

Trattamento delle superfici di calcestruzzo per la posa di impermeabilizzazioni aderenti

Indice

| | |
|--|----|
| 1. Situazione | 1 |
| 2. Strati di carbonato | 2 |
| 3. Trattamento della superficie del calcestruzzo | 4 |
| 3.1 Norme e requisiti per il substrato di calcestruzzo | 4 |
| 3.2 Superfici di calcestruzzo e loro trattamento | 5 |
| 4. Tre casi di studio | 6 |
| 5. Metodi di trattamento delle superfici | 8 |
| 6. Consigli pratici | 10 |

1. Situazione

Succede spesso che le membrane impermeabilizzanti in bitume polimero (BPP), pur correttamente posate a fiamma su un primer a base bituminosa (vernice bituminosa o emulsione bituminosa) non soddisfino i requisiti di adesione e di resistenza al distacco. Il fenomeno è spesso ancor più sorprendente (se non addirittura sconcertante) quando si verifica dopo che un precedente controllo di routine dell'impermeabilizzazione BPP, effettuato con rastrello e microfono, non aveva evidenziato praticamente alcun punto vuoto.

Una prima analisi dimostra che esistono casi in cui l'adesione tra la superficie del calcestruzzo ed il primer si rivela insufficiente (ciò non è rilevabile dopo l'applicazione dello strato di legante, ma solo dopo la posa a fiamma del BPP), e che esistono anche casi in cui è l'adesione tra il primer ed il BPP ad essere insufficiente (e ciò non è rilevabile direttamente dopo la posa a fiamma del BPP ma solo dopo uno o due giorni).

Anche se la maggior parte delle centinaia di migliaia di metri quadrati di impermeabilizzazioni BPP installate ogni anno vengono posate con successo e danno piena soddisfazione rispondendo agli elevati requisiti previsti dalle norme, il verificarsi anche di un singolo caso di «adesione insufficiente» porta con sé molti inconvenienti e ritardi, nonché importanti perdite finanziarie.

Già da anni erano noti casi isolati di questi fenomeni. Negli ultimi cinque anni si è però registrato un aumento dei casi, e sono state osservate anche differenze a livello regionale nel numero di episodi, con una maggiore frequenza nella Svizzera francese rispetto alla Svizzera tedesca. Non si può comunque spiegare il fenomeno attribuendo la responsabilità a specifici installatori, né a determinati fornitori o a specifiche condizioni climatiche. L'esperienza pluriennale degli autori riguardo a questi fenomeni e le indagini approfondite che sono state condotte suggeriscono che anche le proprietà del substrato influiscono sulla capacità di adesione dell'impermeabilizzazione:

- superficie del calcestruzzo molto dura (difficilmente rilevabile a occhio nudo)
- calcestruzzo molto poroso (appena rilevabile ad occhio nudo)
- strato di carbonato sulla superficie del calcestruzzo (o persino sul primer)

Sul calcestruzzo vengono condotte numerose ricerche, ed esiste quindi già un'ampia letteratura a riguardo. Vi sono molte pubblicazioni diverse soprattutto in relazione alla resistenza, alla capacità portante, al comportamento sul lungo periodo, alla riduzione dei tempi di costruzione, etc. Si sa però ancora poco di come le moderne formulazioni per la composizione del calcestruzzo, con la presenza di aggregati ad alte prestazioni, ed i moderni metodi di lavorazione riguardanti la struttura superficiale degli elementi in calcestruzzo, influiscano sulla capacità di adesione di impermeabilizzazioni BPP su un substrato in calcestruzzo.

Il fenomeno della capacità di adesione spesso insufficiente delle membrane impermeabilizzanti BPP quando utilizzate su un primer a base bituminosa porta a diverse considerazioni su una vasta serie di argomenti.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Calcestruzzo | Concezione del calcestruzzo (requisiti, composizioni, compatibilità con l'impermeabilizzante) |
| Substrato in calcestruzzo | Strati di carbonato sulla superficie Pellicola di cemento altamente resistente Residuo di bolle d'aria – agglomerati di bolle d'aria Cavità da ritiro superficiali Coadiuvanti |
| Trattamento del calcestruzzo | Danneggiamento del calcestruzzo tramite pallinatura Umidificazione del calcestruzzo tramite sabbiatura ad acqua Danneggiamento del calcestruzzo tramite fresatura |
| Applicazione del primer | Strato di separazione Applicazione (spessore) del primer Formazione di ristagni nei punti più bassi Formazione di pori Sigillante epossidico, primer epossidico Glacivap |
| Impermeabilizzazione BPP | Materiale Posa a fiamma – Posa a pressione Tempo di essiccazione fino allo strato protettivo |

