

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di descrivere gli interventi necessari per accrescere i livelli minimi di sicurezza e la fruibilità del tratto di strada provinciale S.P. 45D1 diramazione per Beria, sul lato sinistro dal Capoluogo fino al Cimitero comunale, progressiva chilometrica da 1+400 a 1+700 realizzando un nuovo tratto di marciapiede e nuovi attraversamenti pedonali rialzati sulle vie Roma, Casabassa, Colombarone e Fornace.

Da dati desunti da pubblicazioni ACI risulta che i numeri dell'incidentalità stradale che vedono coinvolti i pedoni sono, in sintesi:

- ogni giorno almeno 22 pedoni muoiono sulle strade europee (circa 8.000 nella EU-27);
- i pedoni sono coinvolti nel 15% dei sinistri stradali;
- in termini di probabilità di rischio, nel 30% dei casi di incidenti che coinvolgono un pedone, con il veicolo che viaggia a 40 km/h, il pedone muore;
- 1 incidente su 4, che vede coinvolto un pedone, avviene su un attraversamento pedonale (stima ACI);
- mentre i morti complessivi degli incidenti stradali sono in diminuzione (area europea), il numero di pedoni coinvolti in sinistri aumenta.

2. OBIETTIVI

Obiettivo da raggiungere è la creazione di situazioni più sicure che scoraggino i comportamenti meno corretti e facilitino la condivisione dello spazio urbano alle diverse categorie di utenti.

Nello specifico occorre:

- evidenziare i "rischi potenziali" degli attraversamenti pedonali;
- rendere pedoni e conducenti maggiormente consapevoli dei rispettivi limiti-rischi e doveri;
- individuare, le migliori soluzioni da adottare nella progettazione e gestione degli attraversamenti pedonali;

Il confronto tra le diverse soluzioni rilevate ha consentito di individuare una serie di interventi immediati o di realizzazione "a breve termine", semplici ma efficaci, in termini di sicurezza, per gli attraversamenti più critici.

È chiaro che la riduzione della velocità ed il rispetto dei limiti di velocità imposti sulla strada è il modo più efficace per diminuire i rischi suddetti.

Tra i possibili strumenti di moderazione della velocità, si ritiene di individuare ed utilizzare i seguenti.

3. ELEMENTI DI MODERAZIONE DELLA VELOCITÀ

3.1 Attraversamenti pedonali rialzati

Descrizione e caratteristiche dell'elemento:

Rappresentano una modifica plano-altimetrica della sede stradale mediante un rialzo con rampe di raccordo (con pendenza, in genere, del 5-10%) in corrispondenza di attraversamenti pedonali.

Non sono contemplati dal regolamento e non richiedono alcuna approvazione ministeriale.

Il veicolo che transita sull'attraversamento è costretto a rallentare, ma non viene comunque scosso violentemente.

Rappresenta un accorgimento che fornisce continuità della rete dei marciapiedi e miglioramento anche la visibilità.

Punto delicato di tali interventi è la rumorosità che certi mezzi inducono al momento del passaggio sulle rampe, per cui particolare attenzione va posta nella localizzazione di tali rialzi, nonché nella esecuzione della rampa che deve essere adeguatamente raccordata e segnalata.

Questa soluzione è individuata sulle Strade Provinciali, negli attraversamenti dei centri abitati imponendo una velocità massima di 40 Km/h e nel rispetto dell'allegato A alla determina dirigenziale n. 254 del 29/03/2016: "Procedura per il rilascio dei nulla osta ai comuni per l'installazione degli attraversamenti pedonali rialzati su strade provinciali all'interno dei centri abitati, in esecuzione alla Direttiva di Giunta Provinciale prot. n.71986 del novembre 2015".

3.2 Dossi artificiali

Descrizione e caratteristiche dell'elemento:

I dossi sono costituiti da elementi in rilievo prefabbricati o da ondulazioni della pavimentazione a profilo convesso con superficie antisdrucchiolevole.

