

## FONDAZIONI



### Impermeabilizzazione delle opere controterra

L'impermeabilizzazione delle opere controterra va progettata ed eseguita con particolare cura, si deve considerare che la durata del rivestimento dovrà essere pari a quello dell'opera protetta e ben difficilmente sono possibili interventi di ripristino, per cui la mancanza di impermeabilizzazione o una impermeabilizzazione difettosa possono provocare un notevole danno economico. La scelta dei materiali quindi verrà rivolta verso quei prodotti che mantengono nel tempo le loro caratteristiche di impermeabilità all'acqua e al vapor acqueo, di imputrescibilità, di resistenza meccanica anche sotto l'azione del traffico di cantiere. Non si deve poi dimenticare che il problema dell'umidità dei vari interrati o controterra è spesso legato all'isolamento termico e che molto frequentemente si addebitano alla mancanza di impermeabilità delle strutture fenomeni di umidità dovuti invece alla condensazione dell'aria umida per insufficiente resistenza termica dei pavimenti e delle pareti controterra.

Il progettista quindi dovrà provvedere a controllare sia:

- l'acqua ascendente dal suolo per capillarità o per spinta di falda freatica o da acqua meteorica di dilavamento.

ma anche:

- l'acqua contenuta come vapore nell'aria tellurica che migra sotto le variazioni barometriche e di temperatura e che può condensare sulle superfici fredde.
- l'acqua prodotta e contenuta sotto forma di vapore nell'aria dei vani interrati che può condensare sulle superfici fredde.

Per risolvere questi problemi la INDEX ha messo a punto delle membrane di bitume-polimero armate con "non tessuto" di poliestere da filo continuo Flexter Testudo ed Helasta POLIESTERE. I fogli sono imputrescibili, resistenti alla trazione ed alla perforazione e sono dotati di una buona resistenza alla diffusione del vapore, si prestano quindi ad essere impiegati con successo nei sistemi di impermeabilizzazione di chiusure controterra sia contro l'umidità ascendente per capillarità che in presenza di falda freatica. ARMODILLO è la più recente membrana impermeabilizzante destinata alla protezione dei muri interrati. È una membrana corazzata e drenante che in un unico prodotto assolve la funzione di tenuta all'acqua, di drenaggio e di protezione. Gli additivi per calcestruzzo FLUXAN e SATURFIX congiuntamente al cordolo idroespansivo EXPAN BENTONITICO, prodotti da INDEX, consentono di ottenere getti di fondazione e massetti omogenei ed impermeabili che in sinergia con le membrane garantiscono il raggiungimento dell'obiettivo prefissato. Con questa pubblicazione si suggeriscono inoltre dei sistemi di isolamento e le opere accessorie in funzione del diverso uso dei vani delimitati da superfici contro terra.

# INTRODUZIONE

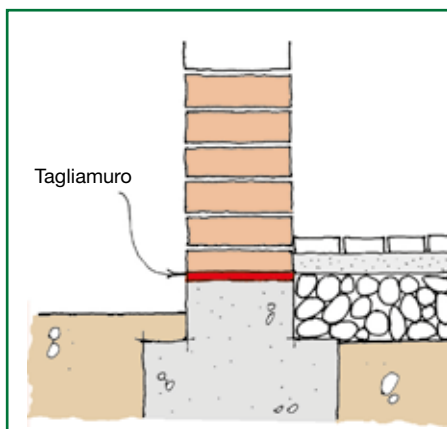
Le opere murarie a diretto contatto con il terreno sono soggette all'ingresso ed alla diffusione dell'umidità nel loro interno per il fenomeno fisico di capillarità.

La forza di capillarità è favorita dai materiali di costruzione porosi (laterizi), dalla presenza di sali disciolti nell'acqua e dalla bassa temperatura.

L'umidità del terreno può essere dovuta a:

- acqua piovana dispersa
- acqua proveniente da falda freatica

In particolari situazioni di terreni sufficientemente drenanti con falda freatica profonda e per locali non interrati può essere sufficiente l'installazione della sola stratificazione impermeabile della muratura in elevazione, il cosiddetto "Tagliamuro".



Quando si edifica in zone con falda freatica a bassa profondità o in presenza di possibili accumuli dell'acqua di infiltrazione è necessario rammentare che i terreni hanno una diversa capacità di adescamento in funzione della loro natura.

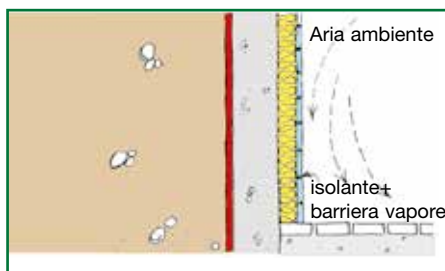
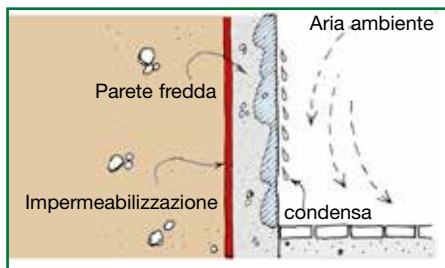
Un terreno sabbioso alimentato da falda freatica presenta una altezza di salita capillare che può andare da 0,3 m fino a un massimo di 1,5 m, mentre un terreno argilloso può elevare l'umidità da 3 m fino a 8 m.

È evidente che in questi casi oltre alle opere accessorie già menzionate la stratificazione impermeabile dovrà interessare tutte le superfici contro terra.

Queste soluzioni d'impermeabilizzazione sono risolutive per sbarrare la strada all'umidità dispersa nel terreno, ma molto spesso l'umidità che affligge le chiusure contro terra non è dovuta esclusivamente a fenomeni di capillarità bensì si accavalla a problemi igrotermici degli ambienti definiti da queste chiusure.

L'acqua contenuta come vapore nell'aria dei locali può condensare sulla cosiddetta "parete fredda", in questo caso le superfici a contatto con il terreno, e provocare ancora una situazione antigienica anche se si è provveduto ad una buona impermeabilizzazione; caratteristica degli ambienti controterra è la condensazione primaverile-estiva nei locali privi di riscaldamento invernale dovuta all'inerzia termica del terreno e dell'ossatura. È quindi necessario prevedere anche una adeguata protezione termica della struttura e non solo la protezione impermeabile.

Il problema dell'umidità è particolarmente accentuato anche nel caso di muratura in getto di cls, per cui, in questo caso, è sempre opportuno assicurarsi della perfetta asciugatura del getto prima di abitare i locali interrati.



## ALTEZZA DI SALITA CAPILLARE

**h=8 m**

**h=1,5 m**

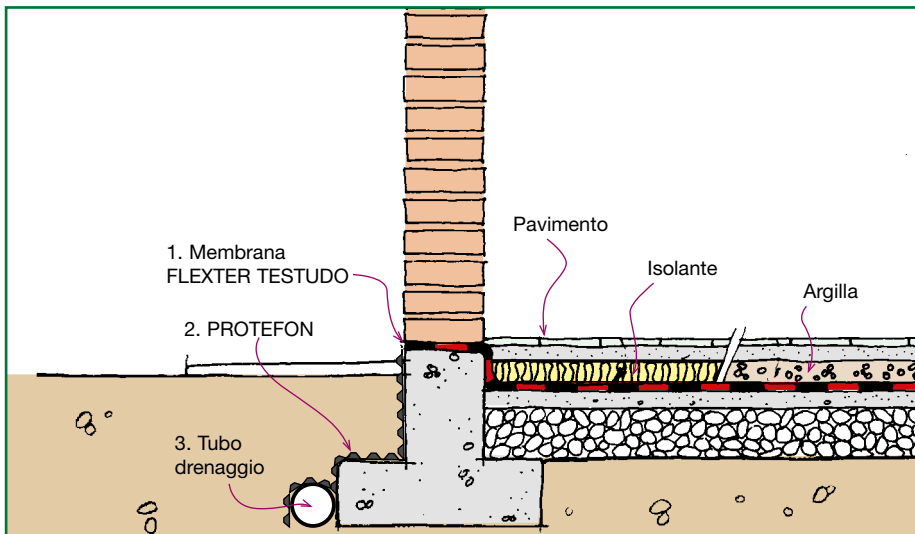
TERRENO SABBIOSO

TERRENO ARGILLOSO

Un altro fenomeno sebbene più raro e che richiede delle situazioni particolari (grandi ambienti sotterranei su terreni filtranti e su falda freatica profonda) è quello dell'umidità contenuta nell'aria tellurica compresa tra il livello della falda freatica e la struttura, questa a seguito di una forte depressione barometrica può, nella stagione invernale o nelle notti estive quando è ad una temperatura più elevata di quella racchiusa da un ambiente non riscaldato, essere richiamata in superficie ad andare a condensare sulle superfici più fredde.