Il gruppo specializzato per l'impermeabilizzazione di opere edili e di ingegneria civile della commissione tecnica di PAVIDENSA ha approfondito questi argomenti con l'obiettivo di individuare le possibili misure per ridurre o prevenire il rischio di tali inconvenienti durante l'esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione.

2. Strati di carbonato

I cosiddetti strati di carbonato sulla superficie del calcestruzzo sono talvolta la causa di un'adesione insufficiente delle impermeabilizzazioni BPP. Un'insidiosa caratteristica degli strati di carbonato è quella di essere difficili o impossibili da individuare a occhio nudo. Possono inoltre formarsi anche se chi ha realizzato la costruzione non ha commesso alcun errore.

La formazione dello strato di carbonato è una conseguenza dell'accumulo di sostanze idrosolubili provenienti dal calcestruzzo sulla superficie del calcestruzzo stesso. Tali sostanze sono costituite principalmente da idrossido di calcio, il quale una volta in superficie si lega all'anidride carbonica presente nell'aria trasformandosi in carbonato di calcio. La presenza di strati di carbonato si osserva sia nelle strutture in calcestruzzo appena costruite, sia nelle ri-profilature, qualora dopo la realizzazione abbiano assorbito ulteriormente dell'acqua in seguito a precipitazioni atmosferiche. L'acqua scioglie infatti gli idrossidi dal calcestruzzo, e asciugandosi li trasporta poi in superficie, depositandoli lì. Se l'essiccazione del calcestruzzo

è ormai praticamente completata al momento della sabbiatura, lo strato di carbonato viene rimosso attraverso di essa. Tuttavia, se la sabbiatura viene effettuata prima dell'essiccazione o se dopo la sabbiatura si verifica un nuovo apporto significativo di acqua a causa delle precipitazioni atmosferiche, sulla superficie trattata si forma un nuovo strato di carbonato. Sono noti anche alcuni casi in cui lo strato di carbonato si è formato dopo l'applicazione del primer a base bituminosa.

Lo spessore di questi strati di carbonato arriva circa a 0,01 mm (10 micrometri). Lo strato di carbonato sigilla in maniera compatta la superficie del calcestruzzo, impedendo così l'adesione degli strati successivi (primer a base bituminosa, primer a base epossidica, impermeabilizzanti BPP).



Figura 1: Impermeabilizzazione BPP con bassissima adesione. Subito dopo la posa a fiamma l'adesione era buona, ma il giorno dopo si è rivelata del tutto insufficiente.

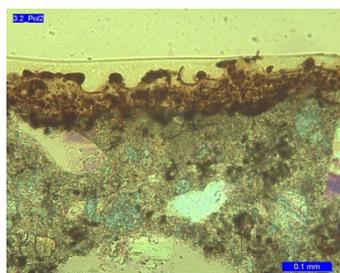


Figura 2: La superficie di calcestruzzo della figura 1 in sezione sottile. Sulla superficie di calcestruzzo si trova uno strato di carbonato con il primer a base bituminosa depositato su di esso.

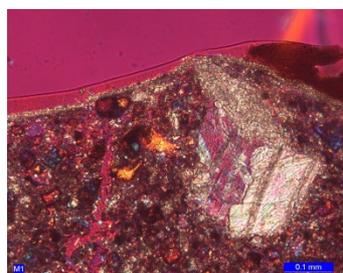


Figura 3: Lo strato di carbonato sulla superficie del calcestruzzo (riconoscibile nella linea chiara). Lo strato ricopre anche la grana esposta dalla sabbiatura.

Si può supporre che, oltre alle influenze degli agenti atmosferici, anche le proprietà intrinseche del calcestruzzo, come ad esempio il coefficiente di assorbimento dell'acqua, possano giocare un ruolo. Tuttavia non sono ancora state condotte ricerche specifiche sul tema degli strati di carbonato, e riguardo al ruolo congiunto delle proprietà del calcestruzzo, del suo trattamento e delle influenze degli agenti atmosferici sulla formazione degli strati di carbonato, non esistono quindi conoscenze scientificamente provate.

