

Articolo 11 Sistemazioni Idrauliche

11.1 - DIFESA IDRAULICA DEL CORPO STRADALE

La difesa idraulica del corpo stradale si realizza mediante opere atte ad agevolare lo smaltimento delle acque meteoriche, impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, assicurare la stabilità delle scarpate ed eventualmente convogliare sversamenti accidentali sulla carreggiata di inquinanti liquidi negli appositi recapiti protetti.

11.1.1 - CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA

Le acque defluenti dal corpo stradale o dall'esterno (per esempio dal pendio, per strade a mezza costa o in trincea) vengono raccolte in piccoli canali, detti rispettivamente cunette o fossi di guardia che possono essere in scavo naturale o rivestiti.

Il rivestimento delle cunette e dei fossi di guardia può essere realizzato con calcestruzzo gettato in opera, con elementi prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato (C.A.V.), in muratura o con cordonature.

Rivestimento in CLS

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, deve essere eseguito con conglomerato cementizio per opere di fondazione con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa. La lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

Elementi in C.A.V.

Gli elementi prefabbricati devono essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$, armato con rete di acciaio a maglie saldate, del tipo Fe B 44k in fili del diametro non inferiore a 6 mm.

Gli elementi possono avere forma trapezoidale o a L, secondo i disegni di progetto.

Lo spessore deve essere non inferiore a 7 cm e le testate debbono essere sagomate ad incastro a mezza piolla.

Rivestimento in muratura

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia deve essere eseguito in muratura di pietrame o di mattoni e malta dosata a 400 Kg/mc di cemento, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti.

Il rivestimento, dello spessore indicato in progetto, deve essere eseguito previa predisposizione nello scavo della malta di allettamento.

Cordonature

Devono essere realizzate con cordoli prefabbricati di lunghezza non superiore a 1.00 m, di forma prismatica e con la sezione indicata in progetto. Gli elementi devono essere in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), con $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$, presentare superfici in vista regolari e ben rifinite ed essere esenti da imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature.

Posa in opera

I manufatti prefabbricati devono essere posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che

potrebbero compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a 400 Kg/mc di cemento.

Le cordonature devono essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$, interponendo uno strato di malta dosata a 400 Kg/mc di cemento, che deve essere utilizzata anche per la stuccatura dei giunti.

11.1.2 - CADITOIE STRADALI

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomate che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionabile e manutenibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino).

Pozzetti

I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o sono prefabbricati. I pozzetti in opera possono essere realizzati in muratura o con conglomerato cementizio; le dimensioni e le caratteristiche dei materiali sono descritte negli elaborati di progetto.

I pozzetti in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio armato e vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$;
- armatura con rete elettrosaldada in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

Griglie e chiusini

Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a protezione di pozzetti e canalette. Tutti gli elementi costruttivi devono essere conformi alle norme UNI-EN 124.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo deve avere diametro superiore a 600 mm.

Griglie, chiusini ed i rispettivi telai di appoggio devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

11.1.3 – EMBRICI

L'allontanamento delle acque di piattaforma dalla scarpata di un rilevato stradale può avvenire tramite scivoli che adducono l'acqua fino al piede della scarpata. Le canalette devono estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina fino al fosso di guardia. L'elemento più alto è detto invito, i successivi embrici.

Gli embrici sono costituiti da elementi prefabbricati in C.A.V. realizzati con conglomerato cementizio $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ ed aventi misure di cm 50/40x50x20 e spessore $\geq 5 \text{ cm}$.

Posa in opera

Prima della posa in opera l'Impresa deve avere cura di effettuare lo scavo di imposta in funzione della forma dell'elemento e realizzare il piano d'appoggio in modo che risulti debitamente costipato, per evitare eventuali cedimenti dei singoli pezzi.

