



## STAZIONE APPALTANTE



### **COSMO S.p.A.**

Via Achille Grandi, 45/c - 15033 - Casale Monferrato (AL)  
pec: info@cosmocasale.it

## IMPRESA



### **ETICA S.P.A.**

Via Antiniaia, 115 - 80078 - Pozzuoli (NA)  
mail: info@eticaspa.it

## PROGETTAZIONE



### **C.G.A. S.R.L. - Prof. Ing. G. M. Baruchello**

Via A. Tigri, 11 - 00197 - Roma (RM)  
mail: cga@cgaonline.it

## ELABORATO

### RELAZIONI TECNICHE

#### Verifica idraulica corpo idrico ricettore

#### CODIFICA

prog.	tipo elab.	argomento	progress.	revisione	data	scala	plot
PFTE	REL	DOC	008	B	12/25	-	A4

rev	data	descrizione	redatto	approvato
a	07/25	Emissione	E.G.	CGA
b	12/25	Emissione	E.G.	CGA
c	.	.	.	.
d	.	.	.	.
e	.	.	.	.

## SOMMARIO

1.	Caratteristiche del corpo idrico ricettore .....	2
2.	Verifica idraulica del corpo idrico ricettore .....	6
2.1	Verifica idraulica – Stato attuale .....	7
2.2.1	<i>Verifica della sezione del canale tramite portata di piena</i> .....	12
2.2	Verifica idraulica – Stato attuale .....	13
2.2.1	<i>Verifica della sezione del canale tramite portata di piena</i> .....	13
3.	CONCLUSIONI .....	14

## 1. Caratteristiche del corpo idrico ricettore

Le acque meteoriche prodotte dall'impermeabilizzazione delle superfici prevista dagli interventi in progetto verranno raccolte e drenate attraverso due reti di drenaggio dedicate di cui una a servizio delle aree dei piazzali di manovra e viabilità mentre la seconda a servizio delle aree costituite dalle coperture degli edifici.

A valle della raccolta e drenaggio la gestione delle acque meteoriche prodotte è finalizzata a massimizzarne il recupero ed il riutilizzo come acqua tecnica per usi interni sfruttando, a questo scopo, le volumetrie di nuove vasche di accumulo.

Le acque meteoriche provenienti dalla viabilità saranno avviate ad una vasca per la separazione ed il trattamento delle acque di prima pioggia attraverso dissabbiatura e disoleazione.

Le acque trattate di prima pioggia e le acque di seconda pioggia saranno avviate ad una vasca di stoccaggio per il loro recupero a fini industriali di volume utile di 247,5 mc.

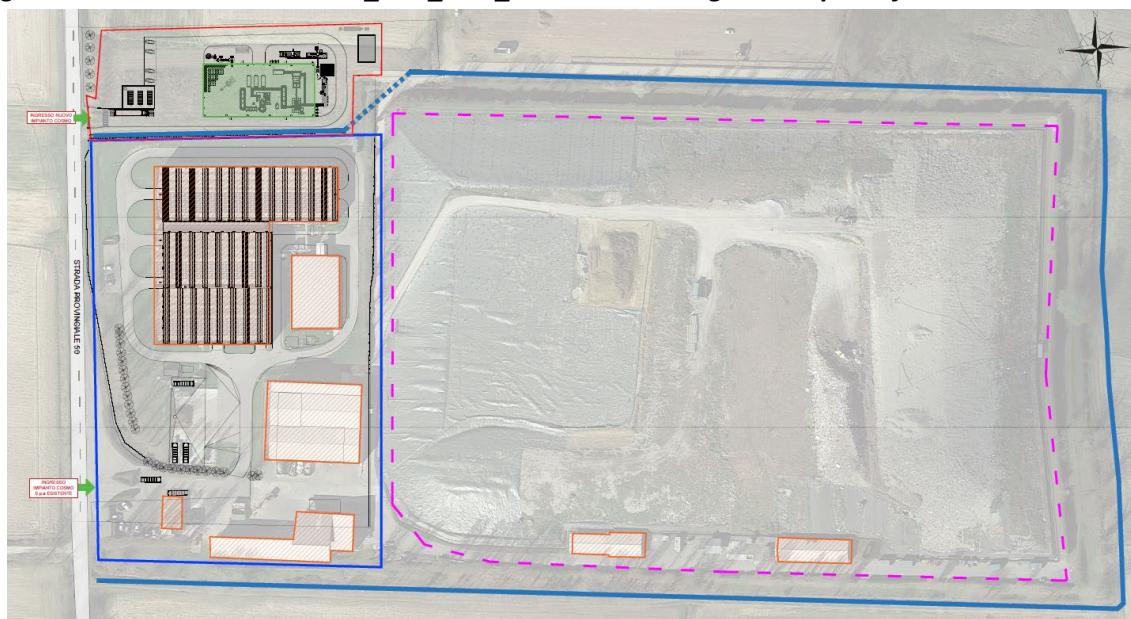
Il surplus eventuale delle acque di prima pioggia trattate e quelle di seconda pioggia sarà avviato allo scarico.