Chi effettua l'impermeabilizzazione non ha quindi a disposizione strumenti concreti per individuare gli strati di carbonato. Un occhio allenato a riconoscere eventuali caratteristiche superficiali (un segnale della presenza di strati di carbonato sul substrato in calcestruzzo può essere un aspetto lucido e setoso della superficie), la conoscenza delle proprietà del calcestruzzo e la capacità di interpretarle, ed infine la conoscenza della storia della costruzione e di quelle che sono state le condizioni atmosferiche che ha incontrato, sono tutti elementi che possono aiutare nella valutazione di un'eventuale presenza di strati di carbonato. In ogni caso spetta sempre all'impresa di impermeabilizzazione dover dimostrare che era il substrato in calcestruzzo a non risultare idoneo fin dall'inizio per un'impermeabilizzazione BPP.

Consigli pratici per chi effettua l'impermeabilizzazione.

- Approvazione della superficie del calcestruzzo da parte di un laboratorio specializzato.
- In caso di dubbio far eseguire un'analisi in sezione sottile.
- Richiedere informazioni sulla storia della costruzione e delle condizioni atmosferiche che ha incontrato.
- Mantenere breve il periodo compreso fra la pulizia e l'applicazione del primer; se possibile bisognerebbe evitare che fra le due fasi si verifichino precipitazioni.
- Mantenere un intervallo breve tra l'applicazione del primer e quella del BPP.

3. Trattamento della superficie del calcestruzzo

Trattamento della superficie del calcestruzzo: perché?

Quando si realizzano impermeabilizzazioni aderenti, il trattamento della superficie del calcestruzzo va considerata una parte integrante del processo di lavoro. Il trattamento del calcestruzzo serve a creare un substrato su cui l'impermeabilizzante possa aderire in modo duraturo. Il trattamento del calcestruzzo è necessario in quanto il calcestruzzo presenta sulla sua superficie delle frazioni fini (pellicola di cemento, boiaccia), che dipendono dalla sua composizione e dal metodo con cui è stato lavorato. La superficie del calcestruzzo che presenta queste frazioni fini di solito non soddisfa i requisiti di resistenza alla trazione previsti per la posa di un sistema di impermeabilizzazione aderente. Della necessità di un substrato di calcestruzzo adeguato si occupano anche le norme di sistema riguardanti le impermeabilizzazioni. Queste norme stabiliscono i requisiti per il substrato di calcestruzzo e contengono anche informazioni sul pretrattamento del substrato per l'impermeabilizzazione aderente.

Questo dice praticamente tutto! O non è così?

Considerando la tematica del trattamento della superficie del calcestruzzo in modo un po' più approfondito, si capisce come in realtà la scelta del metodo di trattamento non si riveli così semplice come si potrebbe supporre. È vero che circa il 70 % dei trattamenti del calcestruzzo consistenti in una singola pallinatura o in una sabbiatura ad acqua ad alta pressione soddisfa i requisiti richiesti per la posa di un'impermeabilizzazione aderente su una superficie in calcestruzzo, ma è vero anche che resta sempre un 30 % di superfici di calcestruzzo che non soddisfano i requisiti. Ciò comporta inevitabilmente un aumento dei costi e in molte occasioni anche dei ritardi, creando di solito dei gravi inconvenienti. I ritardi nel programma di costruzione influenzano inoltre in modo molto negativo i lavori successivi.

3.1 Norme e requisiti per il substrato di calcestruzzo

Le norme riguardanti l'impermeabilizzazione affrontano la questione dell'idoneità dei substrati di calcestruzzo, specificando i requisiti e le proprietà che il substrato di calcestruzzo deve soddisfare. Le norme contengono anche indicazioni sui possibili metodi di trattamento del calcestruzzo.

- SIA 271; Impermeabilizzazione di edifici.
- SIA 272; Impermeabilizzazioni e smaltimento dell'acqua nelle costruzioni semi interrate o sotterranee.
- SIA 273; Impermeabilizzazione delle superfici carrabili nell'edilizia.
- SN 640 450; Sistemi di impermeabilizzazione e strati bituminosi su ponti di calcestruzzo.

