

**S.S. 38 "DELLO STELVIO"**

LAVORI PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO SVINCOLO A LIVELLI SFALSATI  
"SASSELLA" E RIQUALIFICAZIONE DELLA S.S.38 DALLA PK 34+150 ALLA PK 35+200  
NEI COMUNI DI SONDRIO E CASTIONE ANDEVENNO

**PROGETTO DEFINITIVO**

CODICE SIL.  
NOMSMI01069

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI  
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Ing. D. BONADIES                      Ing. M. PROCACCI  
Ing. N. ARCELLI                        Ing. R. CERQUIGLINI  
Ing. S. PELLEGRINI                    Ing. M. CARAFFINI  
Ing. A. POLLI                             Ing. R. ALUIGI  
Geom. M. BINAGLIA  
Ing. M. MARELLI  
Ing. A. LUCIA

**L'ARCHEOLOGO**

DOTT. M. MENICHINI  
Elenco Ministero per i Beni Culturali al n° 2160 dal 18 05 2020

**IL GEOLOGO**

Dott. S. PIAZZOLI

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. L. IOVINE

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. M. BUONAMICO

**PROTOCOLLO**

DATA:

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



MANDATARIA



PINI GROUP SA

Via Salaria 2 - 00198 Roma - Italia

PINI GROUP Srl

Via Cassanese 2 - 20174 Lomazzo (MI) - Italia

MANDANTE

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

CODICE PROGETTO

PROGETTO                      LIV. PROG.                      N. PROG.  
M S M I 0 9                      D                      2 1 0 2

NOME FILE  
T00\_OI00\_IDR\_RE01\_D

CODICE ELAB.    T 0 0    O I 0 0    I D R    R E 0 1

REVISIONE

D

PAG.

1 di 81

D	QUARTA EMISSIONE	MAGGIO 2023	ALUIGI	ARCELLI	ARCELLI
C	TERZA EMISSIONE	GENNAIO 2023	ALUIGI	ARCELLI	ARCELLI
B	SECONDA EMISSIONE	AGOSTO 2022	PLAZZI	ARCELLI	ARCELLI
A	PRIMA EMISSIONE	APRILE 2022	PLAZZI	ARCELLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. STUDIO IDROLOGICO .....	7
2.1 Valutazione delle massime portate di pioggia derivanti dal versante della “Sassella” .....	8
2.2 Valutazione delle massime portate di pioggia di piattaforma .....	15
3. DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....	26
3.1 Dimensionamento del canale collettore del versante della “Sassella” .....	26
3.2 Dimensionamento della rete fognaria di piattaforma .....	33
3.3 Dimensionamento della cunetta laterale della “strada F1 extraurbana” .....	64
4. INVARIANZA IDRAULICA .....	67
4.1 Metodo di calcolo dei volumi di compensazione idraulica .....	67
4.2 Individuazione delle superfici impermeabili ante e post operam .....	71
4.3 Determinazione dei volumi per l’invarianza idraulica .....	75
4.4 Reperimento dei volumi per l’invarianza idraulica.....	76
4.5 Verifica idraulica delle dimensioni della strozzatura finale .....	78

## 1. PREMESSA

La presente relazione specialistica rappresenta l'aggiornamento alla fase del progetto definitivo di quanto già previsto nel precedente progetto di fattibilità tecnico economica "S.S.n.38 "Dello Stelvio" – lotto 1 – nuovo svincolo a livelli separati "Sassella" e riqualificazione dalla pk 34+150 alla pk 35+200 nei comuni di Sondrio e Castione Andevenno".

Nella relazione sono richiamati gli elementi che hanno rilevanza dal punto di vista idrologico-idraulico, fermo restando il contesto generale e i dettagli che trovano adeguata collocazione negli altri elaborati di progetto cui si rimanda per una completa descrizione dello stato di fatto e delle proposte progettuali.

L'area oggetto di intervento si sviluppa sul fondovalle valtellinese in adiacenza alla S.S.n.38 nei comuni di Sondrio e Castione Andevenno, dalla progressiva chilometrica pk 34+150 (limite Ovest di intervento) alla pk 35+200 (limite Est di intervento). Il progetto prevede la costruzione di una nuova viabilità in sostituzione di quella esistente, per un deciso miglioramento e la messa in sicurezza della circolazione esistente, che attualmente risulta estremamente congestionata soprattutto nelle ore di punta: l'obiettivo della presente progettazione è quello di migliorare la sicurezza stradale mediante l'ammodernamento della viabilità esistente, eliminando quindi le attuali situazioni di maggiore criticità.

La viabilità esistente è costituita da una rotatoria a raso con sedime lungo la S.S.n.38, a Sud-Est della zona commerciale, con innesti anch'essi a raso costituiti dalla strada principale ad Est e Ovest e da una strada di arroccamento a Nord, di collegamento tra la zona commerciale e la S.S.n.38. Come già sopra anticipato, la viabilità esistente risulta altamente sollecitata soprattutto nelle ore di punta, principalmente a causa della densa urbanizzazione delle aree prospicienti; ne deriva, perciò, l'esigenza di messa in sicurezza e di miglioria della percorribilità stradale, limitando il più possibile le criticità dell'attuale circolazione.

Il progetto consiste quindi nella realizzazione di una nuova rotatoria "della Sassella" in sostituzione di quella esistente, prevista con sedime ad Est di quest'ultima e con piano di imposta ribassato rispetto all'attuale sedime della S.S.n.38, di collegamento tra la strada principale S.S.n.38 e la zona commerciale. Per limitare la sollecitazione della rotatoria, il progetto prevede inoltre la costruzione di un tratto in viadotto al di sopra della nuova rotatoria per permettere la continuità della strada principale S.S.n.38 anche in corrispondenza dello svincolo succitato: in questo modo, la viabilità relativa alla zona commerciale non risulterà più direttamente interferente con quella principale della S.S.n.38.

La presente relazione ha come obiettivo la verifica dell'adeguatezza idraulica del sistema di smaltimento delle acque meteoriche della viabilità di progetto, il quale si suddivide in due parti:

1) canale collettore di tutte le acque provenienti dalle aree scolanti del versante della "Sassella", nel territorio del comune di Sondrio: tale bacino, parzialmente coltivato e parzialmente coperto da bosco, allo stato attuale scola naturalmente nel canale a cielo aperto esistente ai piedi del versante succitato, ovvero lungo la strada S.S.n.38.

Si sottolinea il fatto che la costruzione della nuova viabilità comporta parzialmente l'occupazione dell'attuale sedime del suddetto canale: il progetto prevede, quindi, la realizzazione di un nuovo canale con sedime al piede della nuova viabilità – trattato al punto 3.1 “Dimensionamento del canale collettore del versante della “Sassella”;

2) rete fognaria bianca di progetto, a servizio della nuova piattaforma stradale – trattato al punto 3.2 “Dimensionamento della rete fognaria di piattaforma”.

In merito al primo punto sopra elencato, attualmente le acque meteoriche provenienti dal versante della “Sassella” – territorio del comune di Sondrio – a Nord della strada principale S.S.n.38, sciolano naturalmente lungo le scarpate (in parte raccolte da alcuni valgelli) e vengono poi raccolte nel canale a cielo aperto esistente ai piedi del versante.

A sua volta, il canale convoglia la portata meteorica in testa ad un tombotto (scatolare in calcestruzzo armato prefabbricato) caratterizzato da sezione trasversale interna 1.85xH1.75 m. Tale soluzione venne prevista nell'ambito del progetto esecutivo “*Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 “Dello Stelvio” tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbenno, Castione e Sondrio” – lotto strada di servizio Sondrio – Castione*” (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani), con opere poi eseguite negli anni successivi.

Circa 130 metri a valle della sezione di testata del tombotto (sezione di innesto del canale nello scatolare), sul lato Nord si innesta nel tombotto stesso un ulteriore scatolare, il quale convoglia le acque meteoriche provenienti da un sottobacino localizzato al confine tra il comune di Castione Andevenno e il comune di Sondrio. In particolare, le portate meteoriche del bacino succitato vengono raccolte prima da un tratto di canale a cielo aperto adiacente alla strada Sassella, caratterizzato da sezione trasversale 1.20xH1.05 m, e successivamente da un tratto tombato con sezione trasversale interna 1.20xH1.00 m che si innesta infine nel tombotto sopra descritto. Anche tale intervento venne previsto nell'ambito del progetto esecutivo “*Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 “Dello Stelvio” tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbenno, Castione e Sondrio” – lotto strada di servizio Sondrio – Castione*” (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani), a partire dalle opere previste in altro progetto definitivo di “*Interventi necessari alla sistemazione dei corsi d'acqua per la regimazione idraulica del versante retico terrazzato della Provincia di Sondrio – aree individuate tra il Torrente Caldenno e il Torrente Mallero – zona 4*” (Provincia di Sondrio 2003, Prof. Ing. Maione).

La costruzione della nuova viabilità comporta l'occupazione parziale dell'attuale sedime del canale ai piedi del versante della “Sassella”: conseguentemente, il progetto prevede la realizzazione di un nuovo canale con sedime al piede della nuova viabilità stradale, a Nord della stessa. In particolare, partendo dal limite Est dell'intervento (pk 35+200), il nuovo canale sarà confinante per un primo tratto alla strada principale S.S.n.38, per il tratto intermedio alla rampa “C” – innesto Nord-Est della nuova rotatoria – e per il tratto terminale alla nuova strada di collegamento con la zona commerciale, “strada F1 extraurbana”. In corrispondenza dell'incrocio tra quest'ultima e la strada Sassella, più precisamente a Nord-Est dello stesso, il canale di progetto verrà deviato nel tombotto esistente lungo la strada principale S.S.n.38 mediante la posa di un nuovo tratto di scatolare.

Si sottolinea che per il tratto di canale di progetto compreso tra il limite Est dell'intervento e l'inizio delle rampe di innesto alla nuova rotatoria verrà prevista solamente la risagomatura dell'attuale sezione, mantenendone circa invariato il sedime, unitamente alla realizzazione di un tratto centrale tombato di lunghezza pari a 82.0 m circa con funzione di passo carraio (già attualmente presente e qui demolito e ricostruito); il tratto rimanente di canale di progetto verrà invece realizzato ex novo, abbandonando quindi il sedime del canale esistente, in quanto verrà realizzato adiacente alla nuova viabilità, lungo il confine Nord della stessa ed in nuova posizione, più settentrionale rispetto all'attuale.

Per quanto riguarda invece il secondo punto sopra elencato, le acque meteoriche della piattaforma stradale vengono raccolte e smaltite mediante una rete fognaria bianca di progetto abbastanza articolata ed adeguatamente dimensionata.

Le condotte costituenti il sistema fognario di raccolta delle acque di pioggia avranno sedime a bordo strada, su uno o entrambi i lati della carreggiata in funzione delle pendenze di progetto caratterizzanti la nuova viabilità.

Le acque verranno poi convogliate alla vasca di laminazione W1 prevista all'interno dell'area interclusa tra la rampa "D" – innesto Nord-Ovest della nuova rotatoria – e la nuova strada di collegamento con la zona commerciale "strada F1 extraurbana" e successivamente nel canale di progetto precedentemente descritto.

Si sottolinea il fatto che esclusivamente i tratti fognari a servizio della porzione oggetto di intervento compresa tra il limite Ovest (pk 34+150) e le rampe di innesto alla nuova rotatoria in direzione Morbegno (rampa "A" e rampa "D") non convoglieranno le rispettive portate meteoriche alla vasca di laminazione, ma direttamente nel tombotto esistente lungo la strada principale S.S.n.38, così come già attualmente accade.

Unitamente alla vasca di laminazione succitata, il progetto prevede la realizzazione di ulteriori due vasche, di estensione inferiore e direttamente collegate alla principale, con sedime nelle aree a verde intercluse tra la rotatoria e le rampe di innesto alla stessa e sottostanti il nuovo viadotto; in particolare, si individua la vasca W2 ad Ovest della rotatoria, nell'area compresa tra le rampe di innesto "A" e "D", e la vasca W3 ad Est della rotatoria, tra le rampe di innesto "B" e "C".

Si evidenzia che esclusivamente i due tratti fognari a servizio della porzione centrale del tratto stradale in viadotto convogliano le rispettive portate meteoriche direttamente all'interno delle due vasche succitate, prima di raggiungere la vasca di laminazione W1 (vedasi capitolo 4 "Invarianza idraulica").

Come è desumibile dalla planimetria di progetto della rete fognaria del presente progetto definitivo, di cui si riporta uno stralcio allegato di seguito, la totalità dell'area di intervento risulta servita da un sistema di fognatura bianca di nuova realizzazione, con l'unica eccezione della strada Sassella: infatti, per tale area (leggero prolungamento dell'innesto sulla "strada F1 extraurbana") si è ritenuto adeguato sfruttare il sistema scolante esistente.

La presente relazione ha quindi come obiettivo principale la verifica dell'adeguatezza idraulica del sistema di smaltimento delle acque meteoriche a servizio della nuova viabilità di progetto: nei capitoli di seguito riportati verrà affrontato proprio tale argomento.

Si procederà in primis con la bacinizzazione delle aree interessate dall'intervento e successivamente alla stima delle portate di piena defluenti da ogni bacino in concomitanza di eventi meteorici con durata  $d$  e tempo di ritorno  $Tr$  alla sezione di chiusura di ciascun bacino; tali portate verranno infine impiegate per il dimensionamento di tutti gli elementi che costituiscono il sistema scolante delle acque meteoriche, al fine di garantire il deflusso delle acque di pioggia in condizioni di assoluta sicurezza idraulica.

Si evidenziano infine due aspetti non secondari.

Il primo aspetto è legato al fatto che il progetto esclude le soluzioni con trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia gravanti sulla piattaforma stradale in virtù di quanto previsto dal vigente Regolamento Regionale n.4 del 24 marzo 2006 *“Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26”*;

Il secondo aspetto sottolinea come la compatibilità idraulica degli interventi nei confronti del fiume Adda, principale corso d'acqua che attraversa il fondovalle valtellinese, è di intendersi verificata sulla base degli approfondimenti specialistici contenuti nella progettazione definitiva *“Lotto 2 – SS38 Dallo svincolo del Tartaro allo svincolo di Sondrio”* (ANAS Spa 2005, RTI Italconsult Spa, InCo, Scetauroute).

Il progetto ANAS Spa prevedeva la realizzazione di un viadotto in sponda destra del fiume Adda, a Sud del tracciato della ferrovia Milano-Tirano, in fascia A e B secondo il PAI tuttora vigente.

L'analisi delle verifiche idrauliche di moto permanente del fiume Adda nel *“tratto da immissione torrente Mallero a immissione torrente Livrio”* dimostrava come le opere in progetto determinassero un modesto innalzamento (massimo 15 cm) del livello idrico della corrente di piena e come la portata fosse completamente contenuta all'interno dell'alveo principale, senza che si verificassero sormonti degli argini.

Essedo gli interventi di adeguamento qui previsti posti esclusivamente a Nord dell'infrastruttura ferroviaria si esclude qualsiasi interferenza sul profilo di piena e sulla capacità di laminazione del fiume Adda.

Il presente elaborato non riporta pertanto analisi riferite al suddetto corso d'acqua.

## 2. STUDIO IDROLOGICO

La progettazione e il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche a servizio dell'area oggetto di intervento richiedono la conoscenza preliminare delle curve di possibilità pluviometrica caratterizzanti l'area di interesse in funzione di assegnati tempi di ritorno  $Tr$ , così da poter determinare conseguentemente la sollecitazione meteorica che dà origine al deflusso superficiale. Le curve di possibilità pluviometrica mettono infatti in relazione l'altezza di pioggia  $h$  e la durata dell'evento meteorico  $d$  per un assegnato  $Tr$ . La curva viene solitamente descritta da un'equazione di tipo monomio a due parametri, i cui parametri caratteristici  $a$  [mm/h] ed  $n$  sono funzione di  $Tr$ :

$$h_d(Tr) = a \times d^n$$

L'intensità di pioggia è data dal rapporto tra l'altezza di pioggia  $h$  e la durata  $d$  dell'evento meteorico:

$$i_d(Tr) = a \times d^{n-1}$$

I parametri  $a$  ed  $n$  necessari per il calcolo dell'altezza di pioggia di durata  $d$  e tempo di ritorno  $Tr$  sono sito-specifici: nel caso in oggetto i dati idrologici sono tratti dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), in cui sono tabulati i valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica dell'area di interesse per tempi di ritorno compresi tra 20 e 500 anni (*Norme di attuazione del PAI – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – Allegato 3 “Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense”*).

La scelta del tempo di ritorno  $Tr$  (tempo medio di attesa tra il verificarsi di due eventi successivi di data altezza di pioggia e durata) è di norma effettuata valutando le caratteristiche generali dell'area di intervento e l'importanza delle opere di progetto; nella presente trattazione verrà assunto  $Tr$  pari a 100 anni per quanto riguarda la stima delle portate di progetto per il canale collettore delle acque provenienti dal versante della “Sassella”, mentre si ritiene adeguato considerare  $Tr$  pari a 20 anni per le acque di drenaggio della nuova piattaforma stradale.

Con riferimento alle curve di possibilità pluviometrica riportate nel PAI, essendo l'area di intervento compresa all'interno della cella EC44, i valori di  $a$  ed  $n$  per la cella succitata e i tempi di ritorno  $Tr$  considerati sono:

**Tr = 20 anni:**     $a = 25.10$        $n = 0.444$

**Tr = 100 anni:**     $a = 32.37$        $n = 0.433$

Si sottolinea il fatto che l'analisi idrologica, che costituirà la base per le verifiche idrauliche del sistema di smaltimento delle acque di pioggia della nuova viabilità di progetto, è stata implementata considerando come punto di partenza l'elaborato di progettazione esecutiva “*Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 “Dello Stelvio” tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbanno, Castione e Sondrio” – lotto strada di servizio Sondrio – Castione*” (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani), in quanto corretta ed attuale.

## 2.1 Valutazione delle massime portate di pioggia derivanti dal versante della “Sassella”

Il versante della “Sassella” nel territorio del comune di Sondrio, localizzato immediatamente a monte degli interventi di progetto, ha come scolo naturale il canale a cielo aperto esistente a Nord dell’attuale strada principale S.S.n.38, ovvero ai piedi del versante stesso. In particolare, il limite orientale delle aree scolanti afferenti al canale è posto in corrispondenza dello svincolo che dalla strada tangenziale consente l’ingresso all’abitato di Sondrio poiché in questa zona vi è un fosso che raggiunge l’alveo del fiume Adda.

Come precedentemente anticipato, la costruzione della nuova viabilità comporterà l’occupazione parziale dell’attuale sedime del suddetto canale: conseguentemente, per continuare a garantire la raccolta delle acque meteoriche di versante, il progetto prevede la realizzazione di un nuovo canale con sedime al piede della nuova viabilità, a Nord della stessa. Quest’ultimo verrà poi deviato, mediante un tratto tombato di progetto, nel tombotto esistente lungo la strada S.S.n.38 – trattato al punto 3.1 “Dimensionamento del canale collettore del versante della “Sassella”.

Per la stima della massima portata di pioggia defluente dal versante della “Sassella” si fa riferimento ai risultati implementati nel progetto esecutivo “*Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 “Dello Stelvio” tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbenno, Castione e Sondrio*” – lotto strada di servizio Sondrio – Castione” (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani), già assunti e validati successivamente con il progetto di fattibilità tecnico economica “*S.S.n.38 “Dello Stelvio” – lotto 1 – nuovo svincolo a livelli separati “Sassella” e riqualificazione dalla pk 34+200 alla pk 35+300 nei comuni di Sondrio e Castione Andevenno*”.

La portata al colmo defluente dal versante della “Sassella” è stata stimata adottando il metodo di calcolo cinematico, secondo il quale la portata massima defluente da un bacino è quella generata da una pioggia di intensità costante e durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino stesso. Il tempo di corrivazione  $t_c$  rappresenta il tempo impiegato dalla goccia d’acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura. Per precipitazioni con durata inferiore di  $t_c$  solo una porzione di bacino contribuirà alla formazione dei deflussi in corrispondenza della sezione di chiusura (ossia i punti del bacino per i quali  $t_c$  è inferiore o uguale alla durata dell’evento meteorico); per precipitazioni con durata superiore a  $t_c$ , tutto il bacino contribuirà invece alla formazione dei deflussi in corrispondenza della sezione di chiusura, ma il valore della portata si manterrà costante una volta superato un tempo pari a  $t_c$  e l’intensità di pioggia risulterà inferiore a quella corrispondente a  $t_c$ .

In letteratura sono presenti differenti formule empiriche che possono essere applicate per la stima del tempo di corrivazione  $t_c$ ; con riferimento al caso in esame, per il calcolo di  $t_c$  si è ritenuto idoneo adottare la formula di Giandotti (1934, 1937):

$$t_c = \frac{\left(4 \times A^{\frac{1}{2}}\right) + 1.5 \times I}{0.8 \times (h_m - h_o)^{\frac{1}{2}}}$$

con  $A$  la superficie del bacino [kmq],  $l$  la lunghezza dell'asta principale [km],  $h_m$  la quota media del bacino [m] e  $h_o$  la quota della sezione di chiusura del bacino [m].

Essendo la superficie del bacino  $A$  pari a 0.685 kmq (685000 mq), il percorso idraulicamente più lungo  $l$  di 1.35 km e la quota media e minima del bacino pari rispettivamente a 540 m slm e 305 m slm, il tempo di corrivazione  $t_c$  assume il valore di 0.44 ore (26.4 minuti).

Noti i parametri caratteristici  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica riferiti ad eventi con tempo di ritorno  $Tr$  pari a 100 anni e il tempo di corrivazione  $t_c$ , è possibile definire la portata al colmo defluente dal versante della "Sassella" mediante la formula razionale di seguito espressa:

$$Q_c = A \times u_c$$

con  $A$  la superficie del bacino [ha] e  $u_c$  il coefficiente udometrico [l/s ha] valutato per eventi meteorici caratterizzati da una durata  $d$  coincidente con il tempo di corrivazione del bacino  $t_c$ :

$$u_c = 2.78 \times \phi \times \varepsilon \times i_c$$

con  $\phi$  il coefficiente di afflusso,  $\varepsilon$  il coefficiente dipendente dal metodo di trasformazione afflussi-deflussi e  $i_c$  l'intensità di pioggia [ore] relativa ad eventi meteorici di durata pari al tempo di corrivazione del bacino  $t_c$  e tempo di ritorno  $Tr$ .

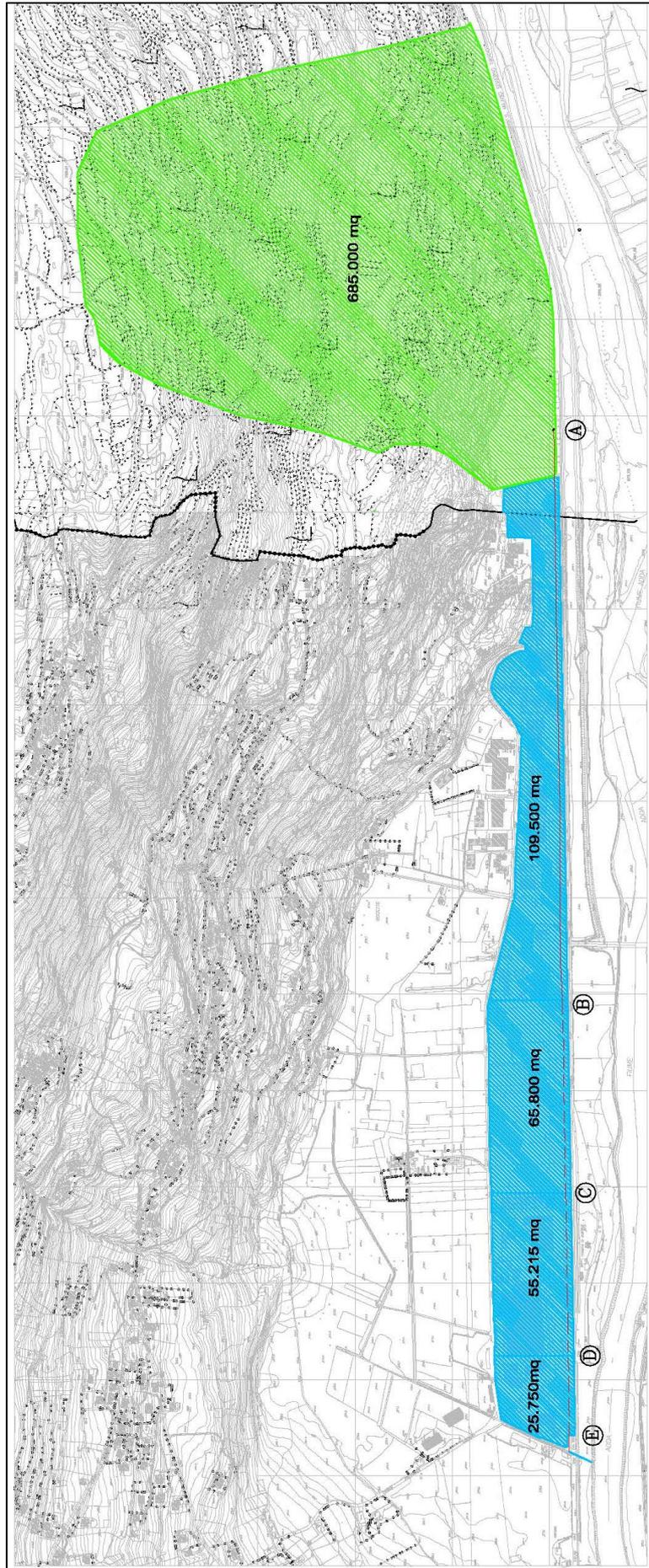
Sia da indicazioni di letteratura sia a seguito di valutazioni fatte sull'area di interesse, si ritiene idoneo impiegare un valore del coefficiente di afflusso  $\phi$  pari a 0.20, ovvero ben rappresentativo di aree verdi: infatti, il versante della "Sassella" in esame è caratterizzato nella parte alta da zone boscate e nella parte bassa da terrazzamenti coltivati, con una zona pianeggiante a fondovalle destinata a prato. Per quanto riguarda invece il coefficiente  $\varepsilon$ , adottando il metodo cinematico per la stima della portata al colmo, si assume un valore unitario.

Con riferimento alla curva di possibilità pluviometrica rappresentativa di eventi meteorici con tempo di ritorno  $Tr$  pari a 100 anni, ovvero  $a = 32.37$  ed  $n = 0.433$ , l'intensità di pioggia  $i_c$  assume valore pari a 51.31 mm/h.

Assumendo quindi un coefficiente di afflusso  $\phi$  pari a 0.20 e il coefficiente  $\varepsilon$  pari ad 1, il coefficiente udometrico  $u_c$  risulta pari a 28.53 l/s ha; essendo la superficie del versante della "Sassella" pari a 68.5 ha, la portata massima defluente dal bacino è di 1976 l/s.

$$Q_c = 1976 \text{ l/s}$$

L'immagine allegata di seguito, estratta del progetto esecutivo "Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 "Dello Stelvio" tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbenno, Castione e Sondrio" – lotto strada di servizio Sondrio – Castione" (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani), rappresenta il versante della "Sassella" sopra esaminato che scola attualmente nel canale esistente a Nord della strada S.S.n.38 e che continuerà poi a defluire nel nuovo canale previsto con sedime al piede della nuova viabilità a seguito del presente progetto (con retino di colore verde è evidenziato il versante della "Sassella" considerato nello studio Boninsegna).



Si evidenzia inoltre il fatto che sull'area in esame è stato implementato, precedentemente al progetto esecutivo succitato "Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 "Dello Stelvio" tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbenno, Castione e Sondrio" – lotto strada di servizio Sondrio – Castione" (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani), un ulteriore progetto definitivo – esteso ad una più ampia scala areale di studio – intitolato "Interventi necessari alla sistemazione dei corsi d'acqua per la regimazione idraulica del versante retico terrazzato della Provincia di Sondrio – aree individuate tra il Torrente Caldenno e il Torrente Mallero – zona 4" (Provincia di Sondrio 2003, Prof. Ing. Maione).

In particolare, nello studio del Prof. Ing. Maione sono state stimate le portate di piena, tramite l'applicazione di modelli afflussi-deflussi, caratteristiche del reticolo idrografico presente nelle aree di versante nel territorio di Sondrio comprese tra il Torrente Caldenno e il Torrente Mallero.

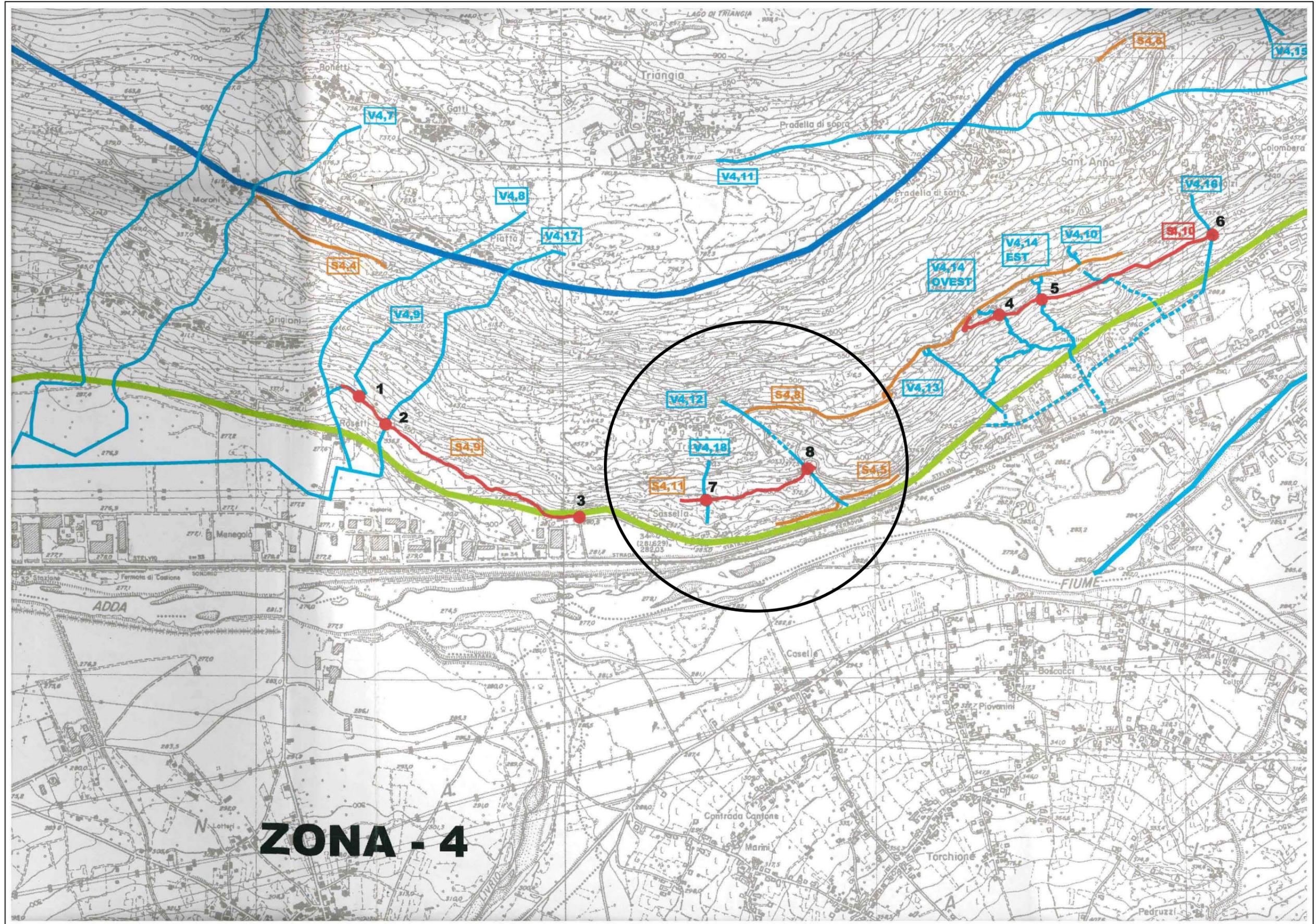
L'immagine allegata di seguito, estratta dal progetto succitato del Prof. Ing. Maione, evidenzia tutti i corsi d'acqua di versante considerati nello studio succitato: risulta perciò facilmente deducibile l'estensione dell'area indagata.

Con riferimento al progetto in esame, è possibile notare che il versante della "Sassella" fino ad ora considerato comprende i valgelli (corsi d'acqua minori) identificati nel progetto del Prof. Ing. Maione con codice V4,12 e V4,18 (vedi immagine sotto allegata).

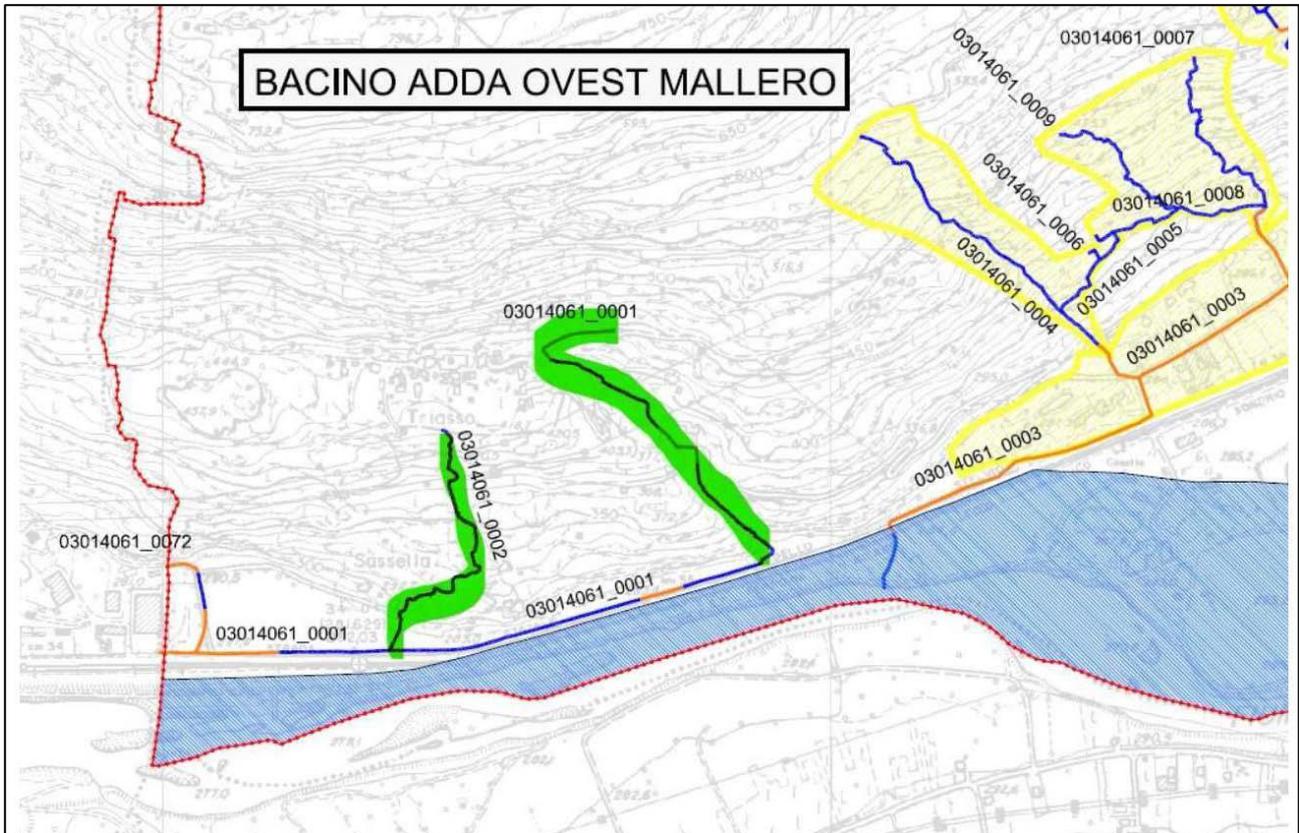
Nella tabella sotto riportata sono riassunte le portate di picco stimate per ciascun valgello indagato in concomitanza di eventi meteorici con tempo di ritorno  $Tr$  pari a 200 anni: in particolare, risultano portate di piena pari a 1.75 mc/s e 0.39 mc/s rispettivamente per i canali V4,12 e V4,18, per un totale di 2.14 mc/s. Considerando l'estensione complessiva dei bacini afferenti ai due valgelli succitati, con riferimento ad eventi con tempo di ritorno  $Tr$  di 200 anni risulta un coefficiente udometrico  $u_c$  pari a 37.54 l/s ha.

Dal confronto dei valori del coefficiente udometrico  $u_c$  caratteristico del versante della "Sassella" stimati nello studio Boninsegna per eventi con  $Tr$  pari a 100 anni – precedentemente implementato – e nel progetto del Prof. Ing. Maione per  $Tr$  pari a 200 anni, si evidenzia come i due valori siano convergenti e "autovalidanti", in quanto risultano coerenti e confrontabili tra loro: per il versante della "Sassella" è stato stimato infatti un coefficiente udometrico  $u_c$  pari a 28.53 l/s ha dallo studio Boninsegna per eventi con  $Tr$  di 100 anni, e un valore leggermente superiore pari a 37.54 l/s ha dallo studio Maione in quanto caratteristico di eventi con  $Tr$  di 200 anni.

Sezione	Valgello	S [km <sup>2</sup> ]	tc [h]	Q (T = 200 anni) [m <sup>3</sup> /s]
1	V4,1	0.28	0.23	2.96
2	V4,2-V4,3	0.49	0.26	5.18
3	V4,3	0.93	0.27	9.84
4	V4,2-V4,3- V4,4	1.29	0.31	13.64
5	V4,5	0.84	0.27	8.88
6	V4,6	1.15	0.39	8.09
7	V4,7	1.28	0.31	13.48
8	V4,6-V4,7- V4,8-V4,9- V4,17	5.57	0.38	39.44
9	V4,8	0.17	0.25	1.19
10	V4,9	0.07	0.19	0.52
11	V4,17	1.58	0.24	11.13
12	V4,8-V4,9- V4,17	2.36	0.27	16.57
13	V4,12	0.45	0.18	0.84
14	V4,12	0.51	0.22	1.75
15	V4,13	0.19	0.19	1.33
16	V4,16-V4,10- V4,13-V4,14	2.36	0.27	16.57
17	V4,14 ovest	0.09	0.18	0.61
18	V4,14 ovest	0.11	0.27	0.76
19	V4,14 est	0.13	0.18	0.91
20	V4,14 est- V4,14 ovest	0.26	0.20	1.86
21	V4,14 est- V4,14 ovest- V4,10-V4,16	0.89	0.25	6.24
22	V4,10	0.08	0.18	0.58
23	V4,10-V4,16	0.31	0.21	2.19
24	V4,16	0.18	0.18	1.26
25	V4,16	0.19	0.20	1.35
26	V4,18	0.06	0.25	0.39



Per completezza documentale, la figura di seguito allegata rappresenta un dettaglio dell'immagine sopra riportata, nella quale risultano evidenziati i due valgelli succitati del versante della "Sassella". In particolare viene identificato con il codice 03014061\_0002 il valgello V4,18, mentre con il codice 03014061\_0001 il valgello V4,12.