Alla base dell'elemento posto a quota inferiore, ossia al margine con il fosso di guardia, qualora non esista idonea opera muraria di ancoraggio, l'Impresa deve provvedere a infiggere nel terreno 2 tondini di acciaio $\phi 24$, della lunghezza minima di 80 cm. Il tratto infisso nel terreno deve essere almeno di cm 60, in modo che i tondi sporgano di circa 20 cm. Analoghi ancoraggi devono essere collocati ogni tre embrici in modo da impedire lo slittamento degli elementi. La sommità degli scivoli che si

dipartono dal piano viabile deve risultare raccordata con la pavimentazione e con l'arginello mediante apposito imbocco in calcestruzzo gettato in opera o prefabbricato con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$.

La sagomatura dell'invito deve essere configurata in modo che l'acqua non abbia alcun impedimento nel defluire.

11.1.4 – CONTROLLI

Per il calcestruzzo e l'acciaio utilizzati nei manufatti realizzati in opera il controllo deve essere eseguito secondo quanto previsto nel D.M. LL.PP. 9/01/1996.

Per gli elementi prefabbricati in C.A.V. la Direzione Lavori deve verificare le caratteristiche attraverso i certificati rilasciati dal produttore in osservanza alle norme tecniche di cui al D.M. LL.PP. 9/01/1996

Le griglie ed i chiusini devono essere accompagnati da certificato rilasciato da laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che attesti la conformità alle norme UNI-EN 124.

11.1.5 – TUBAZIONI

Le tubazioni per la raccolta e lo smaltimento delle acque dal corpo stradale sono di norma realizzate in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), in P.V.C. rigido o in acciaio.

Tubi in C.A.V. Le tubazioni in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$.
Le tubazioni in C.A.V. devono avere sezione a corona circolare di spessore uniforme, superfici interne lisce e prive di irregolarità, sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che deve essere sigillato in opera con malta di cemento e con guarnizioni.

Tubi in P.V.C. rigido Le tubazioni in P.V.C. rigido devono essere costituite da elementi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere che devono essere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma. Devono rispondere per tipo e caratteristiche alle norme UNI 7447-75 tipo 303 e per i controlli alle norme UNI 7448-75.
Ogni elemento deve riportare il "marchio di conformità" I.I.P. n°103 UNI 312.

Tubi in acciaio. Le tubazioni in acciaio devono avere struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco.
L'acciaio della lamiera ondulata deve essere del tipo Fe 360, avere caratteristiche rispondenti alle norme AASHO Modificata 167/70 e AASHO Modificata 36/70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40 %, protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le norme UNI 5744-66 e 5745-75 con 480 grammi nominali di zinco per faccia e spessore minimo di mm 1.5, con tolleranza ammessa secondo la Norma UNI 2634.
Nella posa in opera sono compresi i raccordi, i tiranti, i profilati di raccordo, la bulloneria ed ogni altro onere per l'esecuzione del lavoro.

11.1.5.1 - POSA IN OPERA DEI TUBI

Disposizioni generali

I tubi devono essere calati negli scavi con mezzi adeguati a preservarne l'integrità e disposti nella giusta posizione per l'esecuzione delle giunzioni.

I singoli elementi devono essere depositati il più possibile vicino al posto di montaggio, così da evitare spostamenti notevoli lungo lo scavo.

Salvo quanto riguarda la formazione delle giunzioni, ogni tratto di condotta deve essere disposto e rettificato in modo che l'asse della tubazione unisca con uniforme pendenza diversi punti fissati con appositi picchetti, così da realizzare esattamente l'andamento planimetrico ed altimetrico stabilito nelle planimetrie e nei profili di progetto o comunque disposti dalla Direzione Lavori. Non sono tollerate contropendenze in corrispondenza di punti in cui non fossero previsti scarichi; ove ciò si verificasse, l'Impresa a proprie spese deve rimuovere le tubazioni e ricollocarle in modo regolare come da progetto.

Nessun tratto di tubazione deve essere posato in orizzontale. I bicchieri devono essere possibilmente rivolti verso la direzione in cui procede il montaggio, salvo prescrizioni diverse da parte della Direzione Lavori.

Gli assi dei tubi consecutivi appartenenti a tratte di condotta rettilinea devono essere rigorosamente disposti su una retta. Si ammettono deviazioni fino ad un massimo di 5° (per i giunti che lo consentano) allo scopo di permettere la formazione delle curve a largo raggio. I tubi devono essere disposti in modo da poggiare per tutta la loro lunghezza.