La portata di acqua allo scarico, pari ad un quantitativo massimo di circa 5 mc/giorno, avverrà in un pozzetto di scarico e convogliato in un canale di scolo realizzato lungo il perimetro di uno dei lati della discarica adiacente, di proprietà del proponente.

Detto scarico dovrà avvenire dopo un punto di campionamento per il controllo dei parametri dell'acqua depurata, i quali dovranno rispettare i valori di **tabella 4 Allegato V alla parte III del D.lgs. 152/2006**, ossia valori per scarico acque su suolo.








Successivamente, la portata sarà reimpressa nel fosso recettore, sommando il proprio contributo idrico a quello già previsto dallo scarico dell'impianto esistente.

Si allega un estratto della tavola **PFTE\_EGR\_GEN\_001 Planimetria generale piattaforma** con relativa legenda.



*Stralcio della tavola PFTE\_EGR\_GEN\_001 Planimetria generale piattaforma*

**LEGENDA:**

-  Area nuovo Impianto COSMO S.p.A.
-  Area Impianto esistente COSMO S.p.A.
-  Area discarica
-  Canale di scolo acque
-  Canale di scolo acque interrato
-  Costruzioni esistenti
-  Capannone nuova costruzione

Preliminarmente si è effettuata la verifica idraulica del corpo idraulico superficiale cui afferisce parte delle acque meteoriche ruscellanti sulla discarica adiacente, cui si aggiungerà la portata massima di acqua depurata pari a circa 5 mc/giorno ( $\approx 0,06 \text{ l / sec}$ ).

Attraverso un sopralluogo effettuato sul campo si sono analizzate le caratteristiche del canale in questione: esso possiede sezione trapezoidale più o meno costante lungo il percorso di proprietà della discarica (319 metri) ed è caratterizzato da un fitto inerbimento delle sponde ed un fondo terroso, asciutto e secco. Per la porzione in questione, la larghezza di base della sezione trapezia varia da un minimo di 0,90 m ad un massimo di 1,40 metri, così come l'altezza della stessa sezione può variare da un minimo di 0,70 m ad un massimo di 1,00 metri. Di seguito si riporta la documentazione fotografica del corpo idrico oggetto di studio.









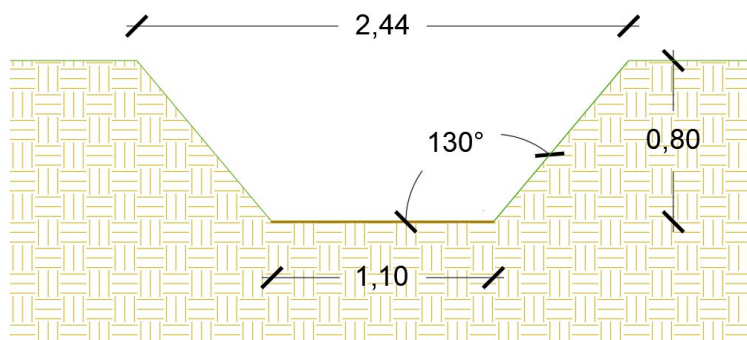
Le immagini sopra riportate confermano un fitto inerbimento arbustivo ed una vegetazione spontanea nelle sponde del fosso.: detta vegetazione è composta da arbusti nel lato recinzione discarica.

Il fondo del fosso si mantiene più o meno per tutto il percorso secco e terroso, arricchito di fogliame e di rado caratterizzato dalla crescita di qualche arbusto spontaneo.