In questo caso le protezioni impermeabili previste poiché sono dotate di una buona resistenza alla diffusione del vapore funzioneranno da "barriera al vapore".

# Pavimento controterra su terreni umidi



## Situazione

**Pavimentazione controterra, su terreni argillosi dove si accumulano sacche di acqua piovana, su terreni in pendenza.**

L'acqua dispersa verrà raccolta dal canale di drenaggio posto sotto un marciapiede. L'impiego di uno strato prefabbricato drenante che rivesta la parte verticale può essere vantaggioso quando scarseggia l'inerte drenante.

L'umidità che sale per capillarità verrà fermata da una stratificazione impermeabile continua applicata su di un magrone di calcestruzzo.

## Manto impermeabile

Sarà costituito da una membrana impermeabilizzante bitume distillato polimero elastoplastomerica, di 4 mm di spessore, tipo FLEXTER TESTUDO SPUNBOND POLIESTERE, certificata con Agreement/DVT dell'I.T.C.-CNR a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, con armatura composita in "tessuto non tessuto" di poliestere da filo continuo Spunbond stabilizzato con fibra di vetro. La membrana sarà classificata in Euroclasse E di reazione al fuoco (EN13501-1), avrà una resistenza a trazione (EN12311-1) L./T. di 850/750 N/50 mm, un allungamento a rottura (EN 12311-1) L./T. del 50/50%, una resistenza alla lacerazione

(EN12310-1) L/T di 200/200 N, una resistenza al punzonamento dinamico (EN 12691 metodo A) di 1.250 mm, una resistenza al punzonamento statico (EN 12730) di 20 kg, una stabilità dimensionale a caldo (EN1107-1) L/T del -0,3%/+0,3%, una flessibilità a freddo (EN1109) di -20°C ed una tenuta al calore a caldo (EN1110) di 140°C.

I teli verranno posati a secco sul magrone in calcestruzzo e verranno sormontati per 10 cm. La saldatura della sovrapposizione verrà eseguita con la fiamma di un bruciatore a gas propano e, per fermare la salita capillare nei

muri in elevazione, i fogli verranno risvoltati e incollati a fiamma sul cordolo di fondazione.

Al di sopra della membrana può essere stesa dell'argilla espansa sfusa (granulometria 8-15) oppure un pannello isolante resistente alla compressione, applicati in spessore sufficiente a prevenire la condensazione sul pavimento, su di questi poi verrà appoggiata la cappa del pavimento.

Qualora l'igrotermia degli ambienti lo richieda (locali dove avvengono forti produzioni di vapore) per isolanti permeabili al vapore è necessario applicare al di sopra di questi una barriera di vapore.

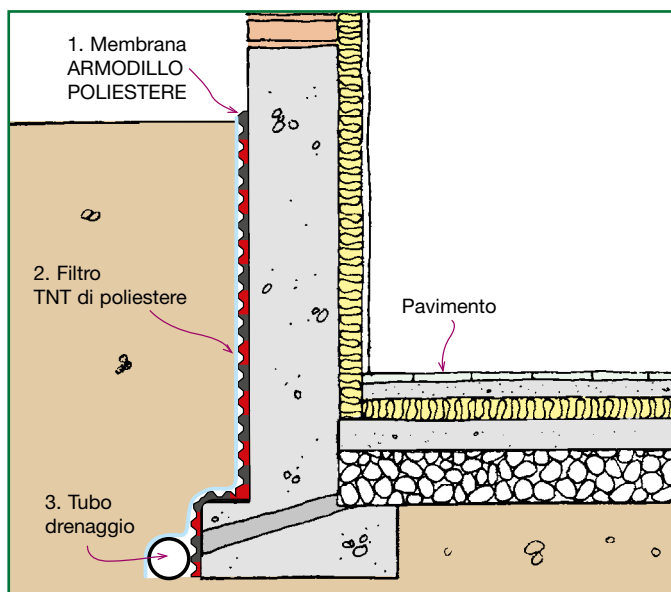
## Strato drenante verticale

Lo strato drenante verticale verrà realizzato con PROTEFON, foglio drenante bugnato in HDPE, resistente agli agenti chimici, ai batteri e alle muffe del terreno. Il foglio avrà uno spessore delle cuspidi di 8 mm, una resistenza alla compressione pari a 19.000 kg/m<sup>2</sup> ed una capacità drenante di 16,6 m<sup>3</sup>/h m.

Verrà applicato con la faccia bugnata rivolta verso la superficie cementizia con sovrapposizione tra i teli di 10 cm ca. ottenute per incastro delle cuspidi del foglio bugnato. I teli rivestiranno il dado di fondazione fino a raccordarsi al tubo di drenaggio perimetrale e proseguiranno fuori terra per una quota di

10÷15 cm fissati meccanicamente utilizzando l'apposito profilo.

# Cantine, seminterrati e muri controterra su terreni drenanti



## Situazione

### Opere interrato in terreni drenanti protette con membrana drenante corazzata.

La soluzione tecnica proposta riguarda la parte interrata degli edifici costruiti su terreni sufficientemente drenanti, in assenza di falda freatica, e quindi il rivestimento impermeabile interessa esclusivamente la muratura controterra trascurando la pavimentazione dei locali interrati poiché si ritiene che l'acqua meteorica possa essere smaltita per gravità dalla cintura di drenaggio. Per la protezione dei muri dall'umidità del terreno spesso vengono usate vernici bituminose o spalmature di bitume fuso. Lo spessore del trattamento, per essere veramente efficace, si aggira intorno ai 3-4 mm, ma molto spesso è difficile stendere uno spessore uniforme, inoltre il film protettivo non è armato e si fessura alla comparsa della prima cavillatura della superficie cementizia. È quindi molto più conveniente impiegare una membrana prefabbricata armata con un "tessuto non tessuto" di poliestere che può offrire una superiore elasticità, uniformità di spessore, resistenza al punzonamento e alle cavillature. Il rivestimento va poi protetto perché durante la fase di reinterro non venga forato e si dovrà prevedere un adeguato drenaggio verticale da raccordare alla cintura di drenaggio perimetrale, posta al piede dell'edificio, al fine di evitare ristagni di acqua meteorica a ridosso dell'impermeabilizzazione. L'impiego di uno strato prefabbricato specializzato che assolva sia la funzione di tenuta all'acqua sia la funzione drenante, sia la funzione protettiva, può essere vantaggioso quando scarseggia l'inerte drenante.

## Primer

La superficie del muro controterra verrà preventivamente trattata con una mano di primer bituminoso di adesione a rapida essiccazione

idoneo per la preparazione delle superfici alla posa a fiamma delle membrane bitume polimero, tipo INDEVER, a base di bitume, additivi e

solventi con residuo secco (UNI EN ISO 3251) del 40% e viscosità in coppa DIN/4 a 23°C (UNI EN ISO 2431) di 12÷17 s.

## Manto impermeabile

Dopo essiccazione del primer, sulla superficie da rivestire verrà incollata in completa aderenza a fiamma la membrana impermeabilizzante multifunzionale speciale, bitume distillato polimero elastoplastomerica corazzata, protettiva e drenata, armata con tessuto non tessuto di poliestere ad alta resistenza tipo ARMODILLO POLIESTERE.



ARMODILLO è la membrana impermeabilizzante multifunzionale che assolve da sola tutte le funzioni sopra citate.

