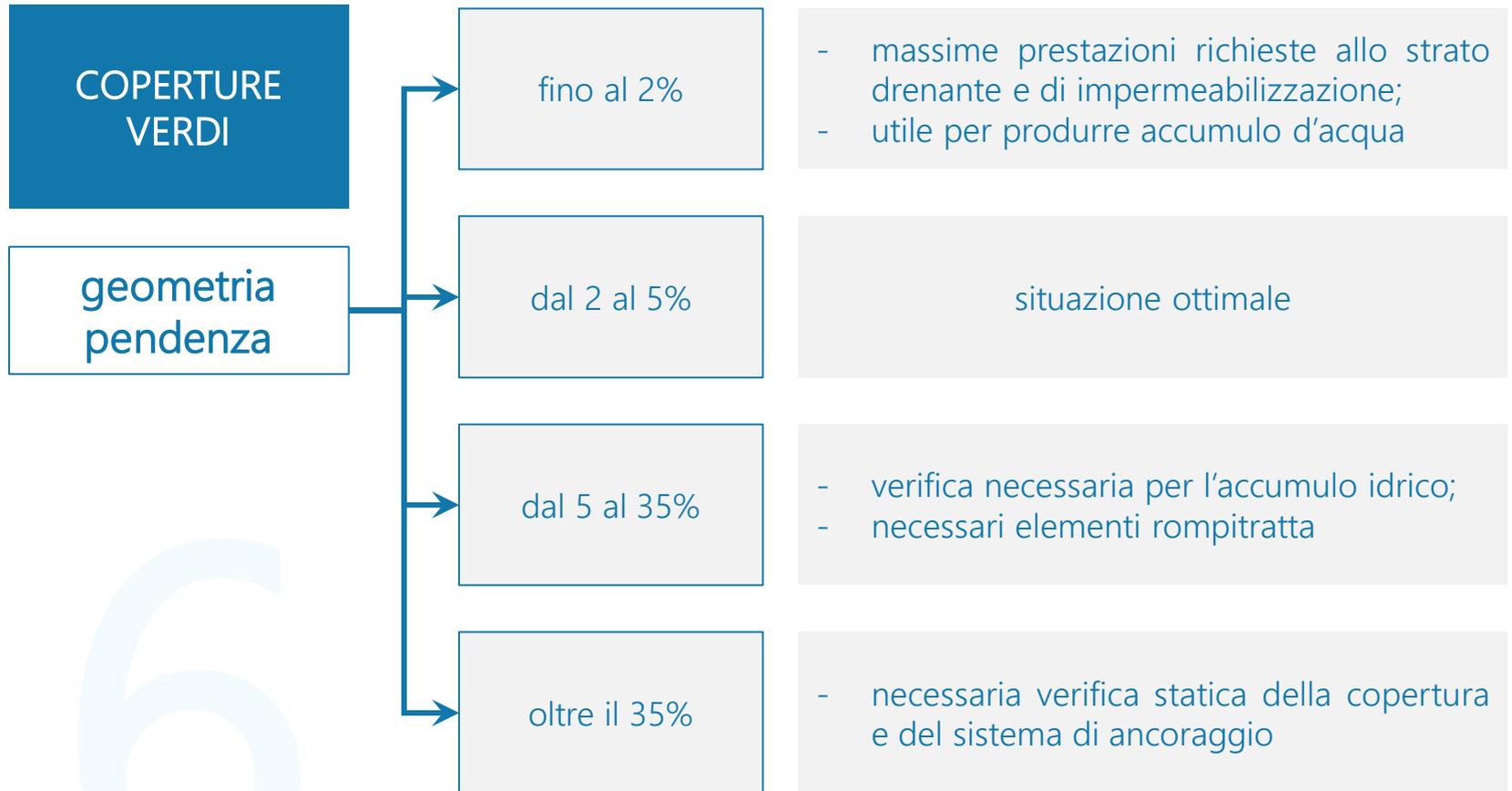


Le specie vegetali impiegate sono capaci di svilupparsi e adattarsi alle condizioni ambientali, con livelli di manutenzione minimi (elevata resistenza agli stress idrici e termici). Presentano un ridotto spessore dello strato colturale (5÷15 cm) e sono applicabili a coperture inclinate, per un peso contenuto dell'installazione.

