



Regione Piemonte
Provincia del Verbano Cusio Ossola
Comune di Formazza
Cava di serizzo BORT Sopra Foppiano

DOMO GRANITI s.r.l.

Via Leonardo da Vinci, 36 – 28859 Trontano (VB)

**PROGETTO DI VARIANTE DEL PIANO DI COLTIVAZIONE
PER LA RIPRESA DELL'ATTIVITA' ESTRATTIVA**
(Autorizzazione D.D. N. 77 del 03.12.2014 proroga
D.D. N. 1279 del 02/12/2019 scaduta in data 22.06.2022)

FASE DI VALUTAZIONE DELLA PROCEDURA DI V.I.A.

D. Lgs 152/2006 e s.m.i. - Allegato A Cat. A.s2 della L.R.13/2023

ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE

L.R. 23/2016 – L.R. 45/89 – D. Lgs 42/2004 – D. Lgs 152/2006 e s.m.i.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
INTEGRAZIONI**

Verbale prima seduta Conferenza di Servizi del 30/01/2025

Progettazione ed elaborazione grafica:

dott. geol. Claudio GAGLIARDI

Domicilio fiscale : Via Attilio Binda, 175 - 28845 Domodossola (VB)

Studio: c/o Domo Graniti srl

Via Leonardo da Vinci 36 – 28859 Trontano (VB)

Tel. 0324.249096 - 334/6219434

E-mail: cgagliardi.geologo@gmail.com



Agr. dott. Nat. Stefano CROSETTO

Via Puccini, 5 - 10036 Settimo Torinese (TO)

Tel. 347/0908182

E-mail: stefano.crosetto@gmail.com



Maggio 2025

ALLEGATO N. 4_RELAZIONE IDROLOGICA/IDRAULICA - INTEGRAZIONI

PREMESSA

Con la presente relazione si analizzano le caratteristiche idrologiche dei bacini idrici del Rio Crorello (o Foppiano) e del Rio Pianezze, con particolare attenzione alle portate di piena e al loro comportamento idraulico in occasione di eventi di precipitazione eccezionale. Non verranno elencate tutte le metodologie ed i calcoli eseguiti per l'analisi, essendo già esplicitati nella relazione di cui questa è una integrazione, ma solamente i risultati ottenuti e pertinenti all'integrazione.

Sulla tavola n. 53_INT si rappresentano invece i particolari costruttivi delle opere stesse che riguardano anche la regimazione della parte conclusiva del Rio Pianezze che viene spostato sul margine Sud dell'area richiesta in autorizzazione.

REGIMAZIONE IDRAULICA ACQUE SUPERFICIALI

IDROGRAFIA E BACINI IMBRIFERI

I quattro bacini idrici in esame presentano caratteristiche differenti sia per estensione che per tempi di corrivazione, con il Rio Pianezze (bacino rosa) che si immette nel Rio Crorello (bacino blu) a valle dell'area di cava, posta a 980 m slm, contribuendo a incrementare le portate complessive. Così come il bacino del Rio senza nome che scorre sopra l'area di cava per essere poi deviato dall'opera muraria a nord dell'area di lavorazione, ed il bacino che comprende l'area d'estrazione stessa.

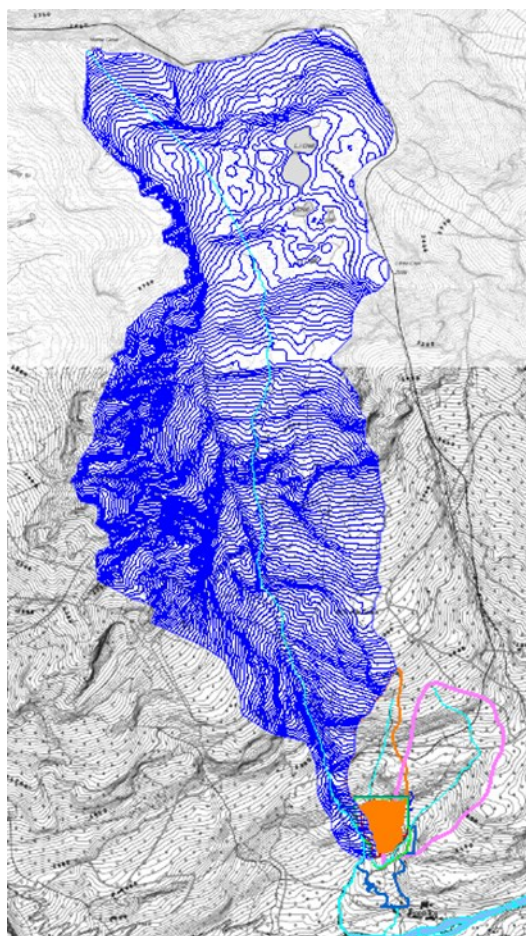


FIG. N. 1 - ESTRATTO DAL GEOPORTALE BDTRE DELLA REGIONE PIEMONTE, SI EVIDENZIA IL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE E SECONDARIO CON I TRE BACINI DEGLI IMPLUVI AFFERENTI ALL'AREA DI CAVA

Il Rio Crorello (o di Foppiano), stagionalmente percorso da valanga, presenta un bacino estremamente roccioso, privo di copertura con caratteristico alveo profondamente scavato e modellato nel substrato che non interferisce con l'area di cava per quanto riguarda il deflusso superficiale grazie alla sua stessa morfologia, che li separa tramite una dorsale posta tra il bacino e l'area di cava. Il bacino così individuato ha un'area di circa 224 ettari.

Il Rio Pianezze invece interferisce con l'area di cava in quanto nel tratto conclusivo transita all'interno dell'area disponibile confluendo, mediante una deviazione autorizzata,

nel Rio Crorello. Nell'ambito del presente progetto si prevede una ulteriore definitiva sistemazione del tratto conclusivo, mantenendo invariato il punto di confluenza per eliminare ogni interferenza con l'area della vecchia cava inferiore che viene interamente destinata al deposito degli sfridi di coltivazione che saranno prodotti.

La regimazione suddetta prevede la costruzione di un canale con le sponde delimitate da muri in massi per scogliera secondo il dimensionamento idraulico che si riporta nei seguenti capitoli.

Si ribadisce che il Rio Pianezze con apposita autorizzazione idraulica rilasciata dal Settore Opere Pubbliche e Difesa Suolo di Novara con prot. 2929/3878 del 09/06/1987 è stato deviato verso l'alveo del Rio Crorello rispetto al suo corso originario, che catastalmente scorreva al piede della pendice Est dell'area di cava, lungo l'area dell'originaria discarica mineraria, ormai da anni definitivamente recuperata e stralciata dall'area di cava attuale.

Successivamente ai sensi del R.D. 523/1904 e del D.P.G.R. 06.12.2004 n. 14/R è stata rilasciata con Determinazione N. 873 del 26.03.2010 l'autorizzazione idraulica per:

- mantenimento della deviazione del Rio Pianezze verso il Rio Crorello e relative opere;
- mantenimento di n. 1 attraversamento dell'alveo deviato del Rio Pianezze con la pista di accesso all'area di cava;

Con la presente si valutano pertanto le portate critiche in occasione di eventi meteorici con tempi di ritorno significativi ($T_R = 20, 100, 200, 500$ anni) per il dimensionamento del bacino del Rio Crorello e dell'impatto che avrà il Rio Pianezze nell'immissione di quest'ultimo.

Si eseguono le verifiche idrauliche ed i conseguenti dimensionamenti per le seguenti motivazioni e finalità:

- Rio Pianezze per la sistemazione della parte finale dell'alveo che viene adeguato al perimetro dell'area di stoccaggio degli sfridi di coltivazione;
- Rio Crorello per il calcolo dell'impatto idrico dell'immissione degli altri bacini idrici.

RIO CRORELLO

Il sito oggetto di indagine è costituito dalla Cava Bort, giacente in Comune di Formazza, lungo la Strada Statale 659, poco a ovest della Frazione Foppiano, sulla destra orografica. Le coordinate indicative del sito, nel sistema UTM zona 32N (datum WGS84) sono le seguenti:

E = 453 992 m: N = 5 131 431 m

Il bacino idrografico considerato non afferisce le acque nell'ambito della cava. Esso si sviluppa da Nord verso Sud. La sezione di chiusura, in corrispondenza del margine meridionale dell'area di cava, è posta alla quota di 980 m slm.

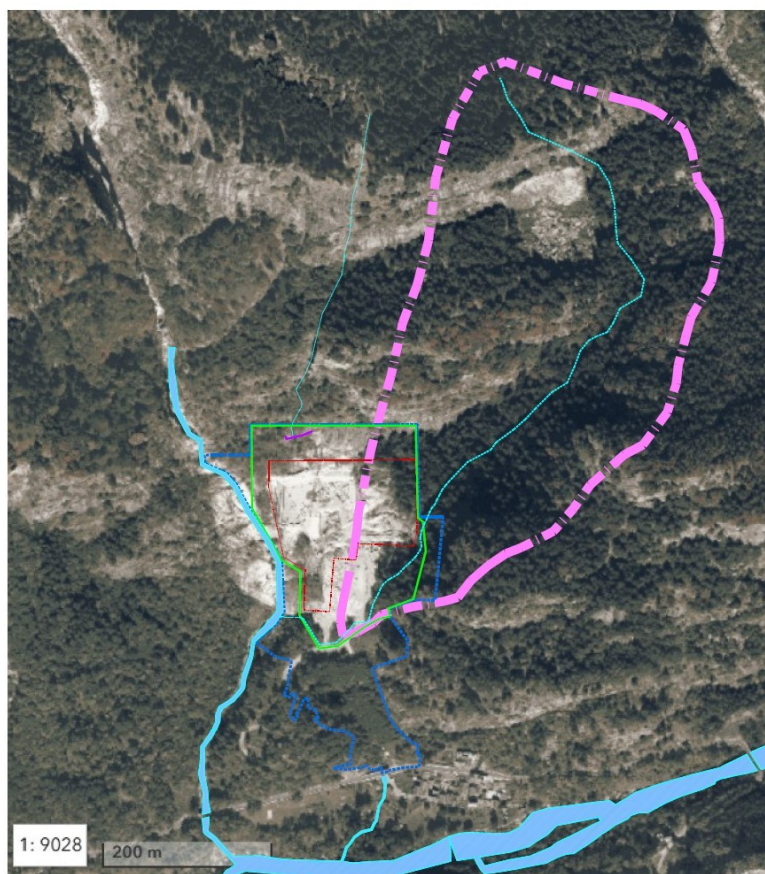


FIG. N. 2 - BACINO IMBRIFERO RIO PIANEZZE

Aspetti morfometrici

L'analisi morfometrica ha consentito di calcolare i seguenti parametri:

| Parametro | Unità di misura |
|-----------------------------|-----------------|
| QUOTA MASSIMA | m |
| QUOTA SEZIONE DI CHIUSURA | m |
| SUPERFICIE TOTALE | km ² |
| ALTEZZA MEDIA | m |
| ALTEZZA MEDIA RELATIVA | m |
| PENDENZA MEDIA DEI VERSANTI | |
| PENDENZA MEDIA DELL'ASTA | |
| LUNGHEZZA DELL'ASTA | km |
| FATTORE DI FORMA | |
| T _c (GIANDOTTI) | ore |
| T _c (TOURNON) | ore |

Quota massima e minima

Grandezze desunte direttamente dalla cartografia. La quota massima corrisponde a 3010 m slm. La quota minima (980 m slm) è quella a cui giace la sezione di chiusura nei pressi del limite sud del piano di cava.

Superficie del bacino

La superficie contribuente al deflusso viene misurata sulla scorta della Carta Regione Piemonte (BDTRE - sez. 051080) previa perimetrazione della stessa in funzione della morfologia del bacino stesso.

Altezza media e altezza media relativa

L'altezza media è calcolata come media ponderata rispetto alle superfici delle altezze medie associate alle areole delimitate dalle isoipse successive, considerate con equidistanza pari a 10 m ricavate dalla CTR regionale, attraverso la relazione:

$$H_m = e \times \frac{\sum_{i=1}^n h_{mi} \times a_i}{A}$$

Con " H_m " altezza media del bacino in m slm, " e " equidistanza tra le isoipse successive (in m), " h_{mi} " l'altezza media tra due isoipse successive, " a_i " la superficie planimetrica della porzione di bacino delimitata da due isoipse successive, in km², e " A " la superficie totale del bacino in km².

L'altezza media relativa, espressa in metri, è la differenza tra l'altezza media e la quota della sezione di chiusura (minima).

Pendenza media dei versanti

Per il calcolo di questo parametro si fa riferimento alla relazione:

$$y_m = e_i \frac{\sum l_i}{A}$$

In cui " y_m " è la pendenza media dei versanti, " e_i " l'equidistanza tra le isoipse considerate (in km), " l_i " la lunghezza delle singole isoipse (anch'essa in km) e " A " la superficie (km²) complessiva del bacino sotteso. Detto valore può essere utilizzato anche in percentuale. L'equidistanza fra le isoipse considerate è pari a 10 m.

Pendenza media dell'asta

Parametro utilizzato per il calcolo del tempo di corrivazione e calcolato mediante la relazione:

$$i_a = \left(\frac{L}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{i_{ai}}}} \right)^2$$

In cui: " i_a " è la pendenza dell'asta principale, " L " la lunghezza della medesima, " L_i " la lunghezza del tratto i-esimo di asta compreso tra due isoipse consecutive, " i_{ai} " la pendenza del tratto i-esimo.

Lunghezza dell'asta

Graficamente si ripercorre il tragitto più lungo percorribile dall'acqua nell'ambito della superficie indagata.

Tempo di corrivazione

Le caratteristiche morfometriche dell'area determinano la prontezza con cui gli afflussi si trasformano in deflussi. A tale proposito ci si riferisce normalmente al concetto di "Tempo di Corrivazione", indicando con questo termine il tempo impiegato dalla particella d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino, a contribuire al deflusso nella sezione di chiusura. Diversi autori propongono relazioni per la determinazione di questo intervallo di tempo. Per i bacini montani le espressioni più frequentemente utilizzate sono quelle di Giandotti e di Tournon-Merlo.

Nel caso specifico si adotta la formula di Giandotti che prevede l'utilizzo di tre fattori e si scrive:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

dove " t_c " è il tempo di corrivazione in ore, " A " la superficie del bacino in kmq, " L " la lunghezza idraulica dell'asta principale in km, " H_m " l'altitudine media del bacino e " H_0 " la quota della sezione di chiusura considerata, entrambe espresse in metri.