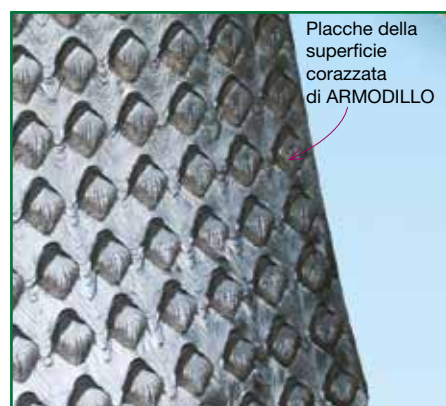
L'additivazione, come indicato nei casi successivi, del getto di cls riguardante il solo dado di fondazione perimetrale, che costituisce la parte più profonda dell'opera e la più esposta all'ac-

qua, è una precauzione utile in quelle zone ad alta piovosità.

La faccia superiore della membrana sarà corazzata da placche di mescola in bitume distillato polimero, di spessore 6 mm, di forma romboidale in numero di 1.567 placche/m<sup>2</sup>. Lo spessore della membrana nelle parti piane dovrà essere di 2,5 mm e dovrà resistere al punzonamento dinamico di un martello da 1 kg che cada da 50 cm di altezza su di un punzone a due coltelli conforme UNI8202.

La membrana dovrà avere una forza di adesione al calcestruzzo superiore a 100 KPa. La membrana corazzata va incollata in totale aderenza a fiamma sul muro da rivestire, con la faccia bugnata rivolta verso l'esterno. I teli vanno sormontati e saldati lateralmente lungo la linea di sormonto previsto nella membrana, mentre la tenuta lungo la linea di accostamento delle teste dei teli sarà ottenuta incollando la testa delle membrane su una fascia di tagliamuro di membrana armata poliestere alta 14 cm che sarà stata preventivamente incollata sul muro. I dettagli e i raccordi di più difficile esecuzione verranno realizzati con membrane a faccia liscia armate con tessuto non tessuto di poliestere tipo TESTUDO. Il manto

impermeabile proseguirà fuori terra per almeno 20÷30 cm. Per evitare l'intasamento dell'intercapedine di drenaggio, causato dalle parti più fini del terreno, riscaldando leggermente con la fiamma le bugne termoadesive della membrana, verrà fissato su di queste uno strato filtrante costituito da un tessuto non tessuto di poliestere da 200 g/m<sup>2</sup> tipo FILTRO che verrà risvoltato al piede del muro interrato, sul tubo drenante.

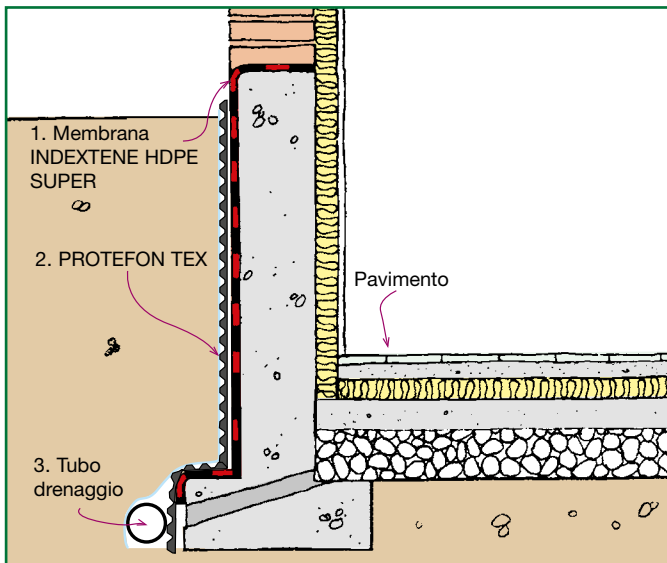


Placche della superficie corazzata di ARMODILLO

## ESEMPI DI FONDAZIONI IMPERMEABILIZZATE CON LA MEMBRANA CORAZZATA "ARMODILLO"



# Cantine, seminterrati e muri controterra su terreni drenanti



## Situazione

### Opere interratae in terreni drenanti protette con membrana autoadesiva.

La soluzione tecnica proposta riguarda la parte interrata degli edifici costruiti su terreni sufficientemente drenanti, in assenza di falda freatica, e quindi il rivestimento impermeabile interessa esclusivamente la muratura controterra trascurando la pavimentazione dei locali interrati poiché si ritiene che l'acqua meteorica possa essere smaltita per gravità dalla cintura di drenaggio. Per evitare la posa a fiamma o le spalmature a caldo venivano usate vernici o emulsioni bituminose applicate a freddo e stese in ragione di 2÷3 kg/m<sup>2</sup>. Lo spessore del trattamento ad essiccazione avvenuta non superava i 2 mm e spesso non era agevole stendere uno spessore uniforme, inoltre il film bituminoso non armato si crepava alla comparsa della prima cavillatura della superficie cementizia. È quindi molto più conveniente impiegare una membrana prefabbricata autoadesiva armata con un "tessuto non tessuto" di poliestere che può offrire una superiore elasticità, uniformità di spessore, resistenza al punzonamento e alle cavillature e che può essere applicata a freddo. Il rivestimento va poi protetto perché durante la fase di rinterro non venga forato e si dovrà prevedere un adeguato drenaggio verticale da raccordare alla cintura di drenaggio perimetrale, posta al piede dell'edificio, al fine di evitare ristagni di acqua meteorica a ridosso dell'impermeabilizzazione. L'impiego di uno strato prefabbricato specializzato che assolva sia la funzione drenante, sia la funzione protettiva, può essere vantaggioso quando scarseggia l'inerte drenante.

## Primer

La superficie di posa dovrà essere pulita, asciutta ed esente da prodotti disarmanti che possano interferire con l'adesione del primer e della membrana. Dovranno essere tagliati e ribattuti tutti i distanziatori metallici dei casseri ed asportati i grumi cementizi che dovessero sporgere dal muro e che potrebbero

forare il manto impermeabile. Tutta la superficie da rivestire verrà verniciata con una mano di primer elastomero bituminoso di adesione in solvente a rapida essiccazione idoneo per la preparazione delle superfici sia alla posa a fiamma delle membrane bitume distillato polimero standard sia alla posa a

freddo delle membrane bitume distillato polimero autoadesive e autotermoadesive tipo INDEVER PRIMER E. Il primer avrà un residuo secco (UNI EN ISO 3251) del 50% e una viscosità in coppa DIN/4 a 23°C (UNI EN ISO 2431) di 20÷25 s.

## Manto impermeabile

A partire dalla sommità del muro per una quota fuori terra di almeno 20÷30 cm su tutta la superficie verrà incollata in totale aderenza, per pressione a temperatura ambiente una membrana impermeabilizzante autoadesiva in bitume polimero elastomero armata con feltro di vetro autoprotetta da una lamina di polietilene ad alta densità (HDPE), tipo INDEXTENE HDPE SUPER, di 2 mm di spessore (EN 1849-1). La membrana avrà una resistenza a trazione (EN 12311-1) L/T di 500/300 N/50mm, un allungamento a rottura

(EN 12311-1) L/T del 90/180%, una resistenza alla lacerazione (EN 12310-1) L/T di 200/200 N, una flessibilità a freddo (EN1109) di -25°C e sarà dotata di una adesione (Tack Adhesion Test) di 400 N/cm<sup>2</sup> a 20°C e 350 N/cm<sup>2</sup> a 5°C.

I fogli di membrana verranno tagliati a misura e disposti verticalmente sul muro da rivestire, asportando il film siliconato che ne riveste la faccia inferiore e pressandoli con le mani se ne determinerà l'adesione al piano di posa. I teli verranno sovrapposti per 10 cm nel senso longitudinale,

superando di 5 cm l'apposita zona di sommonte e dopo averla privata della fascetta protettiva bisiliconata, i fogli verranno accuratamente pressati fra loro con l'aiuto di un rullino. Nel caso di sommonte trasversale o di parti dei teli prive di fascetta siliconata la sovrapposizione sarà di almeno 15 cm e la saldatura si eseguirà con le medesime modalità. Le teste dei teli verranno fissate meccanicamente con 5 chiodi per metro lineare muniti di rondella di almeno 20 mm di diametro.