Le tubazioni devono essere interrate in un cavo delle dimensioni previste in progetto, sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento. Qualora sia previsto, le tubazioni devono essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio ed eventualmente rinfiancate. Il conglomerato per la platea ed i rinfianchi deve essere di classe $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$.

Tra tubazione e platea deve essere interposto uno strato di malta dosata a 400 kg/m^3 di cemento.

In tutti gli attraversamenti stradali, ove non fossero presenti cunicoli o controtubi di protezione, si deve provvedere all'annegamento dei tubi in sabbia, curando che il rinterro sulla generatrice superiore non sia inferiore ad 1 m. Ove si dovessero attraversare dei manufatti, deve evitarsi di murare le tubazioni negli stessi, curando al tempo stesso la formazione di idonei cuscinetti fra tubo e muratura a protezione anche dei rivestimenti.

Giunzioni

Le giunzioni devono essere eseguite secondo la migliore tecnica relativa a ciascun tipo di materiale, con le prescrizioni e le specifiche di dettaglio indicate dal fornitore; non sono ammesse perdite di alcun genere.

11.1.5.2 - CONTROLLI

Per l'accettazione dei materiali, l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Produttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali.

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

11.2 – DRENAGGI

Per impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale si possono realizzare canali drenanti e filtri drenanti al piede di rilevati. Si realizzano drenaggi anche per la raccolta e l'allontanamento di acque di infiltrazione e per riempimenti a tergo di

strutture di contenimento.

I drenaggi per il risanamento del corpo stradale e delle zone circostanti inclusi nel progetto, devono essere eseguiti procedendo da monte verso valle per ottenere la regimazione delle acque ed un deflusso regolare.

Per la protezione dei canali e dei filtri dall'intasamento causato da percolazione di parti limose e/o argillose, il drenaggio può essere avvolto in un telo di geotessuto.

11.2.1 – DRENAGGI DEL CORPO STRADALE

Materiali Per la realizzazione di canali drenanti e per drenaggi da eseguirsi a tergo di strutture si devono impiegare materiali aridi costituiti da ciottoli o pietrame di cava. Il materiale deve essere pulito compatto ed uniforme, sano e privo di parti alterate. Le dimensioni del materiale di norma devono essere comprese fra i 3 ed i 20 cm, comunque conformi alle specifiche prescrizioni di progetto.

Esecuzione Le opere di drenaggio devono essere realizzate secondo le disposizioni riportate nei disegni di progetto; i riempimenti a tergo di strutture devono essere eseguiti a struttura finita.

Controlli Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale fornito e le cave di provenienza. La Direzione Lavori, deve accertare la bontà del materiale e la corrispondenza alle caratteristiche teniche di progetto.

Le caratteristiche fisiche del pietrame devono essere accertate seguendo le norme per la determinazione della massa volumica dei granuli (CNR 63/78), per la determinazione della gelività (CNR 80/80) e per la determinazione del coefficiente di imbibizione (CNR 137/92). Le caratteristiche meccaniche del pietrame devono essere determinate seguendo quanto riportato nelle Norme EN 1926/99 per la prova di resistenza alla compressione.

Durante l'esecuzione dei lavori, la Direzione Lavori può prelevare dei campioni del materiale fornito (uno ogni 100 mc di fornitura) per sottoporli a prove di controllo presso laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

11.2.2 - TUBAZIONI PERFORATE PER DRENAGGI

Tubi in C.A.V. Le tubazioni in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$. Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubazioni in C.A.V.

Tubi in P.V.C. Rigido Le tubazioni in P.V.C. rigido devono essere costituite da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere o manicotto, del tipo non scorrevole ottenuti mediante incollaggio. Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubi in P.V.C. rigido.

Tubi in acciaio Le tubazioni a struttura portante costituita da lamiera d'acciaio debbono possedere le caratteristiche, i requisiti e seguire le modalità di posa in opera ed i controlli analoghi a quelli dettagliati nel paragrafo delle tubazioni in acciaio.