Caratterizzate da strati colturali di tipo organico, di maggiore profondità; a maggior livello di manutenzione, sfruttano giaciture a pendenza pressoché nulla. Per l'inverdimento intensivo è più ampia la rosa delle specie vegetali impiegabili, valutando sia specie erbacee, sia specie arbustive ed arboree. In funzione della tipologia di inverdimento previsto variano lo spessore dello strato colturale e il sovraccarico sulla struttura.



Applicabilità



Strati funzionali

Si distinguono:

- strati **primari** o fondamentali caratterizzanti una copertura verde, necessari a garantirne il corretto funzionamento;
- strati **complementari**, non necessariamente sono presenti in tutte le soluzioni;
- strati funzionali **accessori**, volti a garantire la stabilità meccanica su coperture inclinate ed il controllo dell'afflusso idrico alle piante su coperture pesanti di tipo intensivo.



STRATI
FUNZIONALI
PRIMARI
○
FONDAMENTALI

- vegetale superficiale
- colturale o di materia organica
- di separazione o filtrante
- drenante
- di accumulo idrico
- di protezione meccanica
- di tenuta all'acqua
- termoisolante
- portante

STRATI
FUNZIONALI
SECONDARI
○
COMPLEMENTARI

- di ventilazione
- di barriera al vapore
- di continuità e regolarizzazione
- di pendenza
- di supporto
- di ripartizione dei carichi

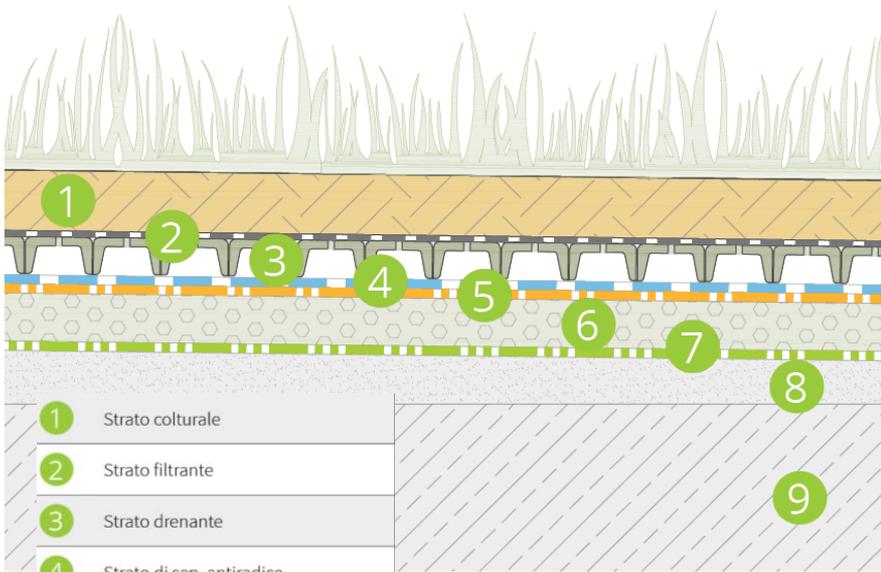
STRATI
FUNZIONALI
ACCESSORI

- impianto di irrigazione
- impianto di smaltimento delle acque meteoriche
- di ancoraggio per la vegetazione
- di trattenimento dello strato colturale
- di compartimentazione antincendio