Come già anticipato al capitolo precedente, allo stato attuale vengono convogliati nel tombotto esistente lungo la S.S.n.38 sia il versante della "Sassella", per il quale è stata stimata una portata massima di deflusso pari a 1976 l/s, sia la portata affluente dal sottobacino localizzato al confine tra il comune di Castione e il comune di Sondrio (lungo la strada Sassella, identificato con il codice 03014061\_0072), stimata pari a 1000 l/s [tali valori di portata sono stati definiti con riferimento al progetto definitivo "Interventi necessari alla sistemazione dei corsi d'acqua per la regimazione idraulica del versante retico terrazzato della Provincia di Sondrio – aree individuate tra il Torrente Caldenno e il Torrente Mallero – zona 4" (Provincia di Sondrio 2003, Prof. Ing. Maione) e al progetto esecutivo "Riduzione attraversamenti a raso sulla S.S.38 "Dello Stelvio" tra il km 27+250 e il km 34+250 nei comuni di Berbenno, Castione e Sondrio" – lotto strada di servizio Sondrio – Castione" (Provincia di Sondrio 2013, Studio Boninsegna e Ing. Zubiani)].

La portata massima convogliata attualmente al tombotto contiguo alla S.S.n.38, all'altezza del confine comunale tra Castione Andevenno e Sondrio (limite ovest del presente intervento) è data perciò dalla somma delle due portate succitate, pari complessivamente a 2976 l/s: per tale sollecitazione, il tombotto è stato positivamente verificato all'interno del progetto della Provincia di Sondrio del 2013 dagli Ingg. Boninsegna/Zubiani.

## 2.2 Valutazione delle massime portate di pioggia di piattaforma

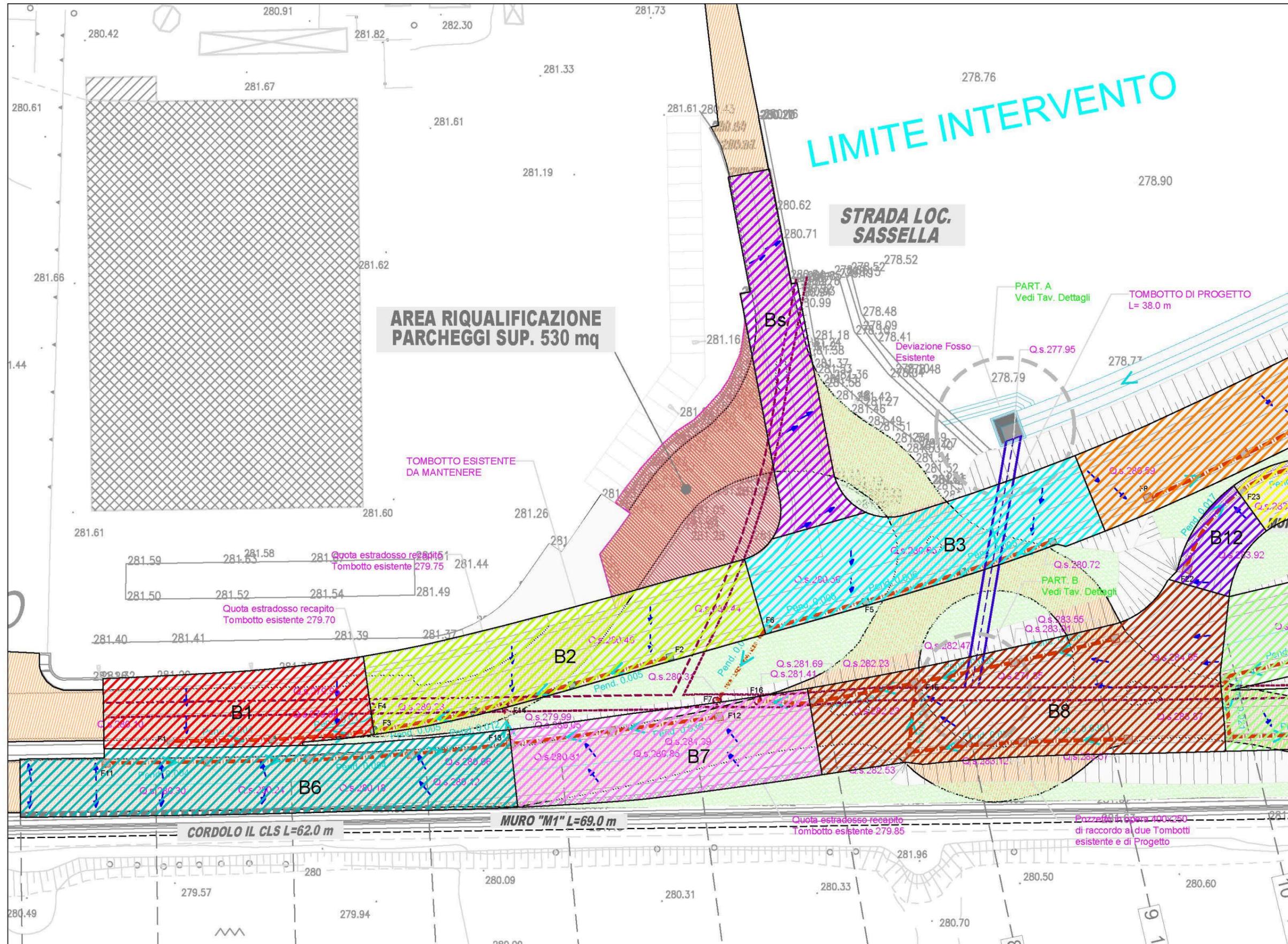
Per la progettazione e il dimensionamento della rete fognaria di piattaforma, e conseguentemente per la determinazione delle portate di transito nelle dorsali della rete stessa, un aspetto preventivo fondamentale è la valutazione dei bacini tributari (in termini di deflussi meteorici) attraverso i quali viene suddivisa la superficie di piattaforma: la definizione dei bacini permetterà quindi di determinare l'origine delle acque meteoriche che gravano sulle varie tratte di dorsale fognaria.

Di seguito, in figura si riportano i bacini con i quali è stata suddivisa l'area della nuova viabilità di progetto, con le rispettive aree: ogni elemento di captazione/drenaggio idraulico previsto ed implementato nel presente progetto si fa carico di uno o più di questi bacini.

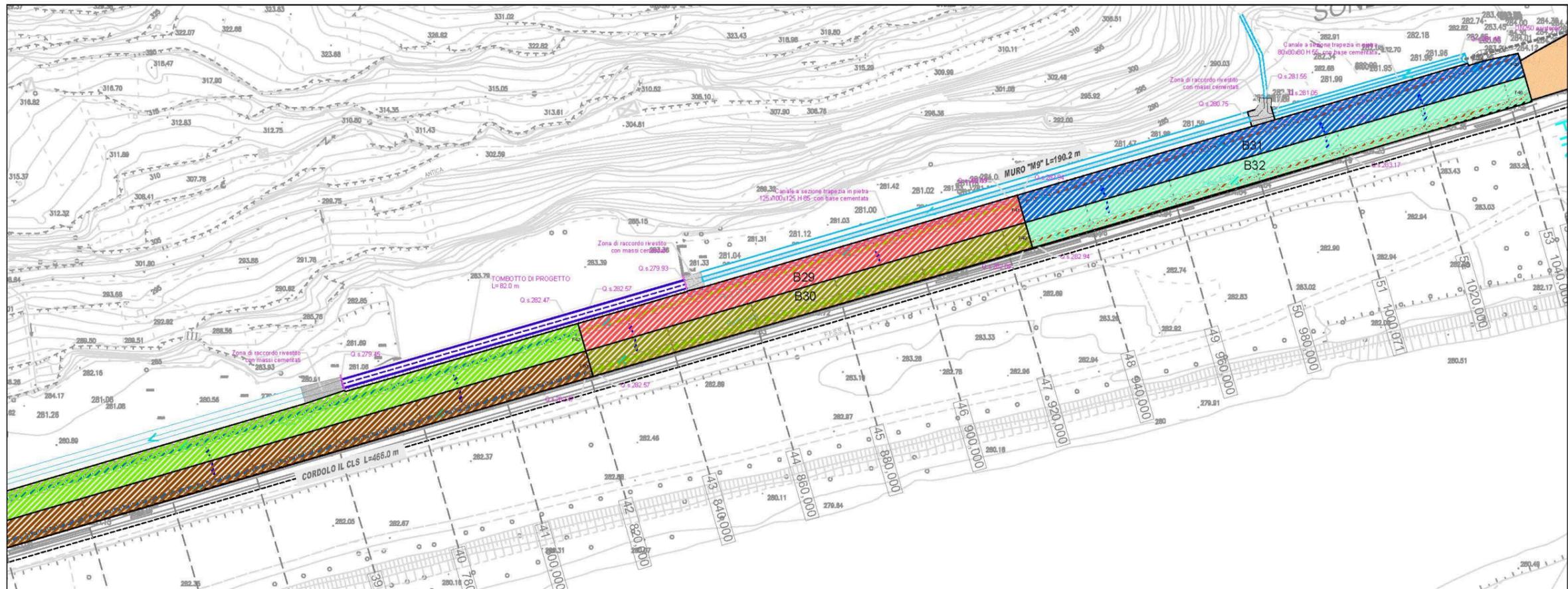
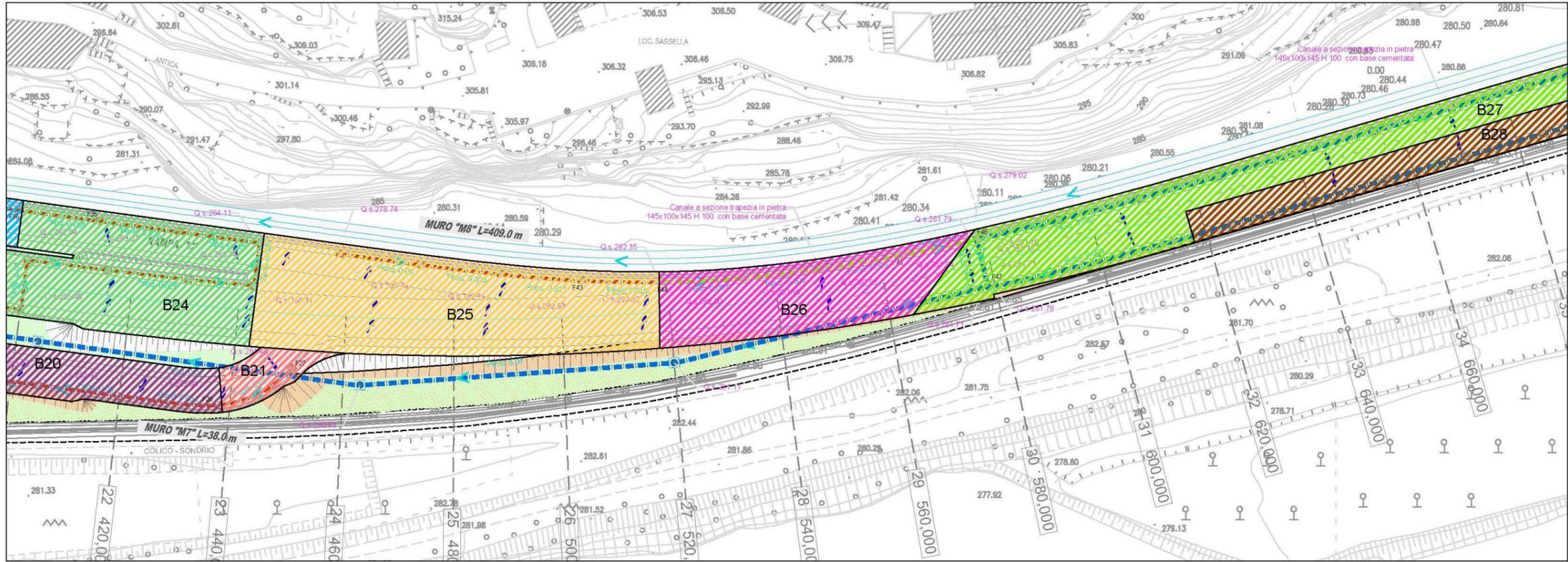
Si sottolinea il fatto che la scelta dei bacini con i quali è stata suddivisa la piattaforma stradale è legata sia all'assetto della piattaforma stessa, sia alle caratteristiche del sistema fognario di progetto. In particolare, i bacini sono stati definiti imponendo la loro sezione di chiusura in corrispondenza dei cambi di diametro delle condotte lungo le dorsali fognarie, necessari per garantire l'adeguato smaltimento delle acque meteoriche afferenti alle varie tratte fognarie, e/o in corrispondenza dei nodi della rete stessa.

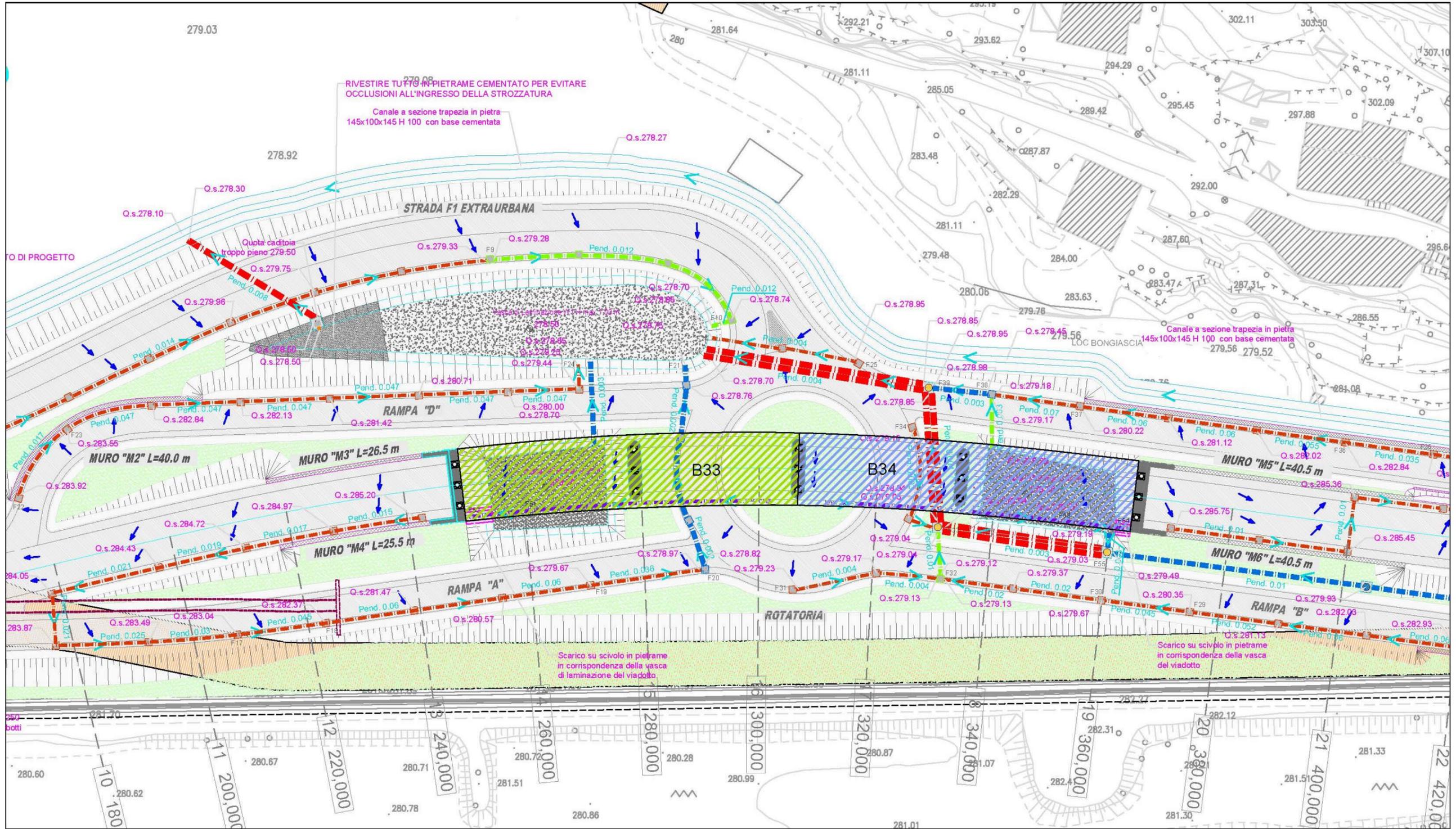
Si sottolinea il fatto che la piattaforma stradale di progetto la si può pensare suddivisa ipoteticamente in sei aree: la carreggiata principale, ovvero la strada principale S.S.n.38, sviluppata prevalentemente in rilevato ad eccezione di un tratto in viadotto in corrispondenza della nuova rotatoria "della Sassella" – il cui piano viario sarà impostato ad una quota ribassata rispetto all'attuale sedime della S.S.n.38 –, le quattro rampe di innesto alla nuova rotatoria, ovvero la rampa "A" a Sud-Ovest, la rampa "B" a Sud-Est, la rampa "C" a Nord-Est e la rampa "D" a Nord-Ovest, ed infine la "strada F1 extraurbana" di collegamento tra la strada principale e la zona commerciale localizzata a Nord-Ovest dell'area di intervento.

 B1 434.75 mq	 B13 761.20 mq	 B25 1330.10 mq
 B2 684.98 mq	 B14 203.03 mq	 B26 707.11 mq
 B3 622.92 mq	 B15 382.64 mq	 B27 1907.88 mq
 B4 1222.57 mq	 B16 347.54 mq	 B28 1219.10 mq
 B5 688.64 mq	 B17 236.61 mq	 B29 684.15 mq
 B6 725.70 mq	 B18 349.88 mq	 B30 630.00 mq
 B7 561.10 mq	 B19 251.64 mq	 B31 767.90 mq
 B8 1048.48 mq	 B20 682.75 mq	 B32 716.28 mq
 B9 1312.26 mq	 B21 136.19 mq	 B33 697.43 mq
 B10 404.98 mq	 B22 112.25 mq	 B34 682.11 mq
 B11 170.30 mq	 B23 526.48 mq	 Bs 424.78 mq
 B12 117.94 mq	 B24 1379.32 mq	









Una volta individuati i bacini afferenti ad ogni tratta di dorsale fognaria di progetto, la stima delle portate pluviali massime defluenti da ciascun bacino verrà implementata analogamente a quanto già ampiamente descritto nel capitolo precedente per la valutazione del deflusso del versante della “Sassella” (vedi capitolo 2.1 “Valutazione delle massime portate di pioggia derivanti dal versante della “Sassella”).

In particolare, per la valutazione delle massime portate defluenti da ciascun bacino si fa riferimento al metodo di calcolo cinematico, secondo il quale la portata massima è quella generata da una pioggia di intensità costante e durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino stesso.

Differentemente da quanto implementato per la stima delle portate di versante, le portate massime di piattaforma verranno valutate definendo il tempo di corrivazione  $t_c$  di ciascun bacino come somma di due contributi, ovvero il tempo di accesso alla rete  $t_{acc}$  e il tempo di rete  $t_r$ ; il tempo di accesso alla rete  $t_{acc}$  rappresenta il tempo impiegato dalla goccia d’acqua a raggiungere il collettore fognario, solitamente compreso tra 5 e 15 minuti, mentre il tempo di rete  $t_r$  rappresenta il tempo di percorrenza della goccia d’acqua all’interno dei collettori fognari, fino ad arrivare alla sezione di chiusura della tratta in esame.

A seguito delle caratteristiche dei vari bacini che costituiscono la nuova viabilità in progetto, si assume – cautelativamente - il tempo di accesso  $t_{acc}$  pari a 5 minuti.

Il tempo di rete  $t_r$  di una singola tratta si calcola applicando il rapporto tra la lunghezza della tratta in esame  $L$  [m] e la velocità all’interno della tratta stessa  $v$  [m/s]; per le tratte successive a quella di monte il tempo di rete è invece pari alla somma tra il tempo di rete della tratta in esame e dei tempi di rete di tutte le tratte di monte.

Per la valutazione del tempo di rete si sottolinea fin da ora la scelta “metaprogettuale” per cui il dimensionamento idraulico della rete fognaria di piattaforma verrà eseguito in moto uniforme, imponendo per ogni tratto fognario un grado di riempimento massimo della sezione di deflusso pari al 50% per condotte con diametro interno inferiore a 400 mm, mentre del 70% per condotte con diametro interno pari o superiore a 400 mm.

Tale premessa risulta fondamentale per la stima della velocità di deflusso all’interno di ogni tratta fognaria, e conseguentemente per la stima del rispettivo tempo di rete.

Infatti, quest’ultimo è stato calcolato considerando come velocità all’interno della condotta quella corrispondente al 50% di riempimento per condotte con diametro interno inferiore a 400 mm, e quella relativa al 70% di riempimento per diametri pari o superiori a 400 mm.

La velocità all’interno della condotta, e conseguentemente il rispettivo tempo di rete, è quindi funzione del diametro e della pendenza di posa scelti per i vari tratti costituenti la rete fognaria.

Determinato il tempo di corrivazione dei bacini tributari della dorsale fognaria di progetto è possibile calcolare conseguentemente l'intensità di pioggia  $i_c$  relativa ad eventi meteorici di durata pari al tempo di corrivazione del bacino  $t_c$  e tempo di ritorno  $T_r$ , ed infine il coefficiente udometrico  $u_c$  e la portata di picco  $Q_c$ , essendo noti i parametri caratteristici  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica dell'evento di riferimento:

$$Q_c = A \times u_c$$

con  $A$  la superficie del bacino [ha] e  $u_c$  il coefficiente udometrico [l/s ha] valutato per eventi meteorici caratterizzati da una durata  $d$  coincidente con il tempo di corrivazione del bacino  $t_c$ :

$$u_c = 2.78 \times \phi \times \varepsilon \times i_c$$

con  $\phi$  il coefficiente di afflusso,  $\varepsilon$  il coefficiente dipendente dal metodo di trasformazione afflussi-deflussi e  $i_c$  l'intensità di pioggia [ore] relativa ad eventi meteorici di durata pari al tempo di corrivazione del bacino  $t_c$  e tempo di ritorno  $T_r$ .

Come già precedentemente anticipato, le verifiche idrauliche della rete fognaria di piattaforma vengono sviluppate considerando eventi di precipitazione caratterizzati da un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 20 anni; i parametri rappresentativi della curva di possibilità pluviometrica risultano quindi:

$$a = 25.10 \quad - \quad n = 0.444$$

Per la stima del coefficiente udometrico e conseguentemente della portata di picco è necessario fissare ulteriori due parametri, ovvero il coefficiente di afflusso  $\phi$  e il coefficiente  $\varepsilon$ . Per quanto riguarda il coefficiente di afflusso  $\phi$ , essendo la piattaforma stradale una superficie impermeabile, cautelativamente si ritiene idoneo applicare un valore pari ad 1: tale assunzione implica che non vi sia alcuna perdita e che la totalità della precipitazione contribuisca alla formazione del picco di portata, condizione sicuramente conservativa (da verifiche sperimentali sul campo, è provata normalmente una perdita "netta" al ruscellamento dell'ordine del 5-15%).

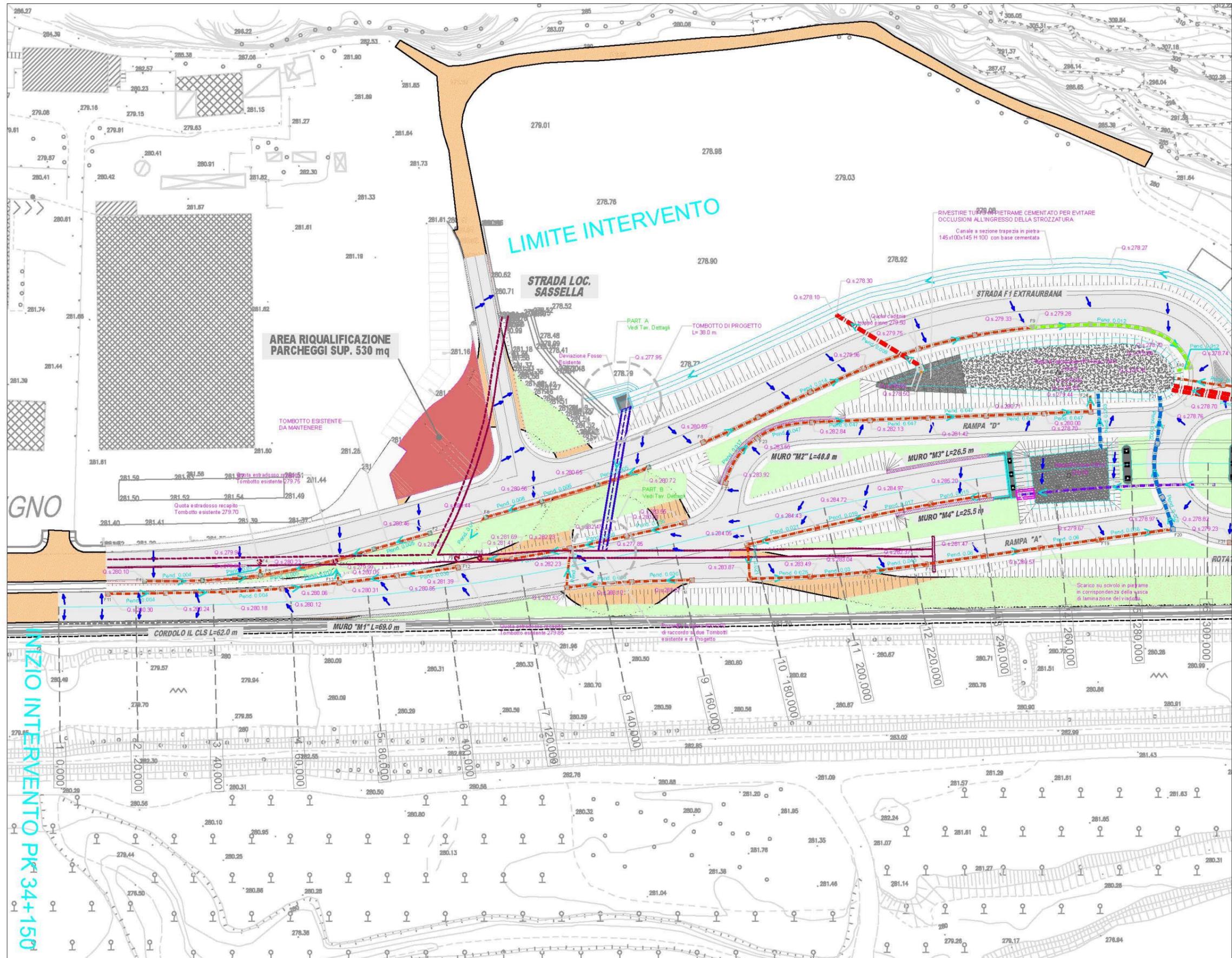
Relativamente al coefficiente  $\varepsilon$ , adottando il metodo cinematico per la stima della portata al colmo, anch'esso assumerà un valore unitario.

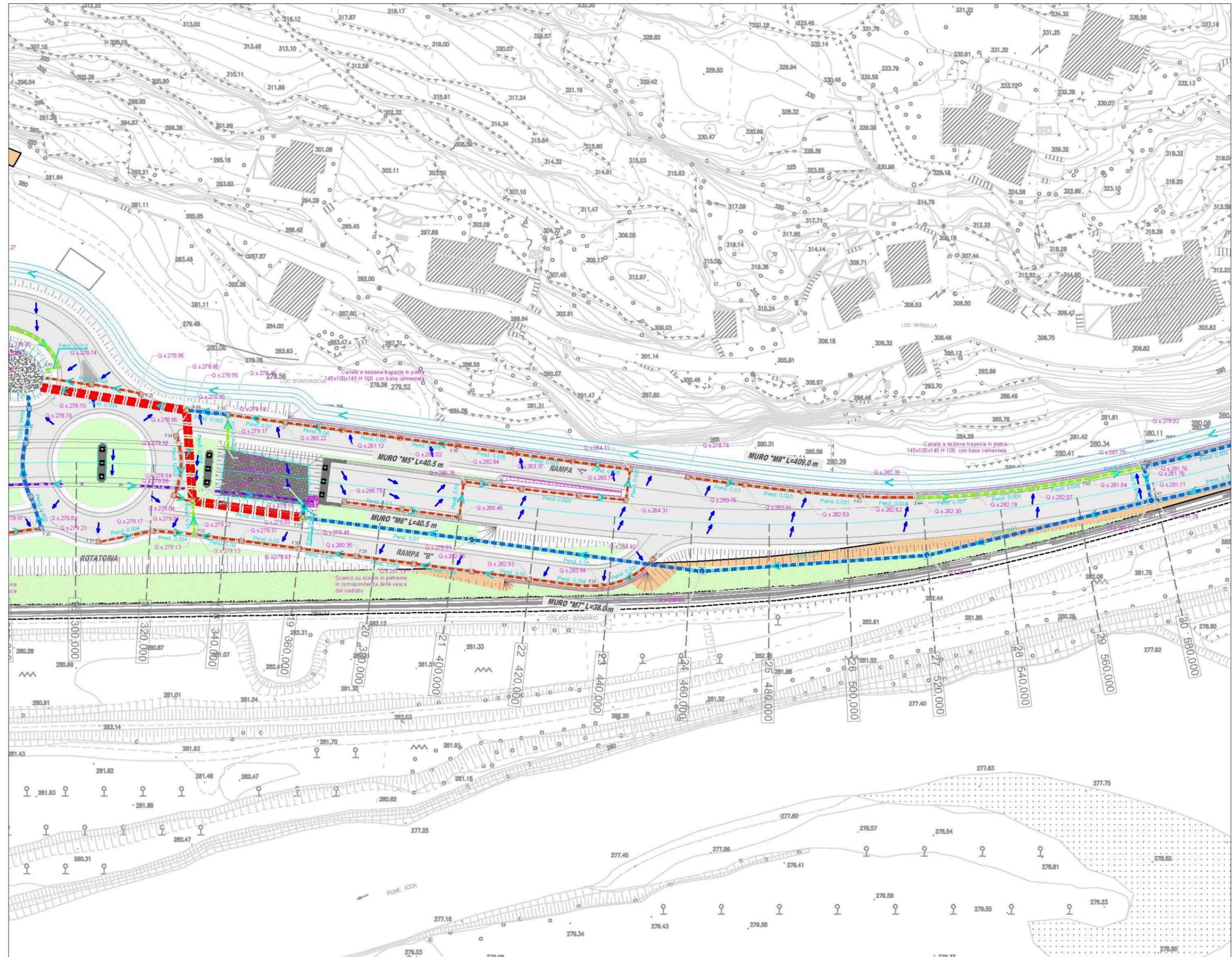
Si è giunti quindi alle massime sollecitazioni di calcolo dei bacini afferenti alle varie tratte fognarie costituenti il sistema di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma stradale; per una più chiara comprensione, si rimanda allo specifico elaborato grafico di progetto relativo alle reti fognarie di progetto, di cui si allega uno stralcio di seguito.

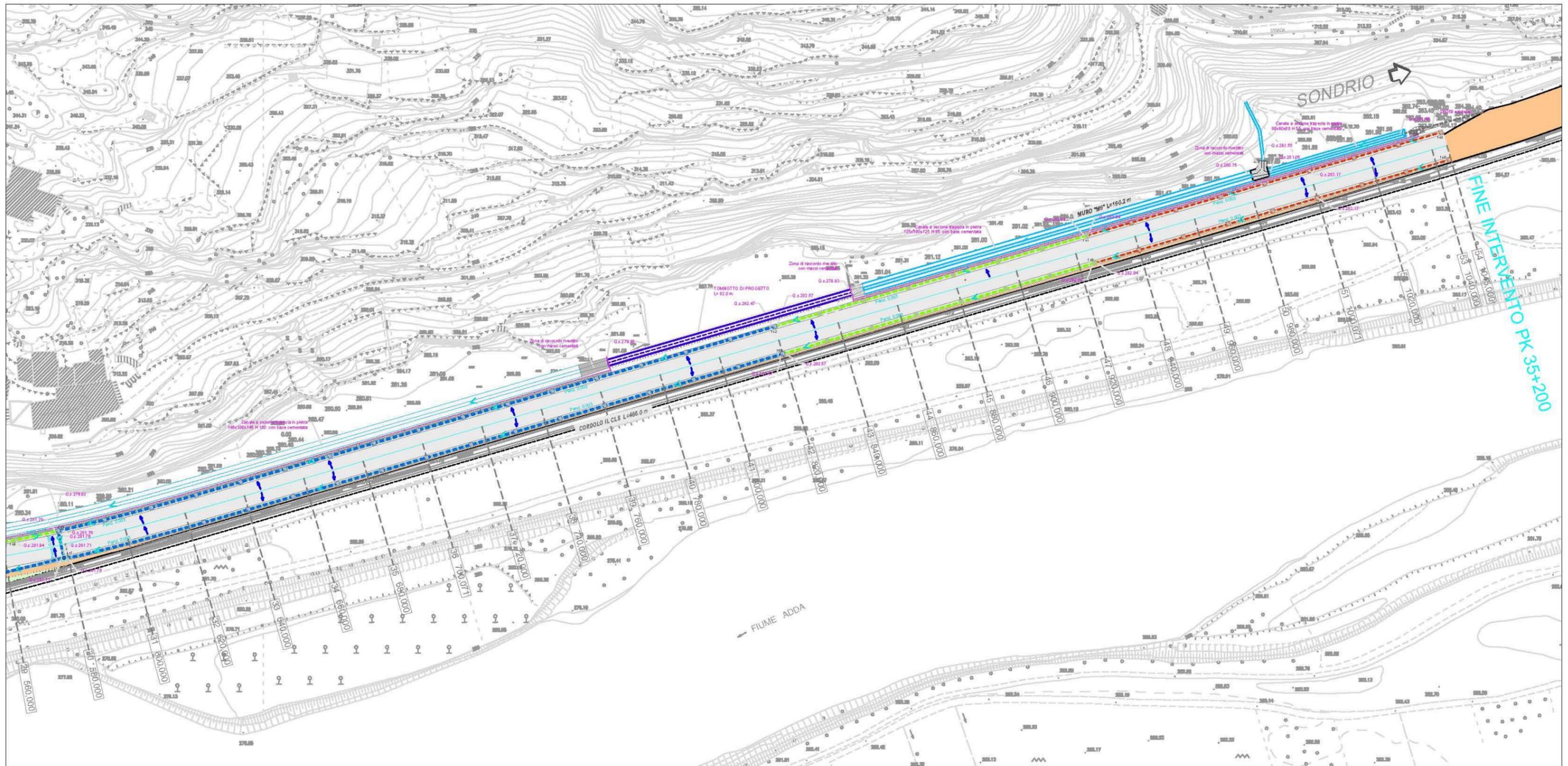
Determinata così la sollecitazione massima di ogni tratta fognaria di progetto in concomitanza di eventi meteorici con tempo di ritorno  $T_r$  pari a 20 anni (sollecitazione idrologica), occorre comparare quest'ultima con la massima portata smaltibile da ogni condotta (risposta prestazionale idraulica).