11.2.3 - GEOTESSILI

Quando occorra proteggere i drenaggi in materiale arido da possibili inquinamenti da materiale coesivo può essere usato il geotessile con funzione di filtro, così da evitare il passaggio delle componenti fini del terreno naturale.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

I geotessili debbono presentare superficie scabra, essere impuntrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale deve rispondere ai requisiti minimi riportati in

Tabella 11.1:

Tabella 11.1			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso, in g/m ²	UNI 5114	g/m ²	Secondo progetto
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N	UNI 8639	kN/m	18
Allungamento, in %	UNI 8639	%	60
Lacerazione, in N	UNI 8279/9	kN/m	0,5
Punzonamento, in N	UNI 8279/14	KN	3
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13	cm/s	0,8
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile.		µm	< 100

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma UNI 8279/Parte 1.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

11.2.3 - FILTRI DRENANTI GRANULARI

Materiali

Nel caso in cui per i filtri drenanti non sia prevista la protezione con teli di geotessile, per evitare la riduzione della capacità drenante per intasamento da parti fini, la granulometria del materiale di riempimento deve essere tale da soddisfare seguenti criteri (U.S. Army Corps of Engineers):

$$\frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{85} \text{ terreno}} < 5 \qquad 4 < \frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{15} \text{ terreno}} < 20 \qquad \frac{D_{50} \text{ filtro}}{D_{50} \text{ terreno}} < 25$$

dove D_{15} , D_{50} e D_{85} sono le dimensioni delle particelle individuate nella curva granulometrica al 15, 50 e 85% del passante in peso.

Il materiale deve essere pulito, compatto ed uniforme, sano e privo di parti alterate, non deve contenere parti fini, di diametro inferiore a 0,074 mm, in misura superiore al 5% in pezzature superiori ai 65 mm.

Posa in opera I filtri drenanti devono realizzarsi a strati di spessore non superiore a 20 cm, accuratamente costipati con idonei mezzi meccanici.

Controlli Per l'accettazione dei materiali, l'Impresa deve dimostrare alla Direzione Lavori la rispondenza alle prescrizioni progettuali ed ai requisiti sopra indicati. La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

11.3 - TOMBINI E MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO DEL CORPO STRADALE

11.3.1 - MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA

Per l'attraversamento di canali di scolo o piccoli torrenti si possono realizzare, oltre a manufatti in c.a., tombini e sottopassi con struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.

Materiali L'acciaio della lamiera ondulata deve essere della qualità di cui alle norme AASHTO Modificata 167/70 e AASHTO Modificata 36/70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40 %, spessore minimo di mm 1,5, con tolleranza ammessa secondo la Norma UNI 2634; deve essere del tipo Fe 360, protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le Norme UNI 5744-66 e 5745-75 con 305 g/m² di zinco per faccia.

Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi, si deve provvedere alla loro protezione mediante rivestimento realizzato con adeguato mastice bituminoso, avente uno spessore minimo di 1,5 mm inserito sulla cresta delle ondulazioni con peso unitario di 1,5 Kg/m² per faccia applicato a spruzzo od a pennello. In alternativa è consentito l'uso di bitume ossidato applicato mediante immersione a caldo, negli stessi quantitativi precedentemente indicati.

Qualità L'Impresa, prima della posa in opera, per ogni singolo manufatto deve fornire alla Direzione Lavori:

- la certificazione del Produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;
- il progetto costruttivo dell'opera con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio;

Le strutture finite devono essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ecc.

L'elemento tipo del manufatto a sezione circolare deve essere costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto. Dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno è a filo diritto e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro", il bordo del diritto dell'altro elemento.

L'ampiezza dell'onda deve essere di 67,7 mm e la profondità di 12,7 mm la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, è un multiplo di 0,61 m.

Per i manufatti a piastre multiple, indicativamente l'ampiezza dell'onda è di mm 152,4 e la profondità di mm 50,8. Il raggio della curva interna della gola deve essere almeno di mm 28,6.