Morfometria

Operando come sopra indicato, per i bacini in esame si calcolano i seguenti parametri morfometrici:

| | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|-----|---------------|
| BACINO | | Rio Pianezze | PENDENZA MEDIA DEI VERSANTI | [-] | 1.02 |
| QUOTA MASSIMA | m | 3010 | PENDENZA MEDIA DELL'ASTA | [-] | 57.345 |
| QUOTA SEZIONE DI CHIUSURA | m | 980 | LUNGHEZZA DELL'ASTA | km | 3.6 |
| SUPERFICIE TOTALE | km ² | 2.24 | FATTORE DI FORMA | | 0.1729 |
| ALTEZZA MEDIA | m | 2270.09 | Tc (GIANDOTTI) | ore | 0.4 |
| ALTEZZA MEDIA RELATIVA | m | 1290.09 | | | |

I dati che hanno condotto alla determinazione dei parametri della tabella sono:

| z (m) | | h_{mi} (m) | S (km²) | S cum (km²) |
|--------------|------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 3000 | 3010 | 3005 | 0,001 | 0,001 |
| 2990 | 3000 | 2995 | 0,001 | 0,001 |
| 2980 | 2990 | 2985 | 0,001 | 0,002 |
| 2970 | 2980 | 2975 | 0,002 | 0,004 |
| 2960 | 2970 | 2965 | 0,002 | 0,006 |
| 2950 | 2960 | 2955 | 0,002 | 0,009 |
| 2940 | 2950 | 2945 | 0,003 | 0,011 |
| 2930 | 2940 | 2935 | 0,003 | 0,015 |
| 2920 | 2930 | 2925 | 0,004 | 0,019 |
| 2910 | 2920 | 2915 | 0,005 | 0,024 |
| 2900 | 2910 | 2905 | 0,005 | 0,029 |
| 2890 | 2900 | 2895 | 0,006 | 0,035 |
| 2880 | 2890 | 2885 | 0,007 | 0,042 |
| 2870 | 2880 | 2875 | 0,008 | 0,050 |
| 2860 | 2870 | 2865 | 0,007 | 0,057 |
| 2850 | 2860 | 2855 | 0,006 | 0,064 |
| 2840 | 2850 | 2845 | 0,007 | 0,071 |
| 2830 | 2840 | 2835 | 0,008 | 0,079 |
| 2820 | 2830 | 2825 | 0,009 | 0,088 |
| 2810 | 2820 | 2815 | 0,010 | 0,098 |
| 2800 | 2810 | 2805 | 0,011 | 0,109 |
| 2790 | 2800 | 2795 | 0,013 | 0,121 |
| 2780 | 2790 | 2785 | 0,014 | 0,135 |
| 2770 | 2780 | 2775 | 0,015 | 0,151 |
| 2760 | 2770 | 2765 | 0,016 | 0,166 |
| 2750 | 2760 | 2755 | 0,016 | 0,182 |
| 2740 | 2750 | 2745 | 0,016 | 0,198 |
| 2730 | 2740 | 2735 | 0,018 | 0,216 |
| 2720 | 2730 | 2725 | 0,019 | 0,235 |
| 2710 | 2720 | 2715 | 0,019 | 0,254 |
| 2700 | 2710 | 2705 | 0,022 | 0,276 |
| 2690 | 2700 | 2695 | 0,022 | 0,298 |
| 2680 | 2690 | 2685 | 0,020 | 0,318 |
| 2670 | 2680 | 2675 | 0,023 | 0,341 |
| 2660 | 2670 | 2665 | 0,025 | 0,366 |
| 2650 | 2660 | 2655 | 0,025 | 0,391 |
| 2640 | 2650 | 2645 | 0,025 | 0,416 |
| 2630 | 2640 | 2635 | 0,028 | 0,445 |
| 2620 | 2630 | 2625 | 0,038 | 0,482 |
| 2610 | 2620 | 2615 | 0,028 | 0,510 |
| 2600 | 2610 | 2605 | 0,051 | 0,562 |
| 2590 | 2600 | 2595 | 0,046 | 0,607 |
| 2580 | 2590 | 2585 | 0,040 | 0,647 |

| | | | | |
|------|------|------|-------|-------|
| 2570 | 2580 | 2575 | 0,039 | 0,686 |
| 2560 | 2570 | 2565 | 0,047 | 0,733 |
| 2550 | 2560 | 2555 | 0,033 | 0,766 |
| 2540 | 2550 | 2545 | 0,027 | 0,793 |
| 2530 | 2540 | 2535 | 0,028 | 0,821 |
| 2520 | 2530 | 2525 | 0,029 | 0,850 |
| 2510 | 2520 | 2515 | 0,029 | 0,880 |
| 2500 | 2510 | 2505 | 0,019 | 0,899 |
| 2490 | 2500 | 2495 | 0,013 | 0,912 |
| 2480 | 2490 | 2485 | 0,014 | 0,926 |
| 2470 | 2480 | 2475 | 0,015 | 0,941 |
| 2460 | 2470 | 2465 | 0,017 | 0,958 |
| 2450 | 2460 | 2455 | 0,019 | 0,977 |
| 2440 | 2450 | 2445 | 0,017 | 0,993 |
| 2430 | 2440 | 2435 | 0,016 | 1,009 |
| 2420 | 2430 | 2425 | 0,016 | 1,025 |
| 2410 | 2420 | 2415 | 0,016 | 1,041 |
| 2400 | 2410 | 2405 | 0,018 | 1,059 |
| 2390 | 2400 | 2395 | 0,019 | 1,078 |
| 2380 | 2390 | 2385 | 0,020 | 1,098 |
| 2370 | 2380 | 2375 | 0,028 | 1,126 |
| 2360 | 2370 | 2365 | 0,024 | 1,150 |
| 2350 | 2360 | 2355 | 0,028 | 1,179 |
| 2340 | 2350 | 2345 | 0,016 | 1,195 |
| 2330 | 2340 | 2335 | 0,014 | 1,209 |
| 2320 | 2330 | 2325 | 0,014 | 1,223 |
| 2310 | 2320 | 2315 | 0,016 | 1,239 |
| 2300 | 2310 | 2305 | 0,016 | 1,255 |
| 2290 | 2300 | 2295 | 0,017 | 1,272 |
| 2280 | 2290 | 2285 | 0,016 | 1,288 |
| 2270 | 2280 | 2275 | 0,015 | 1,303 |
| 2260 | 2270 | 2265 | 0,015 | 1,318 |
| 2250 | 2260 | 2255 | 0,014 | 1,332 |
| 2240 | 2250 | 2245 | 0,013 | 1,346 |
| 2230 | 2240 | 2235 | 0,013 | 1,359 |
| 2220 | 2230 | 2225 | 0,012 | 1,371 |
| 2210 | 2220 | 2215 | 0,012 | 1,384 |
| 2200 | 2210 | 2205 | 0,014 | 1,398 |
| 2190 | 2200 | 2195 | 0,017 | 1,415 |
| 2180 | 2190 | 2185 | 0,017 | 1,432 |
| 2170 | 2180 | 2175 | 0,016 | 1,449 |
| 2160 | 2170 | 2165 | 0,015 | 1,463 |
| 2150 | 2160 | 2155 | 0,015 | 1,478 |
| 2140 | 2150 | 2145 | 0,013 | 1,491 |
| 2130 | 2140 | 2135 | 0,012 | 1,503 |
| 2120 | 2130 | 2125 | 0,011 | 1,514 |
| 2110 | 2120 | 2115 | 0,011 | 1,525 |
| 2100 | 2110 | 2105 | 0,010 | 1,535 |
| 2090 | 2100 | 2095 | 0,011 | 1,546 |
| 2080 | 2090 | 2085 | 0,010 | 1,556 |
| 2070 | 2080 | 2075 | 0,010 | 1,566 |

| | | | | |
|------|------|------|-------|-------|
| 2060 | 2070 | 2065 | 0,010 | 1,576 |
| 2050 | 2060 | 2055 | 0,010 | 1,586 |
| 2040 | 2050 | 2045 | 0,010 | 1,596 |
| 2030 | 2040 | 2035 | 0,010 | 1,606 |
| 2020 | 2030 | 2025 | 0,010 | 1,616 |
| 2010 | 2020 | 2015 | 0,010 | 1,626 |
| 2000 | 2010 | 2005 | 0,011 | 1,637 |
| 1990 | 2000 | 1995 | 0,011 | 1,648 |
| 1980 | 1990 | 1985 | 0,010 | 1,658 |
| 1970 | 1980 | 1975 | 0,011 | 1,668 |
| 1960 | 1970 | 1965 | 0,011 | 1,679 |
| 1950 | 1960 | 1955 | 0,012 | 1,691 |
| 1940 | 1950 | 1945 | 0,012 | 1,703 |
| 1930 | 1940 | 1935 | 0,012 | 1,716 |
| 1920 | 1930 | 1925 | 0,012 | 1,728 |
| 1910 | 1920 | 1915 | 0,013 | 1,741 |
| 1900 | 1910 | 1905 | 0,012 | 1,753 |
| 1890 | 1900 | 1895 | 0,011 | 1,764 |
| 1880 | 1890 | 1885 | 0,011 | 1,775 |
| 1870 | 1880 | 1875 | 0,012 | 1,787 |
| 1860 | 1870 | 1865 | 0,012 | 1,799 |
| 1850 | 1860 | 1855 | 0,012 | 1,811 |
| 1840 | 1850 | 1845 | 0,012 | 1,823 |
| 1830 | 1840 | 1835 | 0,012 | 1,834 |
| 1820 | 1830 | 1825 | 0,012 | 1,846 |
| 1810 | 1820 | 1815 | 0,011 | 1,857 |
| 1800 | 1810 | 1805 | 0,011 | 1,869 |
| 1790 | 1800 | 1795 | 0,014 | 1,883 |
| 1780 | 1790 | 1785 | 0,014 | 1,897 |
| 1770 | 1780 | 1775 | 0,011 | 1,908 |
| 1760 | 1770 | 1765 | 0,009 | 1,917 |
| 1750 | 1760 | 1755 | 0,008 | 1,926 |
| 1740 | 1750 | 1745 | 0,008 | 1,934 |
| 1730 | 1740 | 1735 | 0,010 | 1,944 |
| 1720 | 1730 | 1725 | 0,011 | 1,955 |
| 1710 | 1720 | 1715 | 0,013 | 1,968 |
| 1700 | 1710 | 1705 | 0,013 | 1,981 |
| 1690 | 1700 | 1695 | 0,013 | 1,994 |
| 1680 | 1690 | 1685 | 0,013 | 2,008 |
| 1670 | 1680 | 1675 | 0,012 | 2,020 |
| 1660 | 1670 | 1665 | 0,012 | 2,032 |
| 1650 | 1660 | 1655 | 0,011 | 2,043 |
| 1640 | 1650 | 1645 | 0,010 | 2,052 |
| 1630 | 1640 | 1635 | 0,009 | 2,062 |
| 1620 | 1630 | 1625 | 0,008 | 2,069 |
| 1610 | 1620 | 1615 | 0,006 | 2,076 |
| 1600 | 1610 | 1605 | 0,006 | 2,082 |
| 1590 | 1600 | 1595 | 0,007 | 2,088 |
| 1580 | 1590 | 1585 | 0,007 | 2,095 |
| 1570 | 1580 | 1575 | 0,007 | 2,102 |
| 1560 | 1570 | 1565 | 0,007 | 2,109 |

| | | | | |
|------|------|------|-------|-------|
| 1550 | 1560 | 1555 | 0,007 | 2,116 |
| 1540 | 1550 | 1545 | 0,007 | 2,123 |
| 1530 | 1540 | 1535 | 0,006 | 2,129 |
| 1520 | 1530 | 1525 | 0,006 | 2,135 |
| 1510 | 1520 | 1515 | 0,006 | 2,141 |
| 1500 | 1510 | 1505 | 0,005 | 2,146 |
| 1490 | 1500 | 1495 | 0,004 | 2,150 |
| 1480 | 1490 | 1485 | 0,004 | 2,154 |
| 1470 | 1480 | 1475 | 0,003 | 2,157 |
| 1460 | 1470 | 1465 | 0,003 | 2,160 |
| 1450 | 1460 | 1455 | 0,003 | 2,163 |
| 1440 | 1450 | 1445 | 0,003 | 2,166 |
| 1430 | 1440 | 1435 | 0,002 | 2,168 |
| 1420 | 1430 | 1425 | 0,002 | 2,170 |
| 1410 | 1420 | 1415 | 0,002 | 2,173 |
| 1400 | 1410 | 1405 | 0,002 | 2,175 |
| 1390 | 1400 | 1395 | 0,003 | 2,178 |
| 1380 | 1390 | 1385 | 0,003 | 2,181 |
| 1370 | 1380 | 1375 | 0,002 | 2,183 |
| 1360 | 1370 | 1365 | 0,003 | 2,186 |
| 1350 | 1360 | 1355 | 0,002 | 2,188 |
| 1340 | 1350 | 1345 | 0,002 | 2,190 |
| 1330 | 1340 | 1335 | 0,002 | 2,191 |
| 1320 | 1330 | 1325 | 0,002 | 2,193 |
| 1310 | 1320 | 1315 | 0,001 | 2,194 |
| 1300 | 1310 | 1305 | 0,001 | 2,195 |
| 1290 | 1300 | 1295 | 0,001 | 2,197 |
| 1280 | 1290 | 1285 | 0,001 | 2,198 |
| 1270 | 1280 | 1275 | 0,001 | 2,199 |
| 1260 | 1270 | 1265 | 0,002 | 2,201 |
| 1250 | 1260 | 1255 | 0,002 | 2,203 |
| 1240 | 1250 | 1245 | 0,002 | 2,205 |
| 1230 | 1240 | 1235 | 0,001 | 2,207 |
| 1220 | 1230 | 1225 | 0,001 | 2,208 |
| 1210 | 1220 | 1215 | 0,001 | 2,209 |
| 1200 | 1210 | 1205 | 0,001 | 2,210 |
| 1190 | 1200 | 1195 | 0,001 | 2,211 |
| 1180 | 1190 | 1185 | 0,001 | 2,212 |
| 1170 | 1180 | 1175 | 0,001 | 2,213 |
| 1160 | 1170 | 1165 | 0,001 | 2,214 |
| 1150 | 1160 | 1155 | 0,001 | 2,215 |
| 1140 | 1150 | 1145 | 0,002 | 2,217 |
| 1130 | 1140 | 1135 | 0,002 | 2,219 |
| 1120 | 1130 | 1125 | 0,002 | 2,221 |
| 1110 | 1120 | 1115 | 0,002 | 2,222 |
| 1100 | 1110 | 1105 | 0,001 | 2,224 |
| 1090 | 1100 | 1095 | 0,001 | 2,225 |
| 1080 | 1090 | 1085 | 0,001 | 2,226 |
| 1070 | 1080 | 1075 | 0,001 | 2,226 |
| 1060 | 1070 | 1065 | 0,001 | 2,228 |
| 1050 | 1060 | 1055 | 0,002 | 2,230 |

| | | | | |
|------|------|------|-------|-------|
| 1040 | 1050 | 1045 | 0,002 | 2,232 |
| 1030 | 1040 | 1035 | 0,001 | 2,233 |
| 1020 | 1030 | 1025 | 0,001 | 2,235 |
| 1010 | 1020 | 1015 | 0,001 | 2,235 |
| 1000 | 1010 | 1005 | 0,001 | 2,236 |
| 990 | 1000 | 995 | 0,001 | 2,237 |
| 980 | 990 | 985 | 0,000 | 2,237 |

Aspetti pluviometrici

L'individuazione delle caratteristiche pluviometriche del bacino oggetto di studio è derivata dai dati riportati nel PAI (ALLEGATO III - direttiva Piene-Progetto).

Nel documento si attribuiscono valori ai parametri della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica:

$$h_{(TR)} = a_{(TR)} \times t^{n_{(TR)}}$$

che esprime l'altezza di pioggia (mm) precipitata durante un evento di durata "t" (ore) in funzione della precipitazione della pioggia di durata pari a 1 ora (mm) e del coefficiente "n" della curva, determinato statisticamente. Il tutto riferito ad un prescelto tempo di ritorno (TR) dell'evento.