Per quanto riguarda infine l'inclinazione delle sponde si ipotizza un angolo interno di circa 130° rispetto l'orizzontale, più o meno costante lungo il percorso. Si riporta a tale scopo la sezione trapezoidale del corpo



idrico superficiale ritenuta significativa ai fini della verifica idraulica, in quanto caratterizzata dalle misure medie riscontrate nel tratto in esame:



*Sezione significativa del corpo idrico ricettore*

## 2. Verifica idraulica del corpo idrico ricettore

Scopo del presente paragrafo è la **determinazione della portata di piena** e conseguente **verifica** del canale ricettore delle acque meteoriche, per la porzione di proprietà dell'impianto di trattamento di lunghezza 319 metri. Si prende come sezione significativa di detto canale quella riportata e descritta nel precedente paragrafo, assunta costante lungo tutto il percorso e con base maggiore circa 2,44 metri, come esemplificazione del problema.

Si è localizzato innanzitutto il "bacino imbrifero" del sistema di corpi idrici in questione, facendo riferimento al vicino Torrente Rotaldo, il quale fa parte, nella mappa dei bacini idrografici, del grande sotto-bacino idrografico Po-Piemontese di superficie totale pari a 3538 km<sup>2</sup>.



*Sottobacino idrografico "Po Piemontese" – Fonte dati: "Reportorio Corpi Idrici: tipo, natura, stato – Piano di Gestione del distretto idrografico del Fiume Po"*

L’oggetto della verifica idraulica è quello della determinazione della “massima piena prevedibile” nelle condizioni più gravose di massimo afflusso di acqua piovana, nella situazione attuale ovvero prima dell’immissione delle acque meteoriche e nella situazione di progetto, con l’immissione dello scarico.

## 2.1 Verifica idraulica – Stato attuale

Operativamente, si è scelto di associare a ciascun valore di portata di piena, considerato come un evento casuale, una certa probabilità tale da poter pervenire nel modo più realistico possibile alla verifica del contenimento degli eventi di piena.

Tra i metodi disponibili si è valutato il **metodo cinematico razionale** in quanto, riferendosi a formule derivanti da uno schematico bilancio idrologico durante l’evento di piena, risulta più attendibile: il dato in ingresso è un dato pluviometrico disponibile in misura tale da costituire una mole maggiormente significativa rispetto ad altre informazioni.

L’espressione parte dal volume d’acqua che defluisce durante un evento di piena, cioè dalla relazione:

$$W = \phi \times h \times A$$

dove:

- **h** è l’altezza della pioggia caduta;
- **A** è la superficie del bacino;
- **$\phi$**  è il coefficiente di deflusso;
- **W** è il volume d’acqua.

In una determinata sezione del fosso questo volume defluisce completamente nel periodo di pioggia  $\tau_p$  e in un periodo successivo  $\tau_c$  uguale al tempo necessario affinché una particella d’acqua possa giungere dai punti più lontani del sotto-bacino fino alla sezione considerata (tempo di corrvazione); onde la portata media defluita nell’intervallo di tempo  $\tau_p + \tau_c$  sarà:

$$Q_m = W / (\tau_p + \tau_c)$$

L’andamento della portata, dovuta ad una pioggia di intensità costante e di durata  $\tau_p$  maggiore di  $\tau_c$ , al trascorrere del tempo è il seguente:

- il deflusso causato dalle gocce d’acqua che affluiscono alla sezione cresce man mano che queste gocce giungono da punti più lontani, l’ultima che incrementa la portata proviene dal punto più lontano ed impiega, a percorrere tale distanza, un tempo che è pari al tempo di corrvazione  $\tau_c$ .
- da questo istante la portata ha raggiunto il suo valore massimo, infatti tutta la superficie del bacino contribuisce al deflusso; nell’istante successivo la portata non può più crescere e rimarrà costante e pari al valore massimo sino all’istante  $\tau_p$  in cui cessa la pioggia, da qui in poi la portata decresce sino a zero al tempo  $\tau_p + \tau_c$ .

Dunque il valore massimo di portata si ha al tempo  $\tau_p$ .