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

	Tratti	Bacini	Area (mq)	Area (ha)	Lasta principale (m)	tacc (min)	v off 50% (m/s)	v off 70% (m/s)	tr (min)	tc (min)	h <sub>c,20</sub> (mm)	i <sub>c,20</sub> (mm/h)	u <sub>c</sub> (l/s*ha)	Qc (l/s)
carreggiata principale	F11-F13	B6	726	0.07	59.80	5.00	0.80	0.00	1.25	6.25	9.19	88.28	245.42	17.8
	F12-F13	B7	561	0.06	30.98	5.00	2.39	0.00	0.22	5.22	8.49	97.61	271.36	15.2
	F13-F14	B6+B7	1287	0.13	5.54	-	1.38	0.00	0.07	6.32	9.24	87.76	243.97	31.4
	F15-F16	B8	1048	0.10	23.36	5.00	2.39	0.00	0.16	5.46	8.66	95.17	264.58	27.7
	F40-F41	B31	768	0.08	119.38	5.00	0.69	0.00	2.88	7.88	10.19	77.61	215.75	16.6
	F41-F42	B31+B29	1452	0.15	105.00	-	0.78	0.00	2.24	10.12	11.39	67.52	187.70	27.3
	F42-F46	B31+B29+B27	3360	0.34	241.08	-	0.00	1.06	3.80	13.92	13.12	56.55	157.21	52.8
	F43-F44	B25	1330	0.13	15.00	5.00	1.69	0.00	0.15	5.59	8.75	93.92	261.09	34.7
	F45-F46	B25+B26	2037	0.20	13.99	-	1.42	0.00	0.16	6.28	9.21	88.04	244.75	49.9
	F46-F47	B31+B29+B27+B25+B26	5397	0.54	8.89	-	0.00	1.37	0.11	14.03	13.17	56.31	156.54	84.5
	F48-F49	B32	716	0.07	119.38	5.00	0.69	0.00	2.88	7.88	10.19	77.61	215.75	15.5
	F49-F50	B32+B30	1346	0.13	105.00	-	0.78	0.00	2.24	10.12	11.39	67.52	187.70	25.3
	F50-F47	B32+B30+B28	2565	0.26	241.08	-	0.00	1.06	3.80	13.92	13.12	56.55	157.21	40.3
	F51-F52	B33	697	0.07	9.99	5.00	1.09	0.00	0.15	5.76	8.87	92.35	256.73	17.9
	F53-F54	B34	682	0.07	10.40	5.00	1.09	0.00	0.16	5.77	8.87	92.30	256.59	17.5
	F47-F55	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28	7963	0.80	222.22	-	0.00	1.93	1.92	15.95	13.94	52.43	145.77	116.1
F55-F33	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28	7963	0.80	28.75	-	0.00	1.23	0.39	16.34	14.09	51.73	143.82	114.5	
F33-F39	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28+B21+B20+B19+B18	9620	0.96	23.54	-	0.00	1.42	0.28	16.62	14.19	51.25	142.48	137.1	
F39-F56	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28+B21+B20+B19+B18+B24+B23+B22	11638	1.16	37.87	-	0.00	1.42	0.45	17.06	14.36	50.50	140.40	163.4	
rampa "A"	F17-F18	B9	1312	0.13	15.00	5.00	2.68	0.00	0.09	5.73	8.85	92.60	257.43	33.8
	F18-F19	B9+B10	1717	0.17	45.00	-	3.09	0.00	0.24	5.98	9.01	90.49	251.57	43.2
	F19-F20	B9+B10+B11	1888	0.19	19.45	-	2.39	0.00	0.14	6.11	9.10	89.37	248.46	46.9
	F20-F21	B9+B10+B11+B14+B15	2473	0.25	35.30	-	0.00	0.86	0.68	6.79	9.54	84.27	234.27	57.9
rampa "B"	F27-F28	B21	136	0.01	15.54	5.00	2.22	0.00	0.12	5.12	8.41	98.66	274.27	3.7
	F29-F30	B21+B20	819	0.08	15.00	-	2.68	0.00	0.09	5.61	8.76	93.77	260.69	21.3
	F30-F32	B21+B20+B19	1071	0.11	27.33	-	1.78	0.00	0.26	5.86	8.94	91.48	254.32	27.2
	F31-F32	B18	350	0.03	25.15	5.00	0.80	0.00	0.53	5.53	8.71	94.53	262.80	9.2
	F32-F33	B21+B20+B19+B18	1420	0.14	8.69	-	1.42	0.00	0.10	5.96	9.00	90.61	251.90	35.8
	F34-F33	B17	237	0.02	20.98	5.00	0.69	0.00	0.51	5.51	8.69	94.72	263.31	6.2
rampa "C"	F35-F36	B24	1379	0.14	15.00	5.00	2.36	0.00	0.11	5.95	9.00	90.73	252.22	34.8
	F37-F38	B24+B23	1906	0.19	14.99	-	3.34	0.00	0.07	6.25	9.19	88.28	245.42	46.8
	F38-F39	B24+B23+B22	2018	0.20	10.66	-	0.00	1.06	0.17	6.42	9.30	86.99	241.83	48.8
rampa "D"	F22-F23	B12	118	0.01	14.49	5.00	1.65	0.00	0.15	5.15	8.44	98.34	273.37	3.2
	F23-F24	B12+B13	879	0.09	91.17	-	2.74	0.00	0.56	5.70	8.83	92.89	258.23	22.7
strada F1 extraurbana	F1-F3	B1	435	0.04	30.08	5.00	0.80	0.00	0.63	5.63	8.78	93.57	260.12	11.3
	F2-F3	B2	685	0.07	45.08	5.00	0.89	0.00	0.84	5.84	8.92	91.65	254.78	17.5
	F3-F4	B1+B2	1120	0.11	3.44	-	1.26	0.00	0.05	5.89	8.95	91.25	253.69	28.4
	F5-F6	B3	623	0.06	15.00	5.00	1.13	0.00	0.22	5.65	8.79	93.37	259.57	16.2
	F6-F7	B3	623	0.06	12.97	-	1.26	0.00	0.17	5.82	8.91	91.83	255.30	15.9
	F8-F9	B4	1223	0.12	90.68	5.00	1.49	0.00	1.01	6.01	9.04	90.20	250.74	30.7
	F9-F10	B4+B5	1911	0.19	48.50	-	1.56	0.00	0.52	6.53	9.38	86.15	239.49	45.8
	F25-F26	B16	348	0.03	25.01	5.00	0.80	0.00	0.52	5.52	8.70	94.56	262.88	9.1







### 3. DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

#### 3.1 Dimensionamento del canale collettore del versante della “Sassella”

Come già anticipato in precedenza, attualmente le acque meteoriche provenienti dal versante della “Sassella” – territorio del comune di Sondrio – a Nord della strada principale S.S.n.38, scolaro naturalmente lungo le scarpate (o tramite alcuni valgelli) e vengono poi raccolte nel canale a cielo aperto esistente ai piedi del versante; quest’ultimo rappresenta quindi il canale pedemontano di raccolta delle acque di scolo del versante della “Sassella”, unitamente alle acque provenienti dalla carreggiata stradale adiacente in quanto attualmente priva di sistemi di raccolta di piattaforma. A sua volta, il canale convoglia la portata meteorica in testa ad un tombotto di sezione trasversale interna 1.85xH1.75 m, caratterizzato da sedime sempre contiguo alla stessa S.S.n.38.

La costruzione della nuova viabilità comporta l’occupazione parziale dell’attuale sedime del canale succitato: il progetto prevede, quindi, la realizzazione di un nuovo canale con sedime al piede della nuova viabilità stradale, sempre a Nord della stessa.

Come già descritto precedentemente, partendo dal limite Est dell’intervento (pk 35+200), il nuovo canale sarà confinante per un primo tratto alla strada principale S.S.n.38, per il tratto intermedio alla rampa “C” – innesto Nord-Est della nuova rotatoria – e per il tratto terminale alla nuova strada di collegamento con la zona commerciale “strada F1 extraurbana”.

Il tratto di canale di progetto compreso tra il limite Est dell’intervento e l’inizio delle rampe di innesto alla nuova rotatoria verrà realizzato mantenendo circa invariato il sedime del canale esistente, prevedendo quindi solamente la risagomatura della sezione, unitamente alla realizzazione di un tratto centrale tombato di lunghezza pari a 82.0 m circa, in sostituzione di quello già esistente (da demolire), con funzione di passo carraio ed accesso ad alcune proprietà private.

Il tratto rimanente di canale di progetto, proseguendo verso ovest, verrà invece realizzato ex novo, abbandonando quindi il sedime del canale esistente, in quanto verrà realizzato adiacente alla nuova viabilità, lungo il confine Nord della stessa.

In particolare, il tratto di canale compreso tra il limite Est dell’intervento e la confluenza del primo valgello significativo (codice 03014061\_0001), all’altezza circa della sezione n.50 della S.S.n.38, presenterà una sezione più ridotta, in quanto in pratica delegato a smaltire le sole acque provenienti da alcune caditoie della strada statale presenti oltre il limite d’intervento e drenate da una tubazione DN250 PVC con scarico proprio in testata del canale qui oggetto di dimensionamento. Esso, di lunghezza pari a circa 47 metri, sarà caratterizzato da una sezione trapezia con larghezza alla base di 0.80 m, larghezza in sommità pari a 2.40 m e altezza di 55 cm (pendenza sponde circa 2:3). La pendenza media di tale tratto di canale è circa pari allo 0.8%.

Il tratto di canale successivo, di lunghezza pari a circa 490 metri e compreso tra la confluenza del primo valgello significativo (codice an 03014061\_0001), all’altezza circa della sezione n.50 della S.S.n.38, e fin circa a metà delle n.4 della strada F1 extraurbana, sarà caratterizzato da una sezione trapezia con larghezza alla base di 1.20 m, larghezza in sommità pari a 2.00 m e altezza di 1.20 cm. La pendenza media di tale tratto di canale è circa pari allo 0.23%.

Il tratto intermedio al canale succitato convoglia poi le acque raccolte in un tratto tombato di lunghezza pari a 82 metri (tra le sezioni n. 44 e n. 39 della S.S.n.38), caratterizzato da sezione trasversale interna pari a 1.85xH1.75 m e pendenza di posa sempre dello 0.6% circa.

Infine, il tratto di canale di progetto di L=140 m tra la sezione n.4 e n.10 della strada F1 extraurbana, verrà realizzato prevedendo una sezione trapezia con larghezza alla base di 1.50 m, larghezza in sommità pari a 9.50 m e altezza di 1.00 m (pendenza sponde circa 1:4). La pendenza media di tale tratto di canale, di lunghezza pari a circa 632 metri, è circa pari allo 0.20%.

Si evidenzia che tutti i tratti di canale di progetto a cielo aperto verranno realizzati con una sezione trapezia in pietra e base cementata, tranne che che il canale appena descritto che verà realizzato in terra.

Infine, in corrispondenza dell'incrocio tra la strada di collegamento con la zona commerciale "strada F1 extraurbana" e la strada Sassella, a Nord-Est dello stesso, il canale di progetto verrà definitivamente deviato nel tombotto esistente lungo la strada principale S.S.n.38, nella zona marginale ovest dell'intervento, mediante la posa di un ulteriore tratto di scatolare, di lunghezza pari a circa 37 metri, con sezione trasversale interna sempre pari a 1.85xH1.75 m e pendenza di posa dello 0.27%.

Come già definito al paragrafo 2.1, la superficie del versante tributario (da nord) della "Sassella" è pari a 68.5 ha e la portata massima (Tr = 100 anni) defluente dal bacino, rispetto alla quale va garantita la prestazionalità del canale, è stimata in:

$$Q_c = 1976 \text{ l/s}$$

I calcoli idraulici per la verifica dell'efficienza idraulica del canale a cielo aperto e degli scotolari di progetto vengono qui svolti con l'applicazione della formula di moto uniforme per le correnti a pelo libero di Chézy:

$$Q_{off} = k_s \times A \times (R \times i)^{1/2}$$

con  $k_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler,  $A$  l'area bagnata della sezione del canale [mq],  $R$  il raggio idraulico [m] pari al rapporto tra l'area bagnata e il contorno bagnato del canale ed  $i$  la pendenza del canale.

Dall'applicazione della formula di Chézy in condizioni di moto permanente e uniforme, considerando un coefficiente di scabrezza pari a  $0.46 \text{ m}^{1/2}$ , ovvero relativo a canali con pareti scabre in cemento o in muratura (secondo la formulazione di Bazin II), la portata massima smaltibile da un canale con sezione trapezia 125x100x125 cm, altezza 85 cm e pendenza media dello 0.6% è pari a 2.01 mc/s (2010 l/s) con un franco di sicurezza di 30 cm.

Considerando invece il tratto di canale con sezione trapezia 145x100x145 cm, altezza 100 cm e pendenza media dello 0.24%, la portata massima smaltibile risulta pari a 2.02 mc/s (2020 l/s) con un franco di sicurezza di 30 cm.

Per quanto riguarda invece i tratti tombati, considerando – molto cautelativamente - sempre un coefficiente di scabrezza pari a  $0.46 \text{ m}^{1/2}$ , ovvero relativo a canali con pareti scabre in cemento o in muratura (secondo la formulazione di Bazin II), il tratto di canale tombato con sezione trasversale

interna pari a 1.85xH1.75 m e pendenza di posa dello 0.6% garantisce lo smaltimento di una portata pari a 2.02 mc/s (2020 l/s) con un franco di sicurezza di 1.24 m.

Il secondo tratto tombato mediante il quale le acque raccolte dal canale di progetto vengono convogliate nel tombotto esistente, caratterizzato da sezione trasversale interna anch'esso pari a 1.85xH1.75 m e pendenza di posa dello 0.27%, permette invece lo smaltimento di una portata massima di 2.01 mc/s (2010 l/s) con un franco di sicurezza di 1.08 m.

Si evince quindi che il canale di progetto, sia per i tratti a cielo aperto sia per quelli tombati, è in grado di smaltire la portata centennale di entità pari a 1976 l/s, garantendo sempre un adeguato franco di sicurezza, comunque mai inferiore a 30 cm nei tratti a cielo aperto e a 100 cm nei tratti tombati.

Tale soluzione garantisce così il deflusso nel canale di progetto esclusivamente delle acque di versante, unitamente alla portata meteorica di piattaforma solamente a valle della laminazione e quindi contenuta in alcune decine di l/s (vedi capitoli 3.2 "Dimensionamento della rete fognaria di piattaforma" e 4 "Invarianza idraulica"). Si sottolinea fin da ora, infatti, che la capacità di convogliamento del canale di progetto è più che compatibile con gli apporti idrici, anche di natura eccezionale, derivanti dalle acque di piattaforma stradale di progetto, oggetto di laminazione e contenuti comunque sempre in un valore massimo di alcune decine di l/s, come sarà meglio specificato nei capitoli successivi; il progetto prevede un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma mediante la realizzazione di una rete fognaria bianca adeguatamente dimensionata e opportunamente laminata da dispositivi di accumulo per l'invarianza idraulica

Come già ampiamente descritto sopra, il canale di progetto convoglia la sua portata nel tombotto esistente lungo la S.S.n.38 mediante la posa di un tratto tombato di identiche dimensioni. Si evidenzia che tale soluzione non genera una maggiore sollecitazione del tombotto rispetto allo stato attuale, nonostante vi sia un maggiore sedime "impermeabile" della nuova viabilità. Nel tombotto vengono, infatti, convogliate, mediante il canale di progetto e successivo tratto tombato, le acque di versante della "Sassella" e le acque defluenti dalla nuova piattaforma stradale, analogamente a quanto avviene attualmente. Confrontando il sedime stradale esistente rispetto a quello di progetto, è facilmente deducibile come quest'ultimo presenti una superficie impermeabile maggiore e conseguentemente una maggiore sollecitazione in termini idrologici. Si deve però considerare il fatto che la viabilità attuale risulta priva di un sistema di raccolta delle acque di piattaforma con il conseguente deflusso diretto delle acque di pioggia prima verso il canale esistente e poi nel tombotto; la nuova viabilità verrà invece dotata di un adeguato sistema di raccolta fognario e laminazione delle acque di piattaforma, così da impedirne il deflusso diretto verso il canale, ma averlo esclusivamente a valle di apposita strozzatura limitatrice.

In sintesi, la viabilità esistente non risulta dotata di sistemi di invarianza idraulica, differentemente da quanto previsto in progetto: conseguentemente, la sollecitazione indotta dalla nuova viabilità sul canale e successivamente sul tratto tombato di progetto e sul tombotto esistente risulta esclusivamente quella a valle della laminazione, quindi significativamente contenuta.

Infine, un aspetto non secondario da evidenziare è legato alla frequente "non concomitanza" degli eventi critici del sistema di drenaggio della piattaforma stradale e del canale ricettore di versante:

tale condizione garantisce perciò ulteriore sicurezza in termini idraulici sulla capacità di smaltimento sia del canale sia del tombotto esistente anche a seguito degli interventi di progetto.

Di seguito si riportano i fogli Excel impiegati per la stima dell'efficienza dei tratti a cielo aperto del canale e dei tratti tombati.

Tratto di canale di progetto a cielo aperto a sezione trapezia con larghezza alla base 1.20 m, larghezza in sommità 2.00 m e altezza 1,20 m; pendenza media 0.23%:

Condizioni approssimate di moto uniforme

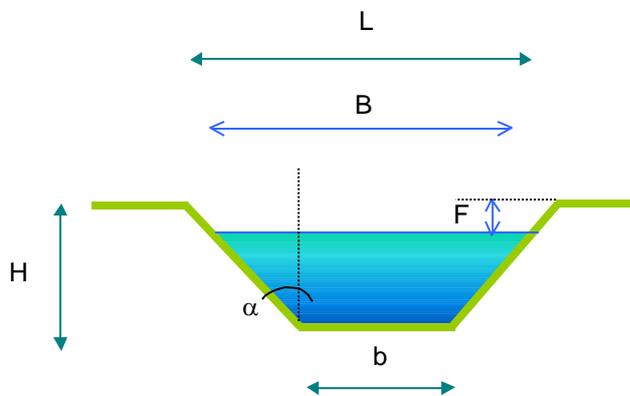
**Formola di Bazin II**

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + y}$$

- A = Area sezione utile
- R = raggio idraulico = A/C
- C = Contorno bagnato
- J = Pendenza
- $\gamma$  = coefficiente di scabrezza
- F = franco di sicurezza o di bonifica



- L= 2.00 m
- b= 1.20 m
- H= 1.20 m
- F= 0.30 m
- J = 0.0023 m/m

- $\text{tg}(\alpha) = 0.33 \Rightarrow$  pendenza sponde =  $\text{ctg}(\alpha) = 1/0.33$
- B= 1.80 m
- A = 1.35 mq
- C = 3.10 m
- R = 0.44 m



Canali con pareti scabre in cemento o in muratura

$\gamma = 0.46 \text{ m}^{1/2}$

K = 51.27

V = 1.62 m/sec

**Q<sub>s</sub> = 2.19 mc/sec**

Tratto di canale di progetto a cielo aperto a sezione trapezia con larghezza alla base 1.50 m, larghezza in sommità 9.50 m e altezza 1.00 m; pendenza media 0.20%:

Condizioni approssimate di moto uniforme

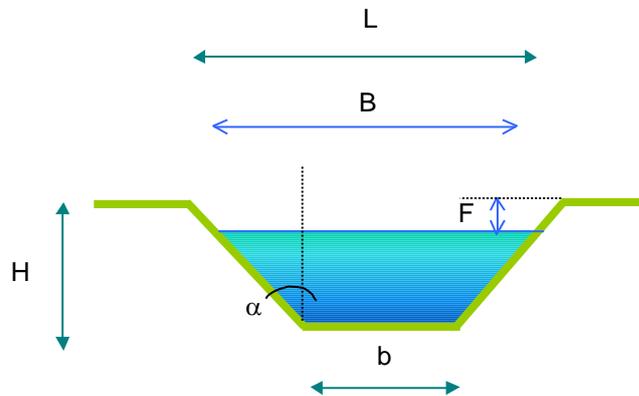
**Bazin II**      **Formula di**

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

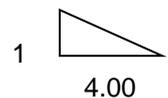
$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R + y}}$$

A = Area sezione utile  
 R = raggio idraulico = A/C  
 C = Contorno bagnato  
 J = Pendenza  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza  
 F = franco di sicurezza o di bonifica



L= 9.50 m  
 b= 1.50 m  
 H= 1.00 m  
 F= 0.30 m  
 J = 0.00200 m/m

$\text{tg}(\alpha) = 4.00 \Rightarrow$       pendenza sponde =  $\text{ctg}(\alpha) = 1/4,00$



B= 7.10 m  
 A = 3.01 mq  
 C = 7.27 m  
 R = 0.41 m

Canali in terra regolari con erbe basse

$\gamma = 1.00 \text{ m}^{1/2}$

K = 34.06  
 V = 0.98 m/sec

**Qs = 2.95 mc/sec**

Tratto di canale di progetto tombato con sezione trasversale interna 1.85xH1.75 m; pendenza di posa 0.6%:

**Formola di Bazin II**

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata  
 R = A/C  
 C = Contorno bagnato  
 J = Pendenza dello scatorare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = 1.24 m  
 J = 0.00600 m/m

Canali con pareti scabre in cemento o in muratura ▼

$\gamma$  = 0.46 m<sup>1/2</sup>

SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F)							
base (mm)		altezza (mm)	Area (mq)	R	K	V (m/sec)	Officiosità Q <sub>m</sub> (mc/sec)
1000	x	800	-0.44	-3.67	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1200	x	800	-0.53	-1.65	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1200	x	1000	-0.29	-0.40	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1500	x	1000	-0.36	-0.35	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1600	x	1000	-0.38	-0.34	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1750	x	1000	-0.42	-0.33	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2000	x	1000	-0.48	-0.32	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2500	x	1000	-0.60	-0.30	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2100	x	1100	-0.29	-0.16	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2000	x	1250	0.02	0.01	15.47	0.12	0.00
2250	x	1250	0.02	0.01	15.48	0.12	0.00
2500	x	1250	0.03	0.01	15.48	0.12	0.00
3000	x	1250	0.03	0.01	15.49	0.12	0.00
2000	x	1500	0.52	0.21	43.23	1.52	0.79
2500	x	1500	0.65	0.22	43.69	1.57	1.02
3000	x	1500	0.78	0.22	44.00	1.60	1.25
3500	x	1500	0.91	0.23	44.23	1.63	1.48
2200	x	1700	1.01	0.32	48.13	2.12	2.15
2500	x	1750	1.28	0.36	49.31	2.30	2.93
2750	x	1750	1.40	0.37	49.60	2.34	3.29
3000	x	1750	1.53	0.38	49.84	2.38	3.64
3500	x	1800	1.96	0.42	50.99	2.57	5.04
2500	x	2000	1.90	0.47	52.12	2.78	5.27
2750	x	2000	2.09	0.49	52.49	2.84	5.94
3000	x	2000	2.28	0.50	52.80	2.90	6.62
3250	x	2000	2.47	0.52	53.07	2.96	7.31
3000	x	2250	3.03	0.60	54.65	3.29	9.96
3750	x	2000	2.85	0.54	53.52	3.05	8.69
4000	x	2000	3.04	0.55	53.71	3.09	9.39
3500	x	2250	3.54	0.64	55.24	3.42	12.11
3750	x	2250	3.79	0.66	55.49	3.48	13.19
4000	x	2200	3.84	0.65	55.37	3.45	13.27
4000	x	2250	4.04	0.67	55.71	3.54	14.28
4000	x	2500	5.04	0.77	57.12	3.89	19.60
4500	x	2500	5.67	0.81	57.55	4.01	22.71
5000	x	3000	8.80	1.03	59.89	4.71	41.49
6000	x	3000	10.56	1.11	60.55	4.94	52.17

Dimensione scelta (standard o utente):

1850	x	1750	0.94	0.33	48.27	2.14	2.02
------	---	------	------	------	-------	------	------

Tratto tombato di progetto per deviazione del canale nel tombotto esistente, con sezione trasversale interna 1.85xH1.75 m; pendenza di posa 0.27%:

**Formula di Bazin II**

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata  
 R = A/C  
 C = Contorno bagnato  
 J = Pendenza dello scatolare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = 1.08 m  
 J = 0.00270 m/m

Canali con pareti scabre in cemento o in muratura

$\gamma = 0.46 \text{ m}^{1/2}$

SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F)							
base (mm)		altezza (mm)	Area (mq)	R	K	V (m/sec)	Officiosità Q <sub>M</sub> (mc/sec)
1000	x	800	-0.28	-0.64	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1200	x	800	-0.34	-0.53	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1200	x	1000	-0.10	-0.09	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1500	x	1000	-0.12	-0.09	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1600	x	1000	-0.13	-0.09	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1750	x	1000	-0.14	-0.09	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2000	x	1000	-0.16	-0.09	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2500	x	1000	-0.20	-0.09	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2100	x	1100	0.04	0.02	20.31	0.15	0.01
2000	x	1250	0.34	0.15	39.42	0.78	0.27
2250	x	1250	0.38	0.15	39.60	0.79	0.30
2500	x	1250	0.43	0.15	39.74	0.80	0.34
3000	x	1250	0.51	0.15	39.96	0.81	0.41
2000	x	1500	0.84	0.30	47.13	1.33	1.12
2500	x	1500	1.05	0.31	47.79	1.39	1.46
3000	x	1500	1.26	0.33	48.25	1.44	1.81
3500	x	1500	1.47	0.34	48.59	1.47	2.16
2200	x	1700	1.36	0.40	50.27	1.64	2.24
2500	x	1750	1.68	0.44	51.28	1.76	2.95
2750	x	1750	1.84	0.45	51.62	1.80	3.32
3000	x	1750	2.01	0.46	51.91	1.84	3.69
3500	x	1800	2.52	0.51	52.92	1.96	4.95
2500	x	2000	2.30	0.53	53.31	2.02	4.64
2750	x	2000	2.53	0.55	53.72	2.07	5.24
3000	x	2000	2.76	0.57	54.07	2.12	5.86
3250	x	2000	2.99	0.59	54.37	2.17	6.47
3000	x	2250	3.51	0.66	55.51	2.34	8.21
3750	x	2000	3.45	0.62	54.87	2.24	7.73
4000	x	2000	3.68	0.63	55.08	2.27	8.36
3500	x	2250	4.10	0.70	56.15	2.44	10.01
3750	x	2250	4.39	0.72	56.42	2.49	10.92
4000	x	2200	4.48	0.72	56.39	2.48	11.12
4000	x	2250	4.68	0.74	56.66	2.53	11.84
4000	x	2500	5.68	0.83	57.82	2.74	15.55
4500	x	2500	6.39	0.87	58.27	2.83	18.05
5000	x	3000	9.60	1.09	60.36	3.27	31.38
6000	x	3000	11.52	1.17	61.05	3.43	39.54

Dimensione scelta (standard o utente):

1850	x	1750	1.24	0.39	50.06	1.62	2.01
------	---	------	------	------	-------	------	------

### 3.2 Dimensionamento della rete fognaria di piattaforma

Per una più chiara comprensione di quanto verrà di seguito esposto si rimanda allo specifico elaborato grafico di progetto relativo alle reti fognarie di piattaforma, di cui si allega uno stralcio di seguito.

Come già introdotto precedentemente, l'area oggetto di intervento su cui ha sedime la nuova viabilità si può pensare suddivisa ipoteticamente in sei aree, ovvero la carreggiata principale della S.S.n.38, le quattro rampe di innesto alla nuova rotatoria – rampa "A", rampa "B", rampa "C" e rampa "D" e rotatoria stessa – e la strada F1 extraurbana di collegamento con la zona commerciale.

Le acque di dilavamento della piattaforma stradale vengono convogliate, mediante un sistema "d'intercettazione" generalmente con cordolo in cls a bordo strada, verso le caditoie stradali e conseguentemente all'interno delle condotte costituenti la rete fognaria di progetto a servizio della nuova piattaforma.

Tutti i condotti fognari costituenti la rete di progetto sono stati previsti in PEAD (polietilene ad alta densità) corrugato SN8, con diametri interni compresi tra 250 mm e 500 mm o, nel solo caso del viadotto sulla S.S.n.38, con diametri esterni di 250 mm.

Di seguito, si riportano i risultati ottenuti per il dimensionamento della rete fognaria: per ogni tratto sono state stimate, a partire dall'intensità di pioggia critica in concomitanza di eventi meteorici con tempo di ritorno  $T_r$  pari a 20 anni, le portate massime idrologiche  $Q_c$  defluenti dai rispettivi bacini mediante l'applicazione del metodo cinematico (vedi capitolo 2.2 "Valutazione delle massime portate di pioggia di piattaforma").

Determinata quindi la sollecitazione idrologica massima di ogni tratta fognaria di progetto, occorre comparare quest'ultima con la massima portata smaltibile da ogni condotta  $Q_{off}$  (officiosità idraulica), cioè con la massima prestazione idraulica.

I calcoli idraulici per la verifica dell'officiosità della condotta fognaria vengono svolti con l'applicazione della formula di moto uniforme per le correnti a pelo libero di Chézy, che permettono di determinare la capacità di smaltimento delle portate meteoriche da parte della rete fognaria:

$$Q_{off} = k_s \times A \times (R \times i)^{1/2}$$

con  $k_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler,  $A$  l'area bagnata della condotta [mq],  $R$  il raggio idraulico [m] pari al rapporto tra l'area bagnata e il contorno bagnato della condotta ed  $i$  la pendenza di posa della condotta.

Il valore del parametro di scabrezza  $k_s$  richiesto nella formula di moto uniforme viene assegnato sulla base della natura, dello stato di conservazione e d'impiego del materiale costituente le pareti delle condotte in esame; come desumibile dalla letteratura la scabrezza tipica delle condotte in PEAD, cioè la tipologia di condotte costituenti la rete fognaria di progetto, è pari a  $k_s = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ .

Si sottolinea il fatto che il dimensionamento idraulico per ciascun tratto costituente la rete fognaria di progetto è stato eseguito imponendo, in condizioni di moto uniforme, un grado di riempimento massimo della sezione di deflusso pari al 50% per condotte con diametro interno inferiore a 400 mm, mentre del 70% per condotte con diametro interno pari o superiore a 400 mm.

Si evidenzia inoltre che le verifiche riguardano tubazioni in PEAD corrugate esternamente e lisce internamente SN8: il diametro caratteristico delle condotte impiegate, utilizzato per i calcoli, è naturalmente sempre quello interno (218 mm nel caso del DNe250).

**Dalla tabella seguente si dimostra che i rami costituenti la rete fognaria di progetto sono in grado di smaltire sempre la portata ventennale ( $T_r = 20$  anni) con un grado di riempimento della condotta inferiore al 50% per le condotte con diametro interno inferiore a 400 mm, e al 70% per quelle con diametro interno pari o superiore a 400 mm.**

Si sottolinea il fatto che il tratto F55-F56 (dorsale più sollecitata dell'articolato sistema di tratte fognarie predisposto), previsto con due condotte in parallelo DN<sub>i</sub> 500, risulta notevolmente sovradimensionato rispetto alla portata ad esso afferente.

Tale scelta cautelativa è funzione del fatto di voler tenere in considerazione la condizione di rigurgito da valle (i.e. vasche di laminazione) in concomitanza di eventi intensi.

Le verifiche idrauliche delle condotte sono state realizzate infatti ipotizzando l'instaurarsi di un funzionamento a pelo libero in moto uniforme; tale funzionamento non risulta più valido nel momento in cui, al verificarsi di eventi intensi, il sistema fognario a servizio della nuova viabilità risulta rigurgitato da valle a seguito dell'attivazione significativa/completa della vasca di laminazione nella quale convoglia lo stesso sistema fognario.

A seguito di ciò, per garantire sempre un adeguato funzionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma anche durante eventi critici, si è ritenuto adeguato sovradimensionare la tratta succitata, essendo quest'ultima a servizio di una significativa porzione della nuova viabilità stradale.

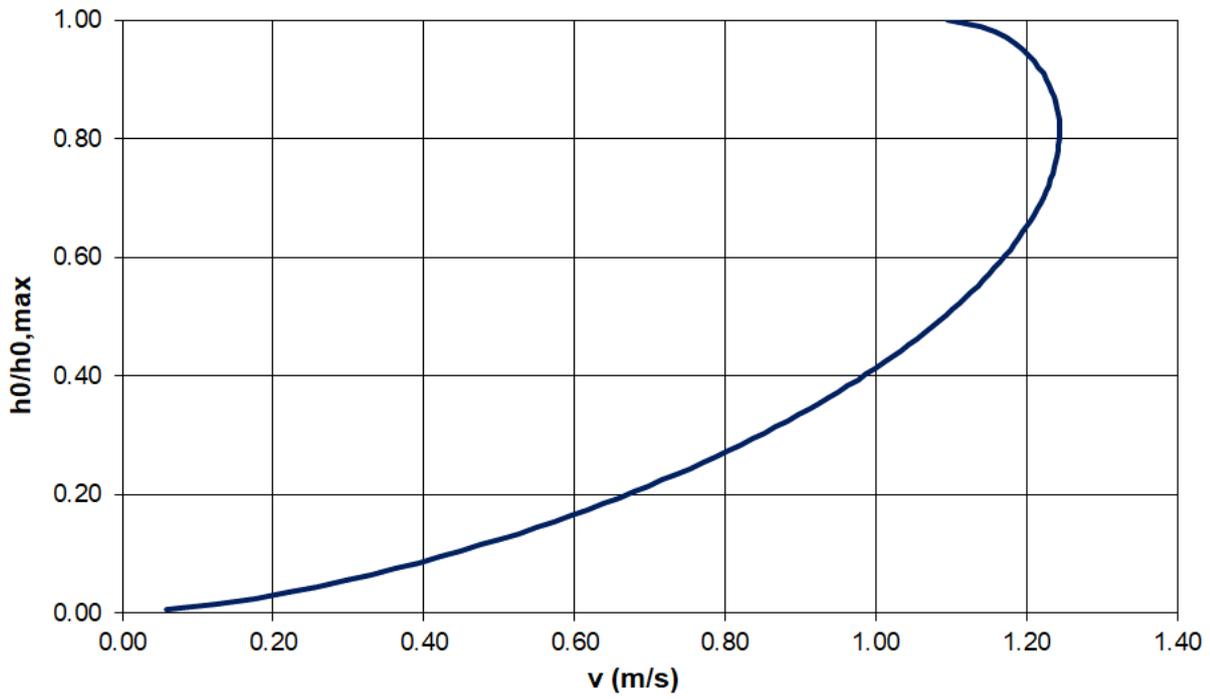
**Per ognuno dei tratti fognari verificati, inoltre, si riportano – a fini dimostrativi ed esplicativi – i diagrammi con gli andamenti della velocità idrica  $v$  e della portata smaltibile  $Q_{unif}$  in funzione del grado di riempimento della condotta  $h/D$ .**

	Tratti	Bacini	Area (mq)	Area (ha)	Lasta principale (m)	tacc (min)	v off <sub>50%</sub> (m/s)	v off <sub>70%</sub> (m/s)	tr (min)	tc (min)	h <sub>o,20</sub> (mm)	i <sub>o,20</sub> (mm/h)	u <sub>c</sub> (l/s*ha)	Qc (l/s)	DN (mm)	p (%)	Qoff <sub>50%</sub> (mc/s)	Qoff <sub>50%</sub> (l/s)	Qoff <sub>70%</sub> (mc/s)	Qoff <sub>70%</sub> (l/s)
carreggiata principale	F11-F13	B6	726	0.07	59.80	5.00	0.80		1.25	6.25	9.19	88.28	245.42	17.8	250	0.4	0.0197	19.7		
	F12-F13	B7	561	0.06	30.98	5.00	2.39		0.22	5.22	8.49	97.61	271.36	15.2	250	3.6	0.0591	59.1		
	F13-F14	B6+B7	1287	0.13	5.54	-	1.38		0.07	6.32	9.24	87.76	243.97	31.4	250	1.2	0.0341	34.1		
	F15-F16	B8	1048	0.10	23.36	5.00	2.39		0.16	5.46	8.66	95.17	264.58	27.7	250	3.6	0.0591	59.1		
	F40-F41	B31	768	0.08	119.38	5.00	0.69		2.88	7.88	10.19	77.61	215.75	16.6	250	0.3	0.0171	17.1		
	F41-F42	B31+B29	1452	0.15	105.00	-	0.78		2.24	10.12	11.39	67.52	187.70	27.3	300	0.3	0.0277	27.7		
	F42-F46	B31+B29+B27	3360	0.34	241.08	-		1.06	3.80	13.92	13.12	56.55	157.21	52.8	400	0.3			0.0995	99.5
	F43-F44	B25	1330	0.13	15.00	5.00	1.69		0.15	5.59	8.75	93.92	261.09	34.7	250	1.8	0.0418	41.8		
	F45-F46	B25+B26	2037	0.20	13.99	-	1.42		0.16	6.28	9.21	88.04	244.75	49.9	300	1.0	0.0506	50.6		
	F46-F47	B31+B29+B27+B25+B26	5397	0.54	8.89	-		1.37	0.11	14.03	13.17	56.31	156.54	84.5	400	0.5			0.1284	128.4
	F48-F49	B32	716	0.07	119.38	5.00	0.69		2.88	7.88	10.19	77.61	215.75	15.5	250	0.3	0.0171	17.1		
	F49-F50	B32+B30	1346	0.13	105.00	-	0.78		2.24	10.12	11.39	67.52	187.70	25.3	300	0.3	0.0277	27.7		
	F50-F47	B32+B30+B28	2565	0.26	241.08	-		1.06	3.80	13.92	13.12	56.55	157.21	40.3	400	0.3			0.0995	99.5
	F51-F52	B33	697	0.07	9.99	5.00	1.09		0.15	5.76	8.87	92.35	256.73	17.9	218	0.9	0.0205	20.5		
	F53-F54	B34	682	0.07	10.40	5.00	1.09		0.16	5.77	8.87	92.30	256.59	17.5	218	0.9	0.0205	20.5		
	F47-F55	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28	7963	0.80	222.22	-		1.93	1.92	15.95	13.94	52.43	145.77	116.1	400	1.0			0.1816	181.6
F55-F33	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28	7963	0.80	28.75	-		1.23	0.39	16.34	14.09	51.73	143.82	114.5	500	0.3			0.3606	360.6	
F33-F39	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28+B21+B20+B19+B18	9620	0.96	23.54	-		1.42	0.28	16.62	14.19	51.25	142.48	137.1	500	0.4			0.4163	416.3	
F39-F56	B31+B29+B27+B25+B26+B32+B30+B28+B21+B20+B19+B18+B24+B23+B22	11638	1.16	37.87	-		1.42	0.45	17.06	14.36	50.50	140.40	163.4	500	0.4			0.4163	416.3	