L'obiettivo del dosso (o di una serie di dossi posti in successione) è quello di costringere i veicoli a moderare la velocità nel tratto stradale in questione creando una discontinuità visiva(interrompendo la linearità del percorso) e fisica (costringendo i veicoli a superare un dislivello).

Determina disagio per gli utenti indotto dal continuo sobbalzo del veicolo. I dossi artificiali possono presentare alcune controindicazioni dal punto di vista della sicurezza.

E' importante che i dossi artificiali siano segnalati con sufficiente anticipo. Un altro elemento che occorre tenere in considerazione è lo "stop and go", ovvero continue frenate e successive accelerazioni causando in tal modo maggiori emissioni di gas di scarico e una notevole rumorosità.

La norma di riferimento (Art. 42 Codice della strada e Art. 179 del Regolamento) ne prevede l'utilizzo per strade dove vige un limite di velocità di 50 km/h o inferiore.

Sono evidenziati mediante zebraure gialle e nere parallele alla direzione di marcia. I moduli prefabbricati sono installati con un sistema di fissaggio mediante tasselli ad espansione.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

Le dimensioni imposte dal Regolamento sono:

- per velocità 50/km dimensioni h cm 3 x 50 x 60
- per velocità 40/km dimensioni h cm 5 x 50 x 90
- per velocità 30/km dimensioni h cm 7 x 50 x 120

Questa soluzione è individuata su alcuni tratti di strade comunali imponendo una velocità massima di 30 Km/h.

3.3 Segnaletica verticale

La segnaletica verticale degli attraversamenti pedonali ha lo scopo di avvisare il veicolo della possibile presenza di pedoni in attraversamento, mentre quella in prossimità dei dossi ha lo scopo di segnalare la presenza inducendo il conducente a moderare la velocità; tali segnali, richiamando all'attenzione il conducente, garantiscono un maggior livello di sicurezza.

L'apposizione della segnaletica verticale deve rispettare due condizioni fondamentali:

- la visibilità da parte dei veicoli in transito, evitando che i cartelli siano nascosti da ostacoli naturali (ad esempio: rami di alberi) o temporanei (ad esempio: veicoli in sosta);
- l'inserimento non intrusivo nell'ambiente urbano, evitando la proliferazione di pali sui marciapiedi, che sono di ostacolo all'accessibilità dei pedoni e rappresentano anche una forma di inquinamento visivo.

Per migliorare la visibilità nelle situazioni pericolose o critiche, il segnale stradale "indicazione dell'attraversamento pedonale" può essere integrato con apposite lanterne lampeggianti e/o pittogrammi animati rappresentanti pedoni in attraversamento.

3.4 Rallentatori ottici

Si tratta di dispositivi che, ai sensi dell'art. 179 commi da 1 a 3 del DPR 16-12-92 N° 495 e ss.mm. (regolamento del codice della strada) possono essere realizzati su tutte le strade, per tutta la larghezza della carreggiata. Sono realizzati mediante l'applicazione sulla pavimentazione di almeno 4 bande trasversali di materiale retroriflettente con altezza crescente nel senso marcia e di stazionamento decrescente che creano un effetto ottico (per rifrangenza). La prima striscia deve avere una larghezza di 20 cm, le successive con incremento di almeno 10 cm di larghezza.

Non sono finalizzati alla riduzione in sé della velocità, rispetto alla quale non determinano particolari effetti, ma il loro scopo principale è quello di preavvisare gli utenti riguardo la presenza di successivi dispositivi per la riduzione della velocità, o condizioni di pericolo, in modo che gli utenti stessi possano modificare il loro comportamento.

4. MARCIAPIEDE

L'intervento deriva dall'esigenza di accrescere i livelli minimi di sicurezza e la fruibilità del tratto di strada provinciale S.P. 45D1 diramazione per Beria, sul lato sinistro dal Capoluogo fino al Cimitero comunale, progressiva chilometrica: da 1+400 a 1+700 realizzando un nuovo tratto di marciapiede.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

È da prevedere la tombinatura della cunetta di scolo poste al margine sinistro, con direzione sede municipale – cimitero, della carreggiata stradale opportunamente dotate di pozzetti d'ispezione e raccolta per lo smaltimento delle acque meteoriche.