Nella mosaicatura del PAI - Piano per l'Assetto Idrogeologico - come descritto nella Direttiva Piene Progetto, il bacino del Po è stato suddiviso in celle quadrate di lato pari a 2 km, per ognuna delle quali, in funzione del TR sono stati calcolati i valori dei parametri della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica. Il bacino considerato ricade grazie alla sua grande estensione nell'ambito di 2 celle pluviometricamente omogenee identificate come BY34 che ricopre l'86% dell'area del bacino e BY35 per il restante 14%, come illustrato nella seguente immagine

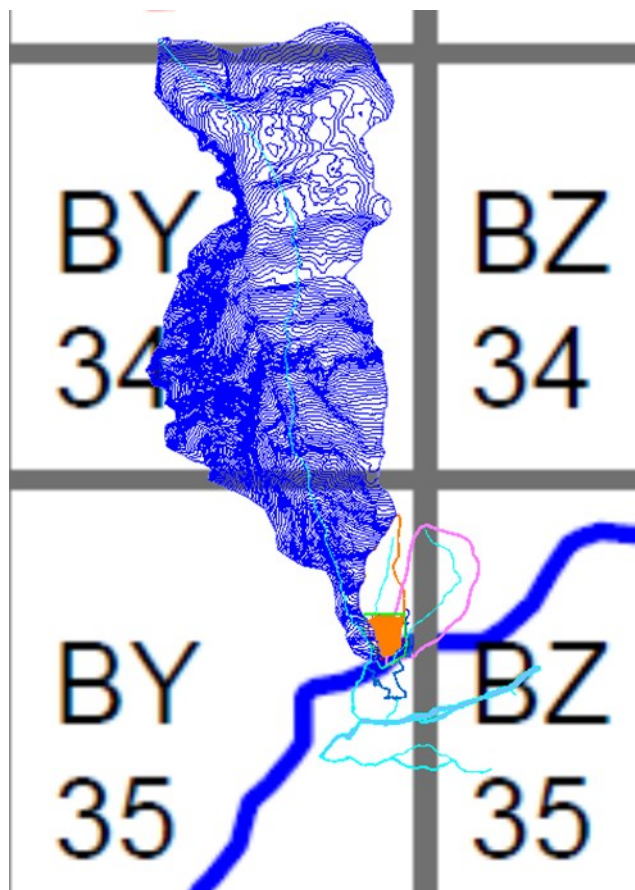


FIG. N. 3 - MOSAICATURA CELLE PAI

Si riportano di seguito i parametri pluviometrici caratteristici delle celle.

| CELLA | aTR20 | nTR20 | aTR100 | nTR100 | aTR200 | nTR200 | aTR500 | nTR500 |
|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BY34 | 34.68 | 0.548 | 43.72 | 0.55 | 47.56 | 0.549 | 52.67 | 0.55 |
| BY35 | 35.32 | 0.545 | 44.56 | 0.546 | 48.49 | 0.546 | 53.71 | 0.546 |

PARAMETRI PLUVIOMETRICI CELLE PAI

Noti i parametri "a" e "n" risulta definita la curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per ogni durata di precipitazione e per ognuno dei tempi di ritorno considerati.

DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

Per la determinazione delle portate di riferimento per il piccolo bacino idrografico considerato, con TR = 20, 100, 200 e 500 anni, si procede applicando il Metodo SCS-CN (USDA, 1972), largamente utilizzato in Italia, su bacini di piccole dimensioni.

La relazione per il calcolo della portata al colmo è la seguente:

$$Q_{(TR)} = 0.278 \times \frac{R_0 A}{tp}$$

che esprime la portata al colmo 'Q' (in relazione al tempo di ritorno considerato) in m³/s in funzione della precipitazione netta efficace 'R₀' in mm, dell'estensione del bacino 'A' in km² e del tempo di picco 'tp' in ore.

La precipitazione efficace, in mm, è calcolata come:

$$R_0 = (h - 0.2S)^2 / (h + 0.8S)$$

dove 'h' è la precipitazione meteorica calcolata attraverso la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica e 'S' le perdite in mm dovute prevalentemente all'infiltrazione.

$$S = 25400 / CN - 254$$

Con 'CN' (Curve Number) parametro che sintetizza l'attitudine alla produzione del deflusso in relazione alla tipologia e all'uso del suolo, e al grado di saturazione del medesimo al manifestarsi dell'evento meteorico.

Il tempo di picco 'tp' (ore) è calcolato come:

$$tp = 0.5D + tlag$$

dove 'D' (ore) è la durata della precipitazione efficace e 'tlag' (ore) il tempo di ritardo caratteristico del bacino. Esso concettualmente esprime la distanza temporale tra il baricentro del pluviogramma e il colmo dell'idrogramma dell'evento considerato. Le relazioni di calcolo delle grandezze sono:

$$tlag = 0.342 \times \frac{L^{0.8}}{p^{0.5}} \times (1000 / CN - 9)^{0.7}$$

$$D = t \times \left(1 - \frac{0.2S}{h_{(t, TR)}}\right)$$

In cui 'L' (km) è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua prolungata sino allo spartiacque, 'p' la pendenza media del bacino espressa in percentuale, 't' la durata della precipitazione meteorica lorda in ore e 'h_(t, TR)' l'altezza della precipitazione lorda, in funzione della sua durata e del tempo di ritorno, in mm.

Determinazione del parametro CN e del Time lag

Per la determinazione del parametro 'CN' (Curve Number) si fa riferimento alla tabella contenuta nella Direttiva Piene-Progetto del PAI (pag. 12), in relazione a suoli caratterizzati da infiltrazione moderata (categoria B) in condizioni di saturazione media (AMC II).

Essendo che la gran parte dell'estensione del bacino considerato risulta coperto da superfici impermeabili (CN = 98), una piccola parte è rappresentata dalla tundra alpina, con superfici con un leggero strato permeabile (CN = 58), si considera un valore medio **CN = 83**.

Ne consegue, mediante la formula di Mockus, il tempo di ritardo pari a **tlag = 0.78 ore**.

PORTATE IDRICHE

Procedendo come illustrato sopra, analizzando piogge di durata compresa tra 0.25 e 7 ore associate a tempo di ritorno pari a TR = 20, 100, 200 e 500 anni, note le caratteristiche del bacino idrografico di interesse e fissato CN = 83, si riportano i relativi valori di portata al colmo:

TR = 20 anni

| t | D | h(t) | R0 | tp | Q |
|----------|----------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| ore | ore | mm | mm | ore | mc/s |
| 0,25 | 0,090 | 16,28 | 0,6 | 0,82 | 0,4496 |
| 0,5 | 0,281 | 23,79 | 2,7 | 0,92 | 1,8533 |
| 0,75 | 0,487 | 29,70 | 5,2 | 1,02 | 3,1774 |
| 1 | 0,701 | 34,77 | 7,8 | 1,13 | 4,2820 |
| 1,25 | 0,919 | 39,29 | 10,3 | 1,24 | 5,1807 |
| 1,5 | 1,140 | 43,41 | 12,8 | 1,35 | 5,9090 |
| 1,75 | 1,365 | 47,24 | 15,3 | 1,46 | 6,5007 |
| 2 | 1,591 | 50,82 | 17,7 | 1,57 | 6,9834 |
| 2,25 | 1,818 | 54,21 | 20,0 | 1,69 | 7,3790 |
| 2,5 | 2,047 | 57,43 | 22,3 | 1,80 | 7,7045 |
| 2,75 | 2,277 | 60,50 | 24,6 | 1,92 | 7,9732 |
| 3 | 2,508 | 63,45 | 26,8 | 2,03 | 8,1956 |
| 3,25 | 2,740 | 66,30 | 28,9 | 2,15 | 8,3799 |
| 3,5 | 2,973 | 69,04 | 31,1 | 2,26 | 8,5326 |
| 3,75 | 3,206 | 71,70 | 33,2 | 2,38 | 8,6590 |
| 4 | 3,440 | 74,28 | 35,2 | 2,50 | 8,7634 |
| 4,25 | 3,674 | 76,79 | 37,2 | 2,62 | 8,8493 |
| 4,5 | 3,909 | 79,23 | 39,2 | 2,73 | 8,9194 |
| 4,75 | 4,144 | 81,61 | 41,1 | 2,85 | 8,9761 |
| 5 | 4,380 | 83,93 | 43,1 | 2,97 | 9,0215 |
| 5,25 | 4,616 | 86,21 | 45,0 | 3,09 | 9,0570 |
| 5,5 | 4,853 | 88,43 | 46,8 | 3,20 | 9,0841 |
| 5,75 | 5,090 | 90,61 | 48,6 | 3,32 | 9,1039 |
| 6 | 5,327 | 92,75 | 50,5 | 3,44 | 9,1175 |
| 6,25 | 5,564 | 94,84 | 52,2 | 3,56 | 9,1256 |
| 6,5 | 5,802 | 96,90 | 54,0 | 3,68 | 9,1289 |
| 6,75 | 6,040 | 98,93 | 55,8 | 3,80 | 9,1282 |
| 7 | 6,278 | 100,92 | 57,5 | 3,92 | 9,1238 |
| 7,25 | 6,517 | 102,87 | 59,2 | 4,04 | 9,1163 |
| 7,5 | 6,755 | 104,80 | 60,9 | 4,16 | 9,1061 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 7,75 | 6,994 | 106,70 | 62,5 | 4,28 | 9,0934 |
| 8 | 7,233 | 108,57 | 64,2 | 4,39 | 9,0787 |
| 8,25 | 7,473 | 110,42 | 65,8 | 4,51 | 9,0621 |
| 8,5 | 7,712 | 112,24 | 67,4 | 4,63 | 9,0440 |
| 8,75 | 7,952 | 114,03 | 69,0 | 4,75 | 9,0244 |
| 9 | 8,191 | 115,80 | 70,6 | 4,87 | 9,0036 |
| 9,25 | 8,431 | 117,55 | 72,1 | 4,99 | 8,9818 |
| 9,5 | 8,671 | 119,28 | 73,7 | 5,11 | 8,9590 |
| 9,75 | 8,912 | 120,99 | 75,2 | 5,23 | 8,9355 |
| 10 | 9,152 | 122,68 | 76,7 | 5,35 | 8,9112 |
| 10,25 | 9,392 | 124,35 | 78,2 | 5,47 | 8,8864 |
| 10,5 | 9,633 | 126,00 | 79,7 | 5,59 | 8,8610 |
| 10,75 | 9,874 | 127,64 | 81,2 | 5,72 | 8,8353 |
| 11 | 10,115 | 129,25 | 82,7 | 5,84 | 8,8091 |
| 11,25 | 10,355 | 130,85 | 84,1 | 5,96 | 8,7827 |
| 11,5 | 10,597 | 132,44 | 85,6 | 6,08 | 8,7560 |
| 11,75 | 10,838 | 134,01 | 87,0 | 6,20 | 8,7291 |
| 12 | 11,079 | 135,56 | 88,4 | 6,32 | 8,7021 |
| 12,25 | 11,320 | 137,10 | 89,8 | 6,44 | 8,6749 |
| 12,5 | 11,562 | 138,63 | 91,2 | 6,56 | 8,6477 |
| 12,75 | 11,803 | 140,14 | 92,6 | 6,68 | 8,6204 |
| 13 | 12,045 | 141,64 | 94,0 | 6,80 | 8,5931 |
| 13,25 | 12,287 | 143,12 | 95,3 | 6,92 | 8,5658 |
| 13,5 | 12,529 | 144,59 | 96,7 | 7,04 | 8,5385 |
| 13,75 | 12,770 | 146,05 | 98,0 | 7,16 | 8,5113 |
| 14 | 13,012 | 147,50 | 99,4 | 7,28 | 8,4841 |
| 14,25 | 13,254 | 148,94 | 100,7 | 7,41 | 8,4570 |
| 14,5 | 13,497 | 150,36 | 102,0 | 7,53 | 8,4300 |
| 14,75 | 13,739 | 151,78 | 103,3 | 7,65 | 8,4031 |
| 15 | 13,981 | 153,18 | 104,6 | 7,77 | 8,3764 |
| 15,25 | 14,223 | 154,57 | 105,9 | 7,89 | 8,3497 |
| 15,5 | 14,466 | 155,96 | 107,2 | 8,01 | 8,3232 |
| 15,75 | 14,708 | 157,33 | 108,5 | 8,13 | 8,2968 |
| 16 | 14,951 | 158,69 | 109,8 | 8,25 | 8,2706 |
| 16,25 | 15,194 | 160,04 | 111,0 | 8,37 | 8,2445 |
| 16,5 | 15,436 | 161,39 | 112,3 | 8,50 | 8,2186 |
| 16,75 | 15,679 | 162,72 | 113,5 | 8,62 | 8,1929 |
| 17 | 15,922 | 164,05 | 114,8 | 8,74 | 8,1673 |
| 17,25 | 16,165 | 165,36 | 116,0 | 8,86 | 8,1419 |
| 17,5 | 16,408 | 166,67 | 117,2 | 8,98 | 8,1167 |
| 17,75 | 16,650 | 167,97 | 118,5 | 9,10 | 8,0917 |
| 18 | 16,894 | 169,26 | 119,7 | 9,22 | 8,0668 |
| 18,25 | 17,137 | 170,55 | 120,9 | 9,35 | 8,0421 |
| 18,5 | 17,380 | 171,82 | 122,1 | 9,47 | 8,0176 |
| 18,75 | 17,623 | 173,09 | 123,3 | 9,59 | 7,9933 |
| 19 | 17,866 | 174,35 | 124,5 | 9,71 | 7,9692 |
| 19,25 | 18,109 | 175,60 | 125,6 | 9,83 | 7,9452 |
| 19,5 | 18,353 | 176,85 | 126,8 | 9,95 | 7,9215 |
| 19,75 | 18,596 | 178,08 | 128,0 | 10,08 | 7,8979 |
| 20 | 18,839 | 179,32 | 129,1 | 10,20 | 7,8745 |
| 20,25 | 19,083 | 180,54 | 130,3 | 10,32 | 7,8513 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 20,5 | 19,326 | 181,76 | 131,4 | 10,44 | 7,8283 |
| 20,75 | 19,570 | 182,97 | 132,6 | 10,56 | 7,8055 |
| 21 | 19,814 | 184,17 | 133,7 | 10,69 | 7,7828 |
| 21,25 | 20,057 | 185,37 | 134,9 | 10,81 | 7,7604 |
| 21,5 | 20,301 | 186,56 | 136,0 | 10,93 | 7,7381 |
| 21,75 | 20,545 | 187,74 | 137,1 | 11,05 | 7,7160 |
| 22 | 20,788 | 188,92 | 138,2 | 11,17 | 7,6940 |
| 22,25 | 21,032 | 190,09 | 139,3 | 11,29 | 7,6723 |
| 22,5 | 21,276 | 191,26 | 140,5 | 11,42 | 7,6507 |
| 22,75 | 21,520 | 192,42 | 141,6 | 11,54 | 7,6293 |
| 23 | 21,764 | 193,58 | 142,7 | 11,66 | 7,6081 |
| 23,25 | 22,008 | 194,73 | 143,7 | 11,78 | 7,5870 |
| 23,5 | 22,252 | 195,87 | 144,8 | 11,90 | 7,5662 |
| 23,75 | 22,496 | 197,01 | 145,9 | 12,03 | 7,5455 |
| 24 | 22,740 | 198,14 | 147,0 | 12,15 | 7,5249 |