Tabella 1: Requisiti per il substrato di calcestruzzo per i sistemi di impermeabilizzazione aderente

| Proprietà | Procedura di verifica | Requisito | | | |
|--------------------------------------|--|---|--------------------|---|-----------------------|
| | | SIA 271 | SIA 272 | SIA 273 | SN 640 450 |
| Resistenza | EN1542 Forza di adesione nella prova di strappo | $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ | | | |
| Rugosità superficiale | EN1766 Metodo dell'altezza della sabbia | 0,5 ... 1,2 mm | | | |
| Planarità | SN 640 520, staggia da 2 m | Distanza misurata (tolleranza) $\leq 0.4 \text{ m (8 mm)}$ $\leq 1.0 \text{ m (10 mm)}$ $\leq 2.0 \text{ m (12 mm)}$ $\leq 4.0 \text{ m (16 mm)}$ | $\leq 10\text{mm}$ | SIA V414/10, tabella 38 | $\leq 10\text{mm}$ |
| Umidità | ZTV-ING, sezione 4, allegato A: misurazione CM | $\leq 4 \text{ massa } \%$ | | | |
| Caratteristiche della superficie | Controllo visivo | Assenza di polvere, sabbia, fanghi di cemento, ruggine, frazioni disperse, residui di vernici, olio, agenti per il post-trattamento e materiali per la sabbiatura | | Pulita, senza righe, senza rialzi, senza denti, senza residui di rivestimenti, senza contaminazione superficiale, senza nidi di ghiaia, senza residui di vecchie impermeabilizzazioni, senza oli, grassi, etc., senza acqua, senza frazioni disperse, senza parti di armatura o altre parti di metallo esposte, senza parti in plastica | |
| Porosità | SIA 162/1 | Proprietà non richiesta | | | Determinare il valore |
| Coefficiente di assorbimento d'acqua | SN EN 1062-3 | $W \leq 0,2 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$ | | Proprietà non richiesta | |

Le diverse norme riguardanti le impermeabilizzazioni contengono ulteriori indicazioni sul pre-trattamento del substrato per le impermeabilizzazioni aderenti.

3.2 Superfici di calcestruzzo e loro trattamento

Analizzando il tema del trattamento delle superfici di calcestruzzo, si scopre che per circa il 30% delle superfici di calcestruzzo una singola pallinatura o una sabbiatura ad acqua ad alta pressione a 750-1000 bar non permettono di realizzare l'obiettivo, e che dopo il trattamento del calcestruzzo i requisiti previsti dalla norma per le superfici di calcestruzzo non sono stati raggiunti. In altre parole, il metodo di trattamento scelto non si è rivelato adatto a trattare correttamente la superficie di calcestruzzo. I motivi per i quali le superfici di calcestruzzo mostrano proprietà tanto diverse sono molteplici. Le seguenti considerazioni possono fornire alcune indicazioni a riguardo.

- Scelta delle materie prime (sito di riferimento).
- Composizione del calcestruzzo (additivi, etc.).
- Trasporto (uso corretto dell'autobetoniera).
- Metodo di getto (pompe, silo, benna per calcestruzzo, etc.).

- Metodo di compattazione (ago, barra di compattazione, vibratore, etc.).
- Lavorazione della superficie (lisciatura a mano o a macchina, e con quali macchine).
- Post-trattamento (copertura, prodotti chimici, umidificazione).
- Condizioni atmosferiche (caldo, freddo, umidità, vento forte, etc.).

Cosa influenza il trattamento delle superfici di calcestruzzo?

Fondamentalmente si tratta di far sì che la superficie di calcestruzzo risulti pulita, resistente alla pressione e alla trazione e priva di grasso. Il metodo di trattamento scelto deve riuscire ad eliminare tutte le frazioni disperse quali il latte di cemento e tutti i tipi di sporcizia quali ad esempio depositi di terra, ruggine, olio, grasso, etc. Il trattamento serve però anche ad irruvidire la superficie del calcestruzzo qualora sia eccessivamente liscia, in modo che la rugosità rientri nell'intervallo richiesto dalle norme (sul ponte, ad esempio, deve essere compresa fra 0,5 e 1,2 mm). La scelta di come trattare le superfici di calcestruzzo non può essere sempre determinata a prima vista e spesso può essere presa solo con l'ausilio dei risultati provenienti da prove di laboratorio.