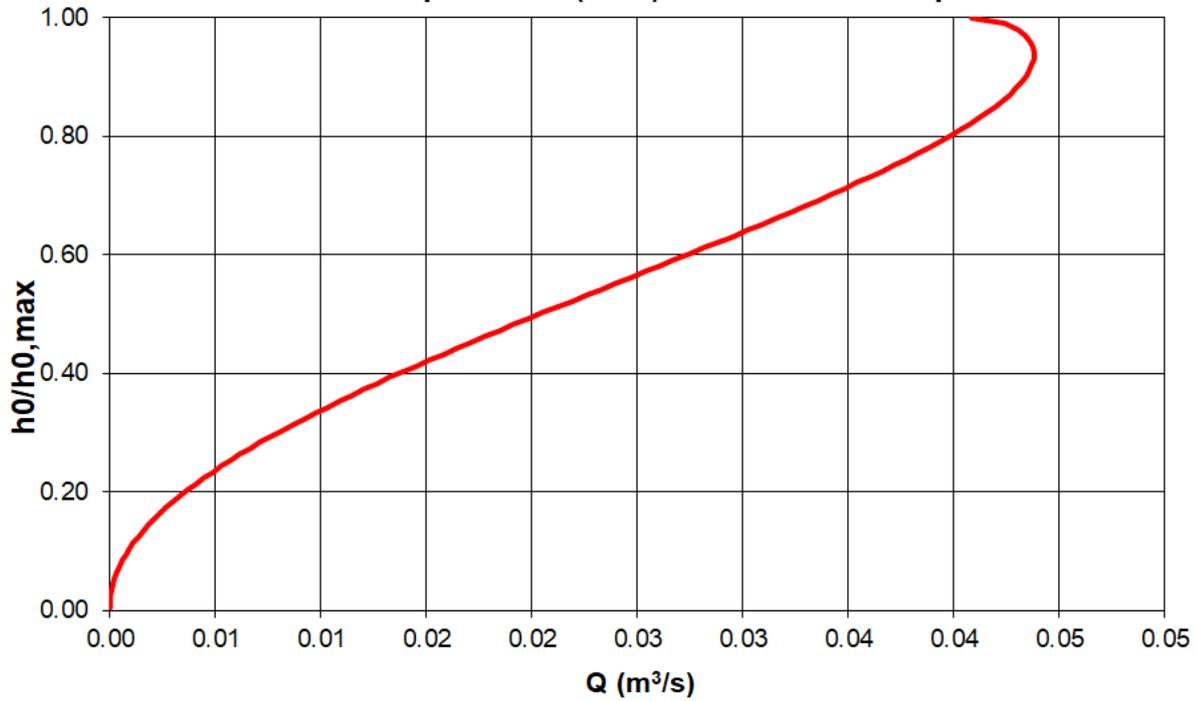
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

rampa "A"	F17-F18	B9	1312	0.13	15.00	5.00	2.68		0.09	5.73	8.85	92.60	257.43	33.8	250	4.5	0.0660	66.0		
	F18-F19	B9+B10	1717	0.17	45.00	-	3.09		0.24	5.98	9.01	90.49	251.57	43.2	250	6.0	0.0763	76.3		
	F19-F20	B9+B10+B11	1888	0.19	19.45	-	2.39		0.14	6.11	9.10	89.37	248.46	46.9	250	3.6	0.0591	59.1		
	F20-F21	B9+B10+B11+B14+B15	2473	0.25	35.30	-		0.86	0.68	6.79	9.54	84.27	234.27	57.9	400	0.2			0.0812	81.2
rampa "B"	F27-F28	B21	136	0.01	15.54	5.00	2.22		0.12	5.12	8.41	98.66	274.27	3.7	250	3.1	0.0548	54.8		
	F29-F30	B21+B20	819	0.08	15.00	-	2.68		0.09	5.61	8.76	93.77	260.69	21.3	250	4.5	0.0660	66.0		
	F30-F32	B21+B20+B19	1071	0.11	27.33	-	1.78		0.26	5.86	8.94	91.48	254.32	27.2	250	2.0	0.0440	44.0		
	F31-F32	B18	350	0.03	25.15	5.00	0.80		0.53	5.53	8.71	94.53	262.80	9.2	250	0.4	0.0197	19.7		
	F32-F33	B21+B20+B19+B18	1420	0.14	8.69	-	1.42		0.10	5.96	9.00	90.61	251.90	35.8	300	1.00	0.0506	50.6		
	F34-F33	B17	237	0.02	20.98	5.00	0.69		0.51	5.51	8.69	94.72	263.31	6.2	250	0.3	0.0171	17.1		
rampa "C"	F35-F36	B24	1379	0.14	15.00	5.00	2.36		0.11	5.95	9.00	90.73	252.22	34.8	250	3.5	0.0582	58.2		
	F37-F38	B24+B23	1906	0.19	14.99	-	3.34		0.07	6.25	9.19	88.28	245.42	46.8	250	7.0	0.0824	82.4		
	F38-F39	B24+B23+B22	2018	0.20	10.66	-		1.06	0.17	6.42	9.30	86.99	241.83	48.8	400	0.3			0.0995	99.5
rampa "D"	F22-F23	B12	118	0.01	14.49	5.00	1.65		0.15	5.15	8.44	98.34	273.37	3.2	250	1.7	0.0406	40.6		
	F23-F24	B12+B13	879	0.09	91.17	-	2.74		0.56	5.70	8.83	92.89	258.23	22.7	250	4.7	0.0675	67.5		
strada F1 extraurbana	F1-F3	B1	435	0.04	30.08	5.00	0.80		0.63	5.63	8.78	93.57	260.12	11.3	250	0.4	0.0197	19.7		
	F2-F3	B2	685	0.07	45.08	5.00	0.89		0.84	5.84	8.92	91.65	254.78	17.5	250	0.5	0.0220	22.0		
	F3-F4	B1+B2	1120	0.11	3.44	-	1.26		0.05	5.89	8.95	91.25	253.69	28.4	250	1.0	0.0311	31.1		
	F5-F6	B3	623	0.06	15.00	5.00	1.13		0.22	5.65	8.79	93.37	259.57	16.2	250	0.8	0.0278	27.8		
	F6-F7	B3	623	0.06	12.97	-	1.26		0.17	5.82	8.91	91.83	255.30	15.9	250	1.0	0.0311	31.1		
	F8-F9	B4	1223	0.12	90.68	5.00	1.49		1.01	6.01	9.04	90.20	250.74	30.7	250	1.4	0.0368	36.8		
	F9-F10	B4+B5	1911	0.19	48.50	-	1.56		0.52	6.53	9.38	86.15	239.49	45.8	300	1.2	0.0554	55.4		
	F25-F26	B16	348	0.03	25.01	5.00	0.80		0.52	5.52	8.70	94.56	262.88	9.1	250	0.4	0.0197	19.7		

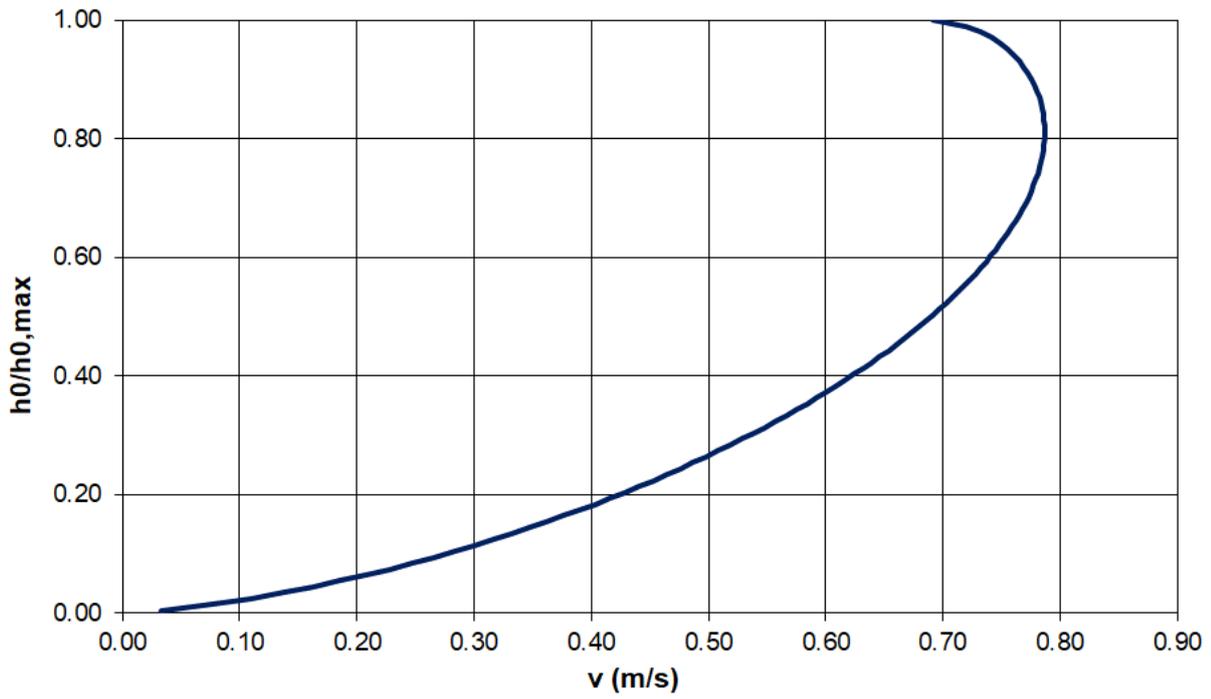
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNe250 - p = 0.90%**



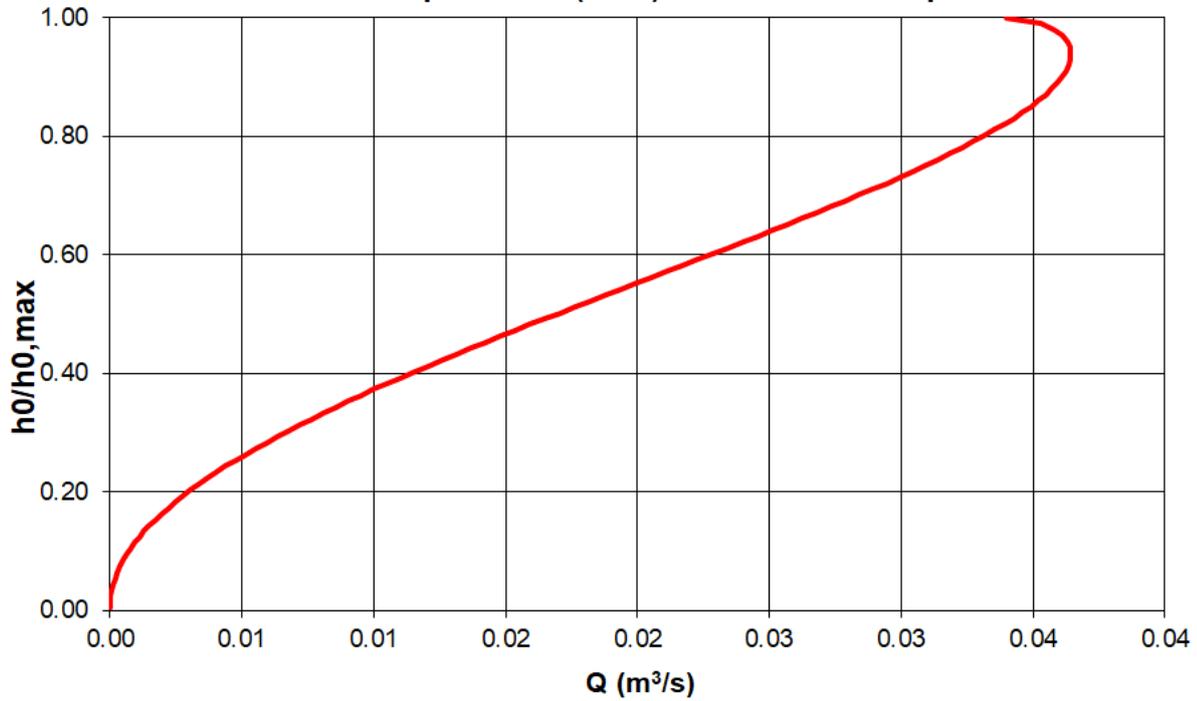
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNe250 - p = 0.90%**



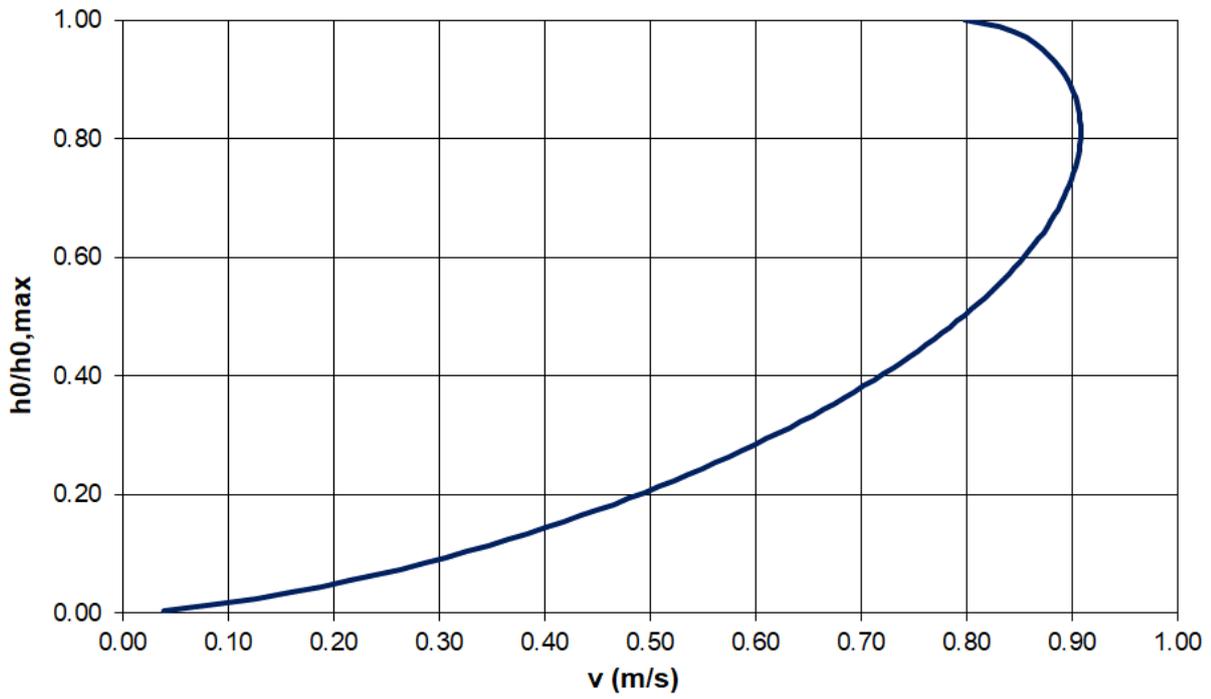
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN1250 - p = 0.30%**



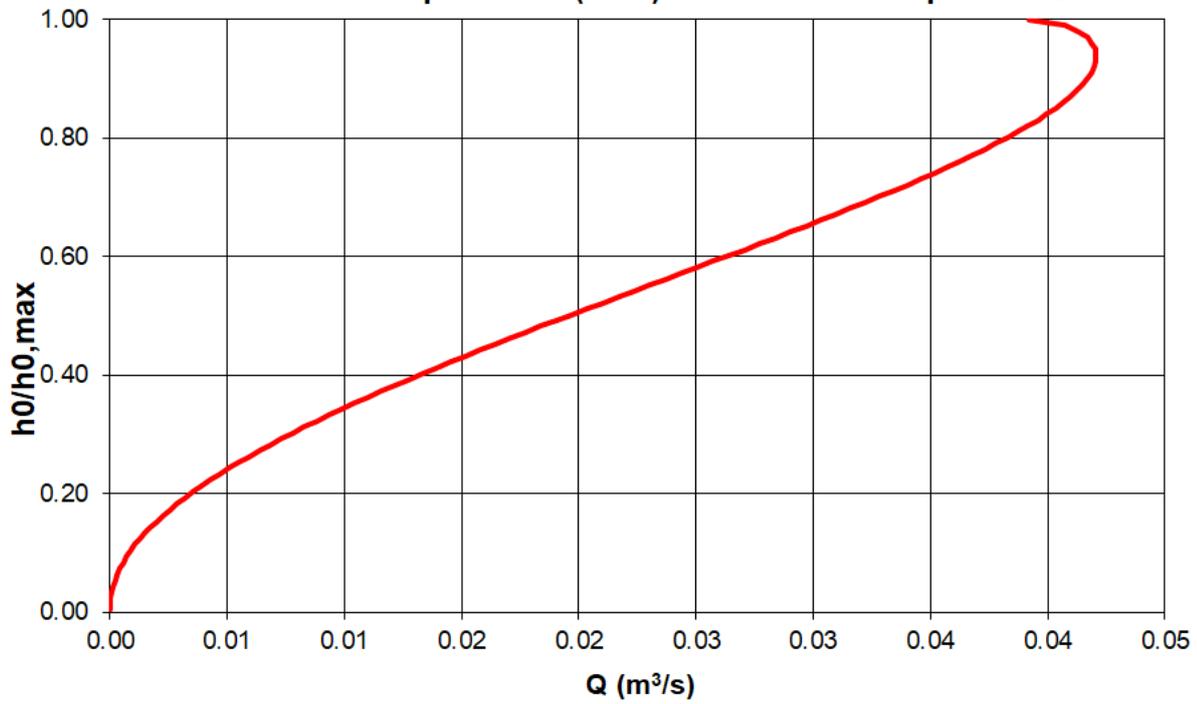
**Scala delle portate Q (m³/s) - PEAD DN1250 - p = 0.30%**



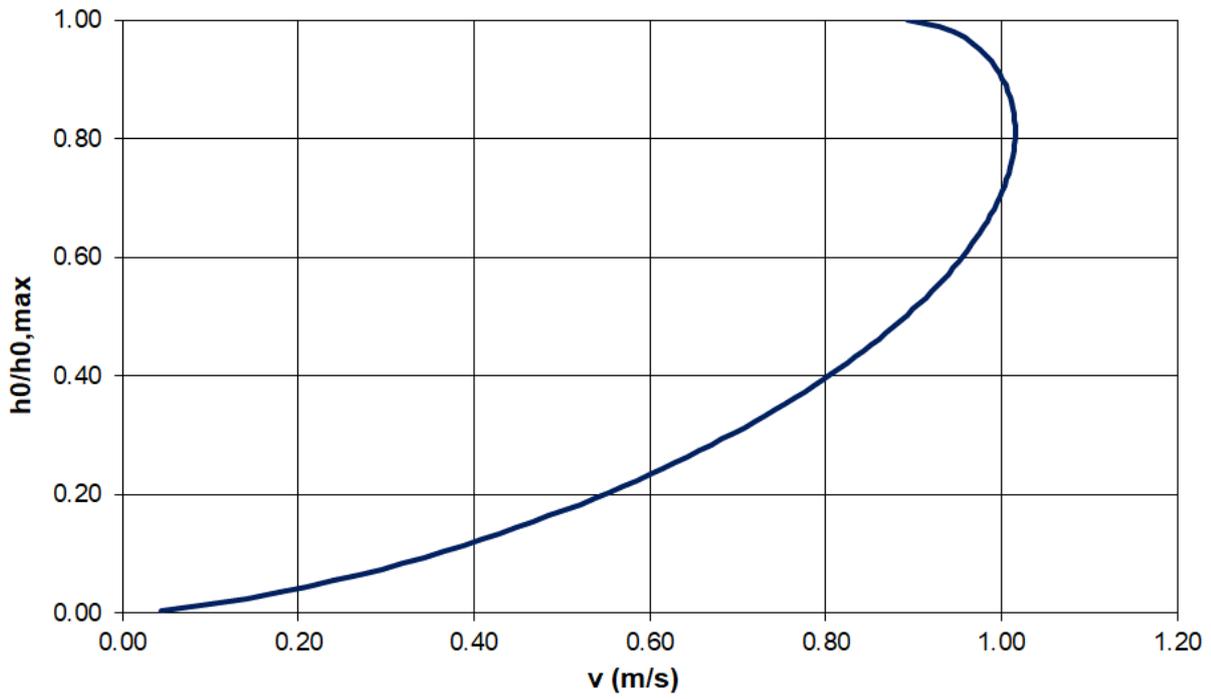
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN250 - p = 0.40%**



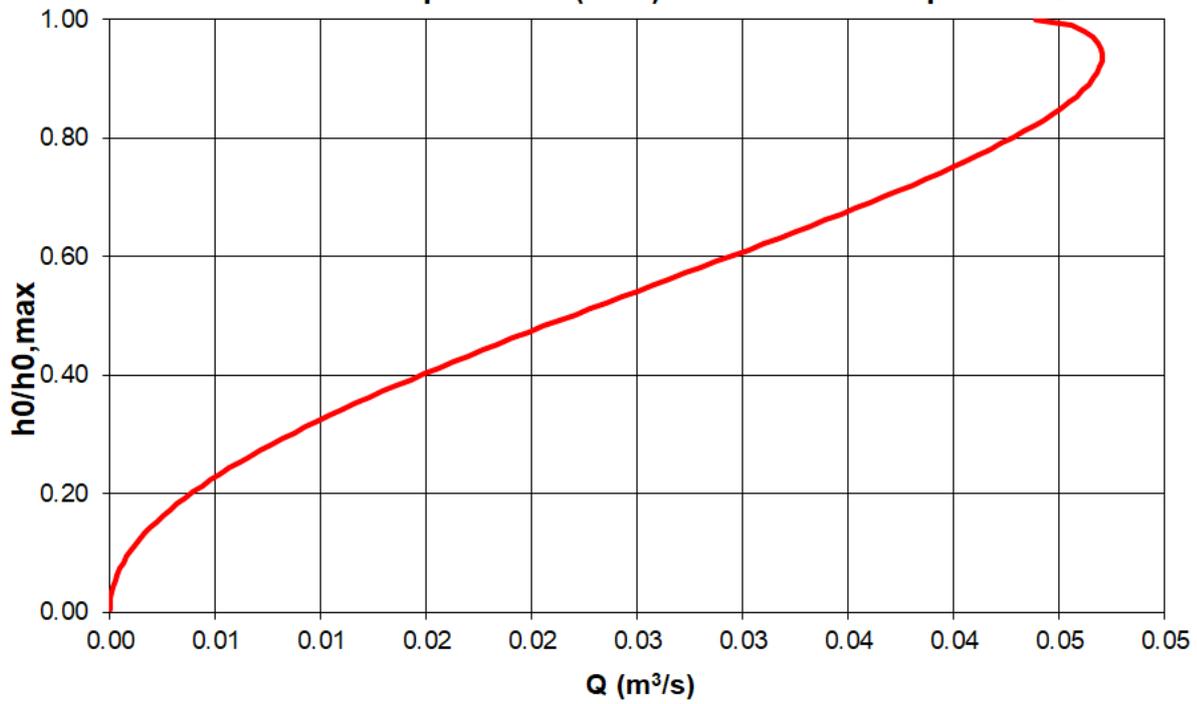
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN250 - p = 0.40%**



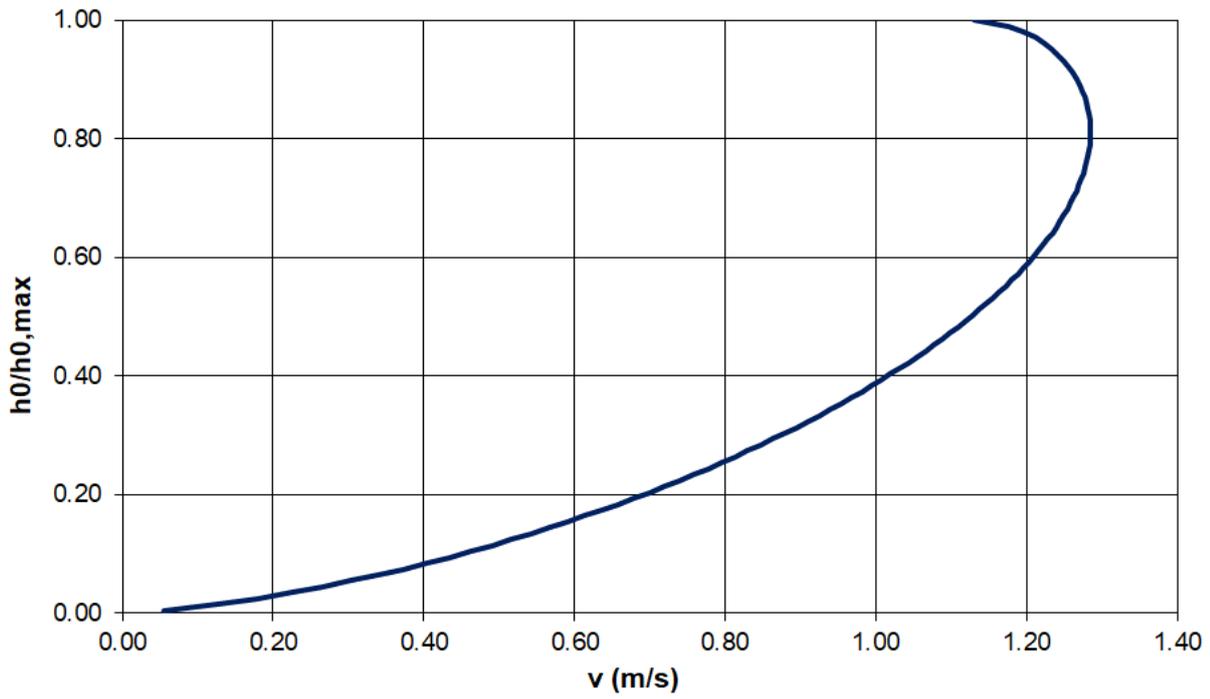
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 0.50%**



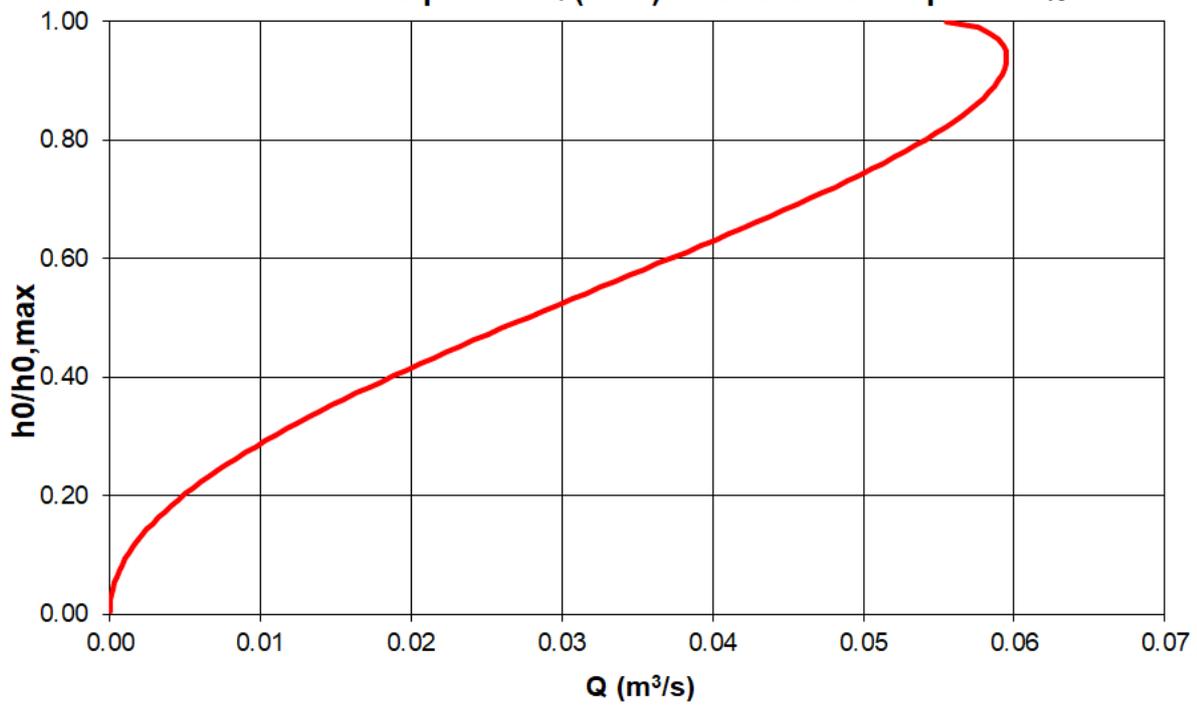
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 0.50%**



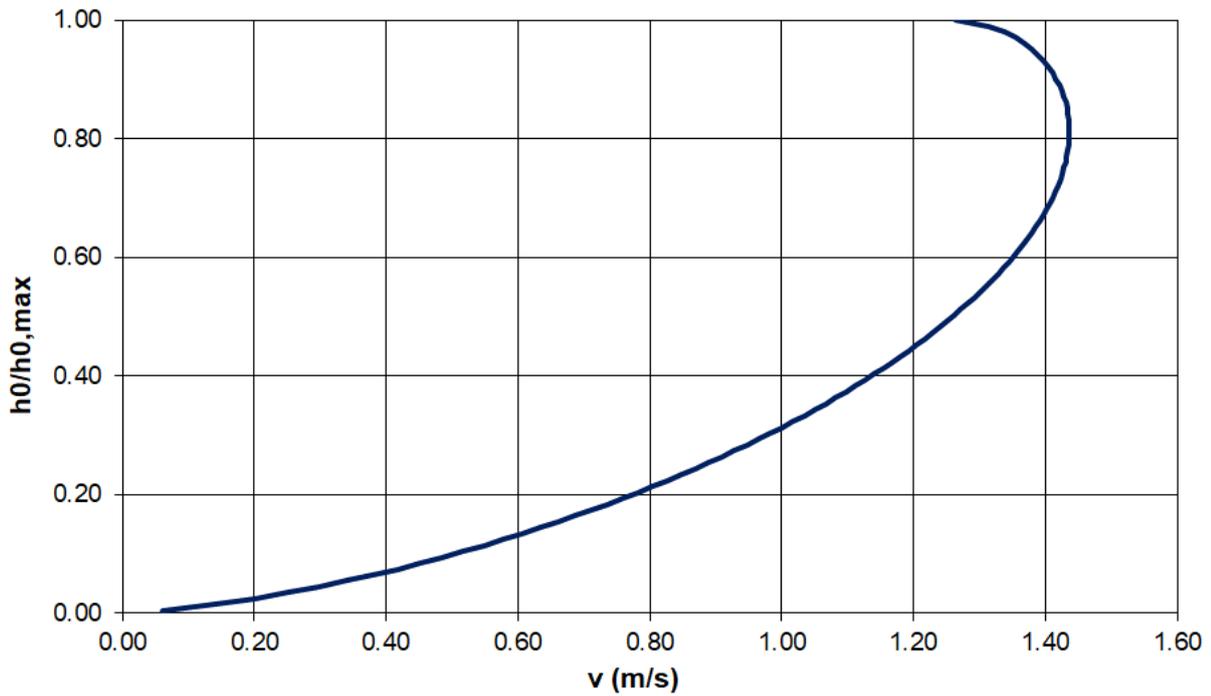
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 0.80%**



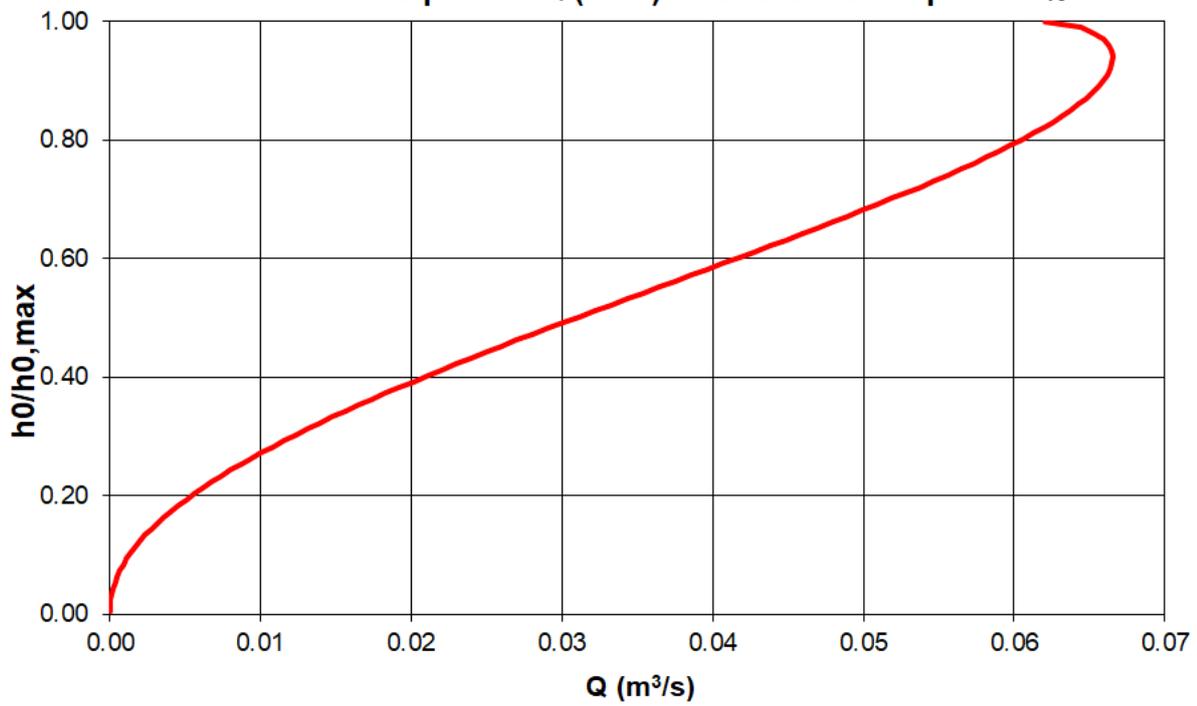
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 0.80%**



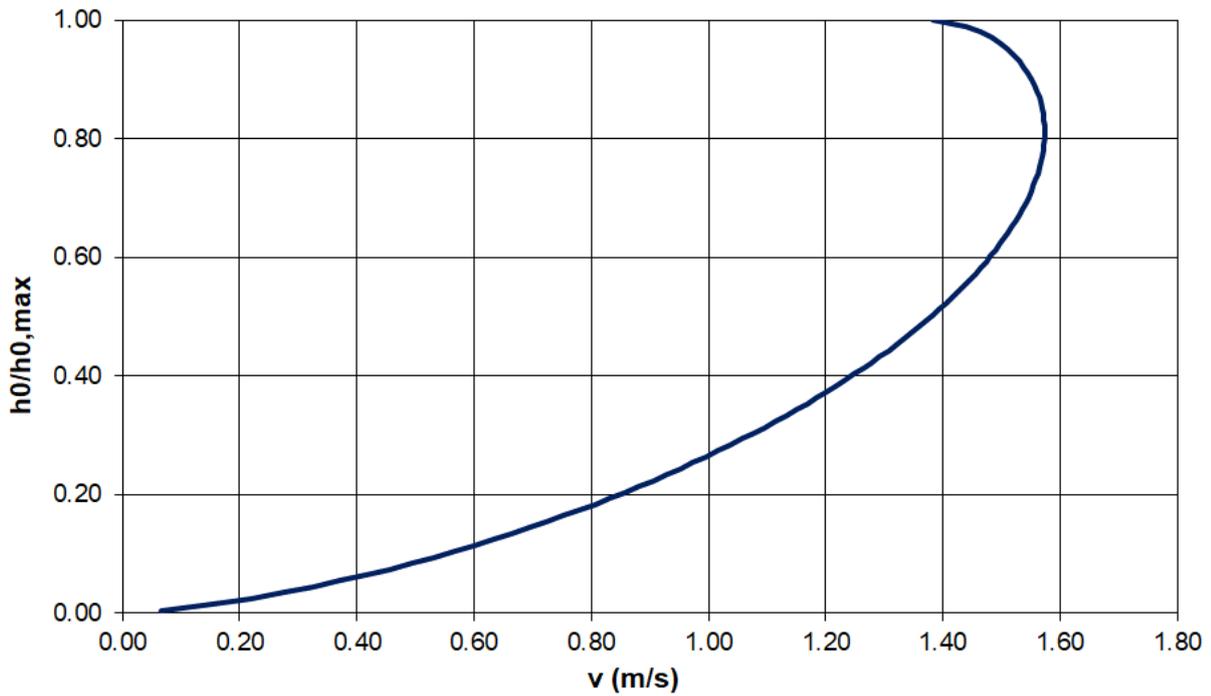
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 1.00%**



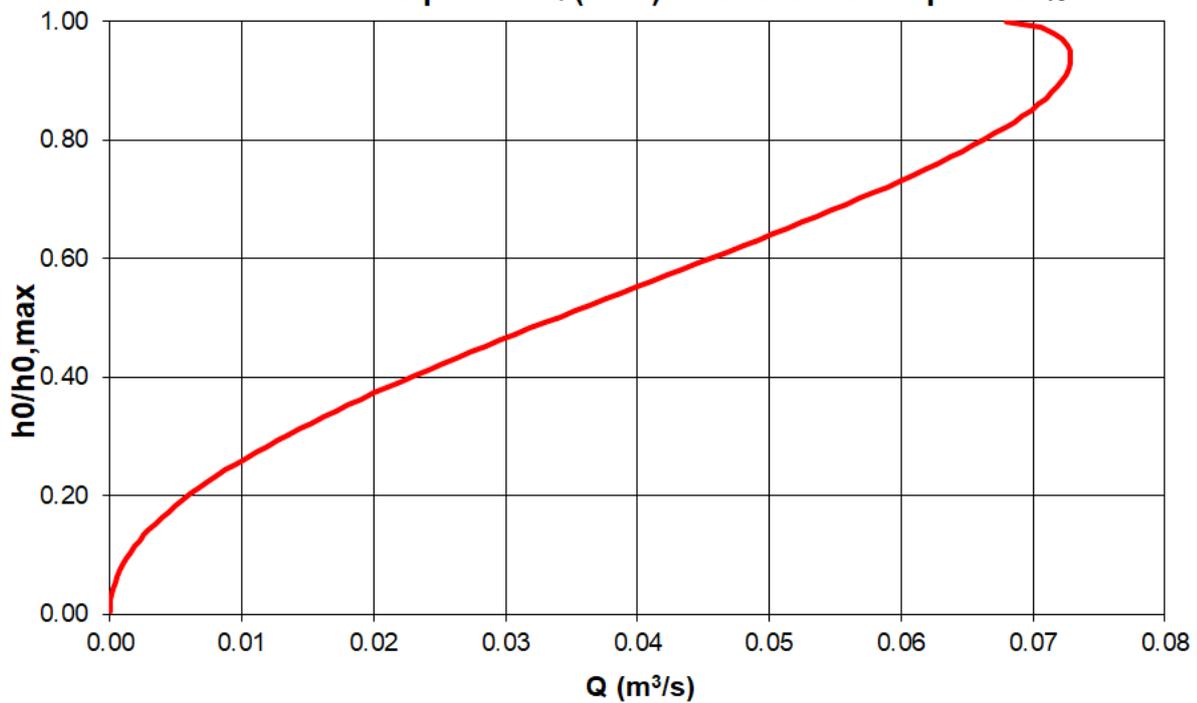
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 1.00%**