In dettaglio il progetto dovrà contemplare le seguenti opere:

- demolizione e scavo delle banchine laterali per quei tratti dove è prevista la realizzazione dei nuovi marciapiedi;
- preparazione e compattazione del piano di posa dei nuovi marciapiedi con materiali provenienti dagli scavi stessi, opportunamente compattati;
- posa delle tubazioni in CLS, DN400mm, per la tombinatura delle cunette laterali, dotate di pozzetti e idonee caditoie, a bordo marciapiede;
- realizzazione del massetto di fondazione dei nuovi marciapiedi in CLS armato con rete elettrosaldata (Φ 8/15);
- posa in opera, su fondazione in c.a., dei cordoli di delimitazione in CLS,
- lavori di posa della nuova pavimentazione dei marciapiedi, mediante l'utilizzo di autobloccanti;
- predisposizione dei cavidotti per il successivo alloggiamento dell'impianto elettrico, di illuminazione pubblica e telefonico, mediante posa in opera di tubi corrugati termoplastici, rispettivamente con diametro esterno da mm 90 e mm 63, e pozzetti d'ispezione dotati di idoneo chiusino in ghisa sferoidale.

5. PRIME INDICAZIONI RELATIVE ALLA SICUREZZA

Gli interventi che si prospettano rientrano nella tipologia di lavori pubblici da eseguirsi in cantieri stradali, categoria SOA – OG3.

Quello del cantiere stradale è un ambiente lavorativo particolare per il quale sia per la posizione sia per la consistenza delle opere occorre osservare al dettaglio tutti gli obblighi di legge. Il cantiere stradale è sottoposto innanzitutto a tutte le indicazioni previste dal Testo unico sulla sicurezza sul lavoro, e contemporaneamente osserva quanto previsto dal Codice della strada "D.Lgs. 285 del 30.04.1992" e dal relativo "Regolamento di Esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. 495 del 16.12.1992".

La tipologia delle lavorazioni da effettuarsi consente di individuare almeno due tipologie di imprese specializzate che dovranno lavorare per realizzare il progetto: un'impresa edile che realizzerà l'infrastruttura stradale e un'impresa specializzata che realizzerà la segnaletica orizzontale e verticale, pertanto sarà necessario redigere il P.S.C. e le ditte affidatarie dovranno adeguare ad esso i relativi P.O.S.

Si veda nel dettaglio l'allegato al presente progetto E-R 06 _ "Piano di sicurezza dell'opera".

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

6. CRONOPROGRAMMA

I tempi necessari per l'esecuzione dei lavori vengono fissati in giorni 180 (centottanta) naturali e consecutivi a far data dalla consegna dei lavori.

La direzione lavori sarà affidata al progettista.

7. COSTI DI REALIZZAZIONE

È da prevedersi una spesa complessiva di € 152.000,00 esplicitati nell'allegato quadro economico.

8. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE PAESAGGISTICO, AMBIENTALE ED IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO-TECNICO

Le opere in progetto sono:

1. Conformi agli strumenti urbanistici vigenti e/o a adottati, ai regolamenti edilizi vigenti e non in contrasto alle vigenti disposizioni di sicurezza ed igienico – sanitarie;
2. Escluse dal vincolo archeologico;
3. Escluse dal vincolo paesistico;

Gli interventi da eseguirsi non modificano in modo significativo l'ambiente circostante in quanto le opere da realizzarsi non alterano sostanzialmente lo stato dei luoghi.

Le opere previste nel progetto non ricadono in aree tutelate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 risultando all'esterno della fascia di rispetto dei corsi d'acqua, né ricadono in zone a protezione speciale o in siti di interesse comunitario.

Per la loro tipologia non abbisognano di indagini geologiche e/o geotecniche.

L'intervento è compatibile con i contenuti del Piano di Governo del territorio dell'Unione vigente.

9. DESCRIZIONE TOMBINATURA CUNETTA IN TERRA BORDO STRADA

9.1 Tombinatura cunetta

Il progetto prevede la realizzazione della tombinatura della cunetta in terra esistente a bordo strada.