4. Tre casi di studio

Caso 1: La superficie di calcestruzzo si presenta lucida e liscia come uno specchio. In base alle analisi in sezione sottile delle carote di perforazione, si è scelto il metodo seguente:
pallinatura doppia, sabbiatura ad acqua singola a 750-1000 bar.



Aspetto leggermente imbrunito e simile a un vetro, percepibile ad occhio nudo. Questo strato doveva essere rimosso.

Caso 2: La superficie del calcestruzzo presenta la giusta planarità e la corretta rugosità, ma la forza di adesione essendo inferiore a 1 N/mm² risulta decisamente troppo bassa. Nelle prove preliminari con sabbiatura ad acqua a 750-1000 bar, pallinatura e fresatura, non è stata raggiunta la necessaria adesione dell'impermeabilizzante sulla superficie del calcestruzzo, soprattutto nelle prove di resistenza al distacco. Le analisi in sezione sottile sulle carote di perforazione hanno rivelato la necessità di rimuovere due o tre millimetri della superficie del calcestruzzo.

È stato scelto quindi il seguente metodo: specifico impianto ad acqua ad alta pressione a 2000-2500 bar, con guide a trave per una precisione millimetrica.



Sul lato sinistro la superficie non trattata, su quello destro la superficie sabbiata ad acqua ad alta pressione a 1000 bar. Il risultato: forza di adesione ancora insufficiente.



In questo caso si è dovuto quindi ricorrere ad un'attrezzatura più abrasiva: sabbiatura ad acqua ad alta pressione a 2000 bar, con rimozione di 2-3 mm di superficie.



Dopo la rimozione dello strato non solido, è emerso questo quadro con diverse fessure. Le fessure sono state riparate con bitume elastomerico.

Caso 3: La superficie del calcestruzzo non ha la sufficiente planarità e presenta un'eccessiva rugosità. È stato scelto quindi il seguente metodo: trattamento con fresatura della superficie, successivo lavaggio con sabbiatura ad acqua a 750-1000 bar e applicazione di uno strato di livellamento.



Lo strato di livellamento era stato applicato in maniera parziale e senza effettuare precedentemente la pulizia.

I casi di studio sono descritti senza pretesa di esaustività, ma servono comunque a dare un'idea di quanto possa essere varia e impegnativa la scelta del corretto trattamento delle superfici di calcestruzzo.

5. Metodi di trattamento delle superfici

Nella pratica vengono impiegati fondamentalmente cinque metodi per il trattamento delle superfici di calcestruzzo. I metodi dall'1 al 4 si applicano su grandi superfici, mentre il metodo 5 viene impiegato per superfici più piccole.

Sabbiatura ad acqua ad alta pressione a 750-1000 bar (orizzontale e verticale)



Vantaggi:

- grande potenza
- impiegabile orizzontalmente, verticalmente, sulle volte, etc.
- nessun danneggiamento della struttura della superficie del calcestruzzo (non produce micro-fessure)

Svantaggi:

- dopo il trattamento con sabbiatura ad acqua ad alta pressione bisogna mettere in conto un tempo di asciugatura, che dipende dalle condizioni atmosferiche.

Pallinatura (orizzontale)

**Vantaggi:**

- grande potenza, anche sulle superfici dure
- nessun tempo di attesa, in quanto metodo a secco
- metodo pulito, i residui della sabbiatura vengono aspirati all'interno della macchina

Svantaggi:

- rischio di danneggiamento della struttura della superficie del calcestruzzo (micro-fessure)
- in caso di presenza di elementi sporgenti, i bordi non possono essere trattati su una distanza di circa 10 cm
- è possibile che serva un successivo lavaggio a 750-1000 bar.

Sabbiatura (orizzontale e verticale)**Vantaggi:**

- nessun tempo di attesa, in quanto metodo a secco
- metodo ideale per il trattamento delle superfici di calcestruzzo
- impiegato a completamento della pallinatura in caso di presenza di elementi sporgenti

Svantaggi:

- formazione di polvere
- bassa potenza

Fresatura (orizzontale)

Impiegata su superfici di calcestruzzo troppo rugose e con planarità insufficiente, rimozione di vecchi strati

Vantaggi:

- correzione della planarità
- rimozione di strati

Svantaggi:

- danneggiamento della struttura della superficie del calcestruzzo (crea micro-fessure)
- necessità di un successivo lavaggio
- a seconda della testa della fresa si crea un'elevata rugosità che deve essere corretta con una stuccatura graffiata

Levigazione

Levigazione con disco diamantato e aspirazione diretta della polvere.