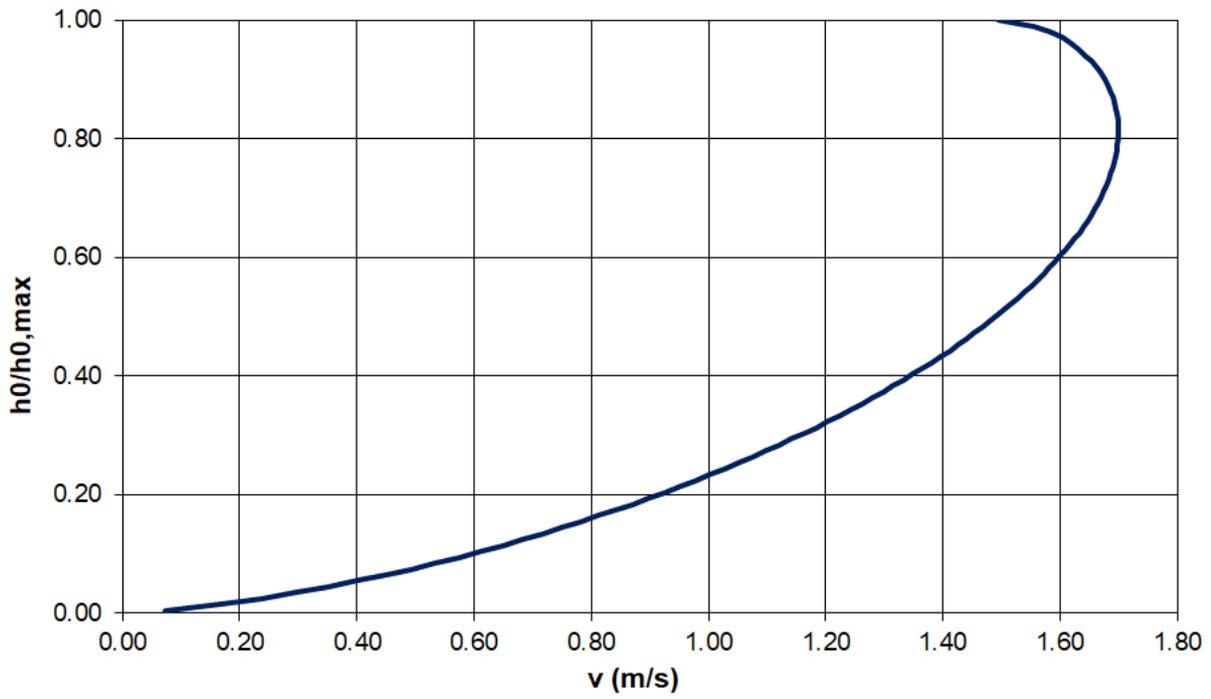
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN250 - p = 1.20%**



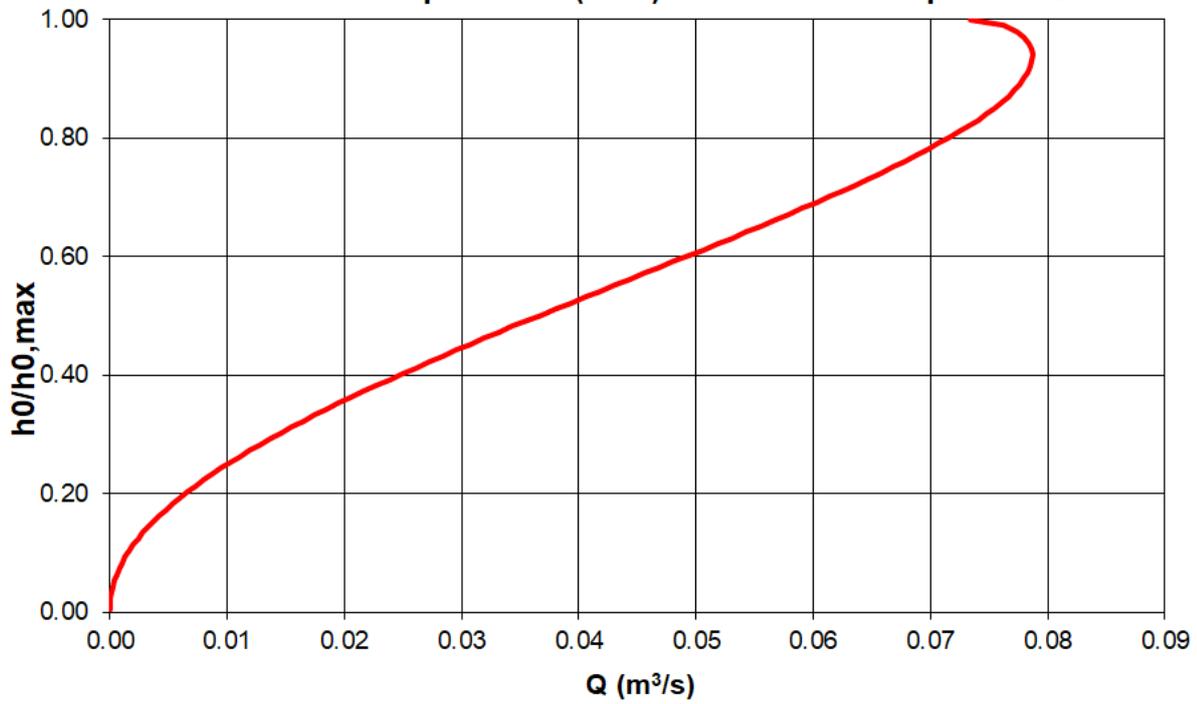
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN250 - p = 1.20%**



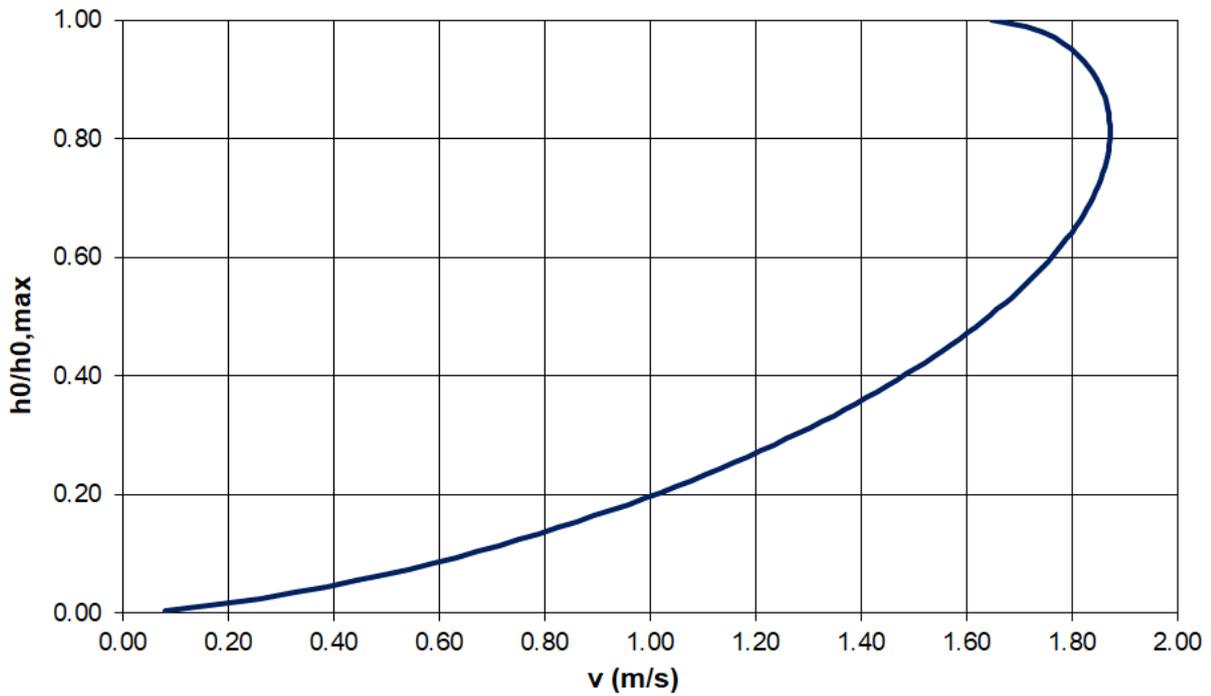
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN250 - p = 1.40%**



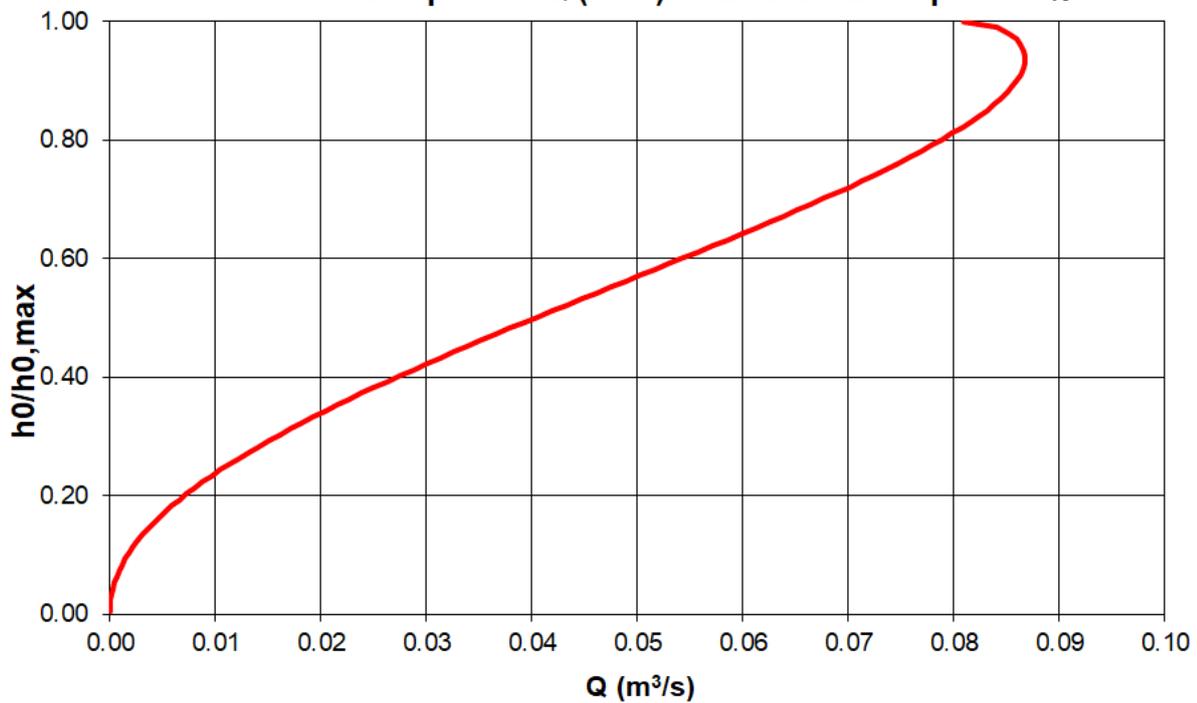
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN250 - p = 1.40%**



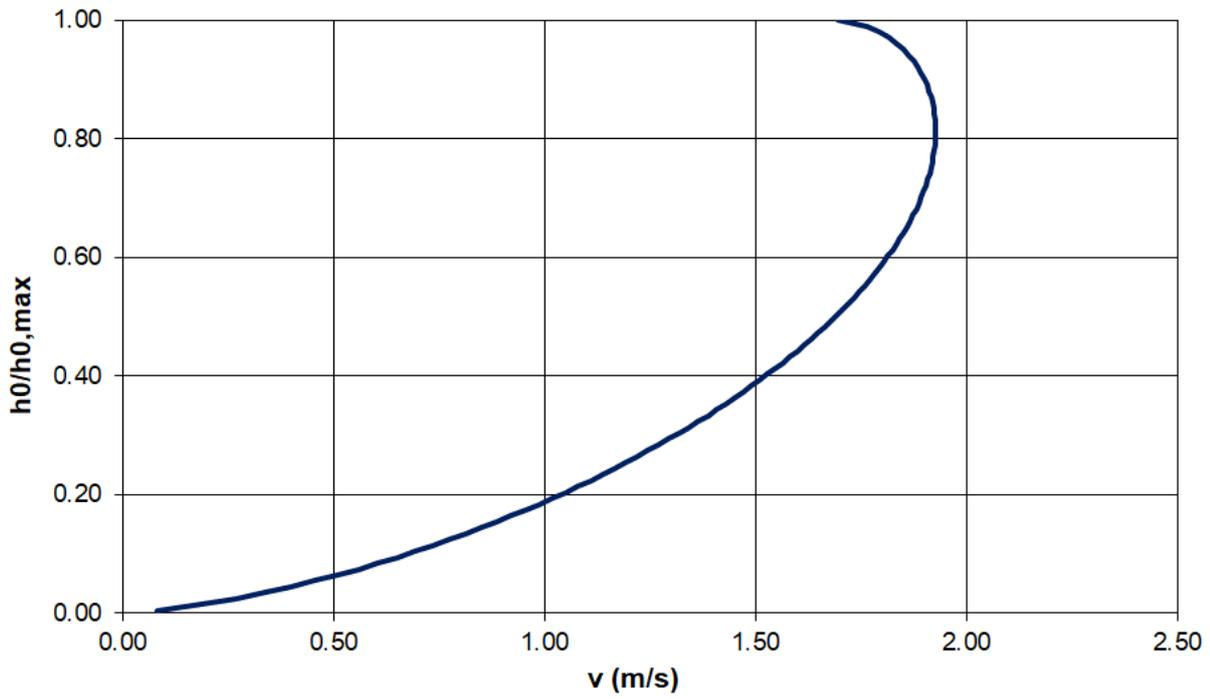
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN250 - p = 1.70%**



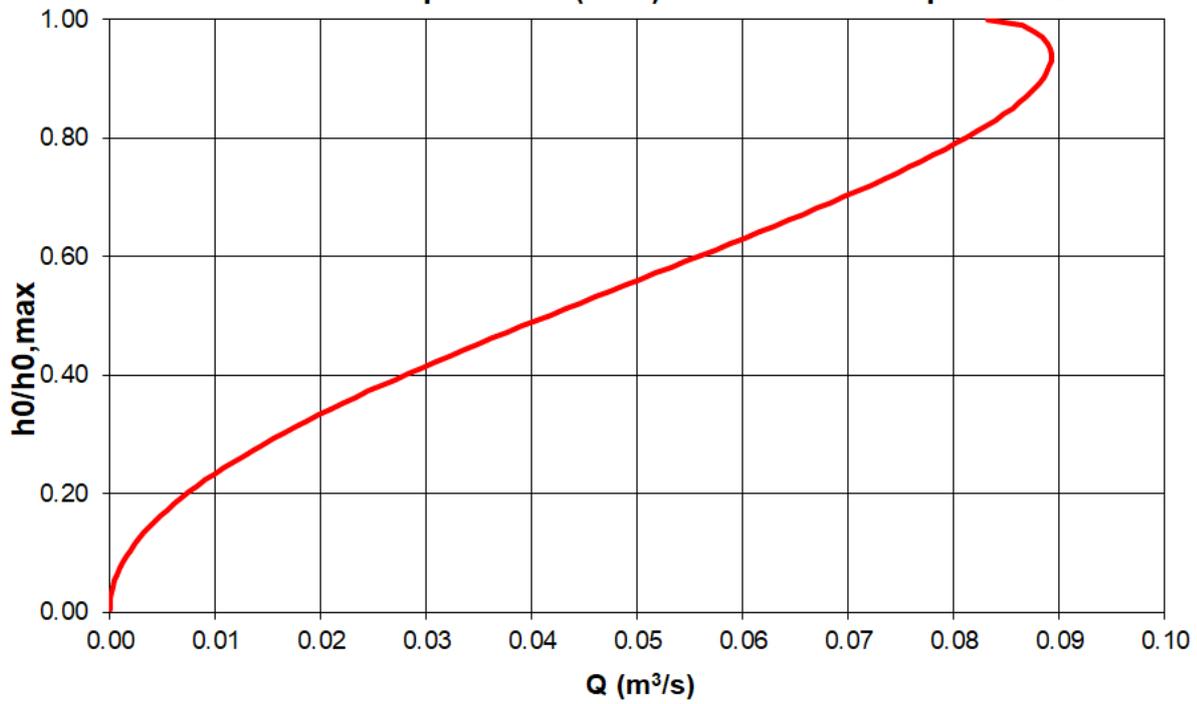
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN250 - p = 1.70%**



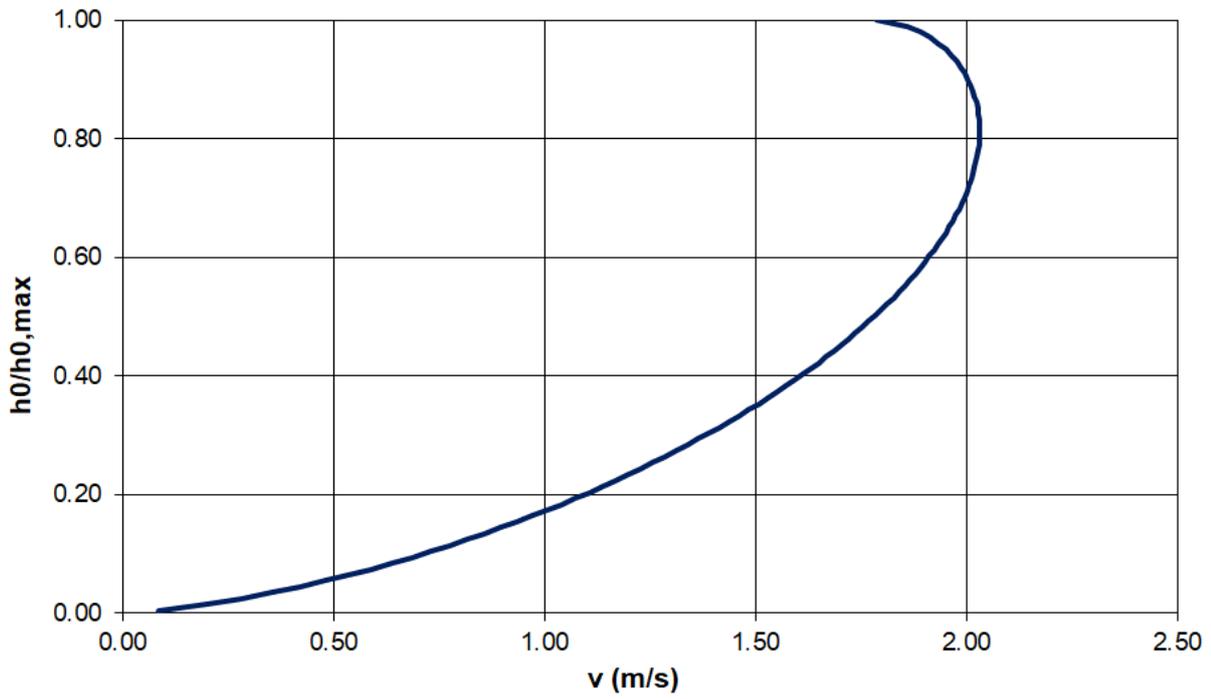
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN1250 - p = 1.80%**



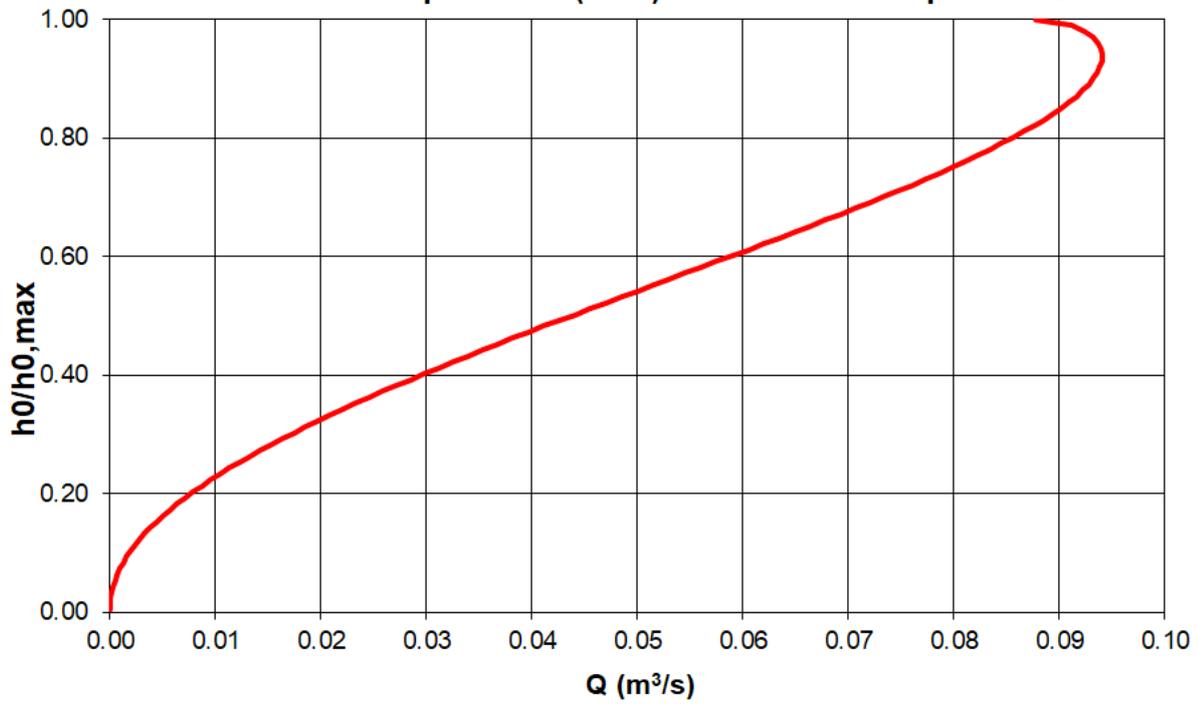
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN1250 - p = 1.80%**



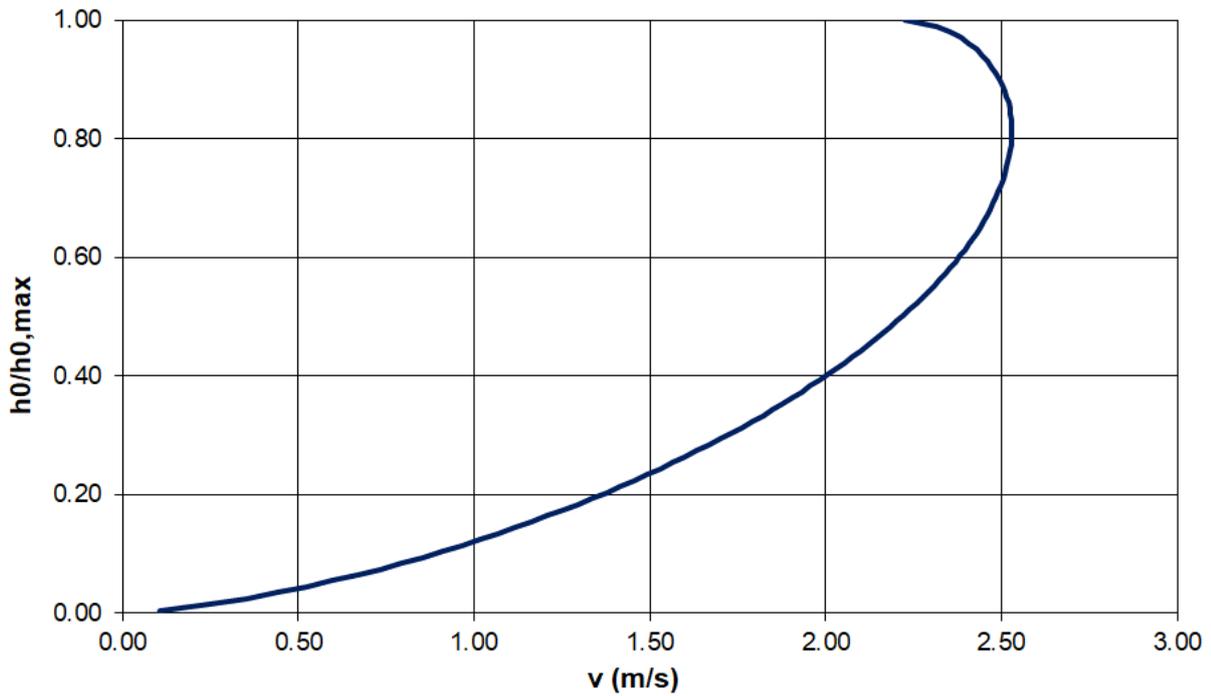
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 2.00%**



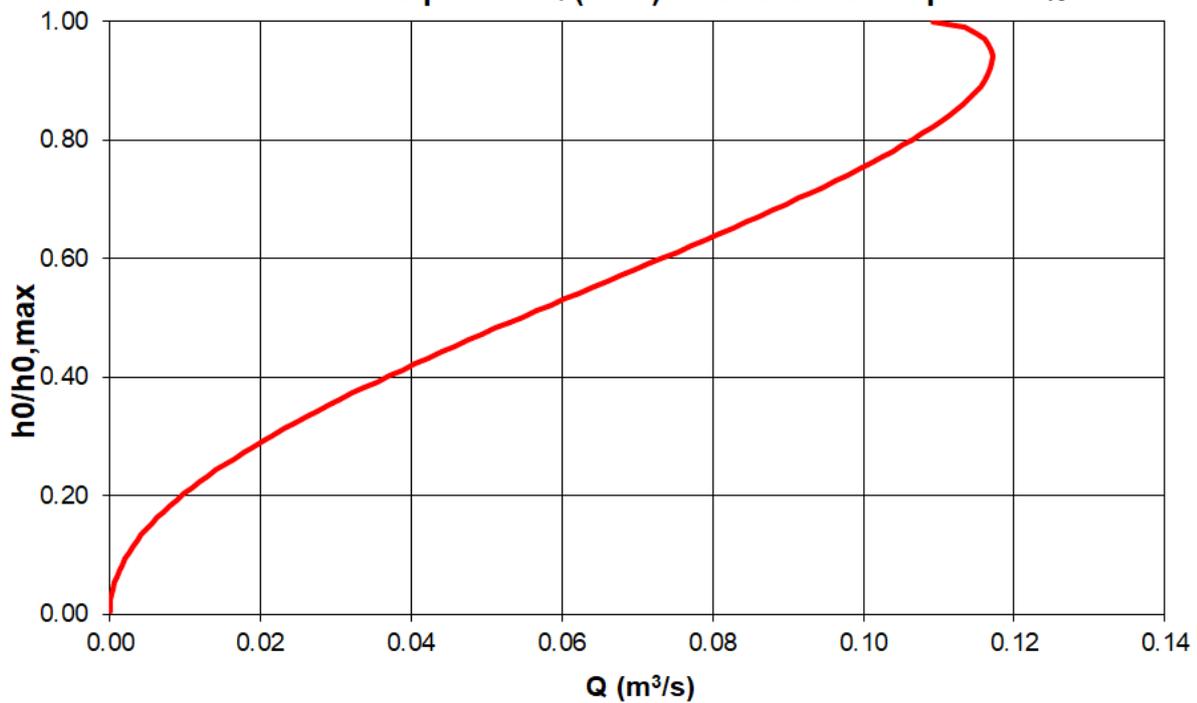
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 2.00%**



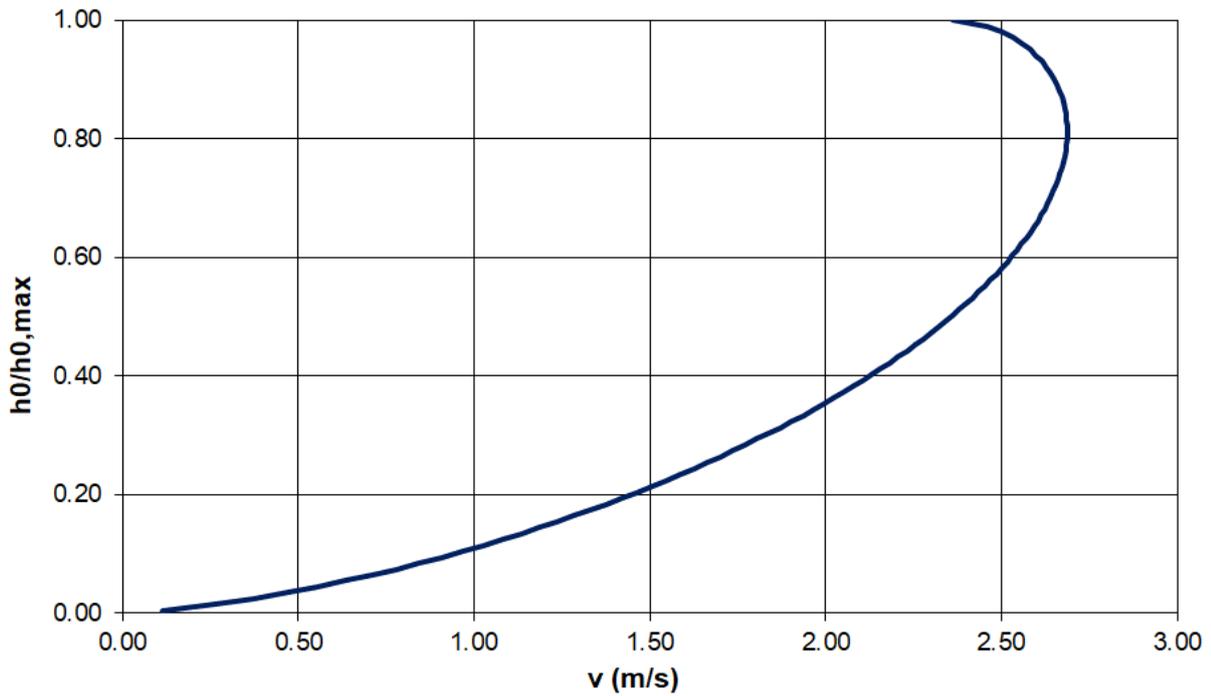
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 3.10%**



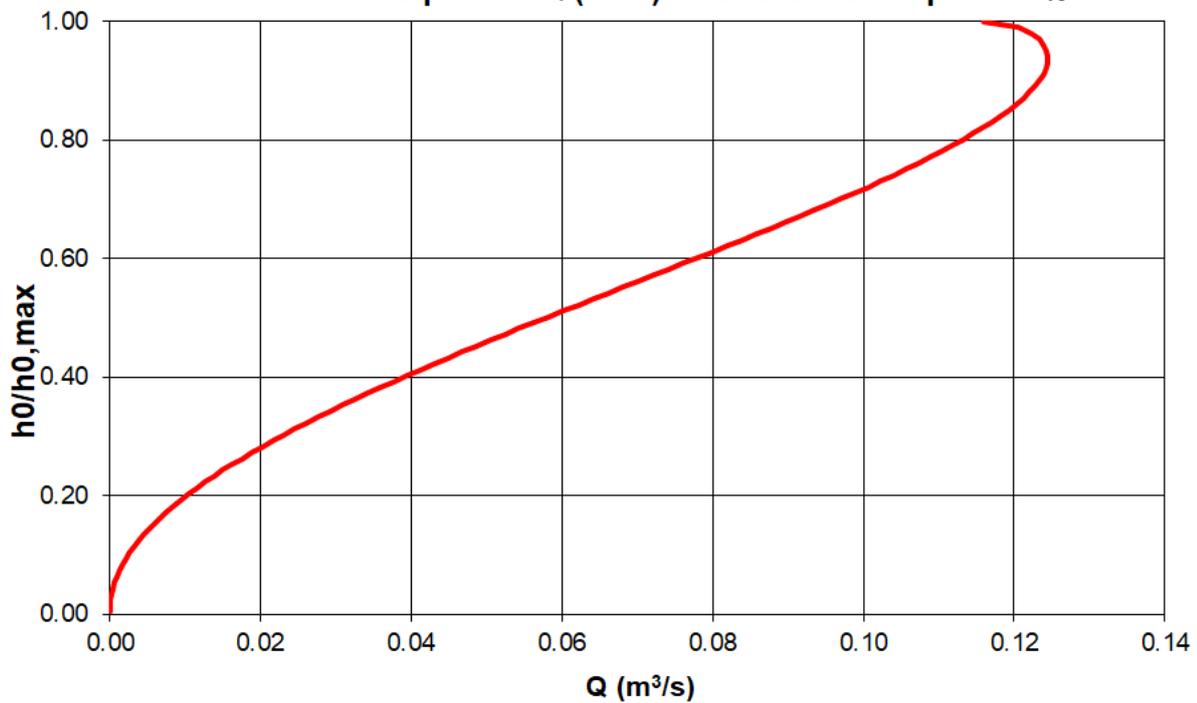
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 3.10%**



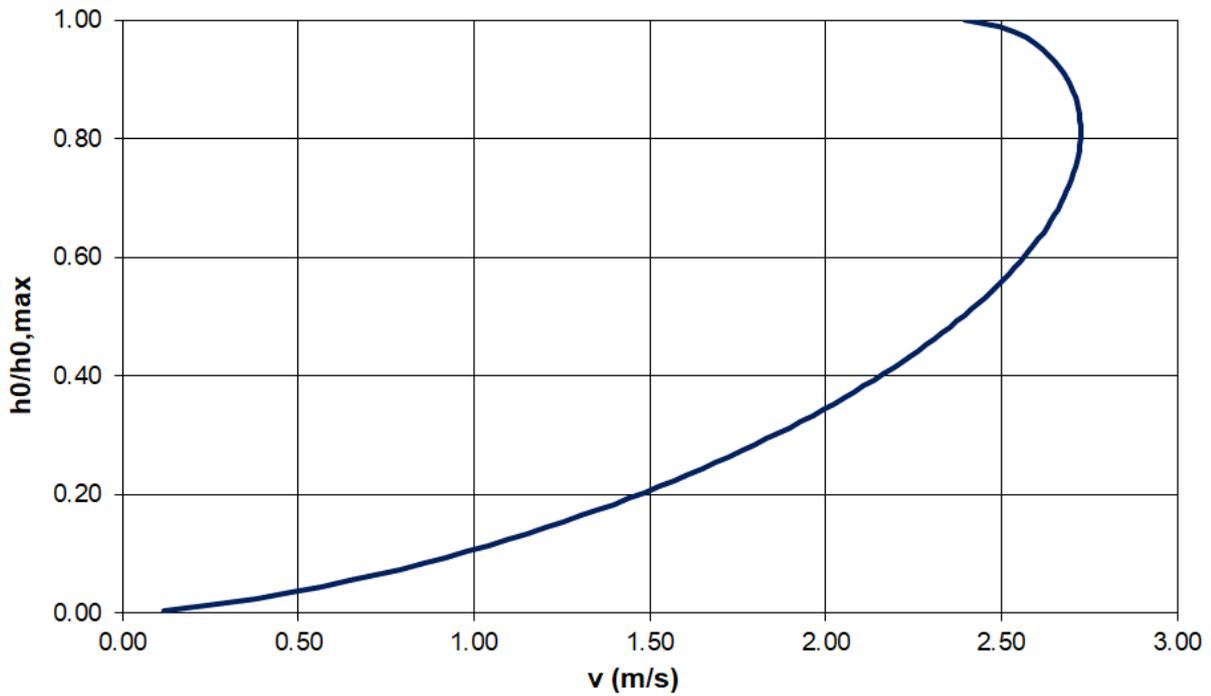
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 3.50%**



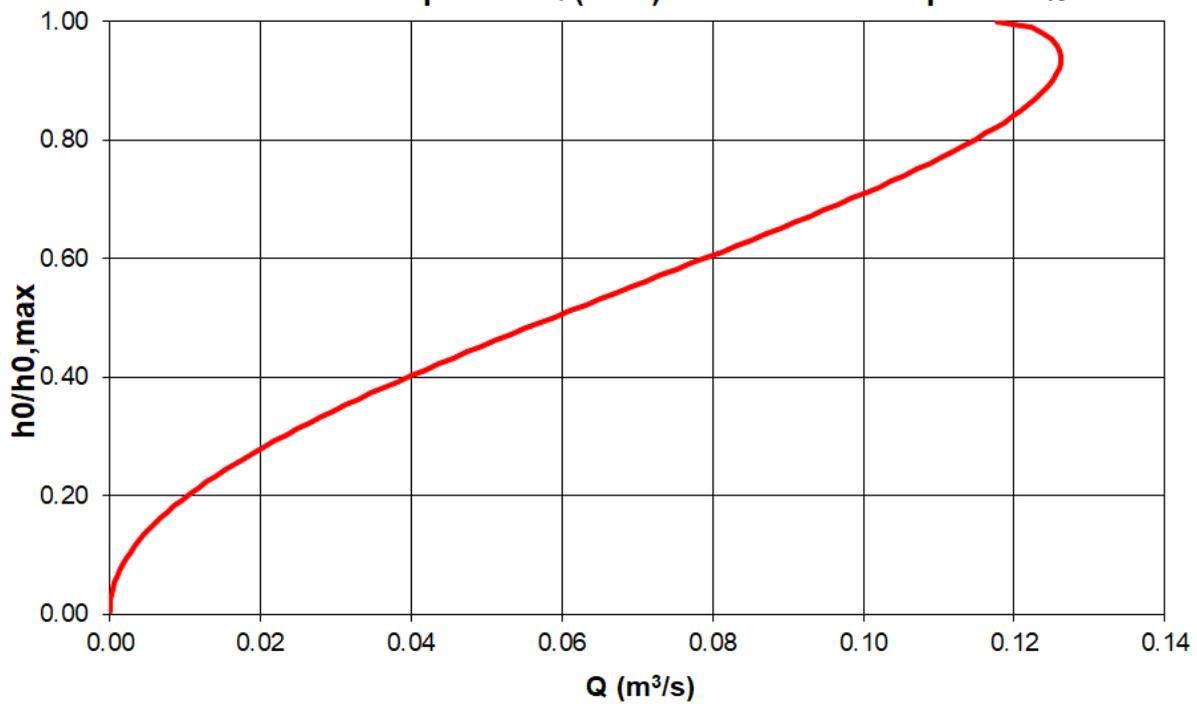
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 3.50%**



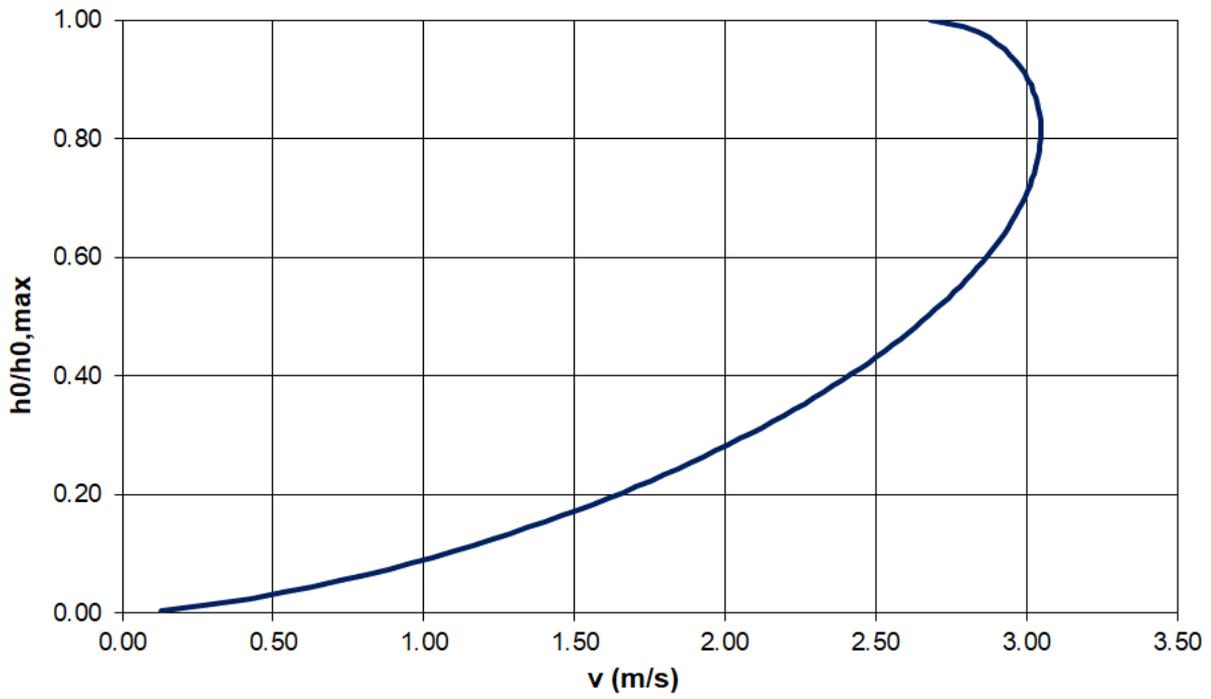
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 3.60%**