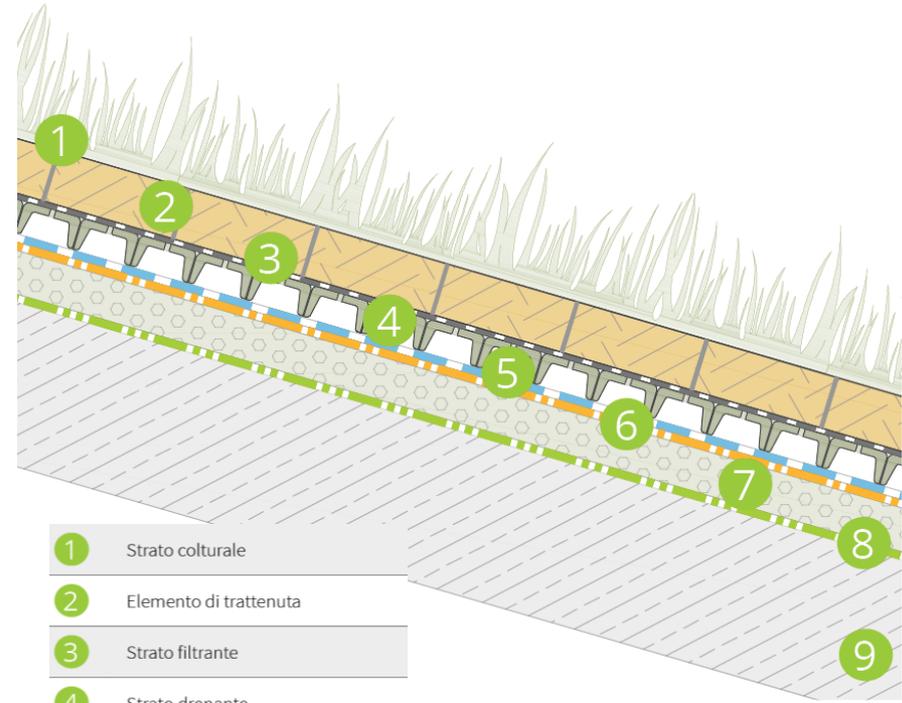
Strati funzionali

CLASSIFICAZIONE UNI 11235:2007	STRATO FUNZIONALE	MATERIALI IMPIEGABILI	CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE	
secondario	ZAVORRAMENTO	ghiaia lavata	in zone perimetrali e su corpi emergenti	
primario	VEGETAZIONE	essenze vegetali	funzione del contesto climatico e territoriale, della destinazione d'uso, della compatibilità architettonica e paesaggistica	
	COLTURALE	varie	in base alle specie vegetali	
secondario	ANTIROSIONE	materiali biotessili	su coperture con $\alpha > 10\%$ per l'azione di vento e acqua	
primario	FILTRANTE	aggregati naturali materiali geosintetici	prevenzione dell'occlusione dello strato di drenaggio necessaria resistenza al punzonamento e ad agenti biochimici	
	DRENAGGIO E ACCUMULO IDRICO	aggregati naturali elementi preformati materiali geosintetici	dimensionato secondo la capacità drenante richiesta necessaria resistenza a trazione e compressione, agli agenti chimici e biologici	
	ANTIRADICE	membrane bituminose ad armatura in PVC o metallica	integrato allo strato di tenuta necessarie stabilità dimensioni, resistenza ai carichi, fatica	
	PROTEZIONE MECCANICA	polistirene geotessili	a protezione dello strato di tenuta	
	TENUTA ALL'ACQUA	guaine bituminose poliolefiniche dipolivinilcloruro	necessaria resistenza all'azione dell'apparato radicale, di agenti biologici e chimici	
	secondario	BARRIERA AL VAPORE	varie	protezione dello strato isolante da vapore e umidità
	primario	ISOLAMENTO TERMICO	lana di roccia e di vetro polistirene espanso fibra di sughero	necessaria buona resistenza a compressione controllo dell'assorbimento e della temperatura sul lato freddo
PORTANTE O DI SUPPORTO STRUTTURALE		laterocemento predalles, tegoli / lamiera grecata, legno CLT	carichi maggiori rispetto ad una copertura tradizionale vincoli costituiti dalla luce, dalla freccia massima ammissibile e, in edifici esistenti, dal carico residuo in copertura	