TR = 100 anni

| t | D | h(t) | R0 | tp | Q |
|----------|----------|-------------|-----------|-----------|----------|
| ore | ore | mm | mm | ore | mc/s |
| 0,25 | 0,123 | 20,47 | 1,6 | 0,84 | 1,2077 |
| 0,5 | 0,326 | 29,95 | 5,3 | 0,94 | 3,5271 |
| 0,75 | 0,542 | 37,43 | 9,2 | 1,05 | 5,4767 |
| 1 | 0,763 | 43,84 | 13,1 | 1,16 | 7,0145 |
| 1,25 | 0,988 | 49,56 | 16,8 | 1,27 | 8,2188 |
| 1,5 | 1,215 | 54,78 | 20,4 | 1,39 | 9,1656 |
| 1,75 | 1,445 | 59,62 | 23,9 | 1,50 | 9,9147 |
| 2 | 1,676 | 64,16 | 27,3 | 1,62 | 10,5109 |
| 2,25 | 1,908 | 68,45 | 30,6 | 1,73 | 10,9879 |
| 2,5 | 2,141 | 72,53 | 33,8 | 1,85 | 11,3709 |
| 2,75 | 2,376 | 76,42 | 36,9 | 1,97 | 11,6790 |
| 3 | 2,611 | 80,17 | 40,0 | 2,08 | 11,9270 |
| 3,25 | 2,846 | 83,77 | 42,9 | 2,20 | 12,1262 |
| 3,5 | 3,083 | 87,25 | 45,8 | 2,32 | 12,2855 |
| 3,75 | 3,319 | 90,62 | 48,7 | 2,44 | 12,4121 |
| 4 | 3,557 | 93,90 | 51,4 | 2,56 | 12,5116 |
| 4,25 | 3,794 | 97,08 | 54,2 | 2,68 | 12,5885 |
| 4,5 | 4,033 | 100,17 | 56,8 | 2,79 | 12,6465 |
| 4,75 | 4,271 | 103,19 | 59,5 | 2,91 | 12,6886 |
| 5 | 4,510 | 106,14 | 62,0 | 3,03 | 12,7174 |
| 5,25 | 4,749 | 109,03 | 64,6 | 3,15 | 12,7348 |
| 5,5 | 4,988 | 111,85 | 67,1 | 3,27 | 12,7426 |
| 5,75 | 5,228 | 114,61 | 69,5 | 3,39 | 12,7422 |
| 6 | 5,468 | 117,33 | 71,9 | 3,51 | 12,7348 |
| 6,25 | 5,708 | 119,99 | 74,3 | 3,63 | 12,7215 |
| 6,5 | 5,948 | 122,60 | 76,7 | 3,75 | 12,7031 |
| 6,75 | 6,189 | 125,17 | 79,0 | 3,87 | 12,6803 |
| 7 | 6,430 | 127,70 | 81,3 | 3,99 | 12,6538 |
| 7,25 | 6,671 | 130,18 | 83,5 | 4,11 | 12,6241 |
| 7,5 | 6,912 | 132,63 | 85,7 | 4,23 | 12,5917 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 7,75 | 7,153 | 135,04 | 87,9 | 4,35 | 12,5569 |
| 8 | 7,394 | 137,42 | 90,1 | 4,48 | 12,5202 |
| 8,25 | 7,636 | 139,76 | 92,3 | 4,60 | 12,4818 |
| 8,5 | 7,877 | 142,07 | 94,4 | 4,72 | 12,4420 |
| 8,75 | 8,119 | 144,35 | 96,5 | 4,84 | 12,4010 |
| 9 | 8,361 | 146,60 | 98,6 | 4,96 | 12,3590 |
| 9,25 | 8,603 | 148,83 | 100,6 | 5,08 | 12,3162 |
| 9,5 | 8,845 | 151,02 | 102,6 | 5,20 | 12,2727 |
| 9,75 | 9,088 | 153,20 | 104,7 | 5,32 | 12,2287 |
| 10 | 9,330 | 155,34 | 106,7 | 5,44 | 12,1843 |
| 10,25 | 9,573 | 157,46 | 108,6 | 5,56 | 12,1396 |
| 10,5 | 9,815 | 159,56 | 110,6 | 5,69 | 12,0946 |
| 10,75 | 10,058 | 161,64 | 112,5 | 5,81 | 12,0495 |
| 11 | 10,301 | 163,69 | 114,4 | 5,93 | 12,0043 |
| 11,25 | 10,544 | 165,73 | 116,4 | 6,05 | 11,9591 |
| 11,5 | 10,787 | 167,74 | 118,2 | 6,17 | 11,9139 |
| 11,75 | 11,030 | 169,73 | 120,1 | 6,29 | 11,8688 |
| 12 | 11,273 | 171,71 | 122,0 | 6,41 | 11,8238 |
| 12,25 | 11,516 | 173,66 | 123,8 | 6,54 | 11,7790 |
| 12,5 | 11,759 | 175,60 | 125,6 | 6,66 | 11,7343 |
| 12,75 | 12,003 | 177,52 | 127,4 | 6,78 | 11,6899 |
| 13 | 12,246 | 179,43 | 129,2 | 6,90 | 11,6457 |
| 13,25 | 12,490 | 181,32 | 131,0 | 7,02 | 11,6018 |
| 13,5 | 12,733 | 183,19 | 132,8 | 7,14 | 11,5582 |
| 13,75 | 12,977 | 185,04 | 134,6 | 7,27 | 11,5148 |
| 14 | 13,221 | 186,89 | 136,3 | 7,39 | 11,4718 |
| 14,25 | 13,464 | 188,71 | 138,0 | 7,51 | 11,4291 |
| 14,5 | 13,708 | 190,52 | 139,8 | 7,63 | 11,3867 |
| 14,75 | 13,952 | 192,32 | 141,5 | 7,75 | 11,3446 |
| 15 | 14,196 | 194,11 | 143,2 | 7,88 | 11,3029 |
| 15,25 | 14,440 | 195,88 | 144,8 | 8,00 | 11,2615 |
| 15,5 | 14,684 | 197,63 | 146,5 | 8,12 | 11,2205 |
| 15,75 | 14,928 | 199,38 | 148,2 | 8,24 | 11,1798 |
| 16 | 15,172 | 201,11 | 149,8 | 8,36 | 11,1395 |
| 16,25 | 15,416 | 202,83 | 151,5 | 8,49 | 11,0996 |
| 16,5 | 15,661 | 204,54 | 153,1 | 8,61 | 11,0600 |
| 16,75 | 15,905 | 206,24 | 154,7 | 8,73 | 11,0208 |
| 17 | 16,149 | 207,92 | 156,3 | 8,85 | 10,9819 |
| 17,25 | 16,394 | 209,60 | 157,9 | 8,98 | 10,9434 |
| 17,5 | 16,638 | 211,26 | 159,5 | 9,10 | 10,9052 |
| 17,75 | 16,883 | 212,92 | 161,1 | 9,22 | 10,8675 |
| 18 | 17,127 | 214,56 | 162,7 | 9,34 | 10,8300 |
| 18,25 | 17,372 | 216,19 | 164,3 | 9,46 | 10,7930 |
| 18,5 | 17,616 | 217,81 | 165,8 | 9,59 | 10,7562 |
| 18,75 | 17,861 | 219,42 | 167,4 | 9,71 | 10,7199 |
| 19 | 18,106 | 221,03 | 168,9 | 9,83 | 10,6838 |
| 19,25 | 18,350 | 222,62 | 170,4 | 9,95 | 10,6481 |
| 19,5 | 18,595 | 224,20 | 172,0 | 10,08 | 10,6128 |
| 19,75 | 18,840 | 225,78 | 173,5 | 10,20 | 10,5778 |
| 20 | 19,085 | 227,34 | 175,0 | 10,32 | 10,5431 |
| 20,25 | 19,330 | 228,90 | 176,5 | 10,44 | 10,5088 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 20,5 | 19,574 | 230,45 | 178,0 | 10,57 | 10,4748 |
| 20,75 | 19,819 | 231,99 | 179,5 | 10,69 | 10,4411 |
| 21 | 20,064 | 233,52 | 180,9 | 10,81 | 10,4077 |
| 21,25 | 20,309 | 235,04 | 182,4 | 10,93 | 10,3747 |
| 21,5 | 20,554 | 236,56 | 183,9 | 11,06 | 10,3420 |
| 21,75 | 20,799 | 238,07 | 185,3 | 11,18 | 10,3095 |
| 22 | 21,045 | 239,57 | 186,8 | 11,30 | 10,2774 |
| 22,25 | 21,290 | 241,06 | 188,2 | 11,42 | 10,2456 |
| 22,5 | 21,535 | 242,54 | 189,6 | 11,55 | 10,2141 |
| 22,75 | 21,780 | 244,02 | 191,1 | 11,67 | 10,1829 |
| 23 | 22,025 | 245,49 | 192,5 | 11,79 | 10,1519 |
| 23,25 | 22,270 | 246,95 | 193,9 | 11,91 | 10,1213 |
| 23,5 | 22,516 | 248,41 | 195,3 | 12,04 | 10,0909 |
| 23,75 | 22,761 | 249,86 | 196,7 | 12,16 | 10,0609 |
| 24 | 23,006 | 251,30 | 198,1 | 12,28 | 10,0311 |

TR = 200 anni

| t | D | h(t) | R0 | tp | Q |
|----------|----------|-------------|-----------|-----------|----------|
| ore | ore | mm | mm | ore | mc/s |
| 0,25 | 0,133 | 22,29 | 2,2 | 0,84 | 1,6274 |
| 0,5 | 0,340 | 32,61 | 6,6 | 0,95 | 4,3537 |
| 0,75 | 0,558 | 40,73 | 11,2 | 1,06 | 6,5665 |
| 1 | 0,782 | 47,69 | 15,6 | 1,17 | 8,2795 |
| 1,25 | 1,009 | 53,90 | 19,8 | 1,28 | 9,6030 |
| 1,5 | 1,238 | 59,57 | 23,9 | 1,40 | 10,6318 |
| 1,75 | 1,469 | 64,83 | 27,8 | 1,51 | 11,4375 |
| 2 | 1,702 | 69,75 | 31,6 | 1,63 | 12,0726 |
| 2,25 | 1,935 | 74,41 | 35,3 | 1,75 | 12,5755 |
| 2,5 | 2,170 | 78,84 | 38,9 | 1,86 | 12,9751 |
| 2,75 | 2,406 | 83,07 | 42,3 | 1,98 | 13,2929 |
| 3 | 2,642 | 87,13 | 45,7 | 2,10 | 13,5453 |
| 3,25 | 2,879 | 91,04 | 49,0 | 2,22 | 13,7450 |
| 3,5 | 3,116 | 94,82 | 52,2 | 2,34 | 13,9019 |
| 3,75 | 3,354 | 98,48 | 55,4 | 2,46 | 14,0237 |
| 4 | 3,592 | 102,03 | 58,4 | 2,57 | 14,1167 |
| 4,25 | 3,831 | 105,48 | 61,4 | 2,69 | 14,1857 |
| 4,5 | 4,070 | 108,83 | 64,4 | 2,81 | 14,2349 |
| 4,75 | 4,309 | 112,11 | 67,3 | 2,93 | 14,2674 |
| 5 | 4,549 | 115,31 | 70,1 | 3,05 | 14,2859 |
| 5,25 | 4,789 | 118,44 | 72,9 | 3,17 | 14,2927 |
| 5,5 | 5,029 | 121,50 | 75,7 | 3,29 | 14,2896 |
| 5,75 | 5,269 | 124,50 | 78,4 | 3,41 | 14,2781 |
| 6 | 5,510 | 127,44 | 81,0 | 3,53 | 14,2596 |
| 6,25 | 5,751 | 130,33 | 83,6 | 3,65 | 14,2350 |
| 6,5 | 5,992 | 133,16 | 86,2 | 3,77 | 14,2053 |
| 6,75 | 6,233 | 135,95 | 88,8 | 3,89 | 14,1713 |
| 7 | 6,475 | 138,69 | 91,3 | 4,02 | 14,1336 |
| 7,25 | 6,716 | 141,38 | 93,7 | 4,14 | 14,0928 |
| 7,5 | 6,958 | 144,04 | 96,2 | 4,26 | 14,0494 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 7,75 | 7,200 | 146,65 | 98,6 | 4,38 | 14,0038 |
| 8 | 7,442 | 149,23 | 101,0 | 4,50 | 13,9564 |
| 8,25 | 7,684 | 151,77 | 103,3 | 4,62 | 13,9075 |
| 8,5 | 7,927 | 154,27 | 105,7 | 4,74 | 13,8573 |
| 8,75 | 8,169 | 156,75 | 108,0 | 4,86 | 13,8060 |
| 9 | 8,412 | 159,19 | 110,2 | 4,98 | 13,7539 |
| 9,25 | 8,654 | 161,60 | 112,5 | 5,11 | 13,7012 |
| 9,5 | 8,897 | 163,98 | 114,7 | 5,23 | 13,6480 |
| 9,75 | 9,140 | 166,33 | 116,9 | 5,35 | 13,5944 |
| 10 | 9,383 | 168,66 | 119,1 | 5,47 | 13,5405 |
| 10,25 | 9,626 | 170,96 | 121,3 | 5,59 | 13,4865 |
| 10,5 | 9,869 | 173,23 | 123,4 | 5,71 | 13,4324 |
| 10,75 | 10,113 | 175,48 | 125,5 | 5,83 | 13,3784 |
| 11 | 10,356 | 177,71 | 127,6 | 5,96 | 13,3244 |
| 11,25 | 10,599 | 179,92 | 129,7 | 6,08 | 13,2705 |
| 11,5 | 10,843 | 182,10 | 131,8 | 6,20 | 13,2169 |
| 11,75 | 11,086 | 184,26 | 133,8 | 6,32 | 13,1634 |
| 12 | 11,330 | 186,40 | 135,8 | 6,44 | 13,1102 |
| 12,25 | 11,574 | 188,52 | 137,9 | 6,57 | 13,0574 |
| 12,5 | 11,818 | 190,62 | 139,8 | 6,69 | 13,0048 |
| 12,75 | 12,062 | 192,70 | 141,8 | 6,81 | 12,9526 |
| 13 | 12,306 | 194,77 | 143,8 | 6,93 | 12,9008 |
| 13,25 | 12,550 | 196,81 | 145,7 | 7,05 | 12,8494 |
| 13,5 | 12,794 | 198,84 | 147,7 | 7,18 | 12,7983 |
| 13,75 | 13,038 | 200,85 | 149,6 | 7,30 | 12,7477 |
| 14 | 13,282 | 202,85 | 151,5 | 7,42 | 12,6975 |
| 14,25 | 13,526 | 204,83 | 153,4 | 7,54 | 12,6478 |
| 14,5 | 13,770 | 206,79 | 155,3 | 7,66 | 12,5985 |
| 14,75 | 14,015 | 208,74 | 157,1 | 7,79 | 12,5496 |
| 15 | 14,259 | 210,67 | 159,0 | 7,91 | 12,5012 |
| 15,25 | 14,504 | 212,59 | 160,8 | 8,03 | 12,4533 |
| 15,5 | 14,748 | 214,50 | 162,6 | 8,15 | 12,4058 |
| 15,75 | 14,993 | 216,39 | 164,4 | 8,27 | 12,3588 |
| 16 | 15,237 | 218,27 | 166,3 | 8,40 | 12,3122 |
| 16,25 | 15,482 | 220,13 | 168,0 | 8,52 | 12,2661 |
| 16,5 | 15,727 | 221,98 | 169,8 | 8,64 | 12,2204 |
| 16,75 | 15,971 | 223,82 | 171,6 | 8,76 | 12,1752 |
| 17 | 16,216 | 225,65 | 173,3 | 8,89 | 12,1305 |
| 17,25 | 16,461 | 227,46 | 175,1 | 9,01 | 12,0862 |
| 17,5 | 16,706 | 229,26 | 176,8 | 9,13 | 12,0423 |
| 17,75 | 16,951 | 231,05 | 178,6 | 9,25 | 11,9989 |
| 18 | 17,196 | 232,83 | 180,3 | 9,38 | 11,9560 |
| 18,25 | 17,441 | 234,60 | 182,0 | 9,50 | 11,9134 |
| 18,5 | 17,686 | 236,36 | 183,7 | 9,62 | 11,8713 |
| 18,75 | 17,931 | 238,11 | 185,4 | 9,74 | 11,8297 |
| 19 | 18,176 | 239,84 | 187,0 | 9,87 | 11,7884 |
| 19,25 | 18,421 | 241,57 | 188,7 | 9,99 | 11,7476 |
| 19,5 | 18,666 | 243,29 | 190,4 | 10,11 | 11,7072 |
| 19,75 | 18,911 | 244,99 | 192,0 | 10,23 | 11,6671 |
| 20 | 19,156 | 246,69 | 193,6 | 10,36 | 11,6275 |
| 20,25 | 19,402 | 248,37 | 195,3 | 10,48 | 11,5883 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 20,5 | 19,647 | 250,05 | 196,9 | 10,60 | 11,5495 |
| 20,75 | 19,892 | 251,72 | 198,5 | 10,72 | 11,5111 |
| 21 | 20,138 | 253,38 | 200,1 | 10,85 | 11,4731 |
| 21,25 | 20,383 | 255,03 | 201,7 | 10,97 | 11,4354 |
| 21,5 | 20,628 | 256,67 | 203,3 | 11,09 | 11,3981 |
| 21,75 | 20,874 | 258,30 | 204,9 | 11,22 | 11,3612 |
| 22 | 21,119 | 259,93 | 206,5 | 11,34 | 11,3247 |
| 22,25 | 21,365 | 261,55 | 208,0 | 11,46 | 11,2885 |
| 22,5 | 21,610 | 263,15 | 209,6 | 11,58 | 11,2526 |
| 22,75 | 21,856 | 264,75 | 211,2 | 11,71 | 11,2171 |
| 23 | 22,102 | 266,35 | 212,7 | 11,83 | 11,1820 |
| 23,25 | 22,347 | 267,93 | 214,2 | 11,95 | 11,1472 |
| 23,5 | 22,593 | 269,51 | 215,8 | 12,07 | 11,1127 |
| 23,75 | 22,838 | 271,08 | 217,3 | 12,20 | 11,0786 |
| 24 | 23,084 | 272,64 | 218,8 | 12,32 | 11,0448 |