## Strato di protezione e filtrante

Lo strato di protezione e drenaggio verticale verrà realizzato con un foglio bugnato in HDPE accoppiato ad un tessuto non tessuto filtrante di polipropilene resistente agli agenti chimici, ai batteri e alle muffe presenti nella terra tipo PROTEFON TEX dotato di una massa areica di 775 g/m<sup>2</sup>. Il foglio dovrà ricoprire tutto il rivestimento impermeabile e avrà uno spes-

sore delle cuspidi di 8 mm, una resistenza alla compressione di 19.000 kg/m<sup>2</sup> ed una capacità drenante di 16,6 m<sup>3</sup>/h-m. Verrà applicato con la faccia ricoperta dal "non tessuto" rivolta verso la terra di riempimento e con sovrapposizione tra i teli di 10 cm ca. ottenute per incastro delle bugne tra loro. La sommità dei teli ricoprirà la parte emergente fuori terra del manto

impermeabile dove verrà fissata meccanicamente e verrà protetta utilizzando l'apposito profilo in plastica. Al piede del muro controterra, il tessuto non tessuto verrà sfogliato dal foglio bugnato per 40÷50 cm e verrà risvoltato sul tubo di drenaggio perimetrale al fine di evitarne l'intasamento causato dalle parti più fini della terra di riempimento.

## Confezionamento di calcestruzzi per getti di fondazioni e massetti impermeabili

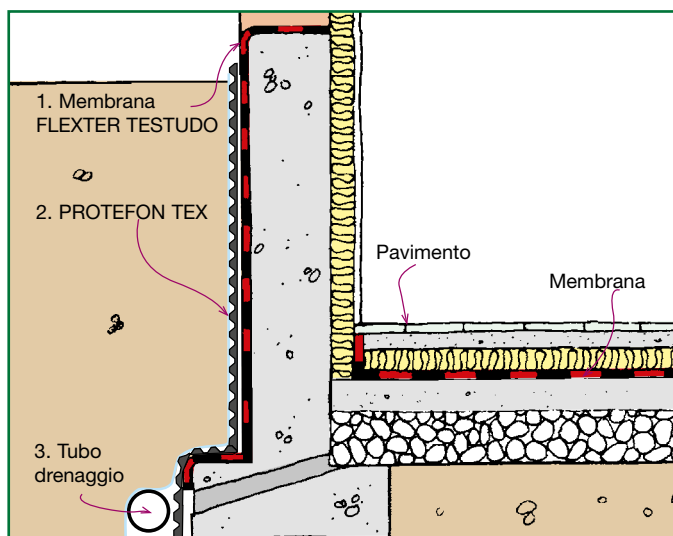
Il calcestruzzo per fondazioni impermeabili dovrà essere costituito da cemento a basso calore di idratazione con contenuto in cemento uguale o maggiore di 350 kg/m<sup>3</sup> e da inerti in perfetta granulometria (UNI 7163), con parti fini (0,2 mm) che dovranno raggiungere almeno il 5% sul peso totale. Il rapporto di acqua/cemento dovrà essere mantenuto su valori uguali o inferiori a 0,45. Il calcestruzzo impermeabile sarà ottenuto con l'aggiunta del superfluidificante FLUXAN in misura dell'1,5% sul peso del cemento e dell'idrofugo di

massa SATURFIX in misura del 1% sul peso del cemento.

Gli additivi verranno aggiunti, secondo il dosaggio stabilito durante il confezionamento del calcestruzzo, avendo cura di mescolare l'impasto additivato per altri 3 minuti. Si dovranno evitare tempi eccessivi di vibrazione della gettata e si dovrà aver cura che la stagionatura avvenga in modo corretto. L'additivo FLUXAN dovrà avere le seguenti caratteristiche e proprietà: densità del prodotto 1,15±0,01 kg/l, residuo secco secondo norme UNI 7111-72

uguale al 32%; tensione superficiale del prodotto in soluzione acquosa per rapporto A/C=0,5 secondo norma UNI 7117-72: 0,078 N/m; contenuto in cloro assente secondo norma UNI 7117-72; quantità d'acqua per ottenere la pasta normale (secondo DM 3/8/86 Capo II, sez. I, art. 7): cc 120; riduzione d'acqua nella pasta additivata con FLUXAN all'1,5% riferito alla massa di cemento: 15%. L'additivo SATURFIX dovrà avere le seguenti caratteristiche: densità del prodotto a 20°C 1,03±0,01 kg/litro; valore del pH 9.

# Cantine, seminterrati e muri controterra su terreni umidi



## Situazione

### Vani interrati in terreni argillosi.

È una situazione a rischio elevato di penetrazione dell'umidità. I terreni argillosi sono in grado di adescare l'umidità da una falda profonda da 3 fino ad 8 m e durante le precipitazioni trattengono l'acqua meteorica a lungo.

La soluzione proposta prevede il rivestimento delle pareti contro terra ed il rivestimento delle pareti orizzontali sotto pavimento con una membrana spessa 4 mm e armata con "tessuto non tessuto" di poliestere, integrati dall'additivazione del getto di fondazione con fluidificante e idrofugo di massa. Particolare attenzione progettuale va rivolta al livello raggiungibile da un improvviso innalzamento della falda freatica perché, se la stratigrafia posta sopra il manto impermeabile che riveste la parte orizzontale non è in grado di controbilanciare la spinta, questa può causare lo sfondamento del pavimento e del manto stesso. Se si è in presenza di una falda a livello variabile è conveniente passare alla soluzione successiva.

## Primer

La superficie del muro controterra verrà preventivamente trattata con una mano di primer bituminoso di adesione a rapida essiccazione

idoneo per la preparazione delle superfici alla posa a fiamma delle membrane bitume polimero, tipo INDEVER, a base di bitume, additivi e

solventi con residuo secco (UNI EN ISO 3251) del 40% e viscosità in coppa DIN/4 a 23°C (UNI EN ISO 2431) di 12÷17 s.

## Manto impermeabile

Dopo essiccazione del primer, verrà incollata, in completa aderenza a fiamma, una membrana impermeabilizzante bitume distillato polimero elastoplastomerica, di 4 mm di spessore, tipo FLEXTER TESTUDO SPUNBOND POLIESTERE, certificata con Agreement/DVT dell'I.T.C.-CNR a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, con armatura composita in "tessuto non tessuto" di poliestere da filo continuo Spunbond stabilizzato con fibra di vetro. La membrana sarà classificata in Euroclasse E di reazione al fuoco (EN13501-1), avrà una resistenza a trazione

(EN12311-1) L/T. di 850/750 N/50 mm, un allungamento a rottura (EN 12311-1) L/T. del 50/50%, una resistenza alla lacerazione (EN12310-1) L/T di 200/200 N, una resistenza al punzonamento dinamico (EN 12691 metodo A) di 1.250 mm, una resistenza al punzonamento statico (EN 12730) di 20 kg, una stabilità dimensionale a caldo (EN1107-1) L/T del -0,3%/+0,3%, una flessibilità a freddo (EN1109) di -20°C ed una tenuta al calore a caldo (EN1110) di 140°C.

I teli disposti nel senso verticale verranno sor-

montati per 10 cm e la sovrapposizione verrà saldata a fiamma, scenderanno a rivestire il dado di fondazione e proseguiranno fuori terra per una quota di almeno 30-40 cm. Per quanto riguarda il problema dell'isolamento termico valgono le considerazioni fatte nei precedenti capitoli.

I teli verranno stesi a secco sul magrone e sovrapposti per 10 cm circa. Il sormonto tra i teli verrà accuratamente saldato a fiamma e questi verranno risvoltati e incollati a fiamma sulle parti verticali per almeno 10 cm sopra il livello del pavimento.

## Strato di protezione drenante e filtrante

Lo strato di protezione e drenaggio verticale verrà realizzato con un foglio bugnato in HDPE accoppiato ad un tessuto filtrante di polipropilene resistente agli agenti chimici, ai batteri e alle muffe presenti nella terra tipo PROTEFON TEX dotato di una massa areica di 775 g/m<sup>2</sup>.

Il foglio dovrà ricoprire tutto il rivestimento imper-

meabile e avrà uno spessore delle cuspidi di 8 mm, una resistenza alla compressione di 19.000 kg/m<sup>2</sup> ed una capacità drenante di 16,6 m<sup>3</sup>/h-m. Verrà applicato con la faccia ricoperta dal "non tessuto" rivolta verso la terra di riempimento e con sovrapposizione tra i teli di 10 cm ca. ottenute per incastro delle bugne tra loro.

La sommità dei teli ricoprirà la parte emergente

fueri terra del manto impermeabile dove verrà fissata meccanicamente e verrà protetta utilizzando l'apposito profilo in plastica.