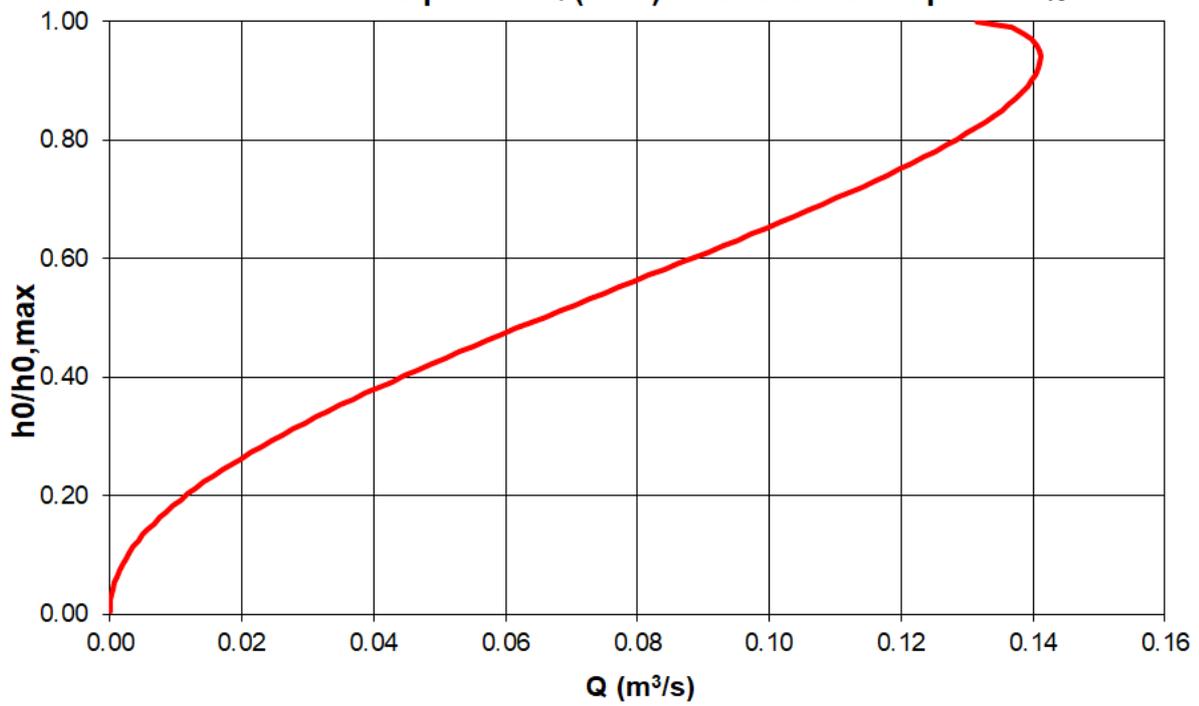
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 3.60%**



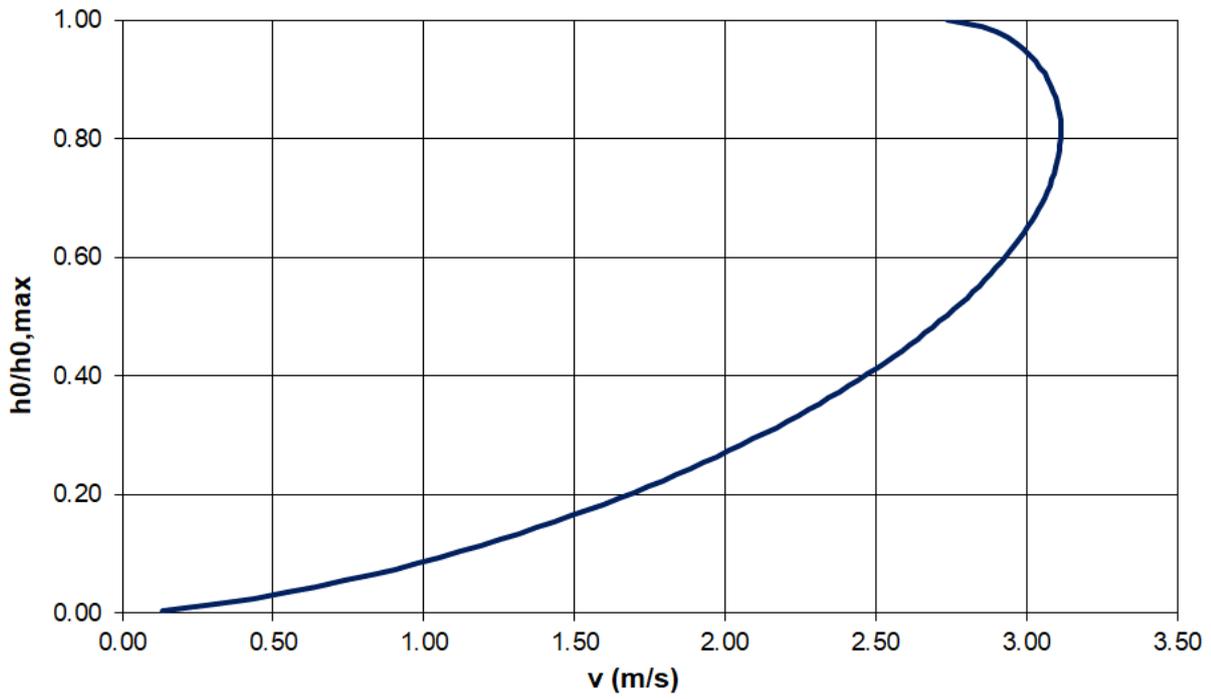
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 4.50%**



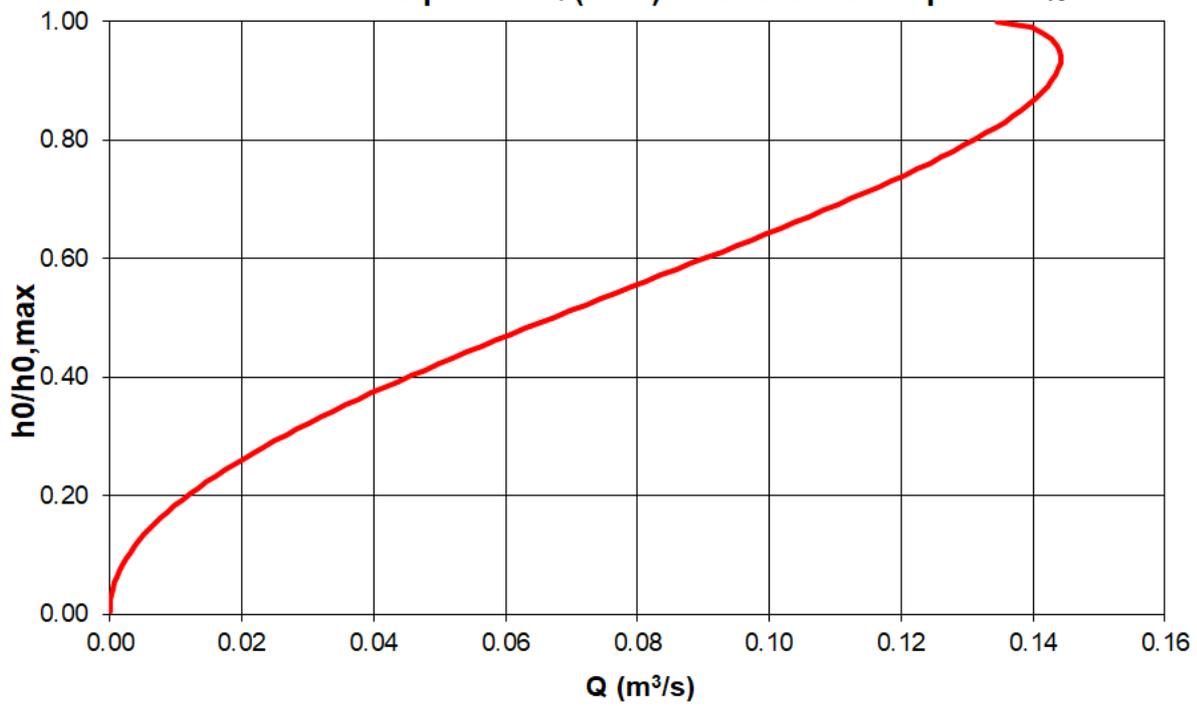
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 4.50%**



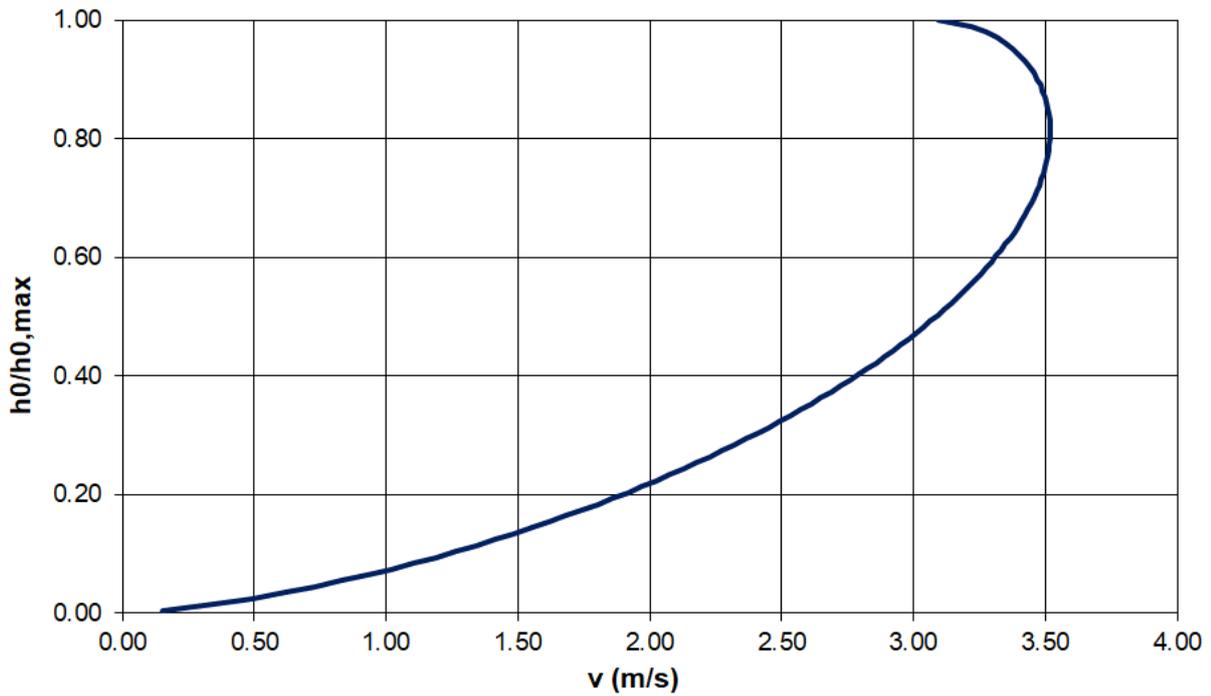
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN250 - p = 4.70%**



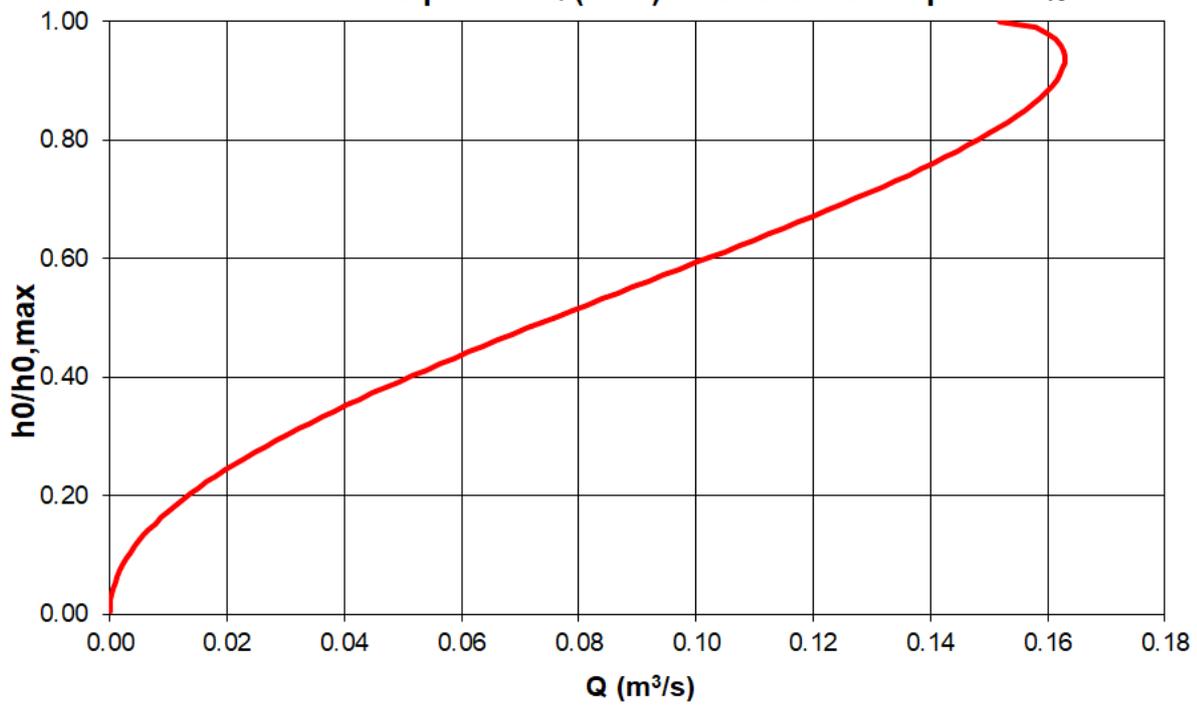
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN250 - p = 4.70%**



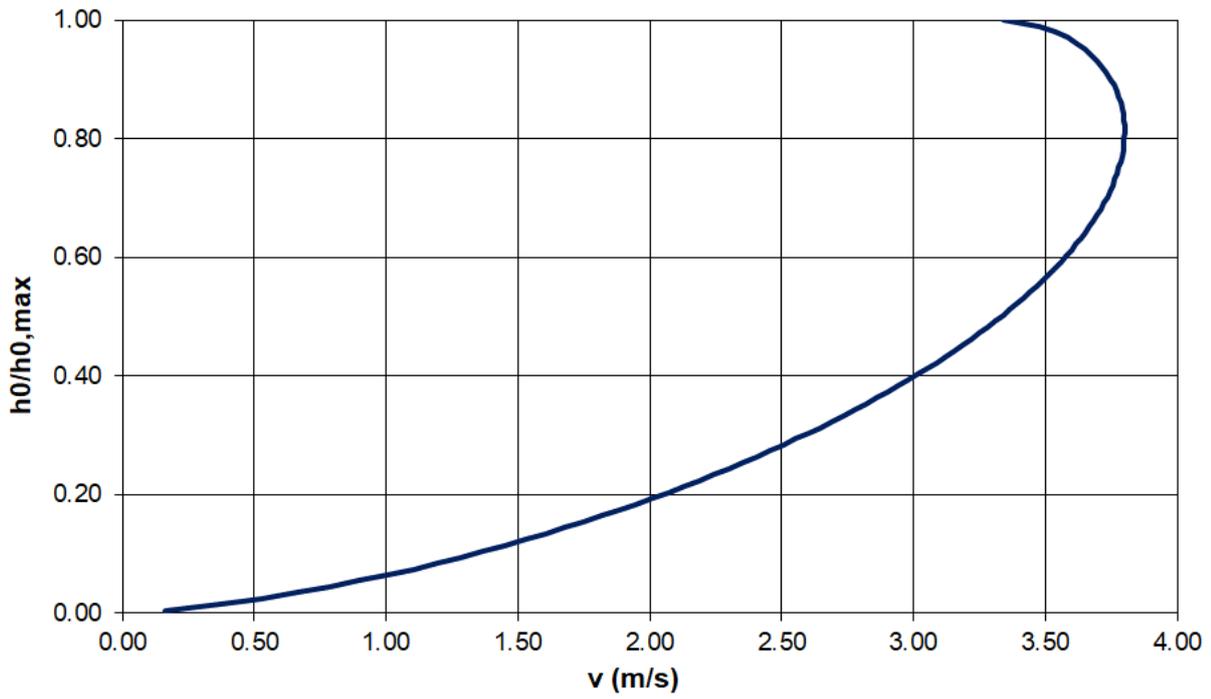
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi250 - p = 6.00%**



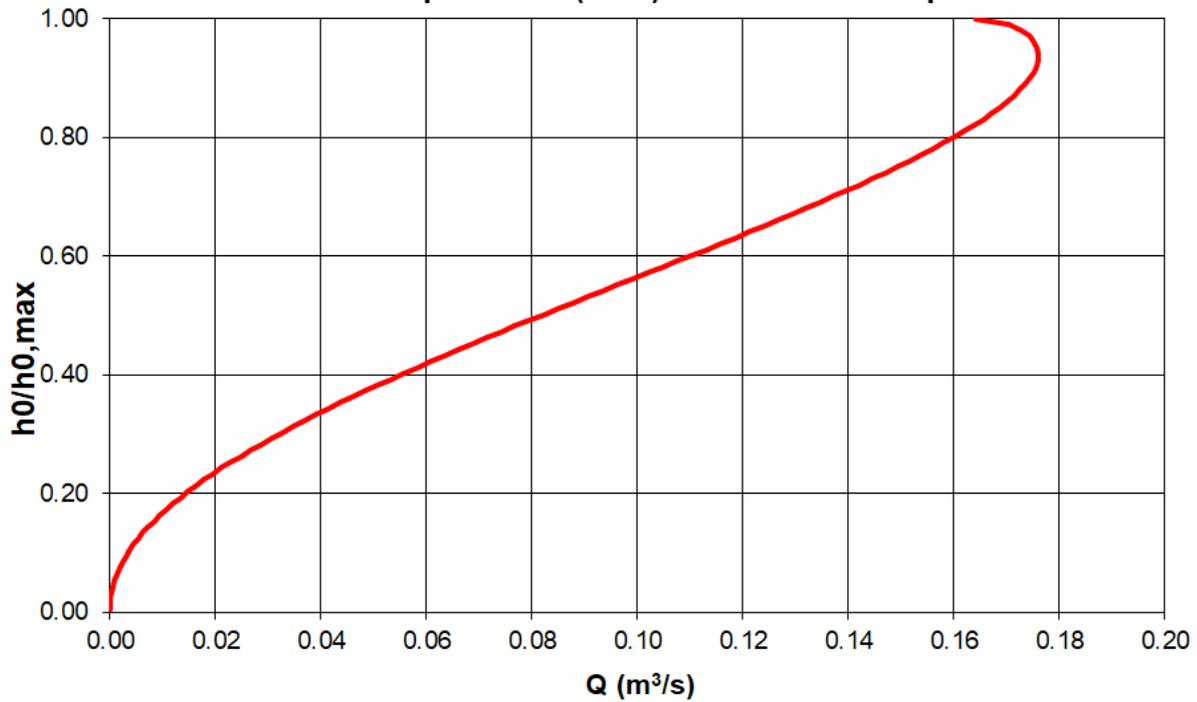
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi250 - p = 6.00%**



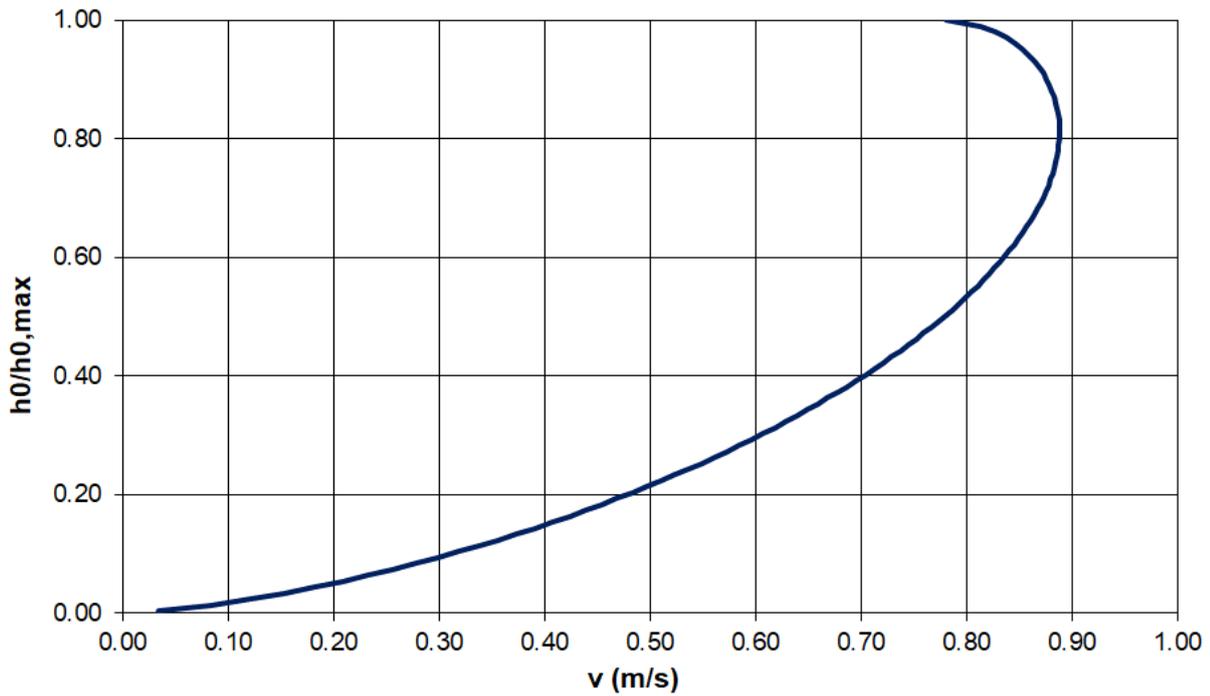
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN1250 - p = 7.00%**



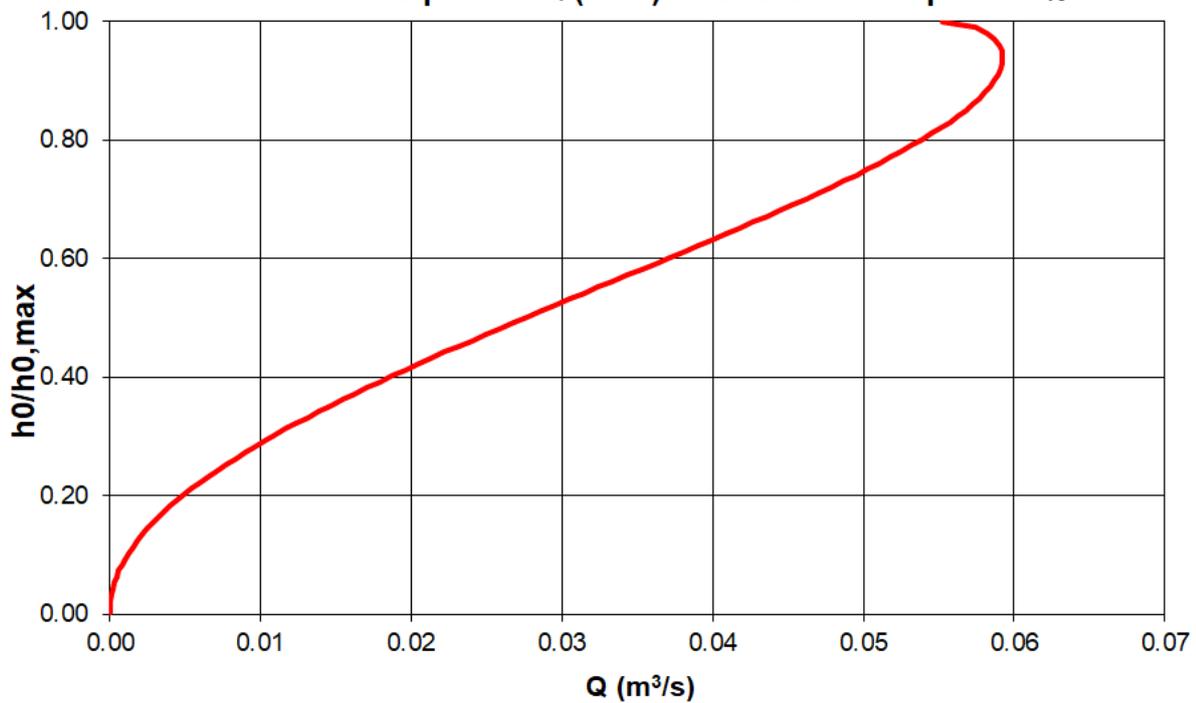
**Scala delle portate  $Q$  ( $m^3/s$ ) - PEAD DN1250 - p = 7.00%**



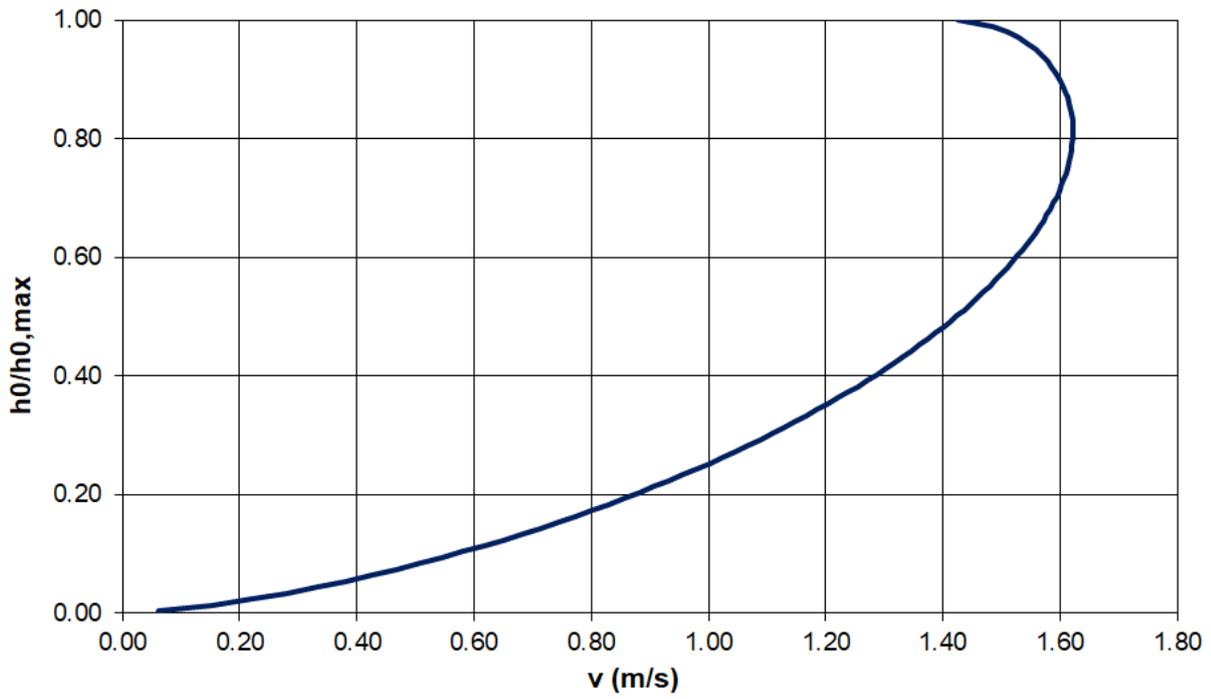
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNI300 - p = 0.30%**



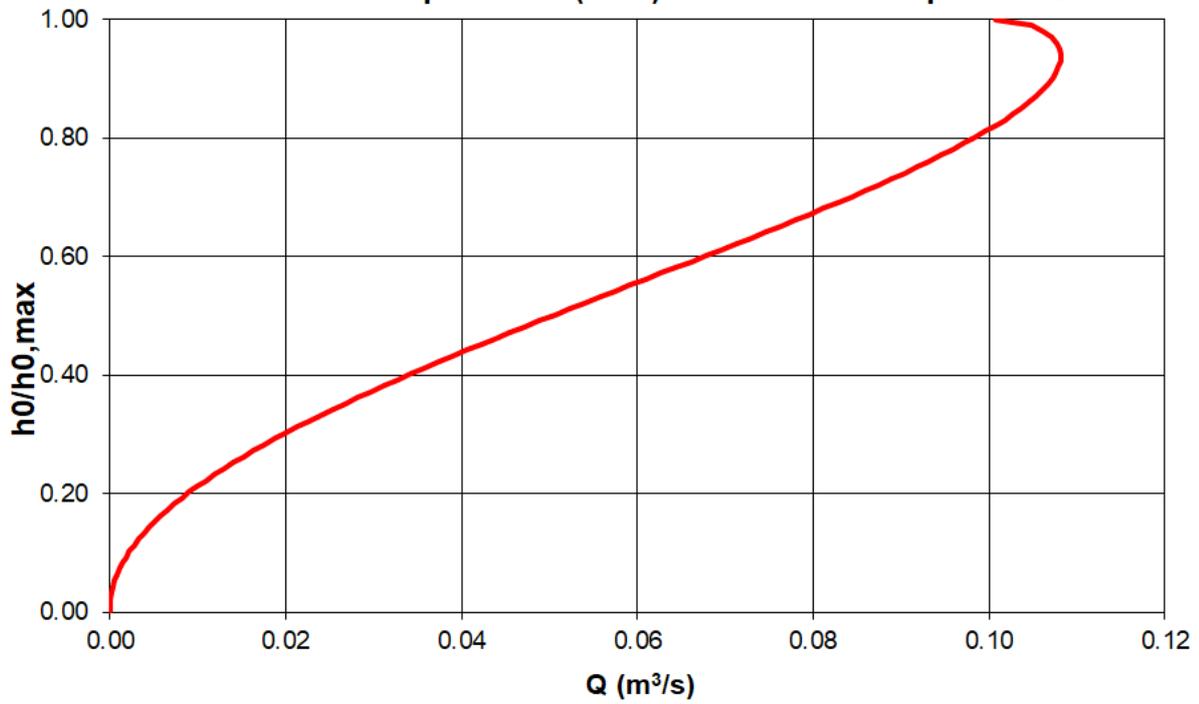
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNI300 - p = 0.30%**



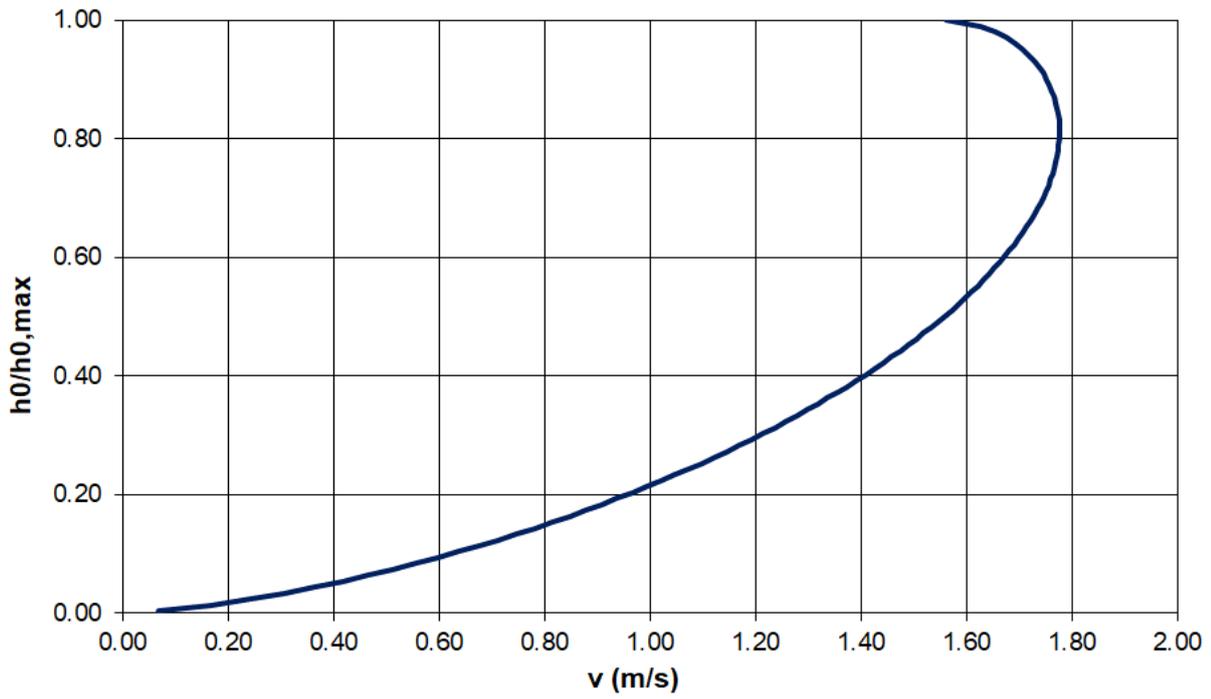
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi300 - p = 1.00%**



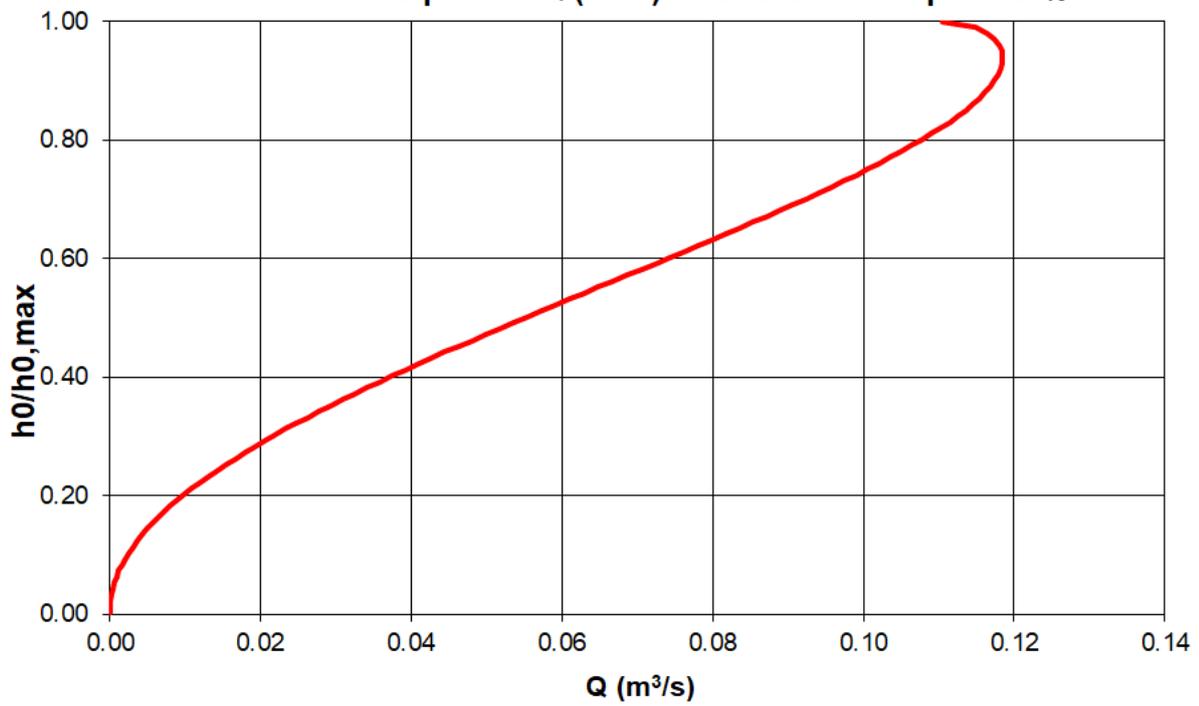
**Scala delle portate Q (m³/s) - PEAD DNi300 - p = 1.00%**



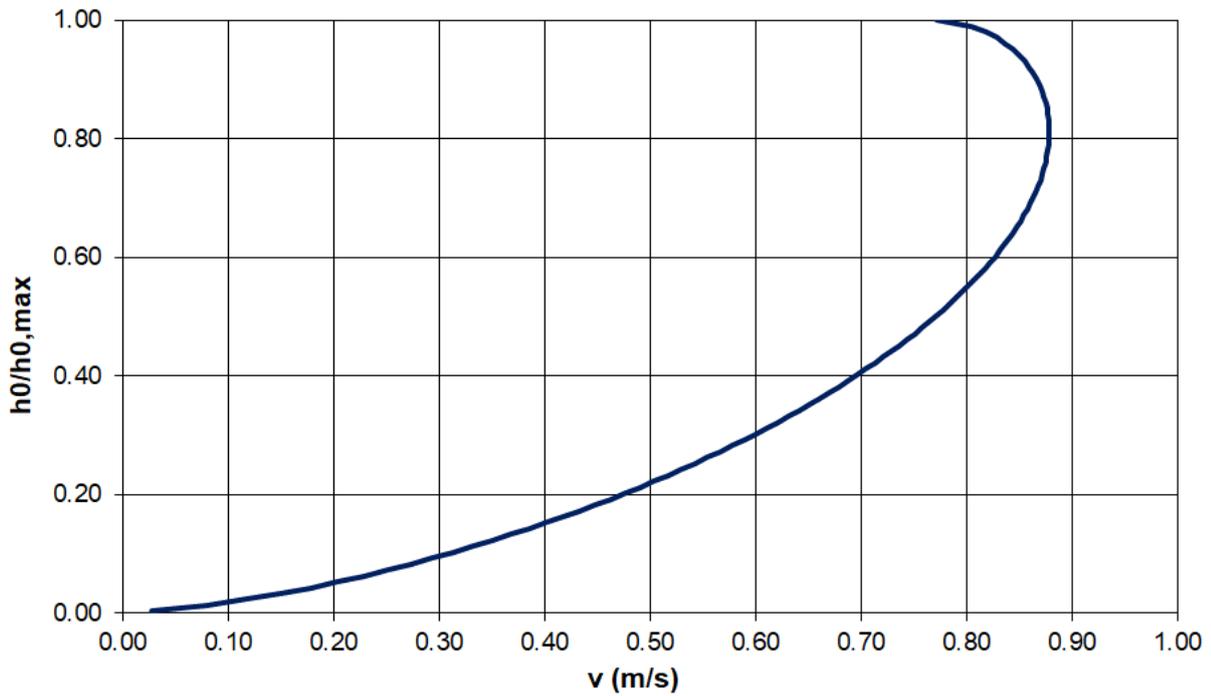
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNI300 - p = 1.20%**