TR = 500 anni

| t | D | h(t) | R0 | tp | Q |
|----------|----------|-------------|-----------|-----------|----------|
| ore | ore | mm | mm | ore | mc/s |
| 0,25 | 0,145 | 24,66 | 3,1 | 0,85 | 2,24 |
| 0,5 | 0,356 | 36,09 | 8,5 | 0,96 | 5,52 |
| 0,75 | 0,577 | 45,09 | 13,9 | 1,07 | 8,09 |
| 1 | 0,803 | 52,82 | 19,0 | 1,18 | 10,04 |
| 1,25 | 1,032 | 59,70 | 24,0 | 1,29 | 11,52 |
| 1,5 | 1,264 | 66,00 | 28,7 | 1,41 | 12,67 |
| 1,75 | 1,497 | 71,83 | 33,3 | 1,53 | 13,55 |
| 2 | 1,731 | 77,30 | 37,6 | 1,64 | 14,24 |
| 2,25 | 1,966 | 82,46 | 41,8 | 1,76 | 14,78 |
| 2,5 | 2,202 | 87,38 | 45,9 | 1,88 | 15,20 |
| 2,75 | 2,439 | 92,08 | 49,9 | 2,00 | 15,529 |
| 3 | 2,677 | 96,59 | 53,7 | 2,12 | 15,79 |
| 3,25 | 2,915 | 100,93 | 57,5 | 2,24 | 15,99 |
| 3,5 | 3,154 | 105,12 | 61,1 | 2,36 | 16,14 |
| 3,75 | 3,393 | 109,18 | 64,7 | 2,47 | 16,26 |
| 4 | 3,632 | 113,12 | 68,2 | 2,59 | 16,34 |
| 4,25 | 3,872 | 116,96 | 71,6 | 2,71 | 16,40 |
| 4,5 | 4,112 | 120,69 | 74,9 | 2,83 | 16,44 |
| 4,75 | 4,352 | 124,33 | 78,2 | 2,95 | 16,46 |
| 5 | 4,593 | 127,88 | 81,4 | 3,07 | 16,47 |
| 5,25 | 4,834 | 131,35 | 84,6 | 3,20 | 16,46 |
| 5,5 | 5,075 | 134,76 | 87,7 | 3,32 | 16,44 |
| 5,75 | 5,317 | 138,09 | 90,7 | 3,44 | 16,42 |
| 6 | 5,558 | 141,35 | 93,7 | 3,56 | 16,38 |
| 6,25 | 5,800 | 144,56 | 96,7 | 3,68 | 16,34 |
| 6,5 | 6,042 | 147,71 | 99,6 | 3,80 | 16,30 |
| 6,75 | 6,284 | 150,80 | 102,4 | 3,92 | 16,25 |
| 7 | 6,527 | 153,85 | 105,3 | 4,04 | 16,20 |
| 7,25 | 6,769 | 156,84 | 108,1 | 4,16 | 16,14 |
| 7,5 | 7,012 | 159,79 | 110,8 | 4,28 | 16,08 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 7,75 | 7,254 | 162,70 | 113,5 | 4,41 | 16,02 |
| 8 | 7,497 | 165,56 | 116,2 | 4,53 | 15,96 |
| 8,25 | 7,740 | 168,38 | 118,8 | 4,65 | 15,90 |
| 8,5 | 7,983 | 171,17 | 121,5 | 4,77 | 15,83 |
| 8,75 | 8,227 | 173,92 | 124,0 | 4,89 | 15,77 |
| 9 | 8,470 | 176,63 | 126,6 | 5,01 | 15,70 |
| 9,25 | 8,713 | 179,31 | 129,1 | 5,13 | 15,64 |
| 9,5 | 8,957 | 181,95 | 131,6 | 5,26 | 15,57 |
| 9,75 | 9,200 | 184,57 | 134,1 | 5,38 | 15,51 |
| 10 | 9,444 | 187,16 | 136,6 | 5,50 | 15,44 |
| 10,25 | 9,688 | 189,71 | 139,0 | 5,62 | 15,37 |
| 10,5 | 9,932 | 192,24 | 141,4 | 5,74 | 15,31 |
| 10,75 | 10,176 | 194,74 | 143,8 | 5,87 | 15,24 |
| 11 | 10,420 | 197,22 | 146,1 | 5,99 | 15,17 |
| 11,25 | 10,664 | 199,67 | 148,5 | 6,11 | 15,11 |
| 11,5 | 10,908 | 202,09 | 150,8 | 6,23 | 15,04 |
| 11,75 | 11,152 | 204,50 | 153,1 | 6,35 | 14,98 |
| 12 | 11,396 | 206,87 | 155,3 | 6,48 | 14,92 |
| 12,25 | 11,641 | 209,23 | 157,6 | 6,60 | 14,85 |
| 12,5 | 11,885 | 211,57 | 159,8 | 6,72 | 14,79 |
| 12,75 | 12,130 | 213,88 | 162,0 | 6,84 | 14,73 |
| 13 | 12,374 | 216,18 | 164,2 | 6,97 | 14,66 |
| 13,25 | 12,619 | 218,45 | 166,4 | 7,09 | 14,60 |
| 13,5 | 12,864 | 220,71 | 168,6 | 7,21 | 14,54 |
| 13,75 | 13,108 | 222,94 | 170,7 | 7,33 | 14,48 |
| 14 | 13,353 | 225,16 | 172,9 | 7,45 | 14,42 |
| 14,25 | 13,598 | 227,36 | 175,0 | 7,58 | 14,36 |
| 14,5 | 13,843 | 229,54 | 177,1 | 7,70 | 14,30 |
| 14,75 | 14,088 | 231,71 | 179,2 | 7,82 | 14,25 |
| 15 | 14,333 | 233,86 | 181,3 | 7,94 | 14,19 |
| 15,25 | 14,578 | 235,99 | 183,3 | 8,07 | 14,13 |
| 15,5 | 14,823 | 238,11 | 185,4 | 8,19 | 14,07 |
| 15,75 | 15,068 | 240,21 | 187,4 | 8,31 | 14,02 |
| 16 | 15,313 | 242,30 | 189,4 | 8,43 | 13,96 |
| 16,25 | 15,558 | 244,37 | 191,4 | 8,56 | 13,91 |
| 16,5 | 15,803 | 246,43 | 193,4 | 8,68 | 13,86 |
| 16,75 | 16,049 | 248,48 | 195,4 | 8,80 | 13,80 |
| 17 | 16,294 | 250,51 | 197,3 | 8,93 | 13,75 |
| 17,25 | 16,539 | 252,52 | 199,3 | 9,05 | 13,70 |
| 17,5 | 16,785 | 254,53 | 201,2 | 9,17 | 13,65 |
| 17,75 | 17,030 | 256,52 | 203,2 | 9,29 | 13,60 |
| 18 | 17,275 | 258,50 | 205,1 | 9,42 | 13,54 |
| 18,25 | 17,521 | 260,47 | 207,0 | 9,54 | 13,49 |
| 18,5 | 17,766 | 262,42 | 208,9 | 9,66 | 13,45 |
| 18,75 | 18,012 | 264,36 | 210,8 | 9,78 | 13,40 |
| 19 | 18,258 | 266,29 | 212,7 | 9,91 | 13,35 |
| 19,25 | 18,503 | 268,21 | 214,5 | 10,03 | 13,30 |
| 19,5 | 18,749 | 270,12 | 216,4 | 10,15 | 13,25 |
| 19,75 | 18,995 | 272,02 | 218,2 | 10,28 | 13,21 |
| 20 | 19,240 | 273,91 | 220,1 | 10,40 | 13,16 |
| 20,25 | 19,486 | 275,78 | 221,9 | 10,52 | 13,11 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 20,5 | 19,732 | 277,65 | 223,7 | 10,64 | 13,07 |
| 20,75 | 19,978 | 279,50 | 225,5 | 10,77 | 13,02 |
| 21 | 20,223 | 281,35 | 227,3 | 10,89 | 12,98 |
| 21,25 | 20,469 | 283,18 | 229,1 | 11,01 | 12,94 |
| 21,5 | 20,715 | 285,01 | 230,9 | 11,14 | 12,89 |
| 21,75 | 20,961 | 286,82 | 232,6 | 11,26 | 12,85 |
| 22 | 21,207 | 288,63 | 234,4 | 11,38 | 12,81 |
| 22,25 | 21,453 | 290,43 | 236,2 | 11,50 | 12,76 |
| 22,5 | 21,699 | 292,22 | 237,9 | 11,63 | 12,72 |
| 22,75 | 21,945 | 294,00 | 239,6 | 11,75 | 12,68 |
| 23 | 22,191 | 295,77 | 241,4 | 11,87 | 12,64 |
| 23,25 | 22,437 | 297,53 | 243,1 | 12,00 | 12,60 |
| 23,5 | 22,683 | 299,28 | 244,8 | 12,12 | 12,56 |
| 23,75 | 22,929 | 301,03 | 246,5 | 12,24 | 12,52 |
| 24 | 23,175 | 302,76 | 248,2 | 12,37 | 12,48 |

Il grafico seguente riporta i valori di portata in funzione del Tempo di Ritorno e della durata della precipitazione.

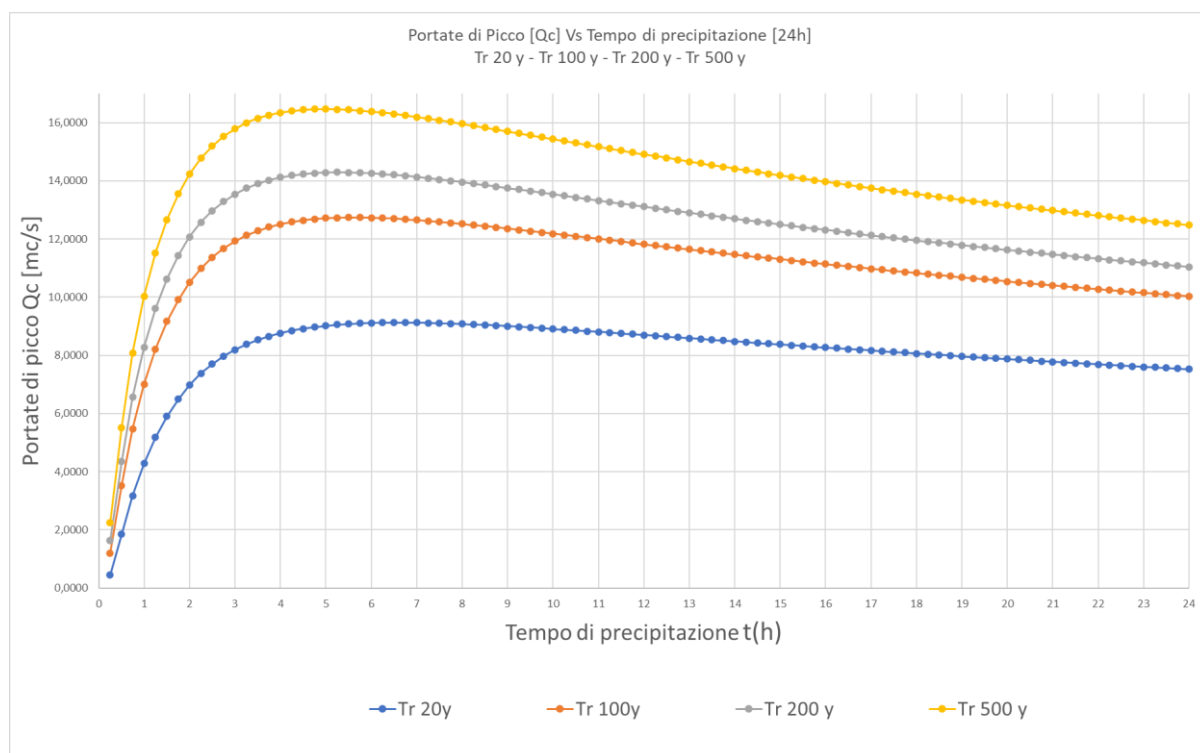


FIGURA N. 4 - ANALISI DEL TREND DELLE PORTATE DI PICCO (Qc) PER I TEMPI DI RITORNO (TR) DI 20-100-200-500 ANNI SUL TEMPO DI PRECIPITAZIONE DI 24 H

Si assumono pertanto, per i diversi tempi di ritorno, i seguenti valori di portata di riferimento:

TR = 20 anni: $Q_{20} = 9.13 \text{ mc/s}$

TR = 100 anni: $Q_{100} = 12.74 \text{ mc/s}$

TR = 200 anni: $Q_{200} = 14.29 \text{ mc/s}$

TR = 500 anni: $Q_{500} = 16.47 \text{ mc/s}$

Essi sono da intendersi quali valori di portata al colmo.

CONFRONTO BACINI

Nella tabella seguente sono messi in confronto alcuni dati dei 2 bacini più rilevanti.

| Parametro | Rio Crorello | Rio Pianezze |
|---------------------------|--------------|--------------|
| Area (Km ²) | 2.24 | 0.175 |
| Tempo di Corrivazione (h) | 0.40 | 0.23 |

Le portate di piena sono state calcolate per diversi tempi di ritorno (20, 100, 200, 500 anni), utilizzando il metodo del Curve Number (CN) con considerazione delle perdite di infiltrazione e dei coefficienti di deflusso.

Nella tabella seguente saranno messe in confronto le portate (m³/s) massime per i vari tempi di ritorno, rispettivamente per il Rio Crorello ed il Rio Pianezze.

| Tempo di ritorno | Portata Rio Crorello | Portata Rio Pianezze |
|------------------|----------------------|----------------------|
| 20 anni | 9.13 | 0.92 |
| 100 anni | 12.74 | 1.31 |
| 200 anni | 14.29 | 1.50 |
| 500 anni | 16.47 | 1.75 |

Queste portate, nel punto di chiusura, si ottengono in differenti tempi, meno di 2 ore per il Rio Pianezze e oltre 5 ore per il Rio Crorello.

Per quanto riguarda l'acqua piovana proveniente dall'area di cava essa verrà convogliata tramite un sistema di canalette verso la vasca di sedimentazione, dove, una volta trattata sarà reimpressa nel Rio Pianezze. Nella seguente tabella sono elencate le portate nei vari tempi di ritorno.

| Tempo di ritorno | Portata Bacino area di cava |
|------------------|-----------------------------|
| 20 anni | 0.30 |
| 100 anni | 0.38 |
| 200 anni | 0.41 |
| 500 anni | 0.46 |

Aumentano così le portate del Rio Pianezze a 1.22, 1.69, 1.91 e 2.21 rispettivamente per i tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 500 anni.

Pur avendo un incremento delle portate da parte dell'area di cava il volume d'acqua immesso nel Rio Crorello rimane sempre minimo rispetto alle portate di quest'ultimo.