Al piede del muro controterra, il tessuto non tessuto verrà sfogliato dal foglio bugnato per 40÷50 cm e verrà risvoltato sul tubo di drenaggio perimetrale al fine di evitarne l'intasamento causato dalle parti più fini della terra di riempimento.

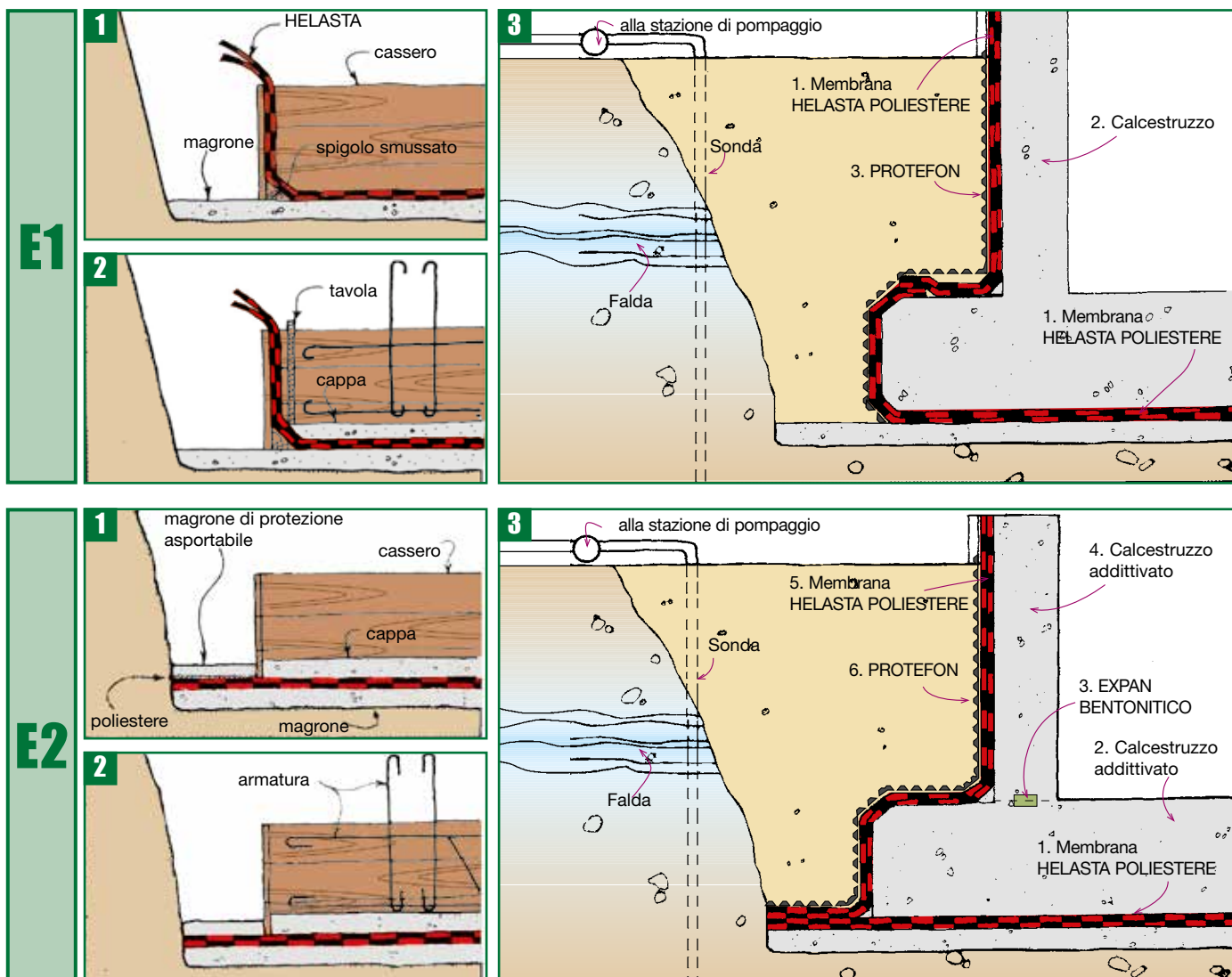
## Confezionamento di calcestruzzi per getti di fondazioni e massetti impermeabili

Il calcestruzzo per fondazioni impermeabili dovrà essere costituito da cemento a basso calore di idratazione con contenuto in cemento uguale o maggiore di 350 kg/m<sup>3</sup> e da inerti in perfetta granulometria (UNI 7163), con parti fini (0,2 mm) che dovranno raggiungere almeno il 5% sul peso totale. Il rapporto di acqua/cemento dovrà essere mantenuto su valori uguali o inferiori a 0,45. Il calcestruzzo impermeabile sarà ottenuto con l'aggiunta del superfluidificante FLUXAN in misura dell'1,5% sul peso del cemento e dell'idrofugo di

massa SATURFIX in misura del 1% sul peso del cemento. Gli additivi verranno aggiunti, secondo il dosaggio stabilito durante il confezionamento del calcestruzzo, avendo cura di mescolare l'impasto additivato per altri 3 minuti. Si dovranno evitare tempi eccessivi di vibrazione della gettata e si dovrà aver cura che la stagionatura avvenga in modo corretto. L'additivo FLUXAN dovrà avere le seguenti caratteristiche e proprietà: densità del prodotto 1,15±0,01 kg/l, residuo secco secondo norme UNI 7111-72 uguale al 32%; tensione su-

perficiale del prodotto in soluzione acquosa per rapporto A/C=0,5 secondo norma UNI 7117-72: 0,078 N/m; contenuto in cloro assente secondo norma UNI 7117-72; quantità d'acqua per ottenere la pasta normale (secondo DM 3/8/86 Capo II, sez. I, art. 7): cc 120; riduzione d'acqua nella pasta additivata con FLUXAN all'1,5% riferito alla massa di cemento: 15%. L'additivo SATURFIX dovrà avere le seguenti caratteristiche: densità del prodotto a 20°C 1,03±0,01 kg/litro; valore del pH 9.

# Vani interrati costantemente sotto falda freatica o in vicinanza di falda



## Situazione

### Vani interrati costantemente o periodicamente sotto falda freatica.

L'armonizzazione delle diverse fasi e tra i diversi operatori del cantiere è basilare per la riuscita dei lavori poiché un difetto sul sistema di tenuta primario può rendere inagibili i vani interrati, in presenza di falda è opportuno integrare l'impermeabilizzazione additivando i getti del cls e inserendo nell'interfaccia delle riprese di getto i cordoli idroespandenti.

Questo tipo di impermeabilizzazione è decisamente più impegnativo delle precedenti e particolari cure andranno rivolte alla scelta dei materiali, alla realizzazione della fondazione e alla progettazione delle opere accessorie; alcuni suggerimenti sono riportati nei capitoli successivi. Il materiale proposto, l'HELASTA POLIESTERE, è una membrana bitume-

elastomero armata con un non tessuto di poliestere; data l'elevatissima elasticità del compound che riveste il non tessuto, questa è in grado di assorbire senza rompersi le fessurazioni delle superfici sulle quali è applicata e gli eventuali scorrimenti che si potrebbero verificare fra magrone, e fondazione, rimanendo impermeabile anche sotto deformazione. Tutta la fondazione portante e resistente alla pressione dell'acqua viene contenuta dal manto impermeabile.

Innanzitutto, per eseguire i lavori, è necessario abbassare il livello della falda freatica attorno alla zona interessata allo scavo di fondazione: vengono usati dei sistemi di pompaggio tipo "well point" che lavorano in continuo e sono muniti di un circuito ausiliario che entra in funzione in caso di guasto del sistema principale o per mancanza di energia.

È molto importante garantire la continuità del pompaggio poiché in caso di fermata delle pompe la falda si innalza e sposta o sfonda le opere che non hanno raggiunto il peso o la resistenza necessaria a bilanciare la spinta dell'acqua. Per raggiugnere il fondo dello scavo, viene realizzata una platea in c.l.s. lisciata a frattazzo che costituirà il piano di posa del manto impermeabile e successivamente della fondazione vera e propria.