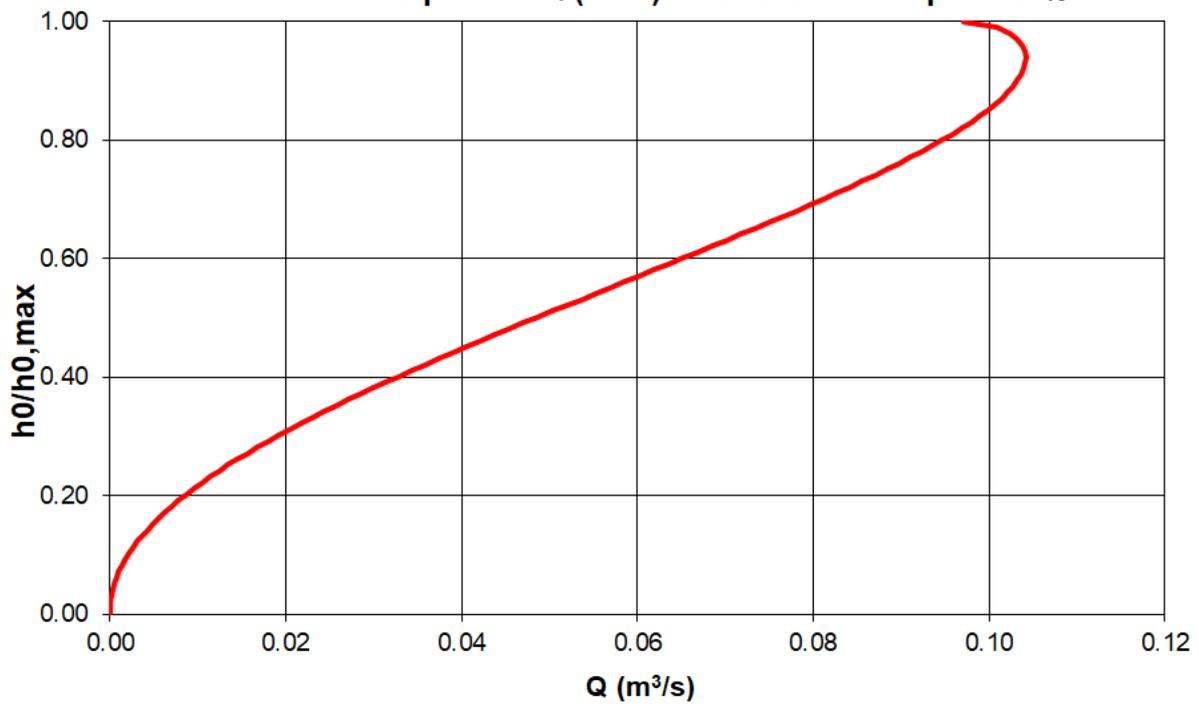
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNI300 - p = 1.20%**



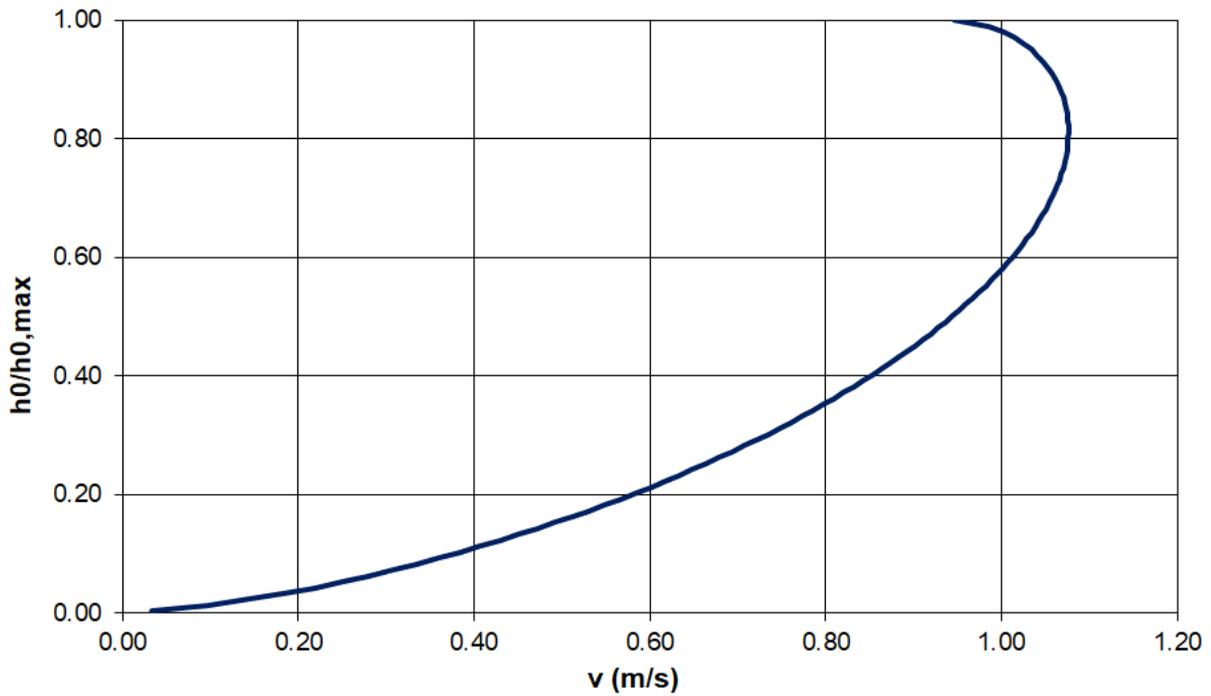
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN400 - p = 0.20%**



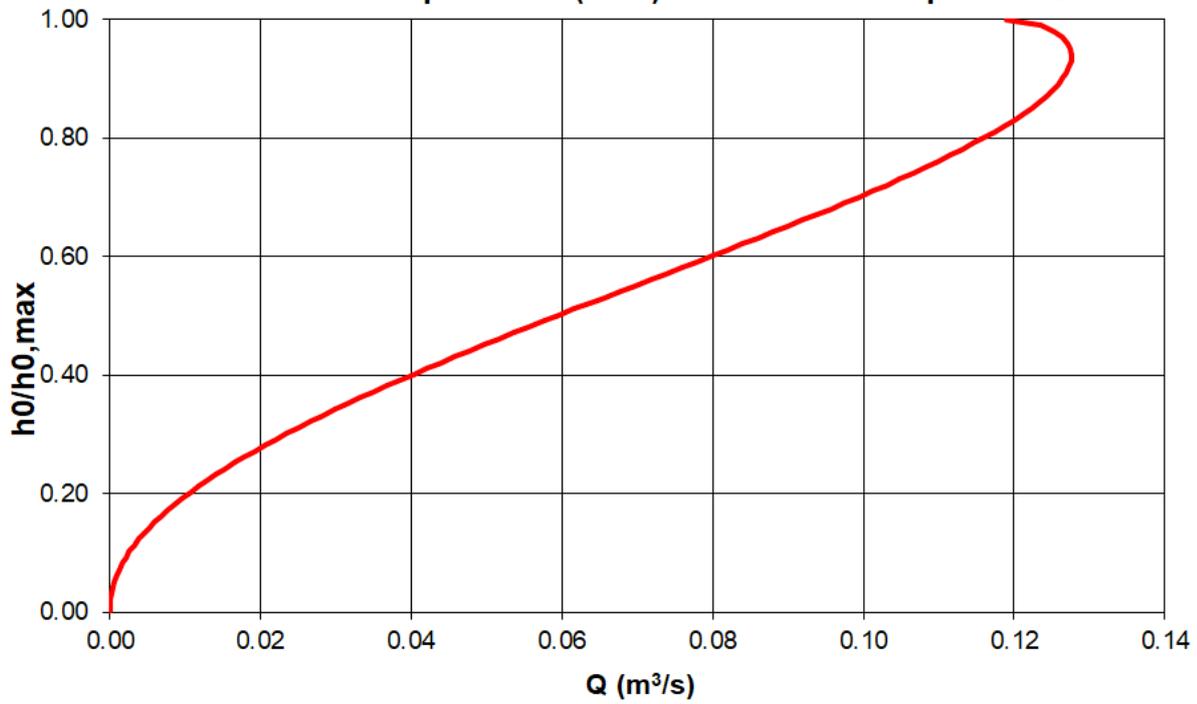
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN400 - p = 0.20%**



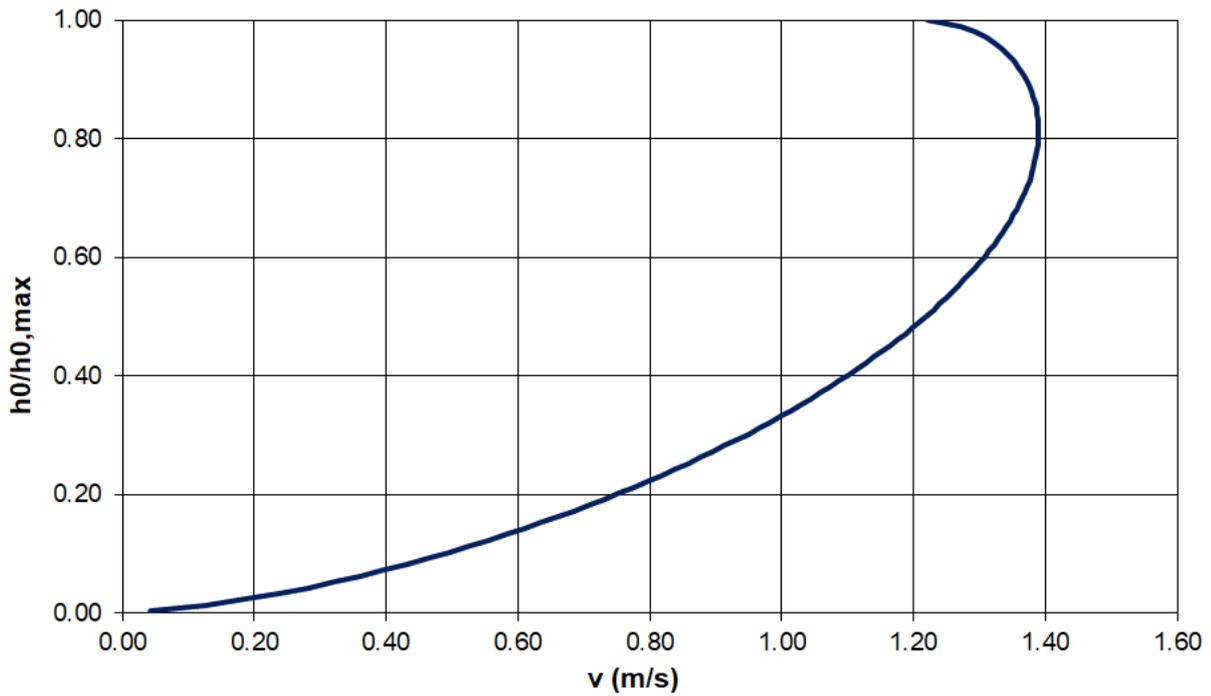
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN400 - p = 0.30%**



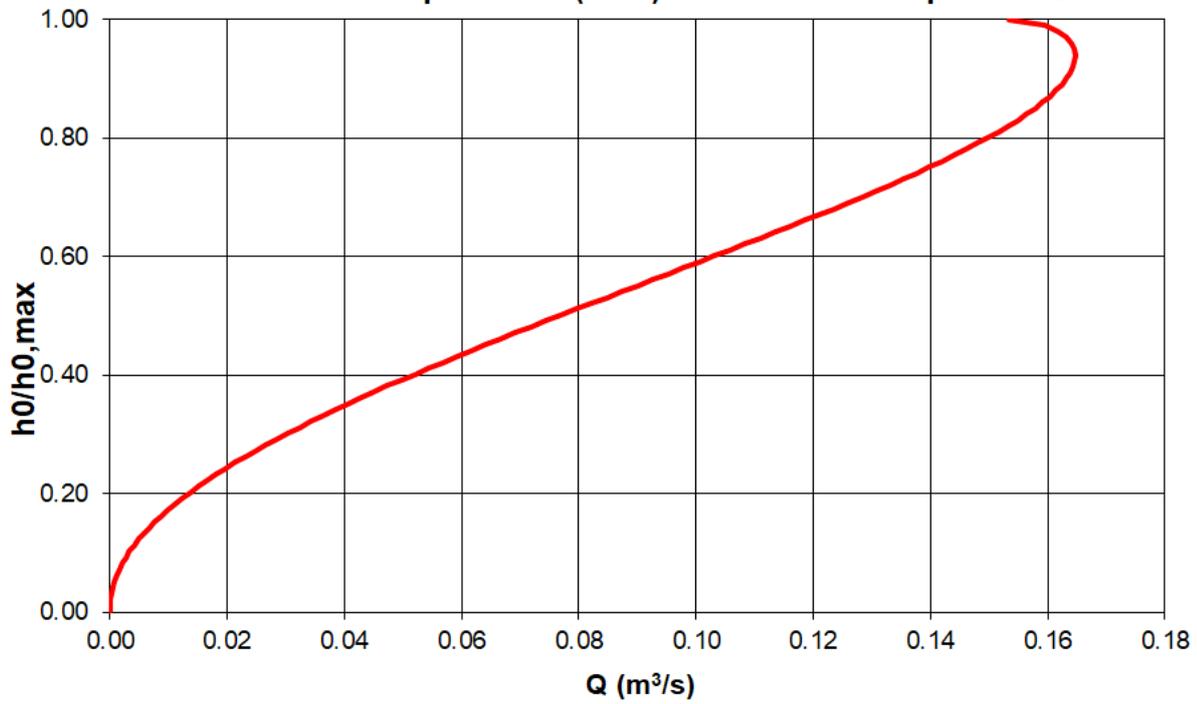
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN400 - p = 0.30%**



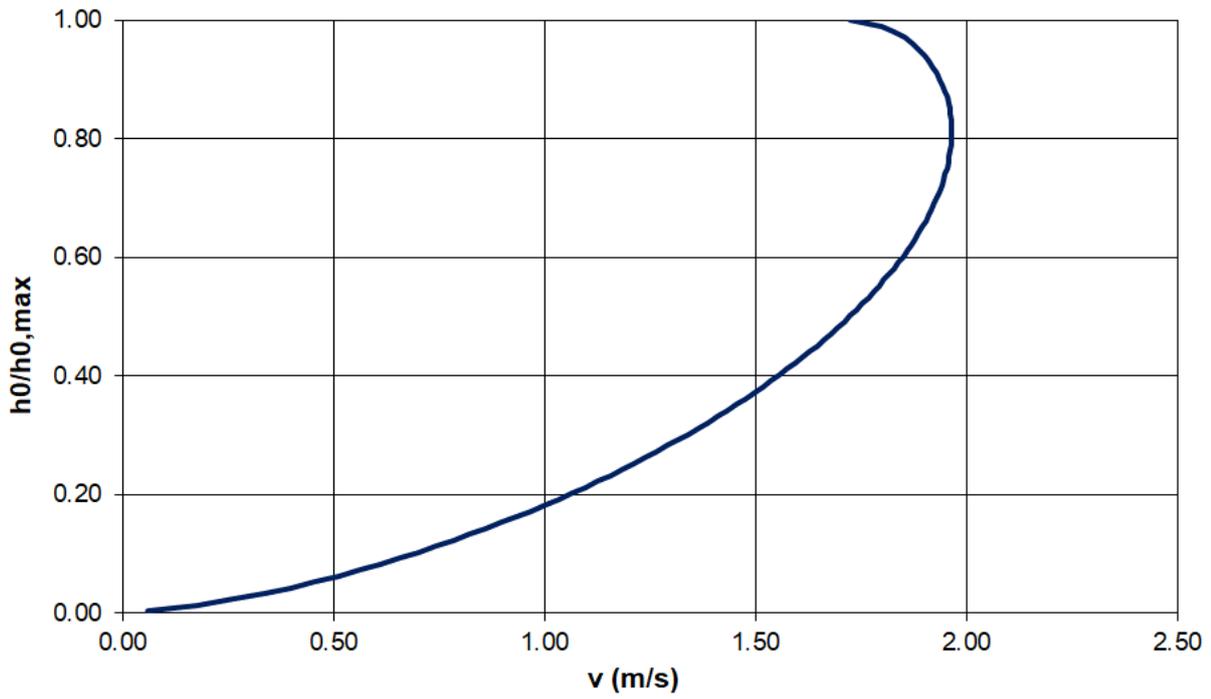
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN400 - p = 0.50%**



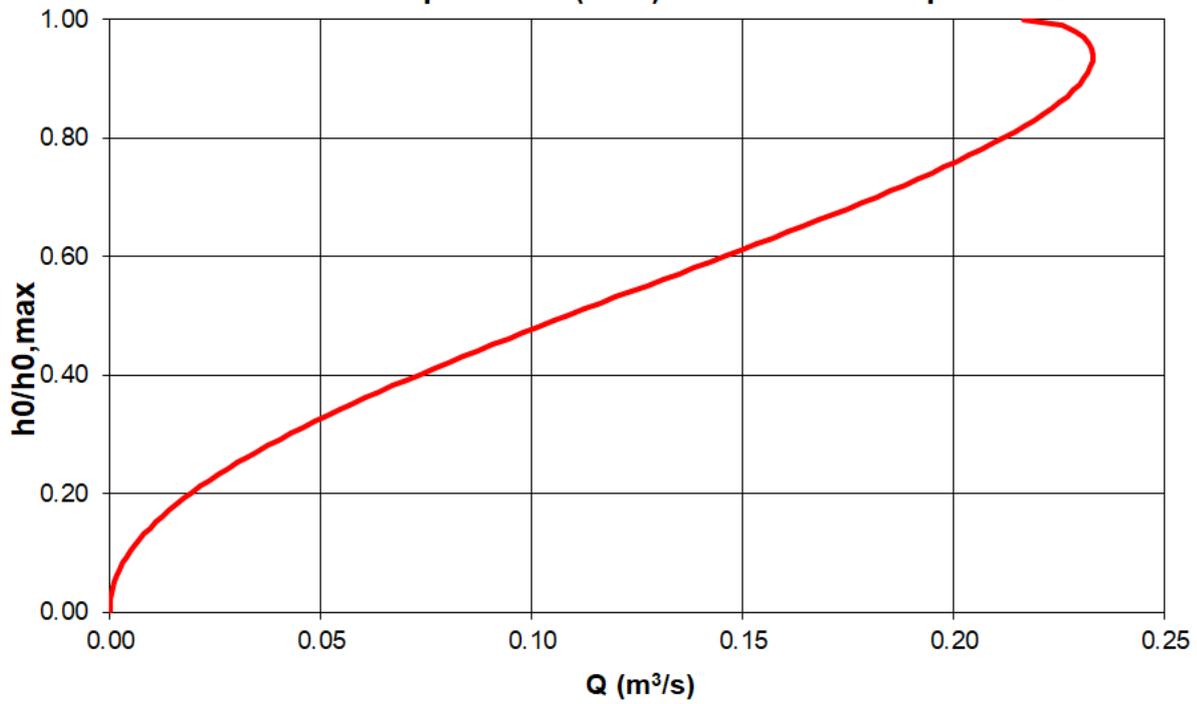
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN400 - p = 0.50%**



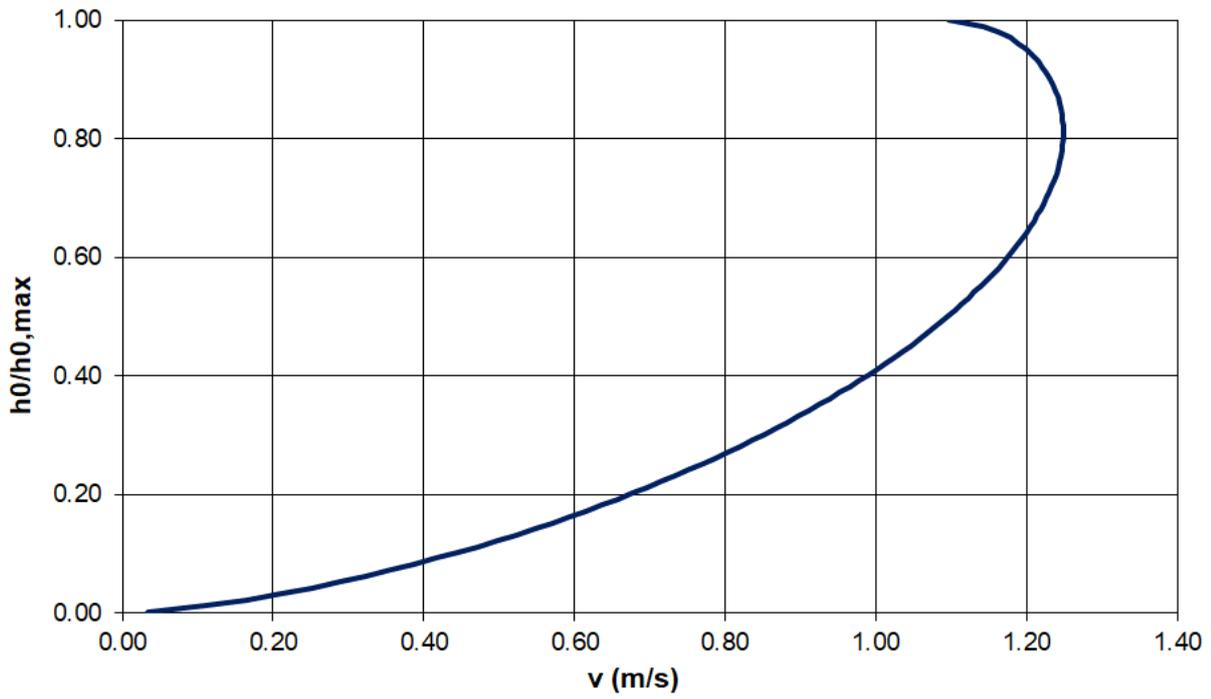
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DN400 - p = 1.00%**



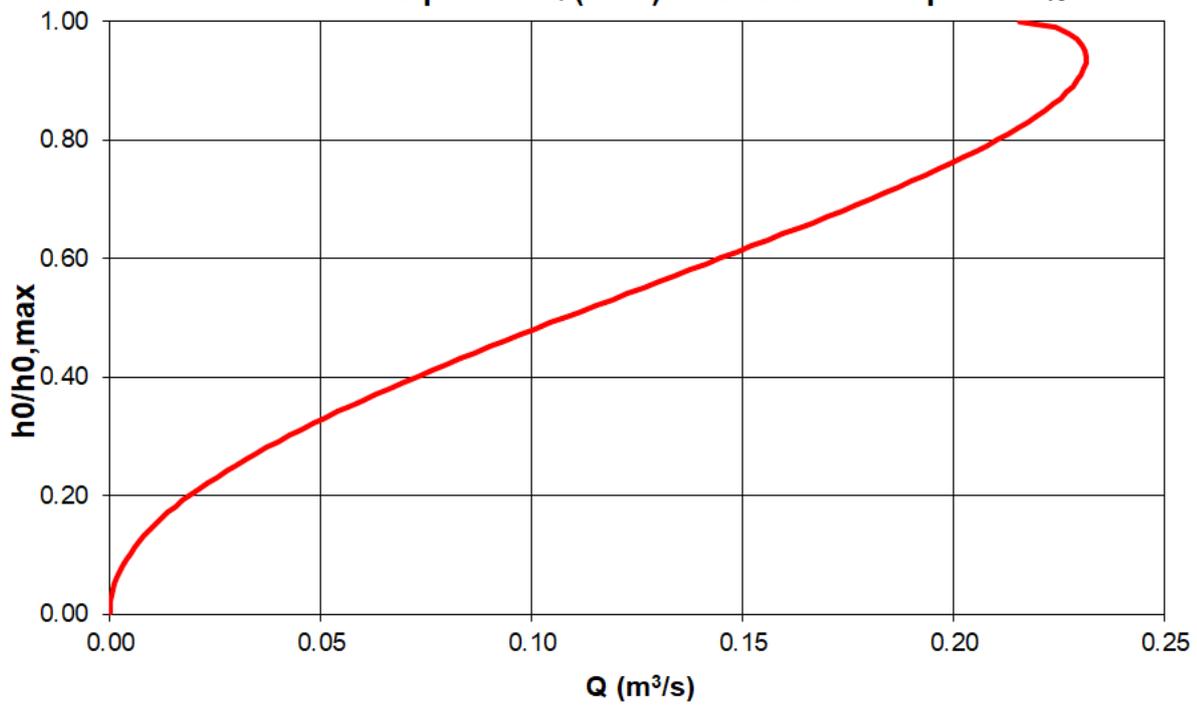
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DN400 - p = 1.00%**



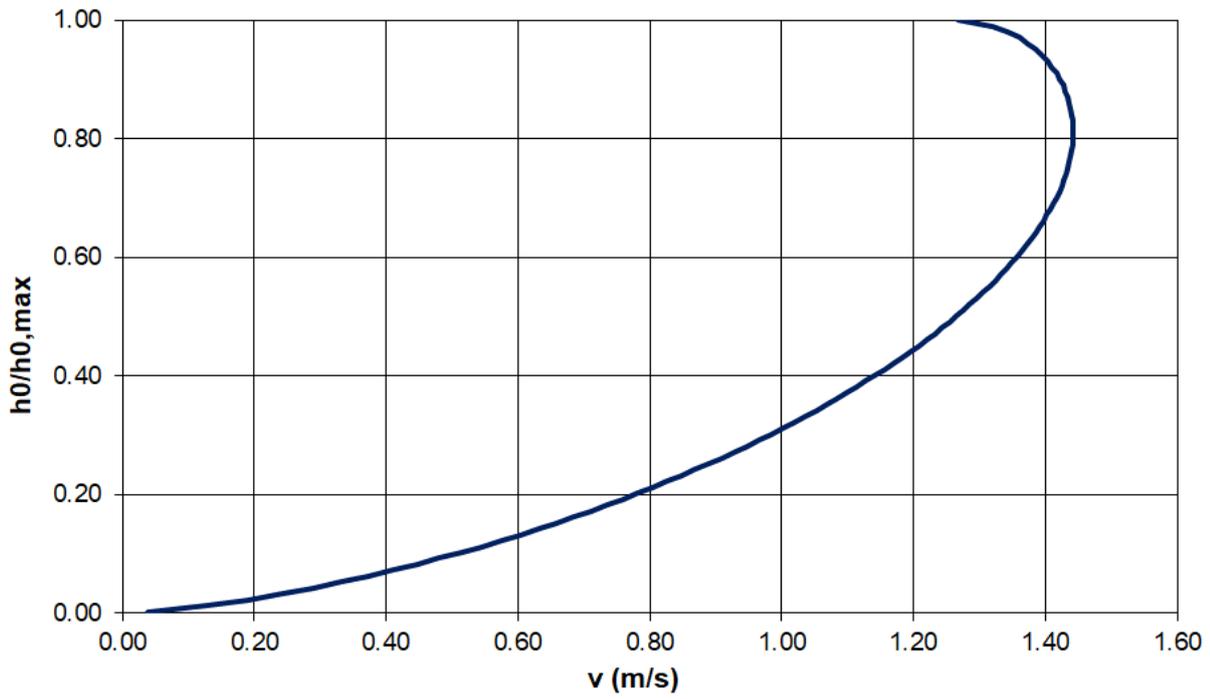
**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi500 - p = 0.30%**



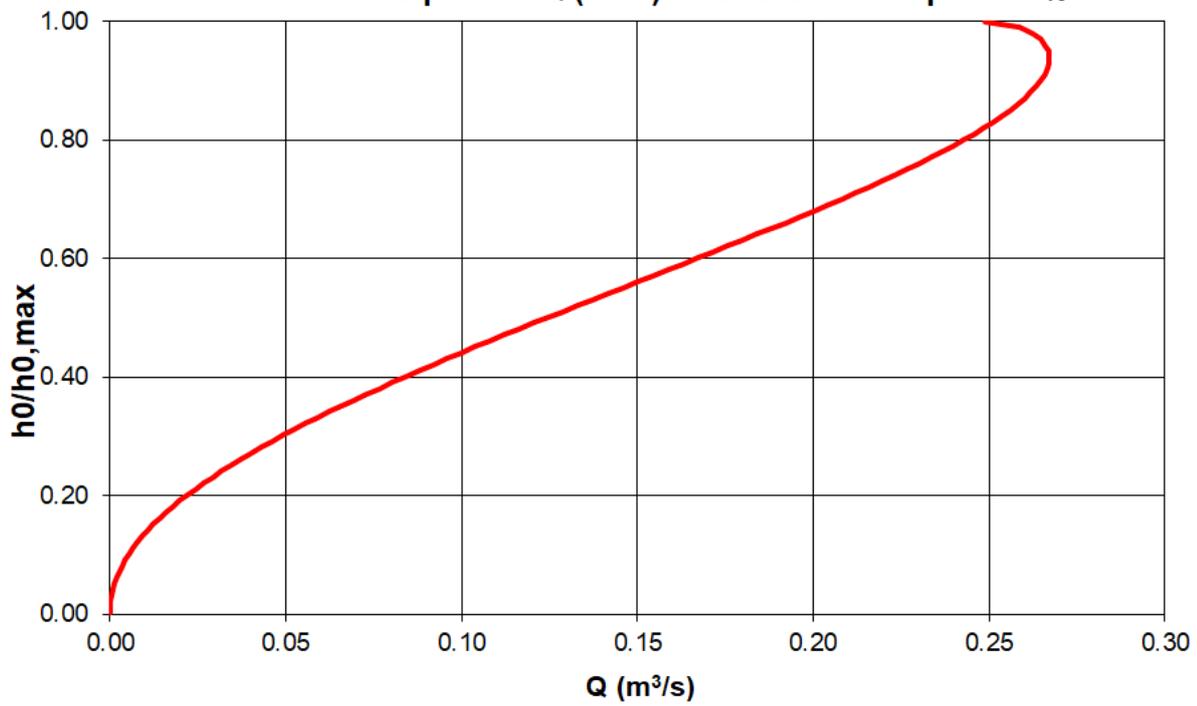
**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi500 - p = 0.30%**



**Velocità idrica (m/s) - PEAD DNi500 - p = 0.40%**



**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PEAD DNi500 - p = 0.40%**



### 3.3 Dimensionamento della cunetta laterale della “strada F1 extraurbana”

Nel tratto della nuova strada di collegamento con la zona commerciale “strada F1 extraurbana” compreso tra il limite Ovest di intervento e l’incrocio con la strada Sassella viene posizionata, in corrispondenza del ciglio Sud della carreggiata, una cunetta “alla francese” (detta anche “zanella”) per garantire lo smaltimento delle acque di piattaforma.

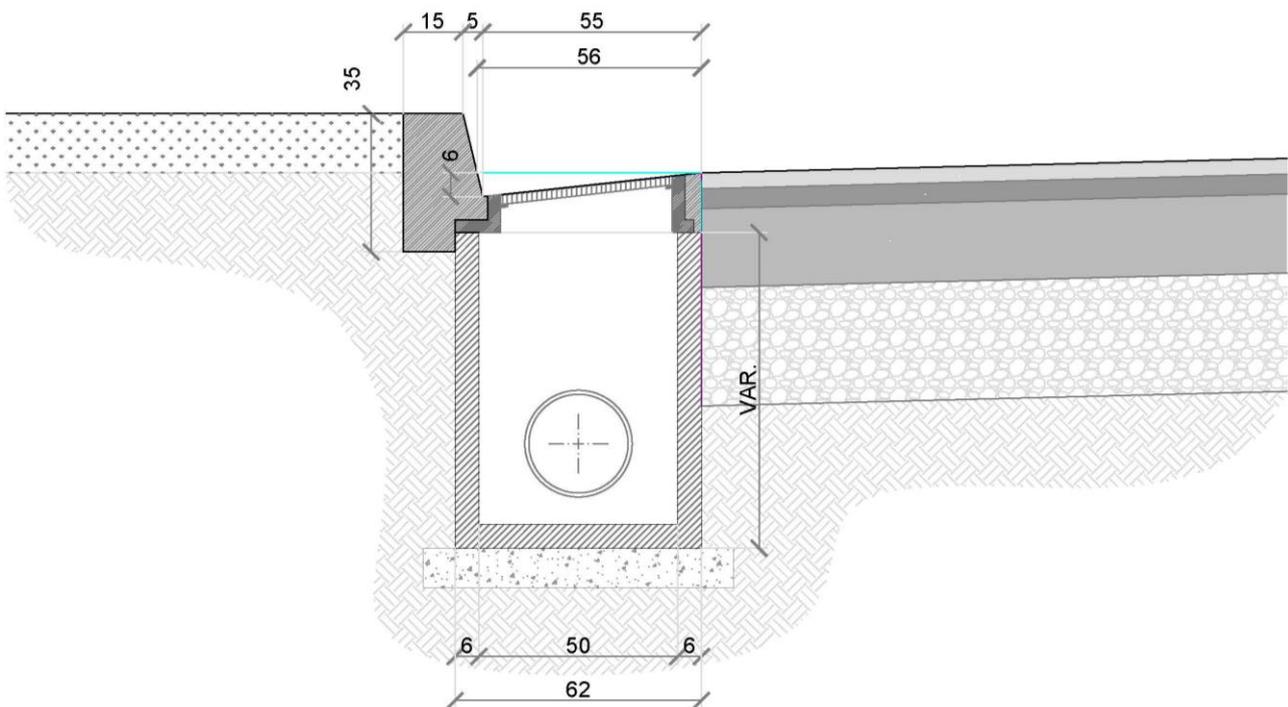
In questo tratto la strada, e quindi la cunetta, presenta una pendenza pressoché costante, pari al 5 per mille.

L’acqua che scorre lungo la cunetta viene poi intercettata da pozzetti a caditoia posti ad interasse costante.

Il tratto restante della stessa strada verrà invece dotato esclusivamente di caditoie localizzate anch’esse lungo il ciglio Sud della carreggiata, con interasse costante.

La cunetta prevista ha le caratteristiche geometriche indicate nella sezione tipo e schematicamente riportata nella figura sottostante; in particolare, ha una larghezza utile massima pari a 56 cm e un’altezza massima del velo idrico di 6 cm.

*PARTICOLARE CUNETTA CON CADITOIA STRADA “F1”*



La portata massima smaltibile dalla cunetta in funzione della pendenza longitudinale del tracciato stradale è calcolabile con la formula di Gauckler-Strickler di seguito esposta:

$$Q_{off} = k_s \times A \times R^{2/3} i^{1/2}$$

con  $k_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler,  $A$  l'area bagnata della cunetta [mq],  $R$  il raggio idraulico [m] pari al rapporto tra l'area bagnata e il contorno bagnato della cunetta ed  $i$  la pendenza longitudinale del tracciato stradale.

Mediante l'applicazione della formula di Gauckler-Strickler, considerando un coefficiente di scabrezza  $k_s$  pari a  $70 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  ed una pendenza longitudinale del tratto stradale come detto costante e pari allo 0.5%, la portata massima smaltibile dalla cunetta risulta pari a 7.58 l/s circa, come si evince dal quadro sinottico tabellare seguente.

**Cunetta alla francese**

Larghezza	0.56 m
Altezza massima velo idrico	0.06 m
Area bagnata	0.017 mq
Perimetro bagnato	0.61 m
Raggio idraulico	0.028 m
Pendenza longitudinale	0.50 %
Coefficiente di scabrezza $k_s$	$70 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$
Portata massima cunetta	<b>7.58 l/s</b>

Come precedentemente anticipato, l'acqua che scorre lungo la cunetta viene intercettata da un sistema di pozzetti a caditoia posti con interasse costante; tale interasse viene stimato in modo tale che la portata affluente dalla piattaforma stradale sia sempre inferiore a quella massima smaltibile dalla cunetta (sopra valutata), garantendo così la massima sicurezza al transito dei veicoli, evitando cioè, anche in concomitanza degli eventi pluviometrici particolarmente intensi presi a riferimento progettuale ( $T_r = 20$  anni) che l'acqua possa, anche solo marginalmente, invadere il bordo della carreggiata stradale.

Poiché il valore massimo dell'interasse tra le caditoie viene definito come la distanza lungo la quale la portata meteorica che affluisce nella cunetta per ogni metro di lunghezza  $q$  eguaglia la portata massima smaltibile dalla sezione della cunetta stessa  $Q_{off}$ , l'interasse massimo delle caditoie è definibile come:

$$int = Q_{off}/q$$

Con riferimento al dimensionamento della rete fognaria di piattaforma sopra implementata (vedi capitolo 3.2 "Dimensionamento della rete fognaria di piattaforma"), il coefficiente udometrico rappresentante il tratto di carreggiata servito dalla cunetta è pari a 260.12 l/s ha (cautelativamente si è considerato il coefficiente udometrico maggiore tra quelli stimati con il dimensionamento dei vari tratti fognari a servizio della porzione di carreggiata stradale per la quale si prevede la cunetta: tratti F1-F3, F2-F3, F3-F4 e F5-F6 [vedi tabella di seguito allegata]):

strada F1 extraurbana	F1-F3	B1	435	0.04	30.08	5.63	93.57	260.12	11.3
	F2-F3	B2	685	0.07	45.08	5.84	91.65	254.78	17.5
	F3-F4	B1+B2	1120	0.11	3.44	5.89	91.25	253.69	28.4
	F5-F6	B3	623	0.06	15.00	5.65	93.37	259.57	16.2
	F6-F7	B3	623	0.06	12.97	5.82	91.83	255.30	15.9
	F8-F9	B4	1223	0.12	90.68	6.01	90.20	250.74	30.7
	F9-F10	B4+B5	1911	0.19	48.50	6.53	86.15	239.49	45.8
	F25-F26	B16	348	0.03	25.01	5.52	94.56	262.88	9.1

La portata per metro lineare di sviluppo longitudinale della strada proveniente dalla pavimentazione stradale ed affluente nella cunetta, posto il coefficiente di deflusso pari ad 1 e la larghezza della carreggiata massima pari – per approssimazione in eccesso - a 12 metri, risulta 0.31 l/s circa:

$$q = 260.12 \text{ l/s per ha} \times 12.00 \text{ m}/10000 = 0.31 \text{ l/s per metro}$$

Il valore dell'interasse massimo delle caditoie è dato dal rapporto tra la portata massima smaltibile dalla condotta  $Q_{off} = 7.58 \text{ l/s}$  e la portata massima defluente dalla pavimentazione stradale valutata per metro di lunghezza  $q = 0.31 \text{ l/s per metro}$ : con una pendenza longitudinale del tratto stradale costante dello 0.5%, risulta un interasse massimo delle caditoie pari a 24 m circa.