Vantaggi:

- trattamento di piccole superfici, da posizione orizzontale fino a sporgente
- correzione della planarità

Svantaggi:

- necessità di un successivo lavaggio
- bassa potenza

6. Consigli pratici

La difficoltà nella scelta del giusto metodo di trattamento del calcestruzzo deriva principalmente dal fatto che attraverso i metodi visivi non si ottengono informazioni sufficienti sulle proprietà del substrato di calcestruzzo. È quindi necessario effettuare un controllo sensoriale del calcestruzzo ed eventualmente provvedere ad ulteriori indagini in laboratorio.

Controlli sensoriali del substrato di calcestruzzo prima dell'esecuzione del trattamento della superficie del calcestruzzo

1. Controllare visivamente il substrato di calcestruzzo guardandolo con luce radente
2. Controllare la tenuta meccanica del substrato di calcestruzzo graffiandolo con un utensile duro (ad esempio un cacciavite).

Tabella 2: Risultati dei controlli sensoriali

| | Substrato di calcestruzzo molto solido | Substrato di calcestruzzo solido | Substrato di calcestruzzo morbido |
|-----------------------------------|---|---|--|
| Controllo visivo con luce radente | La superficie appare riflettente | La superficie appare opaca | La superficie appare opaca |
| Prova del graffio | Sulla superficie graffiata con un utensile non compare praticamente alcuna traccia. | Sulla superficie graffiata con un utensile compagno tracce dell'ordine del decimo di mm | Sulla superficie graffiata con un utensile compagno tracce ben visibili dell'ordine di mm Graffiare ancora con l'utensile fino a capire quale sia lo spessore da rimuovere. |

| | Substrato di calcestruzzo molto solido | Substrato di calcestruzzo solido | Substrato di calcestruzzo morbido |
|---|---|---|---|
| Indicazioni sul sistema di impermeabilizzazione | Il primer non può aderire alla superficie del calcestruzzo se questa non viene correttamente trattata. | Effettuare comunque prove preliminari con il sistema di impermeabilizzazione aderente che si è scelto. | |
| Indicazioni sul trattamento del calcestruzzo | Necessario trattamento specifico della superficie. Opportune ulteriori indagini in laboratorio per determinare il metodo di trattamento del calcestruzzo adatto e la causa della scarsa solidità della superficie. | Sufficiente un trattamento della superficie standard - 1 volta acqua ad alta pressione a 750-1000 bar o - 1 volta pallinatura, etc. | Necessario trattamento specifico della superficie. Opportune ulteriori indagini in laboratorio per determinare il metodo di trattamento del calcestruzzo adatto e la causa della scarsa solidità della superficie. |

Altre possibilità di prova

Effettuare prove preliminari con il sistema di impermeabilizzazione aderente che si è scelto (effettuare prove di resistenza al distacco a mano e se necessario richiedere prove di adesione e resistenza al distacco in laboratorio).

Effettuare carotaggi e analisi di sezioni sottili per supportare la scelta del metodo di trattamento delle superfici.

Compiti dei soggetti coinvolti (SIA 118/272, punto 1.3)

Compiti dell'impresa:

- controllare il substrato e i materiali da costruzione da utilizzare ed ottenere il certificato di idoneità prima di eseguire i lavori in collaborazione con il committente secondo le specifiche del progetto.

Compiti del committente:

- collaborare nel controllo del substrato e nell'approvazione del substrato in base a SIA 118/272, punto 1.3.
- tenere conto delle prove preliminari già in fase di offerta.

Esclusione di responsabilità

PAVIDENSA si impegna al massimo affinché le informazioni contenute nelle sue raccomandazioni siano corrette. Tali informazioni si riferiscono a casi normali e si basano sulle conoscenze e sulle esperienze dei membri del gruppo specializzato di PAVIDENSA. PAVIDENSA non può però garantire che le informazioni riportate siano aggiornate, corrette, complete o adeguate. PAVIDENSA declina esplicitamente ogni propria responsabilità per eventuali errori od omissioni o per eventuali conseguenze dell'applicazione delle raccomandazioni.