Le piastre devono fornirsi in misura standard ad elementi tali da costituire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di m 0,61; comunque si ammettono anche lunghezze comprese fra 1.75 e 2.5 m.

Montaggio

Per i tombini ad elementi incastrati o bullonati, nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari devono essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti.

Gli appositi elementi devono legarsi tra loro, in senso longitudinale, mediante appositi ganci in acciaio zincato.

Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati, sono la circolare con diametro variabile da m 0,30 a m 1,50 e che può essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro e la policentrica, anche ribassata, con luce minima di m 0,40 e luce massima di m 1,75.

Per i manufatti a piastre multiple, i bulloni di giunzione delle piastre devono essere di diametro non inferiore ad 1.91 mm ed appartenere alla classe 8.8 (UNI 3740).

Le teste di bulloni dei cavi devono assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si devono impiegare speciali rondelle.

Le forme di manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple sono circolari, con diametro compreso da m 1,50 a m 6,40 e possono essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate con luce variabile da m 1,80 a m 6,50 ad arco con luce variabile da m 1,80 a m 9,00; policentriche (per sottopassi) con luce variabile da m 2,20 a m 7,00.

La coppia dinamometrica di serraggio per i bulloni deve, al termine del serraggio stesso, risultare tra 18 e 27.

Posa in opera

Lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere deve essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto bituminoso.

La condotta metallica deve essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità.

Il letto di posa deve sagomarsi come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.

Nel caso di terreno a debole portanza si deve eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si deve poi riempire lo scavo con materiale da rilevato, come indicato nel progetto, compattandolo convenientemente.

In presenza invece di un fondo roccioso o piattaforma di conglomerato cementizio si deve interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore. In ogni caso si deve interporre tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore minimo di 10 cm.

Tale strato non deve essere compattato per permettere una perfetta aderenza della condotta e deve estendersi in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

Costipamento laterale e riempimento

Il materiale di rinfiacco della condotta deve essere compattato ed eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.

Deve essere posato e compattato a strati orizzontali di spessore non superiore a 30 cm, disposti in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.

La compattazione di ogni strato deve soddisfare le indicazioni riportate nell'articolo "Movimento di Materie".

Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si devono utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici, per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si debbono utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura dopo la sua posa in opera deve estendersi per almeno tre volte il diametro o la luce della condotta; il terreno impiegato tale rilevato deve normalmente essere costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale.

Si deve inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un ricoprimento della struttura che assicuri un'adeguata ripartizione del carico al fine di non generare, nel manufatto, sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

Controlli

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Produttore che attestino la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali.

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, lo spessore dell'elemento, del rivestimento di zinco su entrambe le facce (UNI 5742-66) e dell'eventuale mastice bituminoso nonché il peso di rivestimento di zinco secondo le specifiche ASTM-A 90-53 e la centratura della zincatura secondo le tabelle UNI 1475, 1476, 4007.

La frequenza dei prelievi da sottoporre a prove di laboratorio può essere di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.

11.4 - PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE

Per la protezione del corpo stradale e per migliorare la stabilità delle scarpate si possono impiegare muri a gabbioni, materassi flessibili a tasche o mantellate in C.A.V.

11.4.1 - GABBIONI METALLICI

I muri a gabbioni possono essere realizzati per qualsiasi altezza e sono costituiti da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione. Se necessario può essere posto in opera a terga uno strato filtrante in geotessile per evitare la riduzione della capacità drenante dovuta a possibili intasamenti da parti fini limo-argillose.

Gabbioni

I gabbioni devono essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, in accordo con le UNI 8018. La maglia deve essere tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI 3598 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) avente carico di rottura compreso fra 38 e 50 Kg/ mm² e allungamento minimo pari al 12%, a forte zincatura conforme a quanto previsto dalla Circolare del Consiglio Superiore LL.PP. n. 2078 del 27.8.1962, con un quantitativo minimo di zinco variabile fra 240 e 275 g/m² in funzione dei diametri del filo. La rete deve avere maglie uniformi ed il perimetro rinforzato. Il filo da impiegarsi nelle cuciture e per i tiranti deve possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi sono costituiti acciaio a forte zincatura con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/mq.