Il progetto prevede il posizionamento delle caditoie con un interasse costante pari a 15 m circa, per cui decisamente cautelativo se confrontato con quello massimo sopra stimato.

## 4. INVARIANZA IDRAULICA

### 4.1 Metodo di calcolo dei volumi di compensazione idraulica

Lo scopo principale di questo paragrafo è quello di riassumere le valutazioni inerenti alle modifiche prodotte dall'intervento di progetto al regime idraulico esistente, al fine di dimensionare i dispositivi atti a garantire il rispetto dell'invarianza idraulica secondo la normativa vigente.

La normativa di riferimento è rappresentata dal Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)": in particolare, la Regione Lombardia ha approvato con il regolamento succitato i criteri e i metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica delle acque meteoriche, come previsto dall'art. 58 bis della legge regionale n.12 del 2005 per il governo del territorio. Il regolamento è stato poi integrato nel 2018 e successivamente nel 2019 a seguito di osservazioni e richieste.

L'art. 3 "Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica" definisce gli interventi tenuti al rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica di cui all'art. 58 bis, comma 2, della l.r. 12/2005; in particolare, il comma 3 recita così testualmente:

***"Nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica, sono esclusi dall'applicazione del presente regolamento: a) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale; b) gli interventi di ammodernamento, definito ai sensi dell'articolo 2 del regolamento regionale 24 aprile 2006, n.7 (Norme tecniche per la costruzione delle strade), ad eccezione della realizzazione di nuove rotatorie di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo "E – strada urbana di quartiere", "F – strada locale" e "F-bis – itinerario ciclopedonale", così classificate ai sensi dell'articolo 2 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (Nuovo codice della strada); c) gli interventi di potenziamento stradale, così come definito ai sensi dell'articolo 2 del r.r. 7/2006, per strade di tipo "E – strada urbana di quartiere", "F – strada locale" e "F-bis – itinerario ciclopedonale", così classificate ai sensi dell'articolo 2 del d.lgs. 285/1992; d) la realizzazione di nuove strade di tipo "F-bis – itinerario ciclopedonale", così classificate ai sensi dell'articolo 2 del d.lgs. 285/1992".***

Il comma 4 del medesimo articolo recita così:

*"Poiché la riduzione della permeabilità del suolo va calcolata facendo riferimento alla permeabilità naturale originaria del sito, ovvero alla condizione preesistente all'urbanizzazione, e non alla condizione urbanistica precedente l'intervento eventualmente già alterata rispetto alla condizione naturale originaria, preesistente all'urbanizzazione, il presente regolamento si applica sia in caso di intervento su suolo libero, sia in caso di intervento su suolo già trasformato. Per gli interventi di cui al comma 3, il riferimento di cui al precedente periodo corrisponde alla condizione preesistente all'impermeabilizzazione".*

Scendendo più nel dettaglio delle casistiche escluse dagli obblighi normativi di invarianza idraulica, l'art. 2 del regolamento regionale n.7 del 24 aprile 2006 "Norme tecniche per la costruzione delle strade" richiamato al comma 3 punto b) dell'art. 3 del r.r. 7/2017 definisce con **ammodernamento** "l'intervento infrastrutturale su assi stradali e/o aree di intersezione esistenti finalizzato principalmente alla messa in sicurezza degli assi e /o delle aree di intersezione e che non comporta sostanziali incrementi della capacità di deflusso veicolare".

Sempre con riferimento al Regolamento Regionale 7/2017 (agg. 2019), l'art. 7 "Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione" sottolinea la suddivisione del territorio regionale in differenti tipologie di aree in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori: specificatamente, il territorio regionale risulta suddiviso in tre differenti aree di rischio, definite come aree A, ovvero ad alta criticità idraulica, aree B, ovvero a media criticità idraulica e aree C, ovvero a bassa criticità idraulica; tale suddivisione è consultabile all'allegato B e C del regolamento stesso.

L'art. 9 del R.R. 7/2017 "Classificazione degli interventi richiedenti misura di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo" recita così testualmente:

*"Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella 1, a seconda della superficie interessata dall'intervento [...]".*

Di seguito si allega appunto la tabella 1 succitata, riportata nel regolamento regionale.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Con riferimento alla trattazione di cui sopra, dalla visione degli allegati B e C del regolamento regionale 7/2017 l'area oggetto di intervento ricade nell'area classificata come C, ovvero bassa criticità idraulica.

Conseguentemente, per la stima dei volumi di invarianza idraulica risulta sufficiente considerare i requisiti minimi riportati all'art. 12 del R.R. 7/2017, ed in particolare al comma 2, in quanto la superficie di progetto presenta un'estensione ben superiore a 0.03 ha.

Focalizzandosi perciò sul comma 2 art. 12 *“Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica”*, si evince quanto segue:

*“Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità [...] il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione [...] per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento”.*

Fatte tutte queste premesse generali, vediamo di contestualizzare la normativa vigente sul presente progetto, tenendo conto delle sue caratteristiche e specificità.

In primis, l'intervento in progetto, classificabile come intervento di ammodernamento dell'infrastruttura stradale, ricade a pieno titolo nel comma 3 punto b) dell'art. 3 del r.r. 7/2017 secondo il quale gli interventi di ammodernamento non sono tenuti all'applicazione del principio di invarianza idraulica.

Il progetto, infatti, consiste nel rifacimento dello svincolo esistente, prevedendo una viabilità in parte modificata rispetto allo stato attuale.

L'intervento prevede modifiche di assi stradali e/o aree di intersezione esistenti finalizzato principalmente alla messa in sicurezza degli assi e /o delle aree di intersezione, che non comporta sostanziali incrementi della capacità di deflusso veicolare.

Inoltre, si prevede virtuosamente un ammodernamento anche in termini di sicurezza idraulica della nuova viabilità stradale, dotando l'intera area di progetto di un sistema adeguatamente dimensionato per la captazione, raccolta ed evacuazione delle acque meteoriche di piattaforma e di versante (vedi capitolo 3 “Dimensionamenti idraulici”).

Si sottolinea infatti che allo stato attuale la piattaforma stradale non prevede una rete fognaria di raccolta delle acque meteoriche, le quali defluiscono conseguentemente seguendo la pendenza della piattaforma stradale verso il canale esistente adiacente alla strada stessa (ed in minima parte verso il fossetto di guardia ricompreso tra la S.S.n.38 e la linea ferroviaria Sondrio-Colico); si evidenzia che il canale succitato, ubicato appena a nord della S.S.n.38, risulta sollecitato inoltre dalle acque di versante della “Sassella”. Le acque meteoriche di versante e di piattaforma raccolte dal canale vengono poi convogliate in testa al tombotto esistente lungo la S.S.n.38.

L'intervento sotto l'aspetto idraulico consiste, pertanto, nella realizzazione di una rete fognaria di raccolta delle acque meteoriche di piattaforma, così da impedire il loro diretto deflusso verso il canale.

**A seguito degli ammodernamenti previsti da progetto, sia in termini di assetto della viabilità sia in termini idraulici, nonostante la vigente normativa non ne preveda l'obbligatorietà della sua applicazione, si è ritenuto comunque opportuno e idraulicamente virtuoso prevedere, nella presente attività di progettazione definitiva (scelta già fatta anche in sede di progettazione di fattibilità tecnica ed economica) l'applicazione del principio di invarianza idraulica.**

Tale assunzione garantirà così una maggiore sicurezza idraulica in concomitanza di eventi meteorici intensi sia alla nuova viabilità di progetto, sia al ricettore delle acque meteoriche di piattaforma e di versante, individuato in primis nel canale di progetto a nord della S.S.n.38 e in secundis nel tombotto esistente lungo la S.S.n.38, verso ovest.

Si sottolinea però che, visto l'assetto di progetto della nuova viabilità ed i ricettori disponibili, l'invarianza verrà applicata esclusivamente per le porzioni centrale e Est di intervento; conseguentemente, per tali porzioni d'intervento nel ricettore finale, individuato prima nel canale di progetto e poi nel tombotto esistente lungo la strada principale S.S.n.38, verrà inviata la portata meteorica di piattaforma laminata.

Le acque meteoriche defluenti dalla porzione Ovest di intervento (minoritaria) verranno invece convogliate direttamente nel tombotto esistente, così come già attualmente in essere.

Confrontando il sedime stradale esistente rispetto a quello di progetto, quest'ultimo presenta una superficie impermeabile maggiore e conseguentemente una maggiore sollecitazione potenziale in termini idraulici, in assenza di opere compensative.

**L'applicazione del principio di invarianza idraulica, anche se qui previsto esclusivamente per la porzione Est e centrale di intervento, fa sì che la sollecitazione indotta dalla nuova viabilità maggiormente impermeabile sul ricettore finale del sistema di smaltimento delle acque meteoriche sia comunque inferiore rispetto allo stato attuale.**

Infatti, a seguito degli interventi, la sollecitazione indotta dalla porzione Est di intervento sul canale e successivamente sul tombotto esistente è pari alla somma della portata di piattaforma a valle della laminazione, ovvero la portata smaltita dalla strozzatura di progetto, e delle acque di versante della "Sassella".

Come già sopra anticipato il tombotto sarà poi sollecitato anche dalle acque di piattaforma della porzione Ovest di intervento, per le quali non si prevede però la laminazione, per impossibilità altimetrica a raggiungere le depressioni morfologiche di laminazione previste (in n. 3) e, non ultimo, per mancanza di opportunità idraulica in relazione allo status attuale della porzione Ovest dell'intervento, già direttamente tributaria come detto in più punti del tombotto principale adiacente alla S.S.n.38 e con aumento della superficie impermeabile, nella specifica porzione Ovest, assai limitato, essendo in tale posizione specifica poco significativa la modifica del progetto rispetto all'assetto attuale delle strade/innesti (come meglio evidenziato nel seguito della trattazione).

## 4.2 Individuazione delle superfici impermeabili ante e post operam

Prima di procedere alla stima dei volumi minimi di compensazione idraulica da reperire ai fini dell'invarianza idraulica per il presente progetto, occorre innanzitutto individuare l'incidenza delle superfici permeabili ed impermeabili pre o post intervento.

Come già sopra anticipato, si è scelto di applicare il principio di invarianza idraulica solamente alla porzione Est (e centrale) di intervento; tale soluzione viene comunque sostenuta anche dal fatto che secondo la vigente normativa l'intervento di progetto, considerabile come un ammodernamento dell'infrastruttura stradale, non necessiterebbe del rispetto dell'invarianza idraulica [comma 3 punto b) art. 3 del r.r. 7/2017].

Per la determinazione dei volumi minimi da garantire di invarianza, la grandezza fondamentale da valutare è rappresentata dall'estensione delle superfici impermeabili caratterizzanti l'intervento. Considerando la suddivisione dell'area di intervento in porzione Ovest (non laminata) e porzione Est (laminata), nella tabella di seguito sono riportate le rispettive superfici impermeabili dello stato di progetto; per completezza sono state indicate anche le rispettive aree impermeabili caratterizzanti lo stato ante operam.

### STATO DI FATTO

Tipologia superficie	Area [mq]
Area Ovest	4085.03
Area Est	10163.63
<b>Superficie totale</b>	<b>14248.66</b>

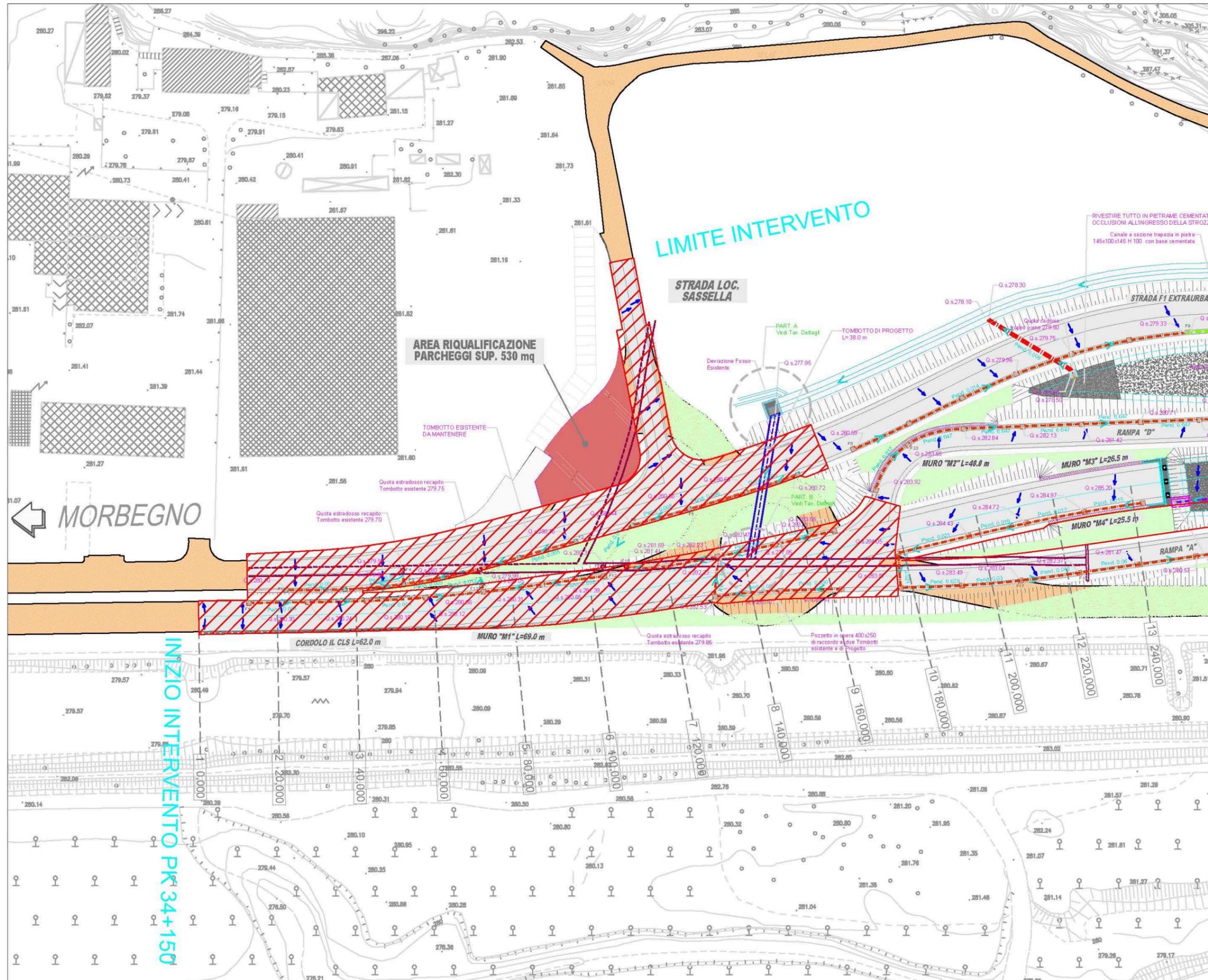
### STATO DI PROGETTO

Tipologia superficie	Area [mq]
Area Ovest	4490.60
Area Est	18089.16
<b>Superficie totale</b>	<b>22579.76</b>

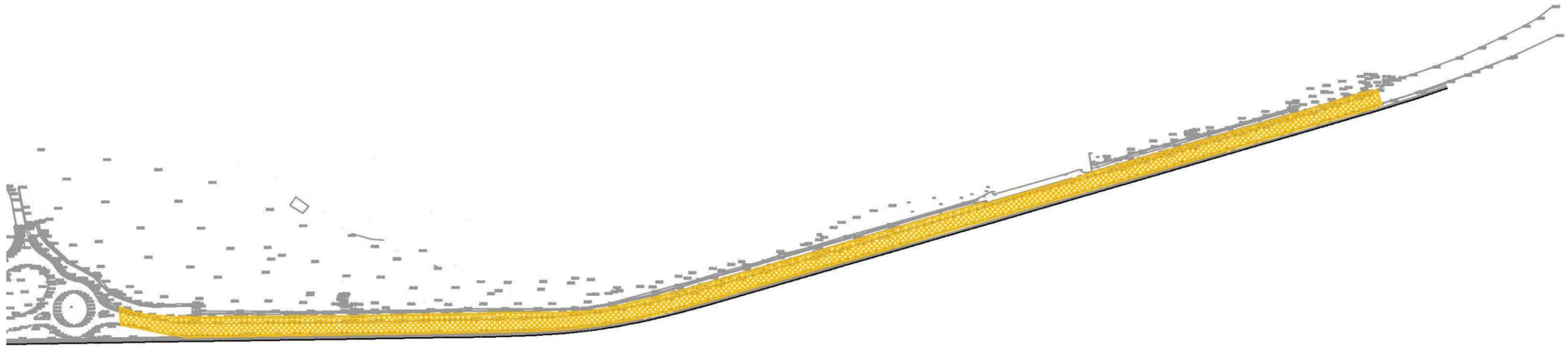
Le immagini allegate di seguito rappresentano le superfici impermeabili dello stato ante operam (con retino giallo) e post operam (con retino rosso), suddivise in porzione Ovest non laminata e in porzione Est oggetto di laminazione.



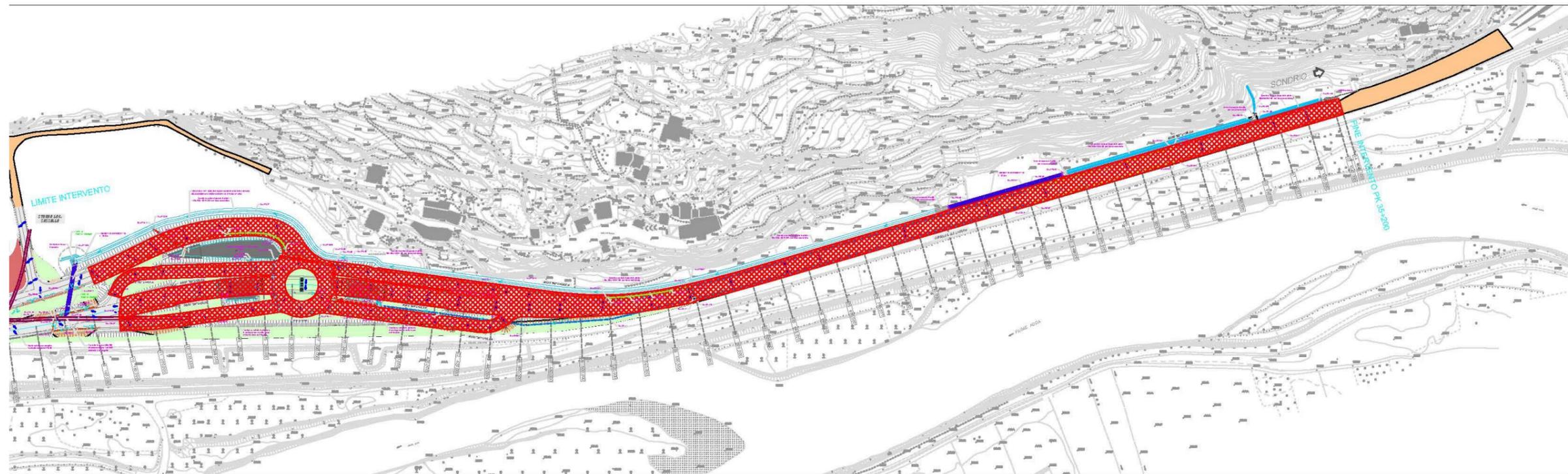
AREA OVEST DI INTERVENTO – STATO DI PROGETTO



AREA EST DI INTERVENTO – STATO DI FATTO



AREA EST DI INTERVENTO – STATO DI PROGETTO



### 4.3 Determinazione dei volumi per l'invarianza idraulica

Per la determinazione dei volumi da garantire per l'invarianza idraulica sono stati condotti i calcoli con riferimento a quanto indicato nell'art. 12 "Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica" del regolamento regionale 7/2017: in particolare l'art. 12 comma 2 punto c) riporta "[...] per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento"; la grandezza più importante da valutare per il computo dei volumi di compensazione idraulica è quindi la superficie impermeabilizzata a seguito dell'intervento.

Considerando la suddivisione dell'area oggetto di intervento in porzione Ovest non laminata e porzione Est per la quale risulta prevista la laminazione, nelle tabelle di seguito vengono riportate le rispettive superfici impermeabili rappresentanti lo stato ante e post operam.

#### STATO DI FATTO

Tipologia superficie	Area [mq]
Area Ovest	4085.03
Area Est	10163.63
<b>Superficie totale</b>	<b>14248.66</b>

#### STATO DI PROGETTO

Tipologia superficie	Area [mq]
Area Ovest	4490.60
Area Est	18089.16
<b>Superficie totale</b>	<b>22579.76</b>

Facendo riferimento esclusivamente all'area Est di intervento per la quale si prevede la laminazione a seguito delle opere di progetto, considerando nel calcolo di invarianza idraulica la rispettiva superficie impermeabile al 100% di estensione complessiva pari a 18089 mq circa, risulta un volume minimo d'invaso da reperire al fine di garantire il rispetto dell'invarianza idraulica pari a:

$$W = 723.57 \text{ mc}$$

Di seguito si riporta il calcolo condotto per la stima del volume di compensazione di invarianza idraulica:

Invarianza idraulica - Area Est	
SUP. IMPERMEABILE ESISTENTE	10163.63 mq
SUP. IMPERMEABILE PROGETTO	18089.16 mq
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>	<b>400 mc/ha x 18089.16 mq / 10000 = 723.57 mc</b>

#### 4.4 Reperimento dei volumi per l'invarianza idraulica

Come visto al paragrafo precedente, il volume minimo da reperire ai fini dell'invarianza idraulica, stimato considerando esclusivamente la porzione Est di intervento, risulta pari a 723.57 mc.

Una volta definito il volume minimo da reperire, è necessario determinare in quali dispositivi individuare queste volumetrie.

A tale fine, **si prevede la realizzazione di tre vasche di laminazione (depressioni morfologiche), caratterizzate da un volume complessivo significativamente maggiore se confrontato con il volume minimo richiesto.**

Le acque di piattaforma della nuova viabilità vengono raccolte e smaltite mediante una rete di fognatura bianca di progetto adeguatamente dimensionata (vedi capitolo 3.2 "Dimensionamento della rete fognaria di piattaforma"); in particolare, le acque raccolte dalla rete fognaria a servizio della porzione Est di intervento vengono poi convogliate ad una vasca di laminazione W1 prevista all'interno dell'area interclusa tra la rampa "D" – innesto Nord-Ovest della nuova rotatoria – e la nuova strada di collegamento con la zona commerciale "strada F1 extraurbana" e successivamente (previo inserimento di apposita "strozzatura limitatrice") nel canale di progetto previsto lungo il confine Nord dell'area di intervento.

Le acque meteoriche raccolte mediante i tratti fognari a servizio della porzione Ovest di intervento, per la quale non si prevede la laminazione, vengono invece convogliate direttamente nel tombotto esistente lungo la strada principale S.S.n.38.

La vasca W1 avrà un'area di fondo di 660 mq circa e un'estensione in sommità di 904 mq circa, con altezza del tirante massimo di 1.00 m; le scarpate avranno una pendenza 3:2. Il volume reperito all'interno della vasca W1 è quindi pari a 782 mc circa:

$$W1 = \frac{(660.53 + 904.12) \text{ mq}}{2} \times 1.00 \text{ m} = 782.32 \text{ mc}$$

Unitamente alla vasca di laminazione succitata il progetto prevede la realizzazione di due ulteriori vasche, di estensione inferiore, con sedime nelle aree intercluse tra la rotatoria e le rampe di innesto alla stessa: in particolare si individua la vasca W2 ad Ovest della rotatoria, nell'area compresa tra le rampe di innesto "A" e "D" e la spalla ovest del viadotto, e la vasca W3 ad Est della rotatoria, tra le rampe di innesto "B" e "C" e la spalla est del viadotto.

Si evidenzia che esclusivamente i due tratti fognari a servizio della porzione centrale del tratto stradale in viadotto convogliano le rispettive portate meteoriche all'interno delle due vasche succitate prima di raggiungere la vasca di laminazione W1.

In particolare la vasca W2 avrà un'area di fondo di 254 mq circa e un'area in sommità di 338 mq circa, con altezza del tirante massimo di 80 cm; le scarpate avranno una pendenza 3:2. Il volume reperito all'interno della vasca W2 risulta quindi di 236 mc circa:

$$W2 = \frac{(253.66 + 337.62) \text{ mq}}{2} \times 0.80 \text{ m} = 236.51 \text{ mc}$$

La vasca W3 avrà invece un'area di fondo di 246 mq circa e un'area in sommità di 277 mq circa, con altezza del tirante massimo nettamente minore pari a 30 cm; le scarpate avranno una pendenza 3:2. Il volume reperito all'interno della vasca W3 risulta di 79 mc circa:

$$W3 = \frac{(246.59 + 277.52) \text{ mq}}{2} \times 0.30 \text{ m} = 78.62 \text{ mc}$$

Il volume complessivo reperito all'interno delle tre vasche di laminazione risulta pari a 1097.45 mc, quindi significativamente maggiore se confrontato con il volume minimo richiesto ai fini dell'invarianza idraulica pari a 723.57 mc.

$$W_{tot} = 1097.45 \text{ mc} > W = 723.57 \text{ mc}$$

Si sottolinea il fatto che le vasche di laminazione verranno realizzate a una quota non interferente con la falda e con quote tali da permettere lo svuotamento interamente con funzionamento a gravità, senza richiedere l'utilizzo di pompe.

Si evidenzia inoltre che le tre vasche sono state dimensionate in modo tale da garantire un franco di sicurezza importante con riferimento ad eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 20 anni; infatti, in tutte le vasche il livello massimo raggiunto dal pelo libero sarà sempre ben inferiore alla quota di 279.50 m s.l.m (quella che garantisce appunto un invaso complessivo di quasi 1100 mc di acqua, superiore di oltre il 50% alle esigenze "normative" solitamente previste nelle aree C dal citato R.R. 7/2017), con un franco di sicurezza idraulica di oltre 50 cm rispetto alle porzioni ad altimetria minore dell'intero intervento, corrispondenti nel caso specifico all'intera rotatoria sottostante al cavalcavia della S.S.n.38 e con sedime contiguo o vicino a tutte le n. 3 depressioni morfologiche invariati.

Infine, come si evince dagli elaborati grafici di progetto, la vasca di laminazione W1 verrà realizzata prevedendo uno strato di pietrame sul fondo di spessore pari a 50 cm, così da facilitare nelle fasi successive all'evento meteorico intenso – e quindi conseguentemente al funzionamento della vasca – la percolazione dell'acqua nel sottosuolo e velocizzare lo svuotamento della vasca: tale soluzione permetterà di evitare fenomeni di ristagno localizzati, garantendo perciò anche migliori condizioni di salubrità dell'area.

Unitamente agli aspetti sopra esposti si può inoltre affermare che lo strato di pietrame al fondo, a seguito della porosità caratterizzante lo strato stesso, garantisce anche un ulteriore volume di compensazione idraulica di invarianza idraulica che si andrà quindi a sommare con i volumi sopra reperiti, e quindi a maggior favore di sicurezza idraulica (contributo secondario ma non trascurabile).

#### 4.5 Verifica idraulica delle dimensioni della strozzatura finale

Per il sistema di fognatura bianca di progetto oggetto di laminazione resta solamente da verificare l'efficacia idraulica della tubazione terminale avente la funzione di "strozzatura limitatrice di portata".

Sempre con riferimento al regolamento regionale 7/2017, l'art. 8 "Valori ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori" recita testualmente al comma 1:

*"Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili [...] c) per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento".*

Successivamente al comma 5 viene così riportato:

*"Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi di cui all'articolo 1, comma 1, le portate degli scarichi nel ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti, ricadenti nelle aree A e B di cui all'articolo 7, già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie, sono limitate mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, fuorché per gli scarichi direttamente recapitanti nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio, che non sono soggetti a limitazioni della portata".*

Con riferimento sempre alla porzione Est di intervento, per la quale si prevede la laminazione a seguito delle opere di progetto, il dimensionamento della strozzatura verrà implementato stimando la portata massima ammissibile in uscita dalla strozzatura stessa come segue.

In primo luogo, si sottolinea che, per quanto già affermato al capitolo precedente, l'intervento di progetto non richiederebbe l'applicazione del principio di invarianza idraulica a seguito di quanto previsto al comma 3 punto b) dell'art. 3 del r.r. 7/2017, per il quale gli interventi classificati come ammodernamento non sono tenuti all'applicazione del principio di invarianza idraulica.

Tenuto conto del fatto che l'intervento consiste nel rifacimento dello svincolo esistente, prevedendo una viabilità in parte modificata rispetto allo stato attuale, e quindi un ammodernamento dell'area anche in termini di sicurezza idraulica, dotando il sistema di una rete di raccolta delle acque meteoriche, si è ritenuto comunque opportuno – come detto - prevedere l'applicazione del principio di invarianza idraulica. Tale assunzione garantirà così una maggiore sicurezza idraulica in concomitanza di eventi meteorici intensi sia della nuova viabilità di progetto, sia del canale ricettore delle acque meteoriche di piattaforma e di versante.

Per l'applicazione del principio di invarianza idraulica il comma 1 punto c) dell'art. 8 del r.r. 7/2017 stabilisce che per le aree classificate come C, ovvero bassa criticità idraulica, la portata massima ammissibile scaricabile dalla strozzatura nel ricettore finale è pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile di intervento.

Tenendo però in considerazione che l'incremento di impermeabilità a seguito dell'intervento è limitato rispetto allo stato attuale, e che l'area già attualmente impermeabilizzata – comunque considerata nell'applicazione del principio di invarianza – sarebbe da considerare con la sua naturale portata, e non attenuata o laminata, si ritiene adeguato applicare esclusivamente per tale area quanto previsto al comma 5 dell'art. 8 del r.r. 7/2017. Tale affermazione viene avallata anche dal fatto per cui, essendo l'intervento definibile come ammodernamento dell'infrastruttura stradale, secondo il regolamento vigente non sarebbe richiesta l'applicazione del principio di invarianza idraulica. Conseguentemente, sempre con riferimento all'area Est di intervento per la quale si prevede l'applicazione dell'invarianza, solamente per la porzione attualmente impermeabilizzata si considera un coefficiente udometrico pari a 40 l/s per ettaro, come previsto al comma 5 dell'art. 8 del r.r. 7/2017.

Con riferimento quindi all'area Est di intervento, la porzione impermeabile risulta pari a 10163.63 mq allo stato attuale, mentre pari a 18089.16 mq allo stato di progetto; risulta perciò un incremento di impermeabilizzazione pari a 7925.54 mq.

**La portata massima ammissibile in uscita dall'unica strozzatura terminale (ubicata in fondo alla depressione morfologica principale W1, ove collettano tutte le singole sottoreti fognarie a servizio dell'area Est laminata) è stimabile quindi come segue:**

$$Q_{max} = 40 \text{ l/s per ha} \times 10163.63 \text{ mq}/10000 + 20 \text{ l/s per ha} \times 7925.54 \text{ mq}/10000 = 56.51 \text{ l/s}$$

La portata massima ammissibile in uscita dalla strozzatura sarà quindi pari a 56 l/s circa, relativa esclusivamente alla porzione Est di intervento, per la quale si prevede l'applicazione del principio di invarianza idraulica.

Per stimare la portata defluente dalla strozzatura, si possono usare diverse formule, dipendenti dalle modalità idrauliche di funzionamento nel condotto e quindi dalle condizioni al contorno. Ipotizzando un funzionamento della strozzatura a battente con tratto breve e sbocco libero, la portata massima smaltibile dalla strozzatura viene calcolata con la seguente formula:

$$Q = \mu \times A \times (2 \times g \times h)^{1/2}$$

con  $\mu = 0.6$  e  $h$  il battente.

Considerando un battente di 90 cm circa (dislivello che si realizza tra il massimo livello di riempimento all'interno della vasca di laminazione W1 (279.50 m) ed il baricentro della strozzatura), la portata massima teoricamente ammessa transita mediante una condotta con diametro interno dell'ordine di quasi 170 mm.

Dimensionamento strozzatura	
Lotto di intervento	56.51 l/s
<b>Portata ammissibile</b>	<b>56.51 l/s</b>
Battente massimo	90.59 cm
Diametro	169 mm
Portata defluente	56.71 l/s

A seguito di quanto sopra, il diametro commerciale immediatamente inferiore al diametro “teorico” sopra stimato è quello relativo ad una condotta in PVC DN160 (diametro interno 150.6 mm), mentre il diametro commerciale immediatamente superiore è relativo ad una condotta in PVC DN200 (diametro interno 188.2 mm).

In particolare con un battente di 90 cm circa, la condotta in PVC DN160 (diametro interno 150.6 mm) consentirà il passaggio di una portata pari a 45 l/s circa, mentre la condotta in PVC DN200 (diametro interno 188.2 mm) garantisce lo smaltimento di una portata pari a 70 l/s circa.

Dimensionamento strozzatura		Dimensionamento strozzatura	
Lotto di intervento	56.51 l/s	Lotto di intervento	56.51 l/s
<b>Portata ammissibile</b>	<b>56.51 l/s</b>	<b>Portata ammissibile</b>	<b>56.51 l/s</b>
Battente massimo	90.59 cm	Battente massimo	90.59 cm
Diametro	150.6 mm	Diametro	188.2 mm
Portata defluente	45.04 l/s	Portata defluente	70.33 l/s

mu = 0,6	Diametro tubo di scarico (mm)									
	80	100	120	150	160	180	200	250	296	315
battente	portata defluente in l/sec									
h (ml)										
0.2	5.97	9.33	13.44	20.99	23.88	30.23	37.32	58.31	81.75	92.58
0.3	7.31	11.43	16.45	25.71	29.25	37.02	45.71	71.42	100.12	113.38
0.4	8.44	13.19	19.00	29.69	33.78	42.75	52.78	82.47	115.61	130.92
0.5	9.44	14.75	21.24	33.19	37.77	47.80	59.01	92.20	129.25	146.38
0.6	10.34	16.16	23.27	36.36	41.37	52.36	64.64	101.00	141.59	160.35
0.7	11.17	17.45	25.14	39.27	44.68	56.55	69.82	109.09	152.93	173.20
0.8	11.94	18.66	26.87	41.99	47.77	60.46	74.64	116.63	163.49	185.15
0.9	12.67	19.79	28.50	44.53	50.67	64.13	79.17	123.70	173.41	196.39
1.0	13.35	20.86	30.04	46.94	53.41	67.59	83.45	130.39	182.79	207.01
1.1	14.00	21.88	31.51	49.23	56.02	70.89	87.52	136.76	191.71	217.11
1.2	14.63	22.85	32.91	51.42	58.51	74.05	91.42	142.84	200.24	226.77
1.25	14.93	23.33	33.59	52.48	59.71	75.57	93.30	145.78	204.37	231.44
1.3	15.22	23.79	34.25	53.52	60.89	77.07	95.15	148.67	208.41	236.03
1.4	15.80	24.69	35.55	55.54	63.19	79.98	98.74	154.28	216.28	244.94
1.5	16.35	25.55	36.79	57.49	65.41	82.79	102.21	159.70	223.87	253.53
1.6	16.89	26.39	38.00	59.38	67.56	85.50	105.56	164.93	231.21	261.85
1.7	17.41	27.20	39.17	61.20	69.64	88.13	108.81	170.01	238.33	269.91
1.8	17.91	27.99	40.31	62.98	71.65	90.69	111.96	174.94	245.24	277.73
1.9	18.40	28.76	41.41	64.70	73.62	93.17	115.03	179.73	251.96	285.34
2.00	18.88	29.50	42.49	66.38	75.53	95.59	118.02	184.40	258.50	292.76
2.1	19.35	30.23	43.54	68.02	77.40	97.95	120.93	188.96	264.89	299.99
2.2	19.80	30.94	44.56	69.62	79.22	100.26	123.78	193.40	271.12	307.04

Si può quindi affermare, alla luce di tutti gli elementi tecnici di valutazione appena illustrati, che il tratto di rete fognaria terminale della dorsale fognaria bianca di progetto a servizio della porzione di piattaforma stradale soggetta a laminazione, con funzione di “strozzatura”, risulta adeguatamente dimensionato con una condotta in PVC SN8 DN200 (diametro interno 188.2 mm).

Va precisato che la scelta del diametro leggermente superiore a quello “teorico” stimato è funzione del fatto che il reale funzionamento del tratto “strozzato” non avverrà sempre a sbocco libero, soprattutto in concomitanza di eventi meteorici intensi che possono causare l’instaurarsi di una condizione di rigurgito da valle, ovvero dal nuovo canale a nord, essendo stato quest’ultimo individuato come ricettore finale; risulta invece ben rappresentativa la condizione di tratto breve, essendo la strozzatura lunga pochi cm (passante la parete del pozzetto di troppo pieno, dal quale parte una condotta DN500 “di sicurezza” in caso di malfunzionamenti o occlusioni della stessa strozzatura limitatrice).

A seguito di quanto detto, per evitare il rigurgito del canale durante gli eventi di picco all’interno della rete fognaria di progetto a servizio della piattaforma stradale, si prevede l’installazione in corrispondenza della strozzatura di una valvola a clapet a parete.

Un aspetto comunque da evidenziare, già precedentemente esposto, è legato al fatto per cui gli eventi critici del sistema di drenaggio della piattaforma stradale si possono considerare “solitamente non perfettamente coincidenti” con il verificarsi degli eventi critici per il canale ricettore di versante, alla luce dei rispettivi e assai diversi tempi critici (di corrivazione) delle piogge peggiori sollecitanti: tale condizione garantisce perciò ancora maggiore sicurezza in termini idraulici sulla capacità di smaltimento dell’intero sistema scolante di progetto.