Sopra la platea verrà quindi applicato il rivestimento costituito da due membrane HELASTA POLIESTERE. Successivamente, dopo aver eseguito il getto di fondazione ed aver innalzato i muri perimetrali, ci si racconderà con l'impermeabilizzazione orizzontale per proseguire lo stesso rivestimento anche in verticale fino a 30÷50 cm fuori terra.



Particolare della fase di pompaggio per l'abbassamento della falda



Posa del manto impermeabile direttamente sul magrone di fondo e successiva protezione con cappa



Getto in cls e lisciatura dello zoccolo destinato a ricevere l'impermeabilizzazione



Particolare dell'impermeabilizzazione della muratura in elevazione

## Manto impermeabile

Nella zona di sterro il livello della falda freatica verrà abbassato e mantenuto ad una quota di almeno 50 cm inferiore a quella di scavo.

Il fondo della fossa verrà ragguagliato con una platea in c.l.s. magro accuratamente lisciata a frattazzo, sulla quale verranno appoggiati i casseri di fondazione muniti al piede, nella parte interna, di una angolare in legno a sezione triangolare di 5 cm di lato quale smusso di raccordo fra piano orizzontale e piano verticale. Sul magrone verranno applicati due strati di rivestimento costituiti da una membrana impermeabilizzante bitume distillato polimero elastomerica di 4 mm di spessore, tipo HELASTA POLIESTERE, certificata con Agreement/DVT dell'I.T.C.-CNR, a base di gomma termoplastica stirolo butadiene radiale e bitume distillato, con allungamento a rottura del 2000% e ripresa elastica (NF-XP 84-360) del 300%, con armatura composita in "tessuto non tessuto" di poliestere da filo continuo Spunbond, stabilizzato con fibra di vetro. La membrana sarà classificata in Euroclasse E di reazione al fuoco (EN13501-1), avrà una resistenza a trazione (EN 12311-1) L/T di 850/700 N/50 mm, un allungamento a rottura (EN 12311-1) L/T del 50/50%, una resistenza alla lacerazione (EN 12310-1) L/T di 200/200 N, una resistenza alla fatica (UEAtc) superiore a 1.000 cicli sul materiale nuovo e superiore a 500 cicli sul materiale invecchiato artificialmente, una resistenza al punzonamento dinamico (EN 12691 metodo A) di 1.250 mm, una resistenza al punzonamento statico (EN 12730) di 20 kg, una stabilità dimensionale a caldo (EN1107-1) L/T del -0,3%/+0,3%, una flessibilità a freddo (EN 1109) di -25°C ed una stabilità di forma a caldo (EN 1110) di 100°C.

Il primo strato verrà posato a secco sul magrone in calcestruzzo con sovrapposizioni di 10 cm saldate con la fiamma di un bruciatore a gas propano e sarà risvoltato sui casseri di fondazione; il secondo strato, posto a cavallo delle sormonte del foglio precedente, verrà incollato completamente a fiamma al primo strato fino a rivestire i casseri di fondazione e prevedendo sempre fra i teli sovrapposizioni di 10 cm.

Al fine di evitare lacerazioni del manto impermeabile durante la posa del ferro di armatura di fondazione, su questo verrà gettata una cappetta in c.l.s. di 3÷4 cm di spessore e verranno appoggiate delle tavole in legno a protezione della parte verticale che riveste i casseri. Successivamente, posata l'armatura e gettato il calcestruzzo, le tavole protettive verranno tolte e prima della presa del getto, con un frattazzo, verranno arrotondati gli spigoli fra lo zoccolo di fondazione e muro in elevazione.

I casseri di fondazione verranno lasciati in loco fino all'elevazione dei muri, questi ultimi saranno trattati con una mano di primer bituminoso di adesione a rapida essiccazione idoneo per la preparazione delle superfici alla posa a fiamma delle membrane bitume polimero, tipo INDEVER, a base di bitume, additivi e solventi con residuo secco (UNI EN ISO 3251) del 40% e viscosità in coppa DIN/4 a 23°C (UNI EN ISO 2431) di 12÷17 s.

Quindi verranno allontanati i casseri e la fascia del manto che risborda verrà risvoltato e incollato sullo zoccolo di fondazione. Il rivestimento verticale sarà costituito da due membrane della stessa natura raccordate a fiamma al rivestimento orizzontale con una sovrapposizione di almeno 20 cm.

Il primo strato verrà incollato a fiamma sul muro fino ad una quota di 30÷50 cm fuori terra, prevedendo sormonte di 10 cm, il secondo strato, posato a cavallo delle saldature del precedente, vi verrà incollato completamente a fiamma seguendo le medesime modalità.

La soluzione "E2" differisce dal metodo "E1" solo per un diverso sistema di collegamento fra impermeabilizzazione orizzontale e verticale. Il manto steso sul magrone di fondazione viene lasciato in piano e la parte che non verrà coperta dalla fondazione resistente sarà protetta da un non tessuto di poliestere da 500 gr/m<sup>2</sup> steso a secco, su questo, come ulteriore protezione meccanica, verrà stesa una malta cementizia di sp. 2÷3 cm che permette il pedonamento temporaneo della parte sporgente di manto durante la fase di allestimento della fondazione. La malta cementizia applicata sul non tessuto non aderisce all'impermeabilizzazione per cui al momento di collegare il rivestimento orizzontale con il verticale la protezione potrà essere rimossa con facilità.

## Confezionamento di calcestruzzi per getti di fondazioni e massetti impermeabili

Il calcestruzzo per fondazioni impermeabili dovrà essere costituito da cemento a basso calore di idratazione con contenuto in cemento uguale o maggiore di 350 kg/m<sup>3</sup> e da inerti in perfetta granulometria (UNI 7163), con parti fini (0,2 mm) di almeno il 5% sul peso totale.

Il rapporto di acqua/cemento dovrà essere mantenuto su valori uguali o inferiori a 0,45. Il calcestruzzo impermeabile sarà ottenuto con l'aggiunta del superfluidificante FLUXAN in misura dell'1,5% sul peso del cemento e dell'idrofugo di massa SATURFIX in misura del 1% sul peso del cemento. Gli additivi verranno aggiunti, secondo il dosaggio stabilito durante

il confezionamento del calcestruzzo, avendo cura di mescolare l'impasto additivato per altri 3 minuti.

Si dovranno evitare tempi eccessivi di vibrazione della gettata e si dovrà aver cura che la stagionatura avvenga in modo corretto.

L'additivo FLUXAN dovrà avere le seguenti caratteristiche e proprietà: densità del prodotto 1,15±0,01 kg/l, residuo secco secondo norme UNI 7111-72 uguale al 32%; tensione superficiale del prodotto in soluzione acquosa per rapporto A/C=0,5 secondo norma UNI 7117-72: 0,078 N/m; contenuto in cloro assente secondo norma UNI 7117-72; quantità d'acqua

per ottenere la pasta normale (secondo DM 3/8/86 Capo II, sez. I, art. 7): cc 120; riduzione d'acqua nella pasta additivata con FLUXAN all'1,5% riferito alla massa di cemento: 15%.

L'additivo SATURFIX dovrà avere le seguenti caratteristiche: densità del prodotto a 20°C 1,03±0,01 kg/litro; valore del pH 9.

## Waterstop

Nell'interfaccia delle riprese di getto delle opere di fondazione la tenuta all'acqua verrà ottenuta con un Waterstop costituito da un cordolo in gomma idroespansiva tipo EXPAN BENTONITICO con espansione del 100% dopo 7 giorni di immersione. Il cordolo sarà fissato

ogni 20-30 cm con chiodi di acciaio mentre, se la superficie è irregolare è preferibile impiegare un adesivo poliuretano tipo POLIBOND PUR. La posa di EXPAN BENTONITICO va eseguita immediatamente prima del getto, fissando il cordolo a 7-8 cm dal bordo dello stes-

so e le giunzioni verranno ottenute accostando lateralmente per 10-15 cm le due estremità da congiungere.

## Strato di protezione

Lo strato di protezione della membrana applicata sui muri controterra sarà costituita da un foglio bugnato in HDPE tipo PROTEFON, resistente agli agenti chimici, ai batteri e alle muffe del terreno. Il foglio avrà uno spessore

delle cuspidi di 8 mm e una resistenza alla compressione pari a 19.000 kg/m<sup>2</sup>. Verrà applicato con le cuspidi rivolte verso il terreno e con sovrapposizioni di 10 cm ca. ottenute per incastro delle bugne. I teli verranno fissati mec-

canicamente, utilizzando l'apposito profilo, ad una quota di 10-15 cm fuori terra e rivestiranno completamente la membrana impermeabile fino al piede della fondazione.