I diametri dei fili e le caratteristiche fisico-meccaniche della rete (ASTM A-975-97) sono riportati in **Tabella 11.2**:

Tabella 11.2

Maglia	Diametro filo della rete	Diametro filo di rinforzo	Diametro filo per cuciture e tiranti	Resistenza longitudinale alla torsione	Resistenza Perpendicolare alla torsione	Resistenza stringitura	Resistenza al punzonamento
mm	mm	mm	mm	kN/m	kN/m	kN/m	kN
6 x 8	2.7	3.4	2.2	46	20	17	23
8 x 10	2.7	3.4	2.2	42	20	17	23
8 x 10	3.0	3.9	2.4	51	26	20	26

Il filo da impiegare nelle cuciture deve avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e comunque non deve avere diametro inferiore a 2,20 mm. Le cuciture devono essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere. Le cuciture più importanti normalmente devono essere effettuate passando un filo continuo dentro ogni maglia e con un doppio giro ogni 25-30 cm.

Per gabbioni in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, deve essere rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

Pietrame di riempimento

Il materiale da usarsi per il riempimento dei gabbioni può essere costituito da ciottoli di fiume o pietrame di cava, di composizione compatta, sufficientemente duro, con peso specifico non inferiore a 2000 Kg/m³, non friabile, nè gelivo e di dimensioni comprese fra il 100 ed il 150% della maggiore dimensione della maglia della rete e con assortimento tale da realizzare il maggior costipamento possibile. Non può impiegarsi pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera viene a contatto.

Il pietrame deve essere assestato dentro l'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile, ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista devono essere lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità del gabbione deve essere compreso tra 0.3 e 0.4).

Posa in opera

Preliminarmente l'impresa deve procedere alla regolarizzazione del piano di posa, quindi al posizionamento degli elementi collegandoli tra loro mediante cuciture.

Le operazioni di preparazione e assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura, o con punti metallici, devono essere tali da creare una struttura continua e collaborante.

Durante il riempimento devono essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento. La chiusura degli elementi deve effettuarsi mediante cuciture, come indicato in precedenza. Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio deve risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

Controlli

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori per ogni partita ricevuta in cantiere i certificati rilasciati dal Produttore dei gabbioni metallici che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle caratteristiche indicate nel progetto.

L'Impresa deve altresì fornire per il pietrame di riempimento dei gabbioni, certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale e le cave di provenienza. Le caratteristiche fisiche del pietrame devono essere accertate seguendo le norme per la determinazione della massa volumica dei granuli (CNR 63/78), per la determinazione della gelività (CNR 80/80) e per la determinazione del coefficiente di

imbibizione (CNR 137/92).

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo sui materiali da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

11.4.2 - MATERASSI FLESSIBILI A TASCHE

I materassi flessibili a tasche si utilizzano per migliorare la stabilità del corpo stradale disponendoli al piede delle scarpate.

Materassi I materassi possono essere realizzati con diversi spessori (**Tabella 11.3**) e devono essere costituiti con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, in accordo con le UNI 8018. Tale rete deve avere un carico di rottura compreso fra 38 e 50 kg/mm² e allungamento minimo pari al 12%, deve essere tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI 3598 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) a forte zincatura (Circolare del Consiglio Superiore LLPP n. 2078 del 27.8.62) con un quantitativo minimo di zinco variabile fra 240 e 275 g/mq in funzione dei diametri del filo. La rete deve avere maglie uniformi e perimetro rinforzato con filo del diametro riportato in **Tabella 11.3**. Il filo da impiegarsi nelle cuciture e per i tiranti deve possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e deve avere un diametro pari a 2,20 mm. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi devono essere costituiti sempre in acciaio rivestito con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/mq. I diaframmi intermedi saranno costituiti da raddoppio di rete metallica che costituisce, senza soluzione di continuità, base e diaframmi e pareti laterali della struttura.