La tombinatura è resa necessaria dal fatto che in corrispondenza della cunetta esistente viene realizzato il marciapiede in progetto.

Le acque meteoriche scolanti dalla piattaforma stradale e dalla scarpata adiacente alla cunetta esistente verranno convogliate nella tubazione di progetto in CLS DN400 attraverso un sistema di caditoie a bocca di lupo e a griglia.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

Per il calcolo della portata transitante all'interno della sezione idraulica della tubazione si è considerata metà della carreggiata stradale (pari a 5,50m di larghezza) $L_{strada} = 2.75m$ e una larghezza di versante pari a $L_{versante} = 10m$.

Il primo tratto interessato dalla tombinatura di progetto ha una lunghezza pari a circa 225,00m, mentre il secondo tratto una lunghezza pari a circa 51,00m.

La cunetta in terra attualmente recapita le acque del primo tratto in corrispondenza dell'incrocio tra via Casa Pavarani e via Roma, per poi sottopassare la sede stradale e continuare il suo percorso in corrispondenza del margine opposto, mentre le acque del secondo tratto vengono recapitate in un tratto già tombinato in corrispondenza dell'area adibita a parcheggio del cimitero.

Essendo il primo tratto di maggiore lunghezza rispetto al primo, esso è stato considerato più gravoso ed è quindi stata effettuata la verifica della tubazione per tale estensione.

Ogni 50 m è previsto il posizionamento di un pozzetto di ispezione.

Tale pozzetto avrà in sommità una griglia in ghisa sferoidale per permettere lo scolo delle acque di piattaforma marciapiede e della scarpata adiacente all'interno della tubazione.

La dimensione minima in pianta dei pozzetti è pari a 0,80 m x 0,80 al fine di garantire la possibilità di ispezione.

La griglia di sommità sarà in ghisa sferoidale, conforme alla norma UNI EN 124, con guarnizioni antivibranti e di tipo carrabile D400 nel caso eventuali mezzi agricoli o pesanti debbano sormontare la sede del marciapiede per permettere il transito degli altri veicoli in caso di incrocio con gli stessi sulla sede stradale.

9.2 Calcoli idraulici

9.2.1 Studio della pluviometria delle piogge di forte intensità e di breve durata.

Per dimensionare correttamente una rete di drenaggio delle acque meteoriche risulta necessario stimare la quantità di pioggia che la rete dovrà smaltire in occasione delle precipitazioni di maggiore intensità.

Dato il carattere essenzialmente aleatorio degli eventi di pioggia, la descrizione del regime delle piogge intense si deve fondare su un'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche.

In particolare, per ricercare la durata critica e quindi l'intensità critica della pioggia, è necessario conoscere la legge secondo la quale varia, al variare della durata, l'altezza di precipitazioni caratterizzata da un certo grado di rarità.

Questa relazione, detta *curva di possibilità pluviometrica*, si rappresenta usualmente con l'espressione monomia:

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

$$h = at^n(1)$$

nella quale h è l'altezza di pioggia (mm), t è la durata (ore) e a e n sono parametri che variano a seconda della località indagata.

Per caratterizzare il grado di rarità dei valori di h forniti dalla (1) si fa ricorso al concetto di tempo di ritorno. Si definisce tempo di ritorno del valore h la lunghezza dell'intervallo di tempo T , espresso in anni, nel quale il valore di h è mediamente superato una volta. Per i calcoli descritti in questa relazione è stata definita la curva di possibilità pluviometrica caratterizzata da un tempo di ritorno di 10 anni. Ciò significa che la portata calcolata per il dimensionamento di ciascun tronco sarà superata, mediamente, una volta ogni 10 anni.

La piccola estensione dell'area drenata, oggetto di questo studio, consente ragionevolmente di prevedere che le piogge critiche siano quelle caratterizzate da durate inferiori all'ora.

I dati relativi ad ogni durata sono stati interpretati con la legge asintotica del massimo valore, o legge di Gumbel, largamente utilizzata per questo tipo di elaborazioni.