# PARTICOLARI DI POSA

## I materiali

Sono state realizzate impermeabilizzazioni con membrane bituminose fino a un battente d'acqua di 25 m. Generalmente si considera che un impermeabilizzazione con membrana bituminosa possa resistere ad una pressione verticale di 0,8 N/mm<sup>2</sup> che può essere elevata a 1,2 N/mm<sup>2</sup> se ne è impedita la deformazione.

Il manto impermeabile di fondazione può essere notevolmente sollecitato dalla struttura in calcestruzzo che riveste e sulle pareti possono apparire delle fessurazioni. Si ritiene che un sistema bistrato da 8 mm come proposto nelle pagine precedenti possa sopportare l'apertura di una fessura fino a 20 mm.

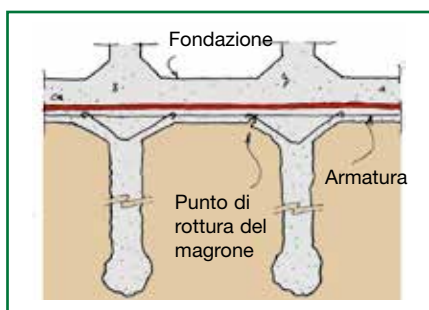
## Preparazione delle superfici da rivestire

Tutte le superfici destinate a ricevere la membrana impermeabile dovranno essere lisce a frattazzo, tutti gli angoli ed i raccordi tra piani andranno raccordati con un raggio di curvatura di almeno 5 cm.

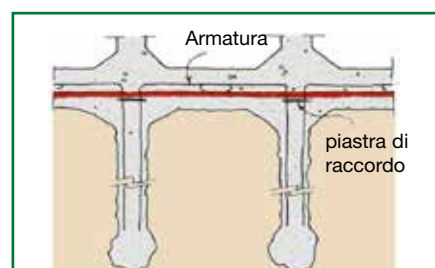
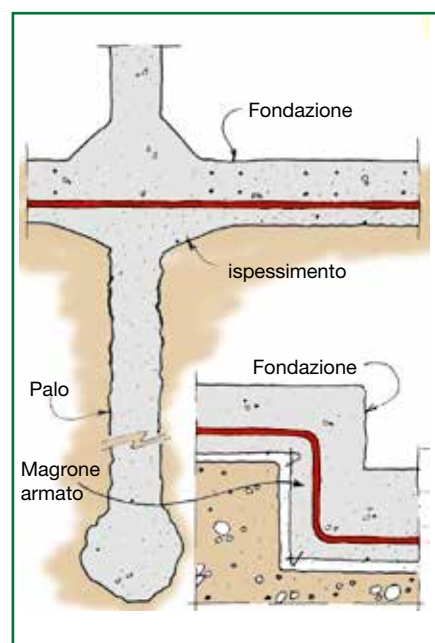
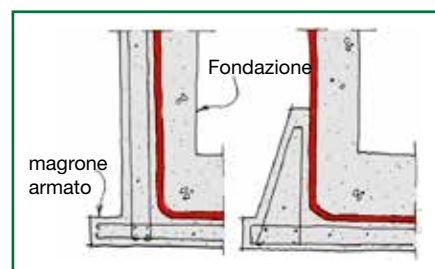
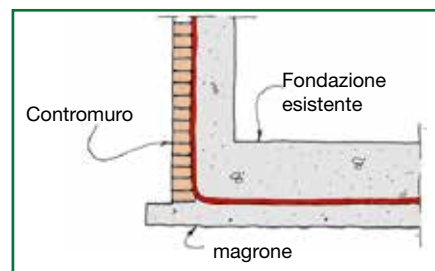
Il sistema di rivestire il muro verticale di fondazione incollandovi sopra il manto impermeabile è il più sicuro, in quanto la membrana è completamente aderente all'opera da proteggere, ma ciò presuppone abbondanza di spazio. Molto spesso la larghezza dello scavo non permette di lavorare all'esterno del muro verticale di fondazione e quindi non è possibile rivestirlo seguendo il procedimento indicato nei precedenti capitoli. In questo caso è necessario elevare, lungo il perimetro di fondazione, un contromuro sul quale verrà incollata l'impermeabilizzazione.

In certi terreni può essere necessario armare anche il magrone e l'eventuale contromuro.

Su palificata si dovrà ispessire il magrone sulla testa dei pali per ripartire meglio il carico e si dovrà amare convenientemente il magrone in presenza di piani di fondazione non regolari. Quando si costruiscono fondazioni su terreni non portanti si usa consolidarle con una palificata, ma successivamente se non si prendono adeguate precauzioni, è possibile che il magrone, si rompa nelle zone comprese fra terreno e pali mettendo in pericolo l'integrità del rivestimento. Per evitare questo inconveniente si dovrà allora armare anche il getto restante collegandolo alla palificata.

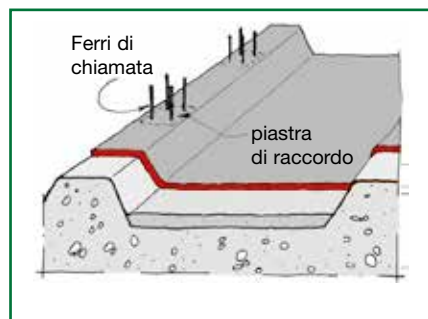
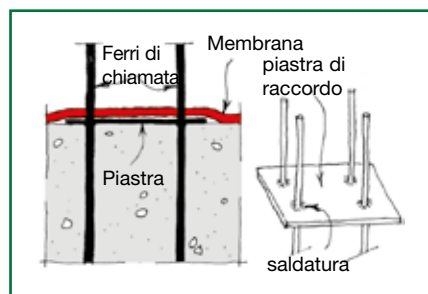


In certe situazioni, quando si prevede che la spinta della falda possa sollevare la fondazione resistente, può essere necessario collegare l'armatura della fondazione con una armatura annegata nei pali, i ferri dunque dovranno attraversare l'impermeabilizzazione. Questi punti possono costituire una zona debole del manto e quindi il problema dovrà essere risolto con appositi elementi metallici dotati di una larga ala di collegamento al rivestimento ed eventualmente di un sistema di flangia e controflangia. Sull'ala di raccordo, preventivamente spalmata di primer, verrà incollata a fiamma la membrana che verrà successivamente serrata dalla flangia. Questa soluzione se mal eseguita può dar luogo a notevoli inconvenienti, quindi verrà utilizzata solo in situazioni non risolvibili altrimenti.



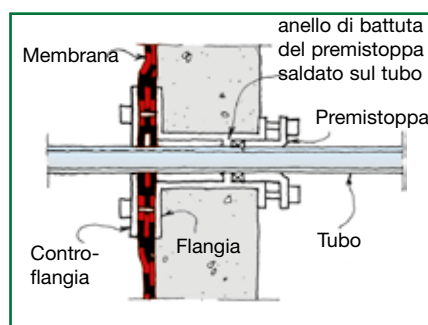
## Dispositivo di collegamento

Questo dispositivo può essere impiegato anche nel caso si debba garantire la continuità del manto sotto i pilastri di una ossatura a gabbia senza però che il manto debba esser fissato da flange. Per resistere alla sola umidità di salita capillare è sufficiente che il manto sia ben incollato sull'ala di raccordo.