Strati funzionali

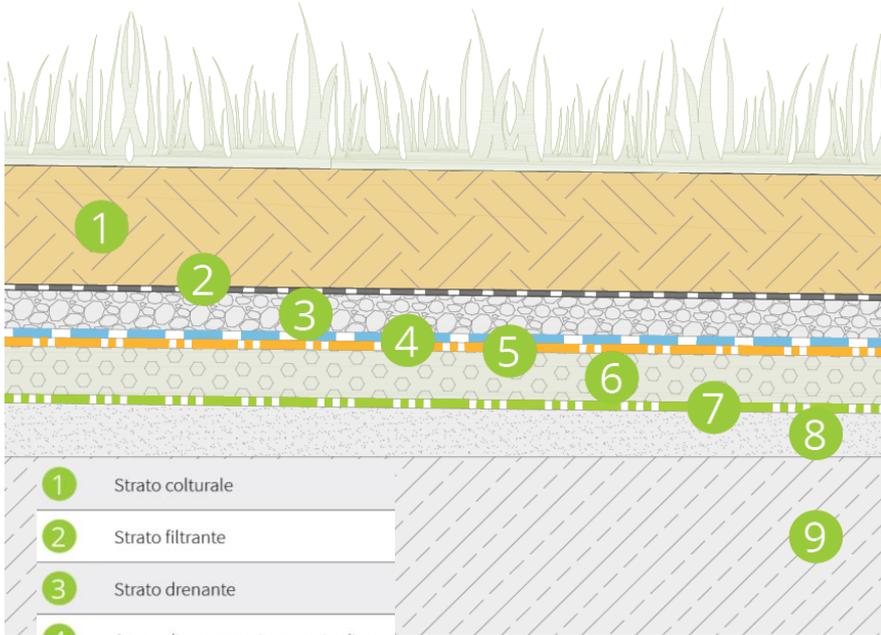


- 1 Strato colturale
- 2 Strato filtrante
- 3 Strato drenante
- 4 Strato di sep. antiradice
- 5 Strato impermeabilizzazione
- 6 Strato isolante ad alta densità
- 7 Strato di barriera al vapore
- 8 Strato di pendenza
- 9 Strato portante

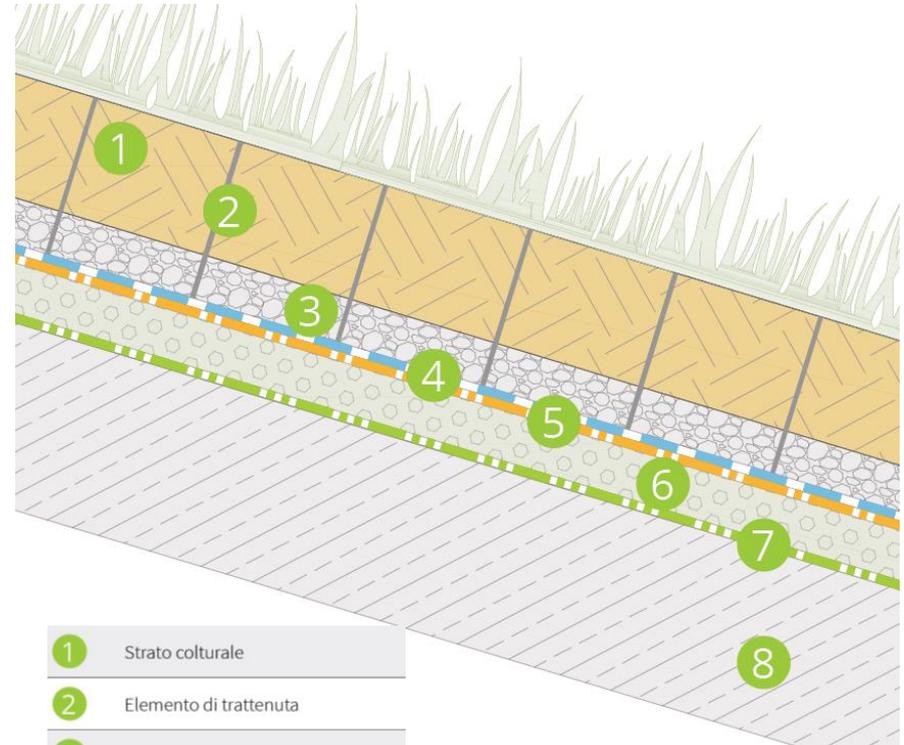


- 1 Strato colturale
- 2 Elemento di trattenuta
- 3 Strato filtrante
- 4 Strato drenante
- 5 Strato di separazione antiradice
- 6 Strato di impermeabilizzazione
- 7 Strato isolante ad alta densità
- 8 Strato di barriera al vapore
- 9 Strato portante

Strati funzionali



- 1 Strato culturale
- 2 Strato filtrante
- 3 Strato drenante
- 4 Strato di separazione antiradice
- 5 Strato impermeabilizzazione
- 6 Strato isolante di alta densità
- 7 Strato di barriera al vapore
- 8 Strato di pendenza
- 9 Strato portante



- 1 Strato culturale
- 2 Elemento di trattenuta
- 3 Strato drenante
- 4 Strato di separazione antiradice
- 5 Strato impermeabilizzazione
- 6 Strato isolante ad alta densità
- 7 Strato di barriera al vapore
- 8 Strato portante