In pratica, per ciascuna durata, è stata individuata attraverso la legge di Gumbel la relazione tra altezza di precipitazione e tempo di ritorno. Successivamente, sono stati riportati su una carta *durata – altezza di precipitazione* i punti caratterizzati dallo stesso valore del tempo di ritorno, pari a 10 anni. Infine i punti tracciati sono stati regolarizzati attraverso la regressione di potenza (1), ottenendo la curva di possibilità pluviometrica riportata nel paragrafo seguente.

Nel nostro caso è stata utilizzata una curva di probabilità pluviometrica ricavata da uno Studio specifico condotto dall'Università di Pavia.

9.2.2 Calcolo delle portate pluviali

Per il calcolo delle portate massime connesse con eventi meteorici intendi si è adottato il metodo dell'invaso italiano secondo la procedura proposta da Iannelli.

Adattando la normale prassi seguita per il calcolo delle fognature, le portate massime sono state calcolate considerando la seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = at^n(2)$$

in cui:

h = altezza di pioggia in mm

a = 50,29 mm/h

n = 0,61

t = durata della pioggia in ore.

Le portate meteoriche sono state calcolate utilizzando il metodo dell'invaso italiano.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

Il metodo dell'invaso sfrutta per il calcolo delle portate di pioggia le capacità invasanti della rete. Le ipotesi di base del metodo sono la stazionarietà e linearità che comportano l'invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti.

In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento dei canali avvenga in modo sincrono e che nessuno dei canali determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte.

Il metodo si fonda essenzialmente sull'equazione di continuità.

Se si indica con W il volume invasato nel bacino, con q la portata transitante attraverso la sezione di chiusura z e con p la portata netta immessa in rete, per la continuità si ottiene:

$$p(t)dt - q(t)dt = dW \quad (3)$$

considerando costante l'intensità di pioggia ed individuando un legame funzionale tra W e q , si perviene alla fine ad una relazione in cui si esprime q in funzione del tempo t . In particolare si fa riferimento alla relazione (valida nel caso in cui il moto vario si possa definire come sovrapposizione di moti uniformi):

$$W = K \omega \quad (4)$$

che rappresenta un legame di tipo lineare tra il volume invasato (W) e la sezione idrica (ω).

La successiva integrazione della suindicata equazione di continuità tra gli istanti $t_1 = 0$ e $t_1 = t_r$ (tempo di riempimento del canale, cui corrisponde una portata Q) ci permette d'individuare qual è il tempo (tempo di riempimento t_r) necessario perché il canale convogli la massima portata possibile:

$$t_r = \frac{W}{Q} \ln \left(\frac{p}{p - Q} \right) \quad (5)$$

Se allora l'evento meteorico d'intensità costante pari ad i ha una durata $t_p < t_r$ nel canale non si raggiungerà il massimo livello previsto, che invece verrà raggiunto per $t_p = t_r$. Nel caso in cui dovesse risultare $t_p < t_r$, allora ci sarà un intervallo di tempo pari a $t_p - t_r$ in cui il canale esonderà non essendo in grado di convogliare la portata in arrivo.

Appare ovvio, quindi, che la condizione di corretto proporzionamento dello specchio è quella che si realizza nel caso in cui $t_p = t_r$, cioè nel caso in cui il tempo di pioggia eguagli proprio il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso italiano; se si impone l'uguaglianza tra tempo di pioggia e tempo di riempimento e si sostituiscono le espressioni analitiche si perviene ad una relazione del tipo seguente:

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

$$u = \frac{K \cdot n_0 \cdot (\varphi \cdot a')^{1/n_0}}{W^{(1/n_0 - 1)}} \quad (6)$$

dove:

U = coefficiente udometrico (l/sec x ha);

K = costante pari a 2168 per condotte circolari ed ovoidali, 2518 per sezioni rettangolari e trapezie, 2878 per sezioni triangolari;

a' = coefficiente della curva di possibilità pluviometrica ragguagliato all'area;

n₀ = esponente della curva di possibilità pluviometrica che viene ragguagliato all'area ed alla variazione dell'afflusso meteorico;

W= volume d'invaso totale specifico (m³/m²);

φ = coefficiente di afflusso alla rete (dimensionale).