## Tubi passanti

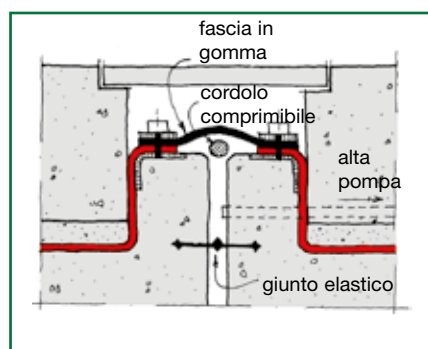
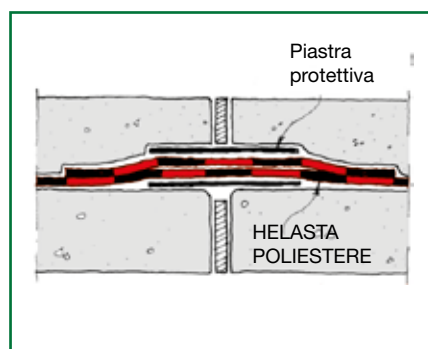
Il numero degli attraversamenti dei muri controterra dovrà essere ridotto al minimo indispensabile. Il dispositivo di raccordo al manto impermeabile potrà essere costituito da un manicotto metallico munito di una larga flangia e bulloni saldati, che verrà annegata nel getto. Sulla flangia verniciata di primer verrà incollata una pezza di membrana di 15 cm più larga che servirà da raccordo con il rivestimento impermeabile. Il manicotto sarà dotato di un anello metallico per l'appoggio di un premistoppa. Il manicotto nella parte interna sarà pure munito di flangia e bulloni per il serraggio del premistoppa contro il tubo.



## Giunti

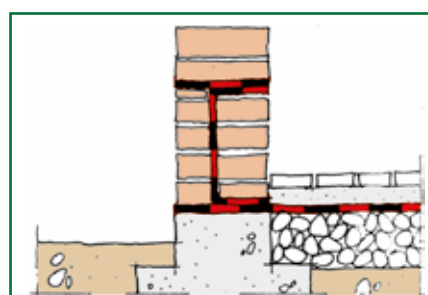
I giunti fra corpi di fabbrica suscettibili di avere assestamenti diversi sono da evitarsi il più possibile. In caso contrario le soluzioni possibili sono:

Nel caso di giunti di grossa entità l'impermeabilizzazione verticale sarà appoggiata ad un contromuro.



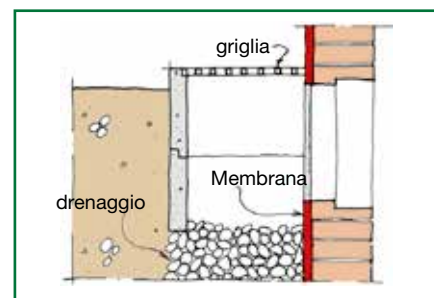
## Tagliamuro

Per evitare penetrazione di umidità dovuta all'acqua piovana che rimbalza sul marciapiedi, è opportuno installare sempre due fasce tagliamuro collegate da un rivestimento verticale.

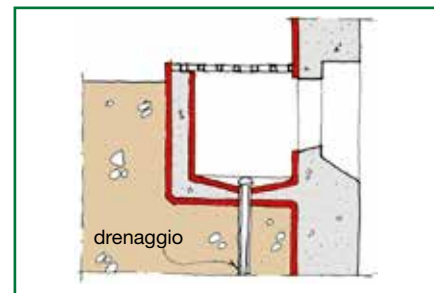


## Finestre seminterrati

Se la portata del terreno lo permette è sempre preferibile costruire la bocca di lupo staccata dal muro e senza fondo di c.l.s. bensì con il fondo riempito di ghiaia che sarà comunicante con il drenaggio verticale e perimetrale.

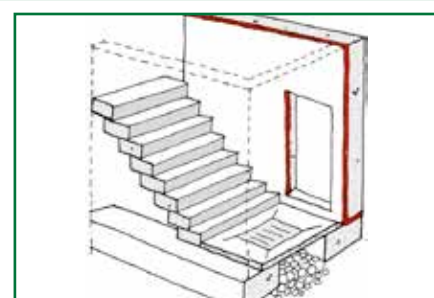


Questo per evitare che il corpo della bocca di lupo, per gli assestamenti del fabbricato, si stacchi dal muro interrompendo la continuità del manto impermeabile. Nel caso invece che si debba inserire la bocca di lupo nella costruzione, essa dovrà essere solidale con questa non solo nella parte di fondo ma anche i muretti laterali dovranno essere incassati nel muro dell'edificio. Il manto lo rivestirà completamente ed il fondo adeguatamente impermeabilizzato sarà costruito in pendenza verso il pluviale di scarico collegato con la cintura di drenaggio perimetrale.



## Scale esterne di scantinati

Le scale dovranno essere costruite dopo l'impermeabilizzazione del muro controterra e saranno staccate da questo di almeno 2 cm. Il fondo verrà munito di una griglia di scarico comunicante con la cintura di drenaggio perimetrale.



## Drenaggio e protezione del manto impermeabile

Un drenaggio ben progettato può in molti casi costituire un vero e proprio sistema di sicurezza per evitare il passaggio d'acqua all'interno della costruzione anche in presenza del rivestimento impermeabile. È importante prevedere un drenaggio efficace per ridurre la pressione idrostatica a ridosso del manto, così anche in presenza di difetti del rivestimento l'entità del passaggio d'acqua sarà notevolmente diminuita.

La rete di drenaggio generalmente è costituita da:

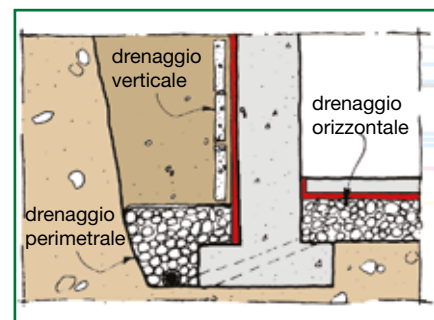
- drenaggio orizzontale (sottopavimento)
- cintura di drenaggio perimetrale (al piede della fondazione)
- drenaggio verticale (a ridosso delle pareti controterra).

Il drenaggio orizzontale sarà collegato, a mezzo di tubazioni forate, al drenaggio perimetrale e sarà mantenuto ad una quota più alta. Il drenaggio perimetrale, munito di tubazioni forate, sarà collegato, con una pendenza regolare 1% ad un collettore di evacuazione.

Il drenaggio verticale, collegato alla cintura perimetrale, assolverà anche alla funzione di strato protettivo dell'impermeabilizzazione durante il reinterro, sarà costituito da blocchi porosi in cemento impiantati a secco contro il muro verticale da pannelli di polistirolo drenanti o fogli di PROTEFON TEX.

Può essere costituito anche da ghiaia, in tal caso è necessario proteggere preventivamente il rivestimento impermeabile con un "non tessuto" di poliestere da 300±500 gr/m<sup>2</sup> o con PROTEFON.

Nei terreni argillosi per evitare l'occlusione della rete di drenaggio è opportuno proteggere tutti e tre gli elementi che la costituiscono con uno strato filtrante in non tessuto di poliestere Filtro da 200 gr/m<sup>2</sup> con sormonte di 10 cm tra i teli.



L'impermeabilizzazione delle opere controterra con materiali cementizi, il risanamento dei muri umidi e l'impermeabilizzazione dei vani interrati dall'interno sono trattati nelle pubblicazioni della 4<sup>a</sup> divisione:

- Capitolato Tecnico 1 - Risanamento delle murature umide con intonaci deumidificanti
- Capitolato Tecnico 2 - Impermeabilizzazione con cementi osmotici



# Capitolato tecnico

# 5

e le utilizzazioni del prodotto. Considerate le numerose possibilità d'impiego e la possibile interferenza di elementi da noi non dipendenti, non ci assumiamo responsabilità in merito ai risultati. L'Acquirente è tenuto a stabilire sotto la propria responsabilità l'idoneità del prodotto all'impiego previsto.

I dati esposti sono dati medi indicativi relativi alla produzione attuale e possono essere cambiati e aggiornati dalla INDEX in qualsiasi momento senza preavviso. I suggerimenti e le informazioni tecniche fornite rappresentano le nostre migliori conoscenze riguardo le proprietà

• PER ULTERIORI INFORMAZIONI O USI PARTICOLARI CONSULTARE IL NOSTRO UFFICIO TECNICO •

**index**  
Construction Systems and Products

Via G. Rossini, 22 - 37060 Castel D'Azzano (VR) - Italy - C.P.67  
T. +39 045 8546201 - F. +39 045 518390

Internet: [www.indexspa.it](http://www.indexspa.it)  
Informazioni Tecniche Commerciali  
[tecom@indexspa.it](mailto:tecom@indexspa.it)  
Amministrazione e Segreteria  
[index@indexspa.it](mailto:index@indexspa.it)  
Index Export Dept.  
[index.export@indexspa.it](mailto:index.export@indexspa.it)