Tali portate del bacino sotteso al paramento sono state inserite nell'analisi della regimazione delle vasche di sedimentazione.

Di seguito in tabella sono rappresentate le portate massime del bacino del Rio senza nome nei vari tempi di ritorno.

| Tempo di ritorno | Portata Bacino Rio senza nome |
|------------------|-------------------------------|
| 20 anni | 0.622 |
| 100 anni | 0.781 |
| 200 anni | 0.853 |
| 500 anni | 0.945 |

Per quanto riguarda il bacino del Rio senza nome, esso viene deviato dal muro in c.a posto a nord dell'area di cava direttamente all'interno del Rio Crorello, grazie ad una tubazione in PVC in grado di far defluire $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$. La portata restata di tale bacino verrà convogliata, come si può evincere dalla Tav. 53_INT, dalle canalette di sezione trapezia ($0.5 \times 0.7 \times 0.6 \text{ m}$) alla base delle pareti, in modo da sottrarre l'acqua di laminazione che scorre sui fronti che è ancora pulita non essendo entrata in contatto con l'area di lavorazione, deviandola direttamente verso il Rio Crorello.

Anche per questo bacino la sua immissione nel Rio Crorello è di poco conto, avendo delle portate coi vari tempi di ritorno inferiori rispetto al Rio Pianezze e allo stesso Rio in cui confluiscono entrambi.

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO ALVEO RIO PIANEZZE

La sistemazione del tratto terminale dell'alvo del Rio Pianezze che viene realizzato a valle dell'area di deposito degli sfridi di coltivazione viene pertanto dimensionata in funzione della portata critica calcolata con $Tr_{200} = 1,50 \text{ mc/s}$.

L'alveo sarà realizzato con sezione rettangolare con sponde e fondo in blocchi di cava secondo la tipologia e le dimensioni indicata nella tavola dei particolari costruttivi (Tavola n. 48_2024) di progetto che sono ottenute dal seguente dimensionamento idraulico delle sezioni tipo (riportate nella figura allegata in calce alla presente) dell'alveo in relazione alla pendenza media dei vari tratti considerati. Esso verrà realizzato mantenendo invariato il punto di confluenza e facendo in modo da facilitarne il deflusso. La deviazione parte a valle dell'attraversamento (guado esistente con tubazione di sottopasso $\varnothing = 0,80 \text{ m}$) della strada sul Rio Pianezze fino all'immissione nel Rio Crorello.

Si allega di seguito il calcolo del dimensionamento idraulico delle varie sezioni del Rio Pianezze post deviazione svolto sul Tr_{200} . Tutte le verifiche effettuate in corrispondenza delle sezioni e relative pendenze parziali evidenziano una capacità di smaltimento superiore alle portate calcolate, anche nel caso in cui si considera in via prudenziale un contributo del trasporto solido con aumento delle stesse di 10% e 20%, rispettivamente pari a $2.10 \text{ m}^3/\text{s}$ e $2.29 \text{ m}^3/\text{s}$.

Questa analisi sarà affiancata anche da un'ulteriore analisi svolta tramite l'utilizzo del software HEC-RAS sviluppato dall'ente USACE per la simulazione e l'analisi del flusso idraulico nei corsi d'acqua

SEZIONI PROGETTO

Sezione X – X Tr200

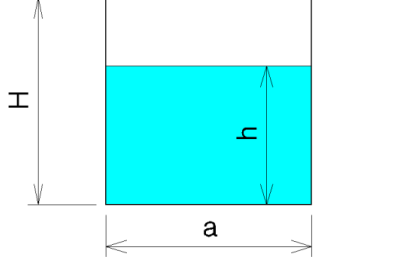
CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

Descrizione: Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

Punto di sezione: X -X

CARATTERISTICHE SEZIONE

| DATI NOTI (da inserire) | | |
|-------------------------|----------------|--------------------------------|
| H | ⇒ 1.00 | ALTEZZA [m] |
| a | ⇒ 1.00 | [m] |
| h | ⇒ 0.80 | [m] |
| p | ⇒ 9.00% | Pendenza |
| m | ⇒ 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |



| DATI RISULTANTI | | |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇒ 2.600 [m] |
| Area di deflusso | $A = ah$ | ⇒ 0.8000 [m ²] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇒ 0.308 [m] |

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

| FORMULE (moto uniforme) | | |
|-------------------------|--|---|
| Portata | $Q = AV$ | dove A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso |
| Velocità di deflusso | $V = c\sqrt{Ri p}$ | dove c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza |
| Coefficiente di attrito | $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ | dove m = Coeff. Di scabrosità di Kutter |

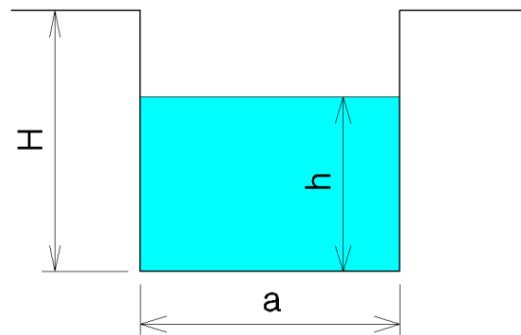
| RISULTATI | | |
|-----------|---|------------------------------------|
| c | ⇒ | 30.74 |
| V | ⇒ | 5.11 [m/sec] |
| Q | ⇒ | 4.092 [m ³ /sec] |

CAPACITA' DI SMALITIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE
per varie altezze d'acqua

CARATTERISTICHE SEZIONE

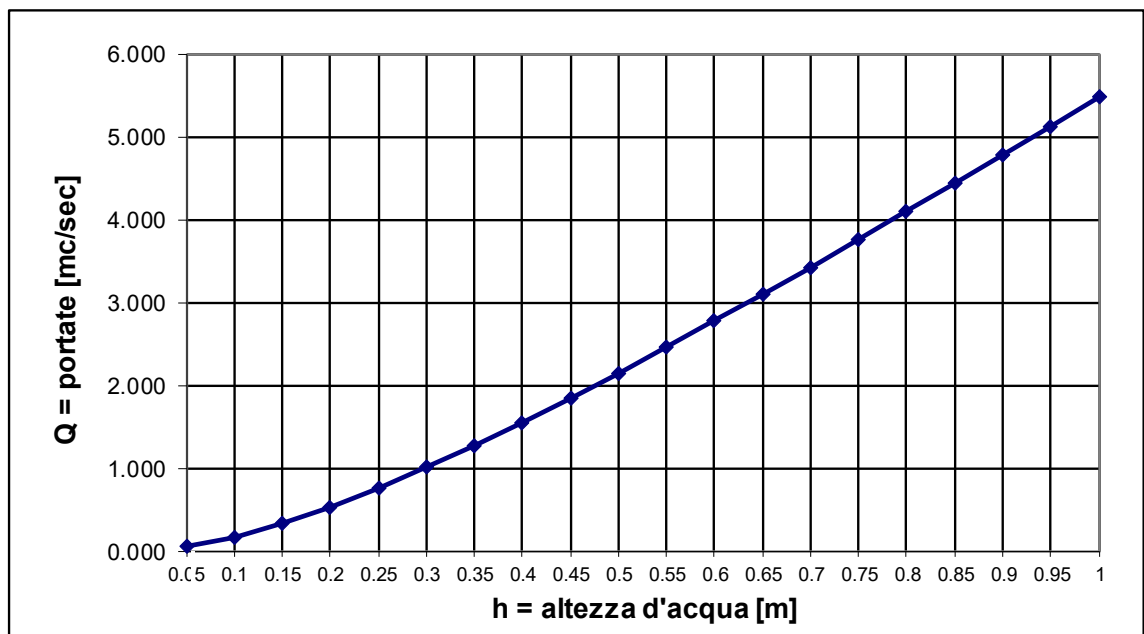
| | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|-------------|--------------------------------|
| H | 1.00 | ALTEZZA [m] | p | 9.0% | Pendenza |
| a | 1.00 | [m] | m | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| h [m] | Q[m ³ /sec] |
|-------|------------------------|
| 0.05 | 0.047 |
| 0.10 | 0.162 |
| 0.15 | 0.327 |
| 0.20 | 0.527 |
| 0.25 | 0.754 |
| 0.30 | 1.003 |
| 0.35 | 1.269 |
| 0.40 | 1.549 |
| 0.45 | 1.841 |
| 0.50 | 2.143 |
| 0.55 | 2.453 |
| 0.60 | 2.770 |
| 0.65 | 3.093 |
| 0.70 | 3.422 |
| 0.75 | 3.755 |
| 0.80 | 4.092 |
| 0.85 | 4.433 |
| 0.90 | 4.776 |
| 0.95 | 5.123 |
| 1.00 | 5.472 |



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza



Sezione X1 – X1 Tr200

CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

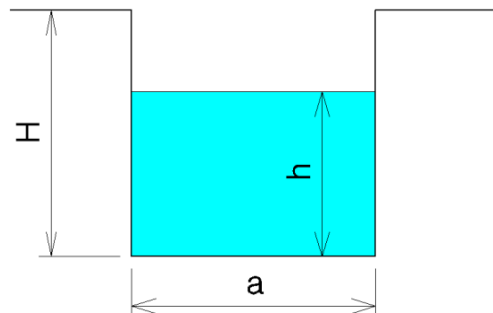
Descrizione: Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

Punto di sezione: X1 - X1

CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)

| | | | |
|----------|---|---------------|--------------------------------|
| H | ⇒ | 1.00 | ALTEZZA [m] |
| a | ⇒ | 1.00 | [m] |
| h | ⇒ | 0.80 | [m] |
| p | ⇒ | 54.00% | Pendenza |
| m | ⇒ | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |



DATI RISULTANTI

| | | | |
|------------------|---------------------|---|---------------------------------|
| Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇒ | 2.600 [m] |
| Area di deflusso | $A = ah$ | ⇒ | 0.8000 [m ²] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇒ | 0.308 [m] |

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

FORMULE (moto uniforme)

| | | | |
|-------------------------|--|------|--|
| Portata | $Q = AV$ | dove | A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso |
| Velocità di deflusso | $V = c\sqrt{Ri p}$ | dove | c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza |
| Coefficiente di attrito | $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ | dove | m = Coeff. Di scabrosità di Kutter |

RISULTATI

| | | |
|----------|---|-------------------------------------|
| c | ⇒ | 30.74 |
| V | ⇒ | 12.53 [m/sec] |
| Q | ⇒ | 10.023 [m ³ /sec] |

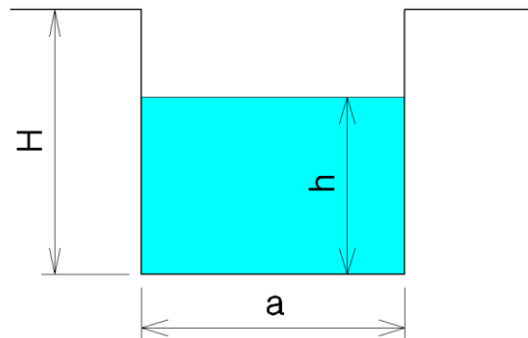
Tr200 = 1,5

CAPACITA' DI SMALITIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE
per varie altezze d'acqua

CARATTERISTICHE SEZIONE

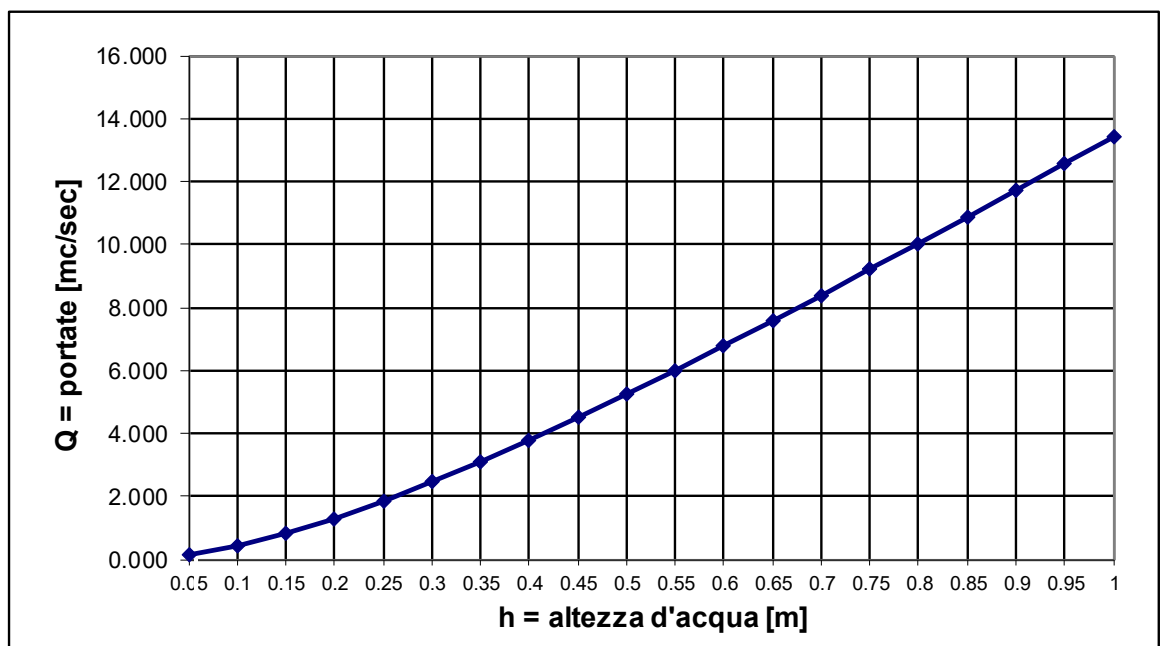
| | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|--------------|--------------------------------------|
| H | 1.00 | ALTEZZA [m] | p | 54.0% | Pendenza |
| a | 1.00 | [m] | m | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| h [m] | Q[m³/sec] |
|--------------|-----------------------------|
| 0.05 | 0.114 |
| 0.10 | 0.398 |
| 0.15 | 0.800 |
| 0.20 | 1.290 |
| 0.25 | 1.846 |
| 0.30 | 2.456 |
| 0.35 | 3.108 |
| 0.40 | 3.795 |
| 0.45 | 4.510 |
| 0.50 | 5.249 |
| 0.55 | 6.008 |
| 0.60 | 6.785 |
| 0.65 | 7.577 |
| 0.70 | 8.381 |
| 0.75 | 9.197 |
| 0.80 | 10.023 |
| 0.85 | 10.858 |
| 0.90 | 11.700 |
| 0.95 | 12.549 |
| 1.00 | 13.405 |



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua
corrispondente

Grafico Portata / Altezza



Sezione X2 – X2 Tr200

CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

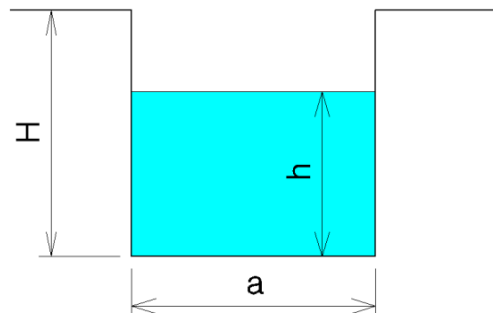
Descrizione: Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

Punto di sezione: X2 - X2

CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)

| | | | |
|----------|---|---------------|--------------------------------|
| H | ⇒ | 1.00 | ALTEZZA [m] |
| a | ⇒ | 1.00 | [m] |
| h | ⇒ | 0.80 | [m] |
| p | ⇒ | 11.00% | Pendenza |
| m | ⇒ | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |



DATI RISULTANTI

| | | | |
|------------------|---------------------|---|---------------------------------|
| Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇒ | 2.600 [m] |
| Area di deflusso | $A = ah$ | ⇒ | 0.8000 [m ²] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇒ | 0.308 [m] |