I valori dei coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica sono stati ragguagliati all'estensione del bacino con la formulazione proposta dal Poggi e non ragguagliati alla variazione temporale del coefficiente di afflusso secondo la formulazione proposta da Fantoli:

$$a' = a \cdot [1 - 0,052 \cdot (A/100) + 0,002 \cdot (A/100)^2] \quad (7)$$

$$n' = n + 0,0175 \cdot A/100 \quad (8)$$

$$n_0 = 4/3 \cdot n' \quad (9)$$

in cui A è l'area del bacino espressa in ettari (ha).

La scelta di non procedere al ragguaglio dell'esponente n₀ alla variabilità temporale del coefficiente d'afflusso è motivata dal fatto che, per eventi intensi di durata inferiore all'ora, l'incremento di 1/3 dell'esponente n conduce unicamente ad una drastica riduzione delle massime intensità degli eventi e conseguentemente delle corrispondenti portate critiche in fognatura.

Il coefficiente di afflusso alla fognatura φ è stato assunto sulla base delle indicazioni seguenti:

Tipologia urbana	φ
Strade e parcheggi	0,80
Zone a villini	0,60
Giardini, prati e zone a verde	0,20

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

Per il volume dei piccoli invasi si è considerato il valore suggerito da Puppini, modificato sulla base delle esperienze di Artina, posto pari a $w_0 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$.

I volumi di invaso sono stati calcolati con l'equazione:

$$w = (w' + w_0) / 10.000 \quad (10)$$

dove w' viene ricavato in funzione dell'area scolante A e del volume dei piccoli invasi w_0 secondo la relazione:

$$w' = w_0 \cdot 0,29 \cdot A^{0,227} \quad (11)$$

Per l'analisi della pluviometria e dei metodi di calcolo delle portate meteoriche si è fatto riferimento alle seguenti pubblicazioni:

- Acquedotti e fognature – CRA Università di Pavia, note integrative al corso
- Manuale d'Ingegneria Civile – 3° Edizione – Ed. Zanichelli/esac
- Sistemi di fognatura Manuale di progettazione – Ed. Centro Studi Deflussi Urbani – HOEPLI, Milano
- Analisi di pluvio grammi registrati a Cascina Scala (Pavia) e determinazione di istogrammi di progetto – XXVII convegno di idraulica e costruzioni idrauliche – Università di Genova.

9.2.3 Calcolo idraulico delle condotte a pelo libero

Il calcolo idraulico è stato effettuato secondo la normale prassi progettuale, ipotizzando condizioni di moto uniforme ed utilizzando la formula di Gauckler – Strickler:

$$Q_{\text{dim}} = k_s \times A \times R^{2/3} \times i^{0,5} \quad (14)$$

nella quale i simboli assumono il seguente significato:

Q_{dim} = portata di dimensionamento (m^3/s);

k_s = coefficiente di conduttanza idraulica, dipendente dalla tipologia di materiale;

A = area bagnata (m^2);

R = raggio idraulico (m);

i = pendenza del tronco considerato (m/m).

Le condotte sono state inoltre dimensionate nel rispetto di un grado di riempimento limite variabile in dipendenza delle dimensioni delle sezioni, ovvero:

- $d \leq 400 \text{ mm}, h/d \leq 0,5$
- $400 \text{ mm} < d \leq 600, h/d \leq 0,6$
- $d > 600 \text{ mm}, h/d \leq 0,7$

Nei calcoli, al coefficiente di conduttanza k_s è stato assegnato il valore 65, valido per le condotte in cemento armato.