Tabella 11.3			
Spessore cm	Maglia mm	Diametro filo della rete	Diametro del filo dirinforzo mm
15	5 x 7	2.0	2.4
17	6 x 8	2.2	2.7
20	5 x 7	2.0	2.4
23	6 x 8	2.2	2.7
25	5 x 7	2.0	2.4
30	6 x 8	2.2	2.7

La rete metallica costituente i materassi deve rispettare, conformemente alla normativa ASTM A-975-97, le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche minime:

- resistenza longitudinale alla torsione kN/m 33
- resistenza perpendicolare alla torsione kN/m 13
- resistenza in corrispondenza della stringitura kN/m 10
- resistenza al punzonamento kN 17

Per materassi in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, deve essere rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

Pietrame di riempimento

Il materiale da usarsi per il riempimento dei materassi può essere costituito da ciottoli di fiume o pietrame di cava, di composizione compatta, sufficientemente duro, con peso specifico non inferiore a

2000 Kg/m³, non friabile, ne gelivo e di dimensioni comprese fra il 100 ed il 150% della maggiore dimensione della maglia della rete e con assortimento tale da realizzare il maggior costipamento possibile. Non può impiegarsi pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera viene a contatto.

Il pietrame deve essere assestato dentro l'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile, ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista devono essere lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità deve essere compreso tra 0.3 e 0.4).

Posa in opera Le operazioni di preparazione ed assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura o con punti metallici, devono essere tali da creare una struttura continua e monolitica.

Preliminarmente l'impresa deve procedere alla regolarizzazione del piano di posa. Normalmente le scarpate di appoggio sono inclinate di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno, tenendo la pendenza massima in casi di terre vegetali di media consistenza e la minima con quelle argillose.

Prima della posa in opera il singolo materasso deve allestirsi effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

È preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano cri posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si deve procedere a collegati fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature sono eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie, e il collegamento in opera dei materassi deve essere eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, prima di procedere al riempimento, all'interno devono essere apposti dei tiranti tra parti opposte.

Ultimate tali operazioni si procede alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio, oppure rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni.

Controlli L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori per ogni partita ricevuta in cantiere i certificati rilasciati dal Produttore dei materassi metallici che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle caratteristiche indicate nel progetto.

L'Impresa deve altresì fornire per il pietrame di riempimento dei materassi, certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale e le cave di provenienza. Le caratteristiche fisiche del pietrame devono essere accertate seguendo le norme per la determinazione della massa volumica dei granuli (CNR 63/78), per la determinazione della gelività (CNR 80/80) e per la determinazione del coefficiente di imbibizione (CNR 137/92).

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo sui materiali da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

11.4.3 – MANTELLATE DI RIVESTIMENTO SCARPATE IN C.A.V.

Nel caso in cui occorra proteggere le scarpate del corpo stradale, si possono utilizzare mantellate di rivestimento in elementi prefabbricati in C.A.V.

Gli elementi prefabbricati devono essere in conglomerato cementizio vibrato con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ con dimensioni e forma indicate nel progetto, affiancati in modo da

ottenere giunti ricorrenti aperti verso l'alto dove deve essere inserita, se prevista, l'armatura di acciaio.

Gli elementi devono essere confezionati con stampi metallici levigati affinché la superficie in vista delle lastre risulti liscia e piana e gli spigoli vivi.

I bordi devono essere sagomati in modo da formare un giunto aperto su tutto il perimetro. L'armatura metallica incorporata nella mantellata deve essere composta da barre tonde di acciaio del tipo Fe B 44K del diametro \geq di 6 mm, disposte nei giunti longitudinali e trasversali ed annegate nella malta di sigillatura nei giunti stessi.

Posa in opera Gli elementi devono essere posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che possono compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a 400 Kg/mc di cemento normale.

La posa in opera comprende la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per dare i lavori finiti.

Controlli Per gli elementi prefabbricati in C.A.V. e l'acciaio utilizzati nei manufatti realizzati in opera il controllo deve essere eseguito secondo quanto previsto nel D.M. LL.PP. 9/01/1996.