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

FORMULE (moto uniforme)

| | | | |
|-------------------------|--|------|--|
| Portata | $Q = AV$ | dove | A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso |
| Velocità di deflusso | $V = c\sqrt{Ri p}$ | dove | c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza |
| Coefficiente di attrito | $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ | dove | m = Coeff. Di scabrosità di Kutter |

RISULTATI

| | | |
|----------|---|------------------------------------|
| c | ⇒ | 30.74 |
| V | ⇒ | 5.65 [m/sec] |
| Q | ⇒ | 4.524 [m ³ /sec] |

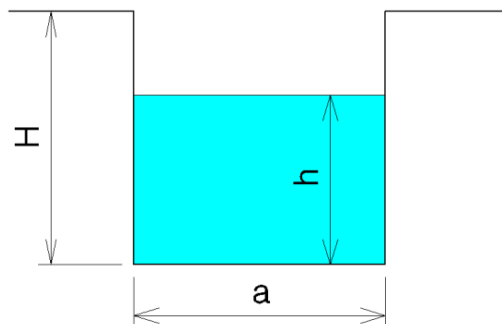
Tr200 = 1,5

CAPACITA' DI SMALITIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE
per varie altezze d'acqua

CARATTERISTICHE SEZIONE

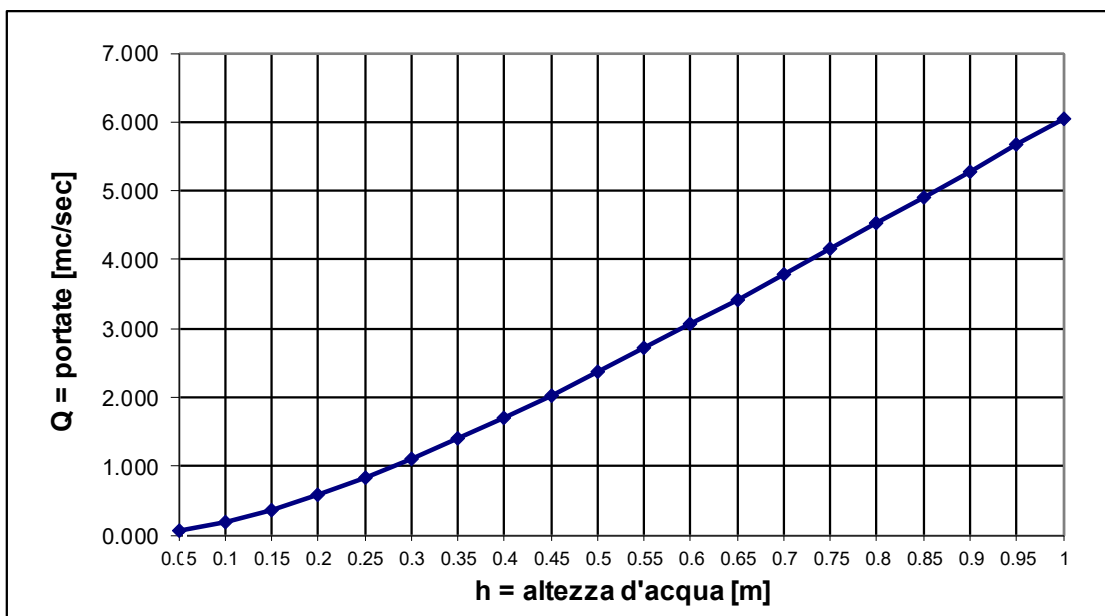
| | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|--------------|--------------------------------|
| H | 1.00 | ALTEZZA [m] | p | 11.0% | Pendenza |
| a | 1.00 | [m] | m | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| h [m] | Q[m³/sec] |
|--------------|-----------------------------|
| 0.05 | 0.052 |
| 0.10 | 0.180 |
| 0.15 | 0.361 |
| 0.20 | 0.582 |
| 0.25 | 0.833 |
| 0.30 | 1.108 |
| 0.35 | 1.403 |
| 0.40 | 1.713 |
| 0.45 | 2.035 |
| 0.50 | 2.369 |
| 0.55 | 2.712 |
| 0.60 | 3.062 |
| 0.65 | 3.420 |
| 0.70 | 3.783 |
| 0.75 | 4.151 |
| 0.80 | 4.524 |
| 0.85 | 4.900 |
| 0.90 | 5.281 |
| 0.95 | 5.664 |
| 1.00 | 6.050 |



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza



Sezione X3 – X3 Tr200

CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

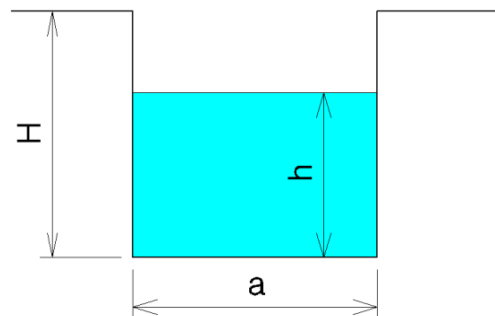
Descrizione: Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

Punto di sezione: X3 - X3

CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)

| | | | |
|----------|---|--------------|--------------------------------|
| H | ⇒ | 1.00 | ALTEZZA [m] |
| a | ⇒ | 1.00 | [m] |
| h | ⇒ | 0.80 | [m] |
| p | ⇒ | 6.00% | Pendenza |
| m | ⇒ | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |



DATI RISULTANTI

| | | | |
|------------------|---------------------|---|---------------------------------|
| Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇒ | 2.600 [m] |
| Area di deflusso | $A = ah$ | ⇒ | 0.8000 [m ²] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇒ | 0.308 [m] |

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

FORMULE (moto uniforme)

| | | | |
|-------------------------|--|------|--|
| Portata | $Q = AV$ | dove | A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso |
| Velocità di deflusso | $V = c\sqrt{Ri p}$ | dove | c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza |
| Coefficiente di attrito | $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ | dove | m = Coeff. Di scabrosità di Kutter |

RISULTATI

| | | |
|----------|---|------------------------------------|
| c | ⇒ | 30.74 |
| V | ⇒ | 4.18 [m/sec] |
| Q | ⇒ | 3.341 [m ³ /sec] |

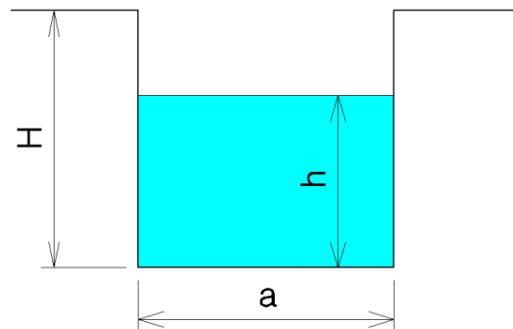
Tr200 = 1,5

CAPACITA' DI SMALITIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE
per varie altezze d'acqua

CARATTERISTICHE SEZIONE

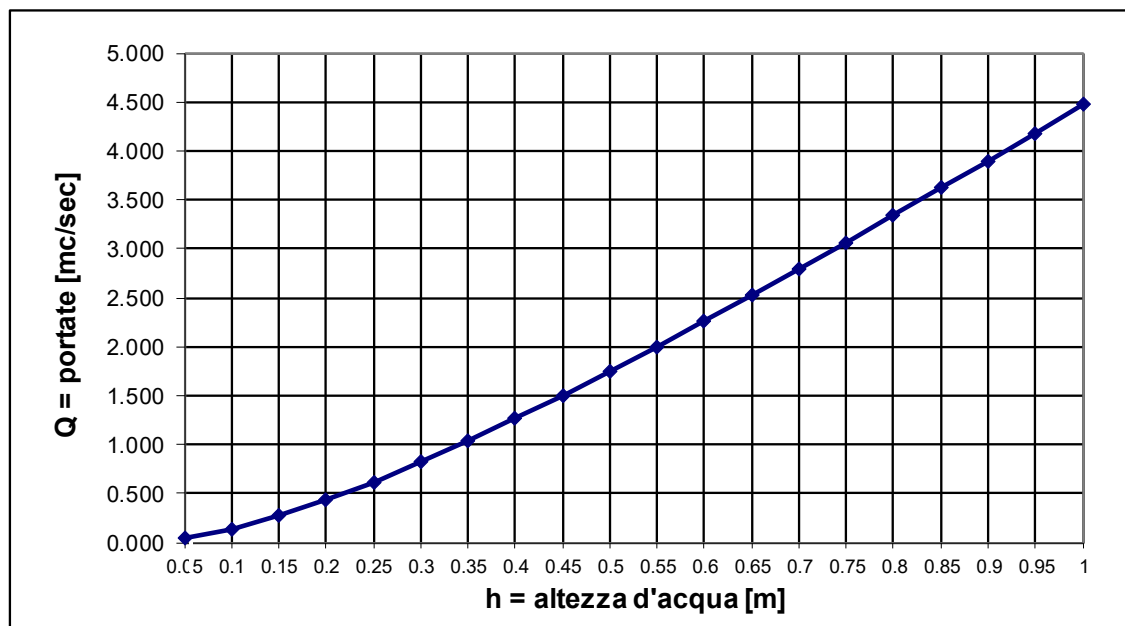
| | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|-------------|--------------------------------|
| H | 1.00 | ALTEZZA [m] | p | 6.0% | Pendenza |
| a | 1.00 | [m] | m | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| h [m] | Q[m³/sec] |
|--------------|-----------------------------|
| 0.05 | 0.038 |
| 0.10 | 0.133 |
| 0.15 | 0.267 |
| 0.20 | 0.430 |
| 0.25 | 0.615 |
| 0.30 | 0.819 |
| 0.35 | 1.036 |
| 0.40 | 1.265 |
| 0.45 | 1.503 |
| 0.50 | 1.750 |
| 0.55 | 2.003 |
| 0.60 | 2.262 |
| 0.65 | 2.526 |
| 0.70 | 2.794 |
| 0.75 | 3.066 |
| 0.80 | 3.341 |
| 0.85 | 3.619 |
| 0.90 | 3.900 |
| 0.95 | 4.183 |
| 1.00 | 4.468 |



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza



Sezione X4 – X4 Tr200

CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

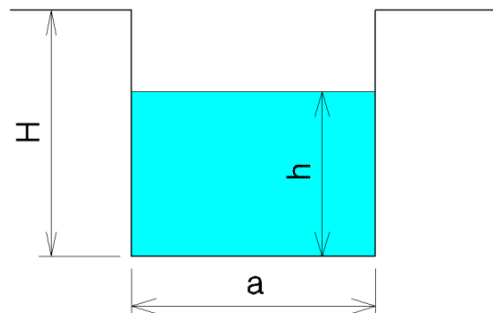
Descrizione: Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

Punto di sezione: X4 - X4

CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)

| | | | |
|----------|---|--------------|--------------------------------|
| H | ⇒ | 1.00 | ALTEZZA [m] |
| a | ⇒ | 1.00 | [m] |
| h | ⇒ | 0.80 | [m] |
| p | ⇒ | 7.00% | Pendenza |
| m | ⇒ | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |



DATI RISULTANTI

| | | | |
|------------------|---------------------|---|---------------------------------|
| Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇒ | 2.600 [m] |
| Area di deflusso | $A = ah$ | ⇒ | 0.8000 [m ²] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇒ | 0.308 [m] |

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

FORMULE (moto uniforme)

| | | | |
|-------------------------|--|------|--|
| Portata | $Q = AV$ | dove | A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso |
| Velocità di deflusso | $V = c\sqrt{Ri p}$ | dove | c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza |
| Coefficiente di attrito | $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ | dove | m = Coeff. Di scabrosità di Kutter |

RISULTATI

| | | |
|----------|---|------------------------------------|
| c | ⇒ | 30.74 |
| V | ⇒ | 4.51 [m/sec] |
| Q | ⇒ | 3.609 [m ³ /sec] |

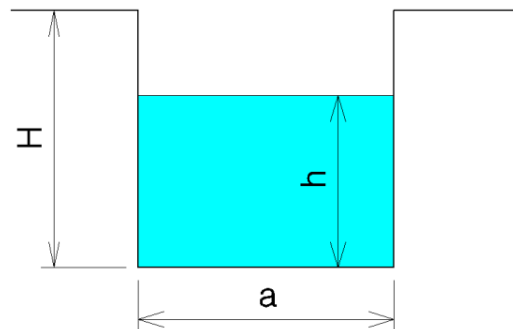
Tr200 = 1,5

CAPACITA' DI SMALITIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE
per varie altezze d'acqua

CARATTERISTICHE SEZIONE

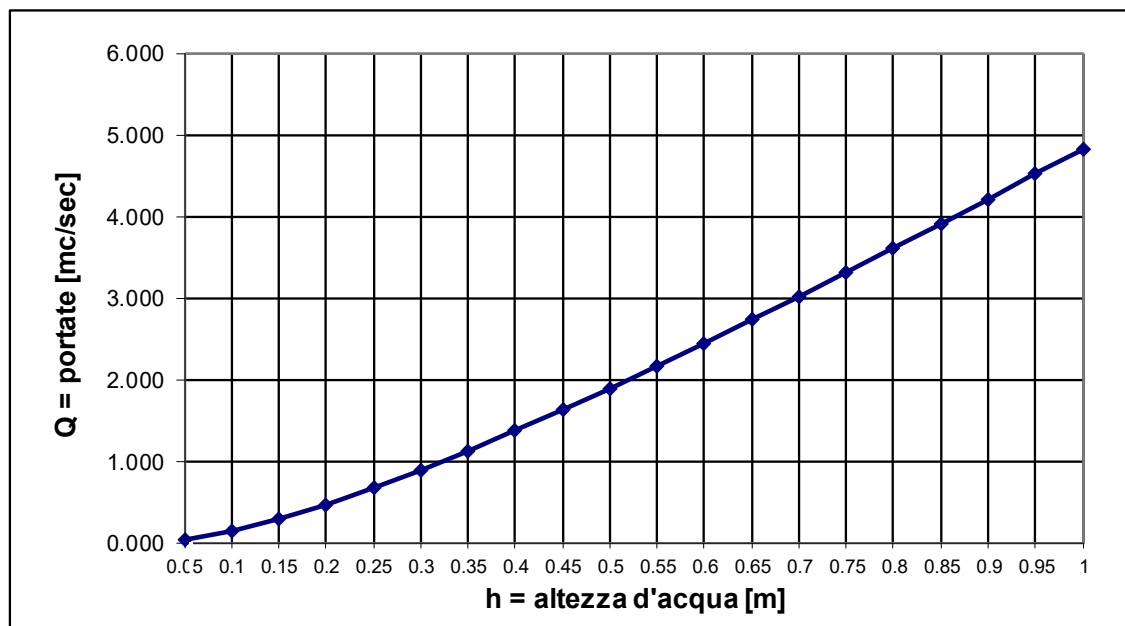
| | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|-------------|--------------------------------|
| H | 1.00 | ALTEZZA [m] | p | 7.0% | Pendenza |
| a | 1.00 | [m] | m | 1.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| h [m] | Q[m ³ /sec] |
|-------|------------------------|
| 0.05 | 0.041 |
| 0.10 | 0.143 |
| 0.15 | 0.288 |
| 0.20 | 0.464 |
| 0.25 | 0.665 |
| 0.30 | 0.884 |
| 0.35 | 1.119 |
| 0.40 | 1.366 |
| 0.45 | 1.624 |
| 0.50 | 1.890 |
| 0.55 | 2.163 |
| 0.60 | 2.443 |
| 0.65 | 2.728 |
| 0.70 | 3.018 |
| 0.75 | 3.311 |
| 0.80 | 3.609 |
| 0.85 | 3.909 |
| 0.90 | 4.212 |
| 0.95 | 4.518 |
| 1.00 | 4.826 |



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza



HEC-RAS (River Analysis System)

L'indagine geomorfologica per la caratterizzazione del bacino imbrifero non evidenzia una chiara propensione al trasporto solido in massa, ovvero di fenomeni tipo "debris-flow" con flusso ad alta densità

Tuttavia, nella seguente verifica idraulica si incrementa la portata di un contributo pari a 10% e 20% dovuto alla potenziale mobilitazione di materiale presente in alveo.