Se  $\tau_p = \tau_c$  allora la portata massima si raggiunge solo per un istante e varrà:

$$Q_{max} = \phi \times h \times A / \tau_c$$

dove h diventa l’altezza di pioggia della durata  $\tau_c$ .



Il valore di  $h$  corrisponde ad un determinato evento critico associato ad un prefissato periodo di ritorno, ovvero  $h = h_{cr}$  è l’altezza di pioggia di durata  $\tau_c$  che, se associata alle curve di possibilità pluviometrica, dà la probabilità che si verifichi quell’evento meteorico e quindi anche la probabilità di avere un deflusso di quella misura.

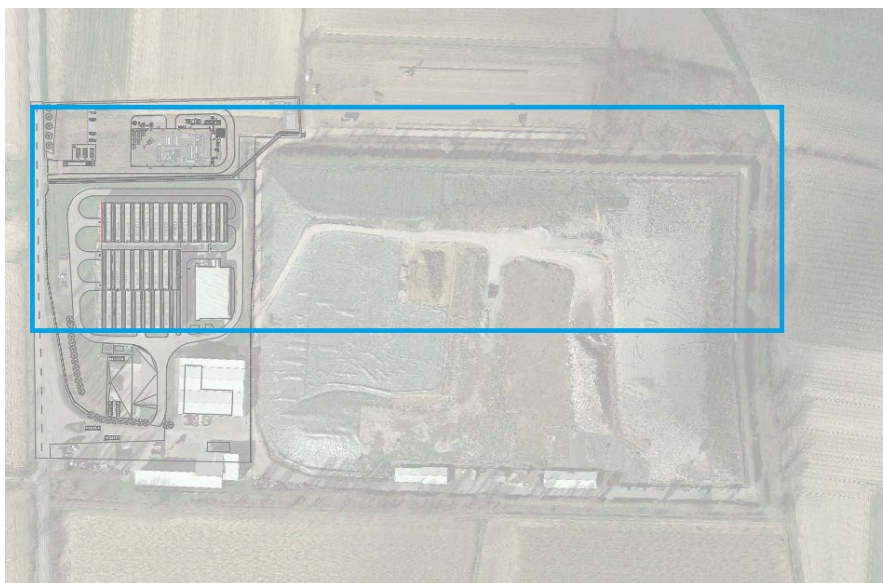
L’espressione precedente viene quindi modificata nella:

$$Q_{max} = \phi \times h_{cr} \times A / \tau_c$$

dove:

- $\phi$  è il coefficiente di deflusso adimensionale che riduce la portata meteorica tenendo conto delle infiltrazioni, dell’evapotraspirazione, dei volumi di invaso del terreno e di quant’altro concorrente alla riduzione della portata;
- $h_{cr}$  è l’altezza critica di precipitazione per un determinato periodo di ritorno scelto in base all’importanza dell’opera e ad un’analisi di tipo economico, ed è espressa in metri;
- $A$  è la superficie del bacino imbrifero espressa in metri quadri;
- $\tau_c$  è la durata del tempo di corrivazione espresso in secondi.

Per stimare ed ipotizzare l’area di “bacino imbrifero” afferente al corpo idrico ricettore in questione, da utilizzare ai fini del calcolo e da inserire nell’equazione, è stata presa come riferimento un’area pari alla metà della totale del complesso, in quanto si considera la porzione di fosso in esame, nella quale avviene lo scarico delle acque, adibita proprio alla raccolta delle acque meteoriche di detta superficie:



Si considera quindi come area di riferimento per la raccolta delle acque piovane afferenti al fosso ricettore, la superficie a Nord del complesso, in quanto la restante parte a Sud si considera confluyente nelle restanti parti di fosso che circondano l’intero polo scarica. La superficie di “bacino” considerata è circa 48.375 m<sup>2</sup>.

Nell’effettiva realtà dunque, l’area da considerare per la verifica idraulica sarebbe sicuramente molto inferiore.

Questo metodo di calcolo della portata di piena viene applicato soprattutto per piccoli bacini quale è quello in esame, e dà risultati tanto più validi quanto più attendibili e numerosi sono i dati pluviometrici a disposizione.

Nel seguito vengono discussi e ricavati i termini dell'equazione.

### Determinazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, cioè l'intervallo temporale che impiega una particella d'acqua perché possa giungere dal punto più lontano del bacino alla sezione considerata, è stato ricavato applicando la formula di Turazza secondo cui:

$$t_c = 1,085 \times A^{0,5} = [\text{ore}] \text{ dove } A \text{ é la superficie del bacino espressa in km}^2$$

Il tempo di corrivazione si ricava essere pari a:

$$t_c = 1,085 \times 0,048375^{0,5} = 0,2386 \text{ ore} = 14 \text{ minuti} = 859,10 \text{ secondi}$$

### Determinazione del coefficiente di deflusso globale

Con il termine "pioggia efficace" si intende quella frazione di precipitazione che contribuisce al deflusso diretto, dato dal deflusso superficiale e dalla frazione più rapida del deflusso sotto-superficiale.

Il deflusso diretto coincide con il volume del corpo principale di una piena. È quindi evidente l'importanza del calcolo della pioggia efficace ai fini della ricostruzione di eventi di piena reali o della definizione della piena di progetto.

Esistono numerosi metodi per il calcolo della pioggia efficace, metodi che presentano livelli di complessità diversi. Usualmente, si parametrizza la pioggia efficace sulle caratteristiche morfometriche, geolitologiche, pedologiche e vegetazionali del bacino.

Il coefficiente di deflusso  $\phi$  (detto C nella successiva tabella) è dato dal rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo ed il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale.

Valori di C proposti in una guida della F.A.O. con riferimento alla singola piena

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Facendo riferimento al secondo tipo di suolo (mediamente permeabile, di medio impasto o simile), con coltivi come copertura del bacino, si può assumere  $\phi = 0,40$ .

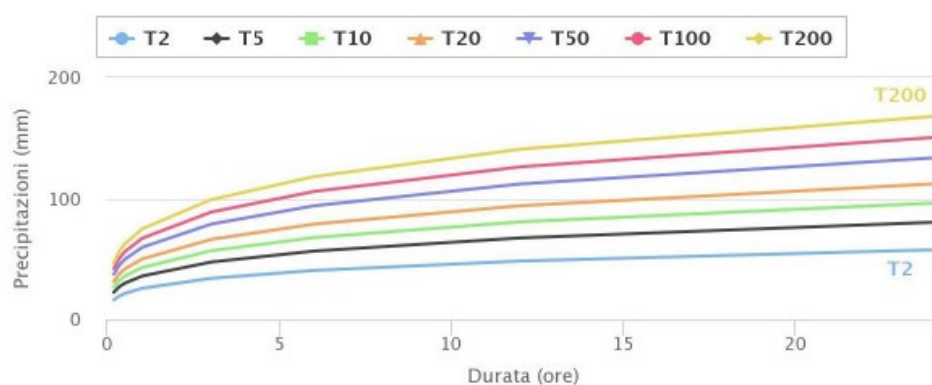
### Determinazione dell'altezza critica di precipitazione

Il calcolo dell'altezza critica di precipitazione è stato fatto avvalendosi del sito web di Arpa Piemonte "Atlante delle piogge intense" nel quale il territorio Regionale è suddiviso in maglie quadrate, nelle quali per ognuna si ottengono le curve di possibilità pluviometriche per diversi tempi di ritorno (2,5,10,20,50,100,200 anni):



Nel cerchio in rosso è indicata la cella di interesse.

Nella cella di interesse, si sono stimate le altezze "critiche" di precipitazione, con l'applicazione della legge di distribuzione GEV (Generalized extreme-values), adottando come parametri della curva di possibilità pluviometrica  $a = 27.89$  ed  $n = 0.25$ .



*Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno*



<i>Durata Precipitazione <math>\tau_p</math></i>	<b>Tr = 2</b>	<b>Tr = 5</b>	<b>Tr = 10</b>	<b>Tr = 20</b>	<b>Tr = 50</b>	<b>Tr = 100</b>	<b>Tr = 200</b>
	<b>Altezze di precipitazione hcr (mm)</b>						
<b>10 minuti</b>	16,00	22,30	26,80	31,20	37,20	41,90	46,70
<b>14 minuti = <math>\tau_c</math></b>					<b>40,28</b>		
<b>20 minuti</b>	19,30	27,00	32,30	37,60	44,90	50,50	56,40
<b>30 minuti</b>	21,50	30,00	35,90	41,80	49,90	56,20	62,70
<b>1 ora</b>	25,60	35,80	42,90	50,00	59,60	67,10	74,90
<b>3 ore</b>	33,90	47,30	56,70	66,10	78,70	88,70	99,00
<b>6 ore</b>	40,40	56,40	67,60	78,80	93,90	105,70	118,00
<b>12 ore</b>	48,20	67,30	80,60	93,90	112,00	126,10	140,70
<b>24 ore</b>	57,50	80,20	96,10	112,00	133,50	150,40	167,80