La pendenza assegnata è dettata dalla cunetta stradale esistente.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

Nelle tabelle 1B-2B-3Bdi seguito allegate si riportano i calcoli di dimensionamento delle condotte per il trasporto delle acque meteoriche. Nei calcoli si è volutamente tenuto separato il contributo "portato" dalla strada e dal versante per evidenziare separatamente le entità, inoltre, data l'incertezza della sistemazione di "versante" esistente si è preferito tenere un coefficiente $\phi = 0,4$, via di mezzo tra quello consigliato per le Zone a villini ($\phi = 0,6$) e quello per Giardini, prati e zone a verde ($\phi = 0,2$).

STRADA	Tronco	largh(m)	Lungh(m)	S(mq)	A(ha)
metà strada	1	2,75	225	618,75	0,061875
marciapiede	1	1,5	225	337,5	0,03375
TOT				956,25	0,095625

VERSANTE	Tronco	largh(m)	Lungh(m)	S(mq)	A(ha)
Lato marciapiede	1	10	225	2250	0,225
TOT				2250	0,225

Tabella A: Riferimenti superfici considerate nei calcoli.

RETE ACQUE METEORICHE - Realizzazione attraversamenti pedonali rialzati e marciapiede - CANNETO PAVESE (PV)

CURVA DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA: $h = a t^n$ $a = 50,29$ $n = 0,61$
 TEMPO DI RITORNO = TR = 10 anni $\beta = 0,227$ $w_0 = 50$

TAB. 1B - CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI RELATIVI ALLE SINGOLE AREE

Contributo	Aree m ²	Aree ha	a'	n'	n ₀	1 / n ₀	1 / n ₀ - 1	r	w'	w	ϕ	u* l/s x ha
STRADA	956	0,10	0,050	0,610	0,610	1,639	0,639	0,1702	9	0,0059	0,80	182,49
VERSANTE	2.250	0,23	0,050	0,610	0,610	1,639	0,639	0,2067	10	0,0060	0,40	57,44

TAB. 2B - CALCOLO DELLE PORTATE DELLE ACQUE METEORICHE

Contributo	Confluenze			Elementi Propri					Elementi Progressivi		ϕ	u l/sxha	Qmax l/s	
	N° Tronco	Area Ridotta ha	Area Totale ha	Calcolo area ridotta				Area Effettiva ha	Area Ridotta ha	Area Effettiva ha				
				Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4							Area Ridotta totale ha
				0,8	0,6	0,4	0,2							
STRADA	1			0,096				0,077	0,10	0,077	0,096	0,80	182,49	17
VERSANTE	1					0,225		0,090	0,23	0,090	0,225	0,40	57,44	13
STRADA	1	0,077	0,096											
VERSANTE	1	0,090	0,225											

La portata totale riferita al tronco 1 è quindi pari a $Q_{tot} = 17 + 13 = 30$ l/s.

La verifica della tubazione è stata effettuata considerando la portata totale e la pendenza dell'ultimo tratto in quanto tale contributo idrico si verifica effettivamente in tale condizione.

La pendenza media degli ultimi 30m del tronco n.1 è pari a circa $i = 0,053$ m/m = 5,3%.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVE INFRASTRUTTURE PER IL MIGLIORAMENTO
DELLA SICUREZZA STRADALE

Con tale pendenza la portata massima di una tubazione DN400 in CLS è pari a $Q_{max} = 369$ l/s con un grado di riempimento del 75%.

TAB. 3B - DIMENSIONAMENTO TUBAZIONE IN CLS DN400

N° Tronco	Q max. pioggia (l/s)	Q max. Tubaz. (l/s)	Diametro D della Tubazione (m)	Pend. (%)	Coeff. K ($m^{1/3}/s$)	Velocità effettiva tubazione (m/s)	Altezza d'acqua h (cm)	Grado di riempimento h/D (%)
1	30	369	0,4	5,30	65	1,90	7,93	20,0

Come si evince dalla precedente tabella la tubazione è abbondantemente verificata.

Si è voluto comunque mantenere la tubazione DN400 per evitare problemi di eventuale interrimento/intasamento e anche in concomitanza del fatto che parte dei tratti tombinati esistenti, per l'attraversamento degli accessi pedonali e carrai, sono realizzati con tale diametro.

Pavia, 04 Dicembre 2017

IL PROGETTISTA