### Calcolo della portata di piena

Come descritto in precedenza, la portata massima calcolata con il metodo cinematico razionale fa riferimento ad un evento meteorico critico con durata della precipitazione  $\tau_p$  = tempo di corrivazione  $\tau_c$  pari a circa 14 minuti sopra calcolato. Dunque tramite interpolazione lineare dei valori ottenuti dalla tabella delle precipitazioni di Arpa Piemonte, si sono ottenuti i valori di altezza di precipitazione per una pioggia di durata pari a 14 minuti e per un tempo di ritorno di 50 anni (evidenziati in verde), utilizzati per il calcolo di  $Q_{max}$ .

Scegliere un tempo di ritorno pari a 50 anni, in base alla durata ipotizzata dell'opera rappresentata dal polo scarica, caratterizzato da un'altezza di precipitazione di 40,28 mm, costituisce un evento meteorico assolutamente estremo e critico, dunque l'ipotesi più cautelativa e prudentiale.

Inserendo nella formula del metodo cinematico razionale i valori di hcr ottenuti per i differenti eventi con le probabilità di non ritorno, si ottiene:

$$Q_{max} = \phi \times h_{cr} \times A / \tau_c$$

Utilizzando per il coefficiente  $\phi$  il valore di:

$$\phi = 0,40$$

si ottiene

$$Q_{max} = 0,91 \text{ mc/sec}$$

corrispondente alla massima portata prevedibile con il tempo di ritorno dell'evento meteorico critico di 50 anni.

Si deduce quindi che, nelle condizioni più gravose possibili, ossia:

- Evento assolutamente estremo, con tempo di ritorno 50 anni;
- Area del "bacino imbrifero" altamente sovrastimata;
- Altezza di precipitazione molto elevata;

La portata di piena massima che transita nella "sezione di chiusura" della porzione di corpo idrico ricettore risulta essere di circa **0,91 mc/secondo**.

### 2.2.1 Verifica della sezione del canale tramite portata di piena

Per verificare la sezione del canale la portata di piena si è proceduto come segue:

- Si è approssimata la sezione trapezoidale significativa per il calcolo ad una sezione circolare di uguale area: dunque si è calcolata una sezione circolare equivalente di  $D = 1,34$  metri
- L'altezza critica (ossia l'altezza, con la quale la portata di progetto  $Q_{max}$ , può transitare nella sezione in esame), si è calcolata con la formula interpolare (L. Da Deppo et Al., 2003):

$$h_c = 1,025 \cdot D \cdot \left( \frac{Q}{D^2 \cdot \sqrt{g \cdot D}} \right)^{0,515}$$

Dove:

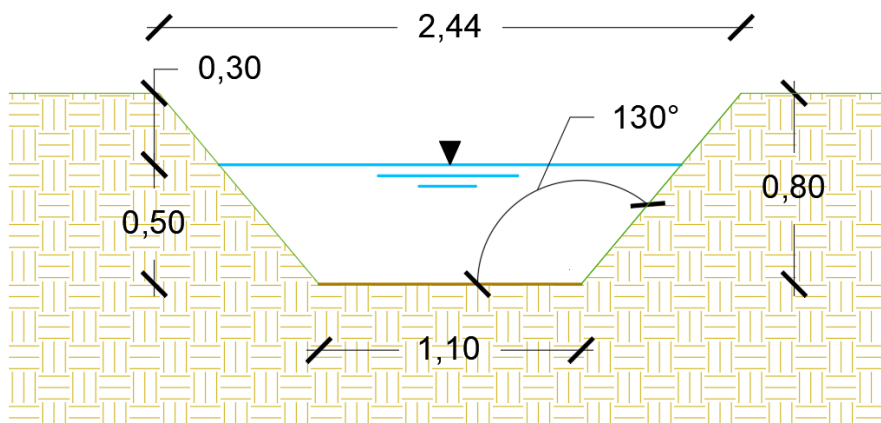
$h_c$  = altezza critica nella sezione in esame (m);

$D$  = diametro della "condotta" (m)

$Q$  = portata massima di piena (mc/secondo)

$g$  = accelerazione di gravità (mq/secondo)

Applicando detta equazione, con coefficiente di deflusso pari a 0,4 e nelle varie ipotesi cautelative citate in precedenza, si ottiene  $h_c = 0,50$  metri = **50 cm di riempimento idrico** nell'ipotesi  $Tr = 50$  anni. Ne risulta quindi un franco libero del canale pari a 30 cm nelle situazioni più critiche e cautelative. La verifica idraulica è dunque rispettata ed il canale è ampiamente in grado di recepire la portata critica di precipitazione.



*Battente idraulico nel caso di portata di massima piena (ipotesi più grave  $Tr = 50$ )*

## 2.2 Verifica idraulica – Stato attuale

### 2.2.1 Verifica della sezione del canale tramite portata di piena

Nello stato di progetto, si considera cautelativamente una portata di scarico del surplus della vasca di recupero di 5 metri cubi/giorno e per compararla ai calcoli precedenti, si ipotizzano tutti i metri cubi immessi dall’impianto come volume di precipitazione defluito solo nell’area in esame e quindi si sommano al numeratore della formula:

$$Q_{\max} = (\phi \times h_{cr} \times A)_{\text{pioggia}} + V_{\text{impresso}} / \tau_c$$

Nello stato attuale il volume critico di pioggia è  $\phi \times h_{cr} \times A = 780 \text{ mc}$  defluiti facendo riferimento ad una precipitazione critica della durata di 14 minuti. L’impianto scarica 5 mc al giorno, che equivalgono cautelativamente in 14 minuti solamente a **0,06 metri cubi** da sommare al numeratore nella formula riportata in precedenza.

Dunque, nelle ipotesi più prudenziali possibili, la portata di piena della porzione di fosso interessata dallo scarico nell’ipotesi di acqua immessa dal permeato sommata alla precipitazione critica varia di pochissimo.

Si noti che 0,06 metri cubi immessi corrispondono addirittura ad una quantità pari allo **0,007 %** rispetto al volume critico di precipitazione defluito durante un evento critico.

Da questo risultato si deduce che la portata di piena della sezione **da precipitazione “indotta” dalla portata di acque di scarico**, è assolutamente esigua e non aggrava in nessun caso la portata critica nello stato attuale, nelle condizioni più critiche, in quanto ne deriva un aumento impercettibile di battente.

L’immissione della portata di scarico, ipotizzata tutta come precipitazione, non produce nessun problema e aggravamento di battente rispetto alla verifica idraulica più critica possibile: tramite portata di massima piena non si osservano incrementi di battente critico dovuti all’ingresso dell’acqua depurata dall’impianto.

Rimane in ogni caso un **franco di sicurezza libero nella sezione di 30 cm**, dunque la verifica idraulica del fosso è soddisfatta ampiamente in quanto il corpo ricettore è in grado di recepire la portata di pioggia e di scarico di acque dell’impianto sia nello stato attuale sia nello stato di progetto in cui la portata immessa si somma alla precipitazione.



### 3. CONCLUSIONI

Si può concludere che, in tutti i casi di:

- Evento meteorico estremo di precipitazione;
- Evento meteorico estremo di precipitazione + immissione della portata di scarico dell’impianto;
- Dati sovrastimati di area afferente al fosso ricettore e altezze di precipitazione;
- Non considerazione di fenomeni evapotraspirativi e di infiltrazione;
- Tutto il volume di acque scaricate in un giorno immesso come precipitazione.

**Non si creeranno problemi idraulici di nessun tipo al corpo idrico ricettore analizzato.**

A garanzia di completa sicurezza si provvederà alla manutenzione e al monitoraggio del fosso, oltre allo stop dell’impianto e quindi stop dell’immissione della portata d’acqua di scarico nei remoti casi in cui si dovesse assistere a problemi idraulici.