Per effettuare tale stima si è fatto ricorso al programma di calcolo messo a punto dall'US Army Corps of Engineers e denominato HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System).

Definita la portata di massima piena a cui riferire l'analisi idraulica è necessario determinare cosa significhi questo in termini di profondità di corrente nel tronco d'alveo considerato, con particolare riferimento alle sezioni trasversali pertinenti l'area in esame.

Le grandezze richieste dal software per effettuare la stima della profondità di corrente sono le seguenti:

- geometria delle sezioni;
- pendenza motrice;
- scabrezza.

Al fine di determinare la geometria delle sezioni è stato effettuato un rilievo topografico con tracciamento di cinque sezioni significative.

Il rilievo definisce l'andamento del corso d'acqua, il quale compie una evidente rotazione verso il Rio Crorello originando una battuta di sponda sulla sinistra idrografica.

Il software simula condizioni di corrente lenta, veloce e regimi misti purché siano conosciute le condizioni di monte e di valle che governano il comportamento della corrente. Nel caso specifico si adotta la condizione di regime in "corrente mista".

La pendenza motrice è automaticamente determinata dal programma di calcolo partendo dalla geometria delle sezioni.

La scabrezza è uno dei parametri più difficilmente determinabili ed è anche uno dei più influenti, in quanto ogni sistema idraulico è molto sensibile a questo fattore; inoltre il suo valore diminuisce con l'aumentare della portata, in quanto non è un parametro assoluto.

Per la scelta del valore di tale parametro si è fatto riferimento alla bibliografia esistente in cui si trovano suggerimenti in merito ai coefficienti di scabrezza da attribuire alle diverse tipologie dei corsi d'acqua e specificamente dei canali con alveo naturale o parzialmente regimato.

Il software utilizza i valori del coefficiente di resistenza (scabrezza) di Manning (da Chow V. T., 1959) che nel caso specifico tengono conto sostanzialmente dell'unica tipologia di alveo presente:

| | |
|--|------------------|
| Manning: $n = 0.03 - 0.04 [m^{-1/3}s]$ | alveo in blocchi |
|--|------------------|

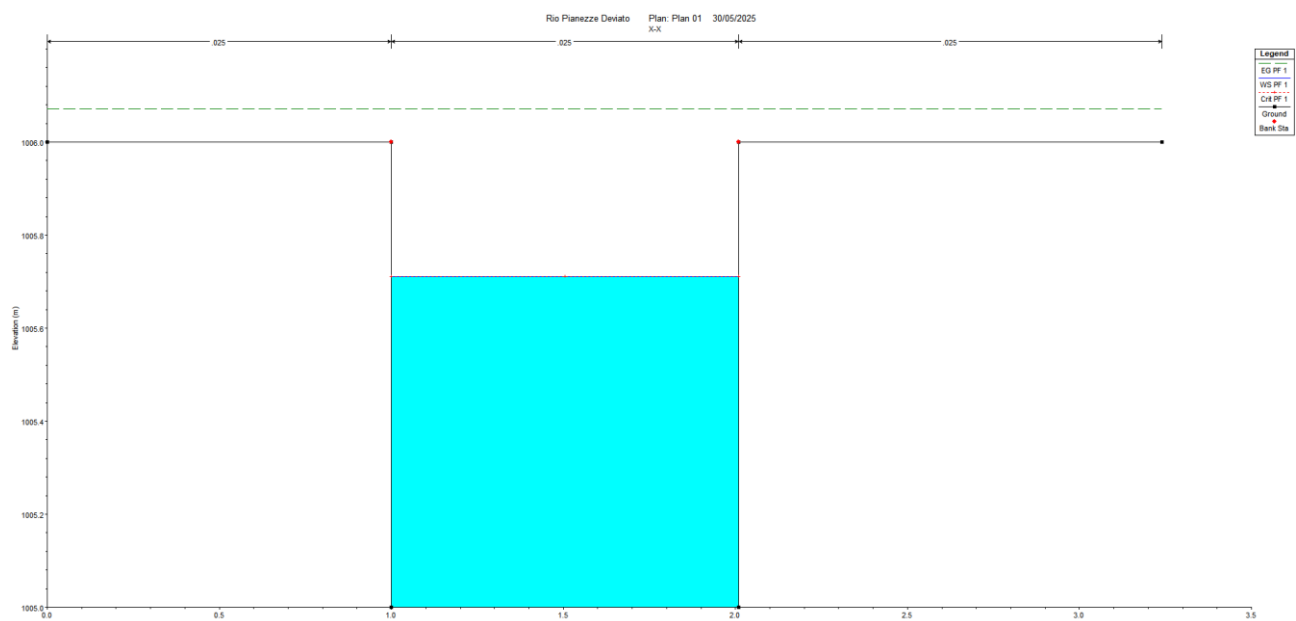
Le verifiche idrauliche sono state eseguite rispetto all'intero tratto d'alveo considerato dalla sezione di apertura X – X alla sezione di chiusura X4 – X4.

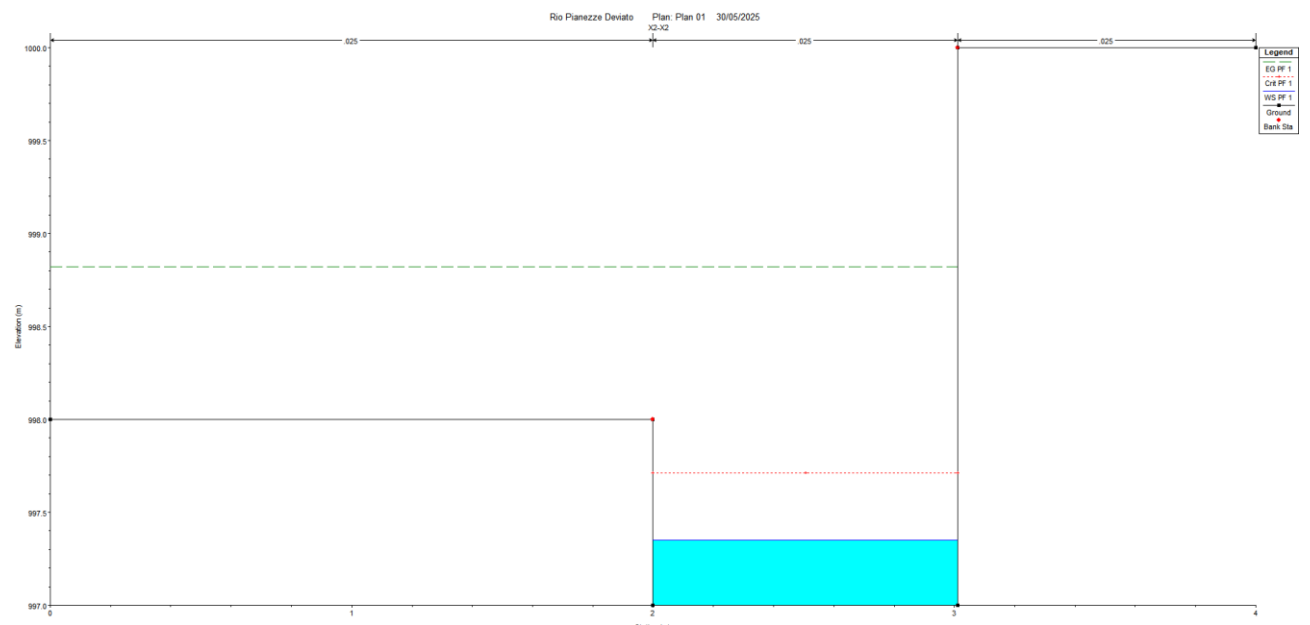
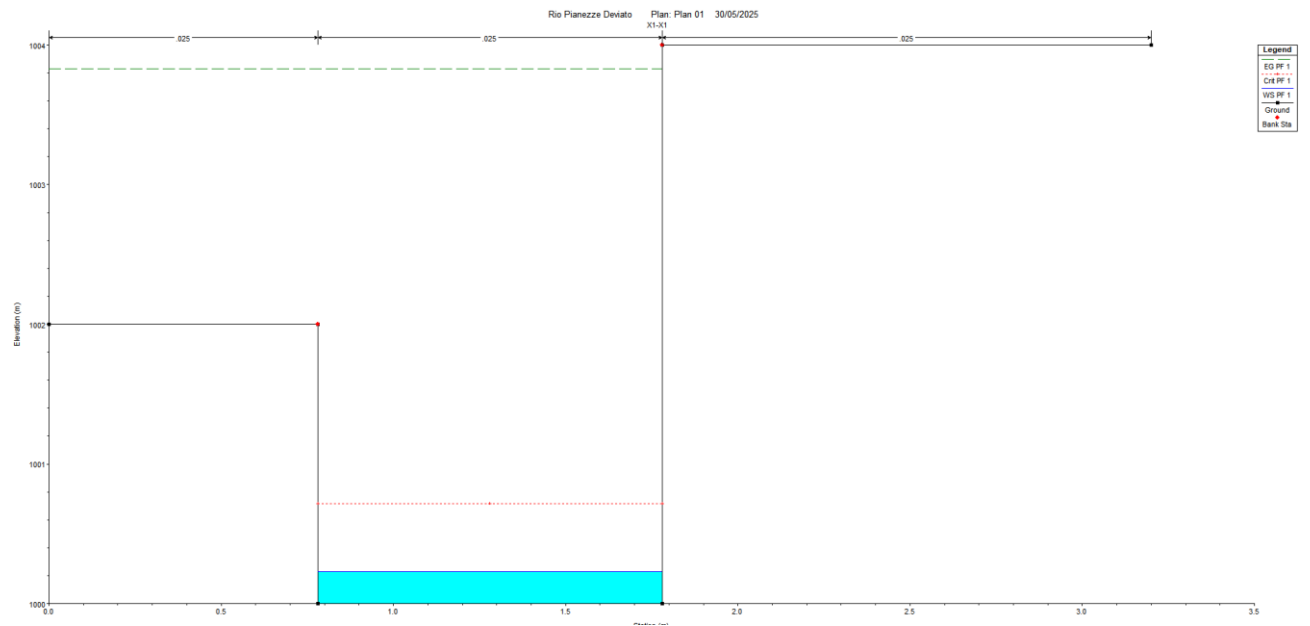
Nelle verifiche si esclude la portata con TR500 considerata "catastrofica. Tutte le sezioni d'alveo esaminate risultano verificate rispetto al passaggio della portata critica caratterizzata da tempo di ritorno pari a Tr200 anni incrementata del contributo dovuto al trasporto solido, computato pari al 10% e al 20% della portata di massima piena.

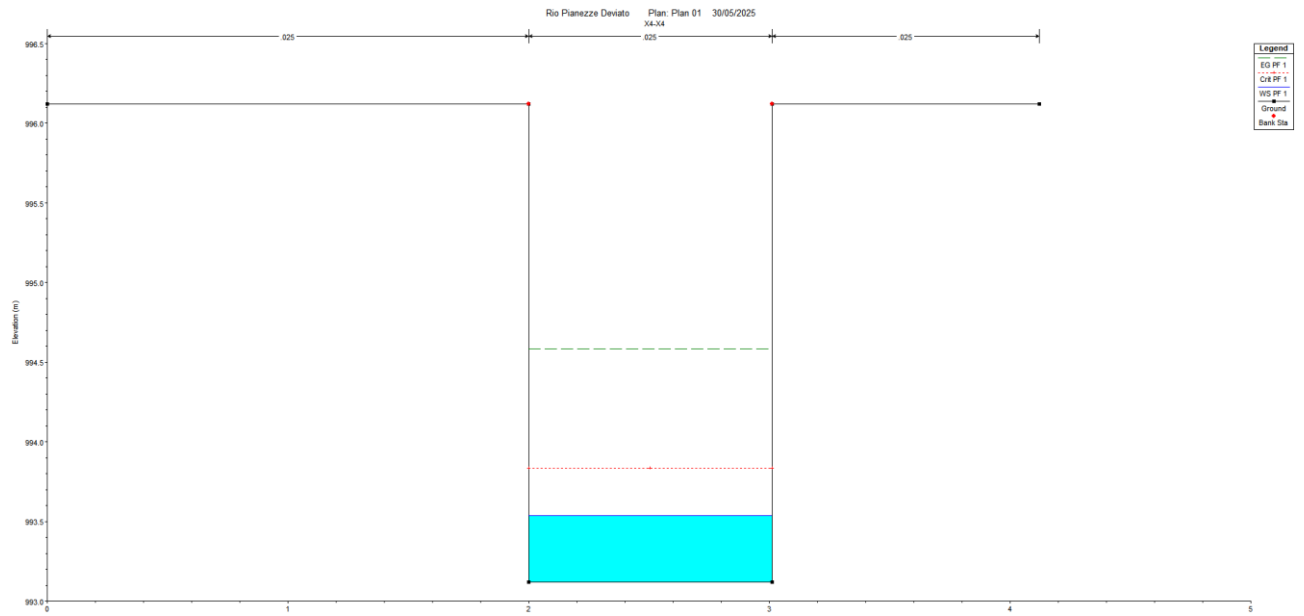
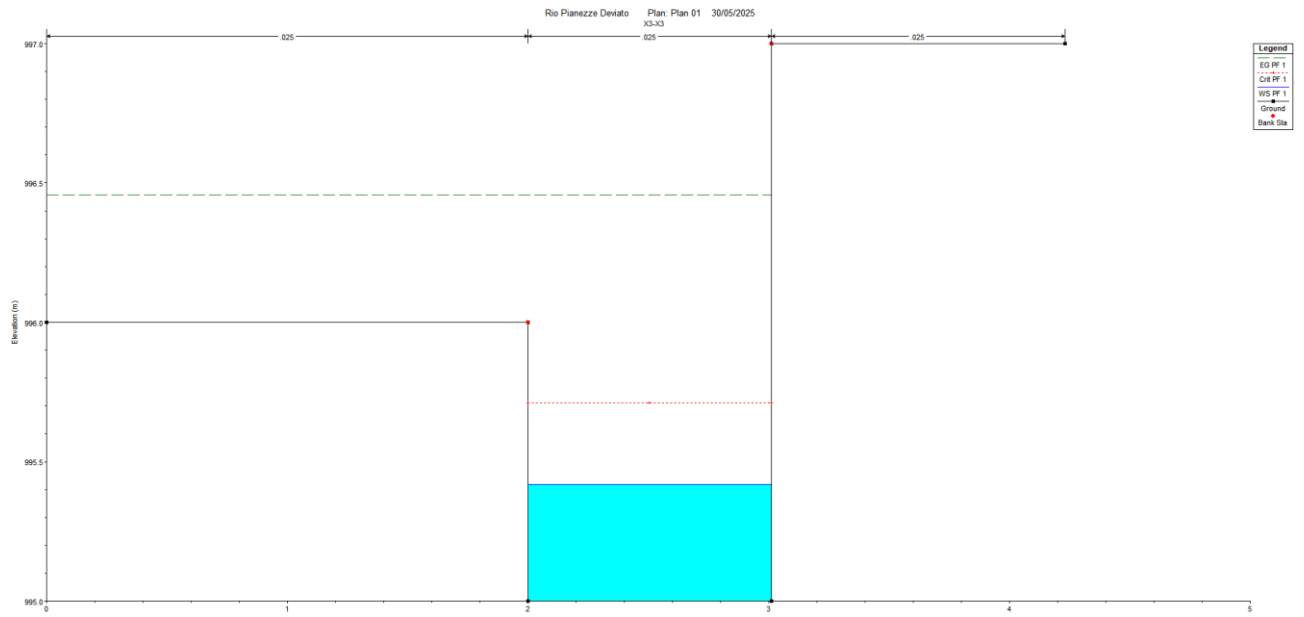
I risultati dell'elaborazione sono graficamente riassunti nei seguenti allegati:

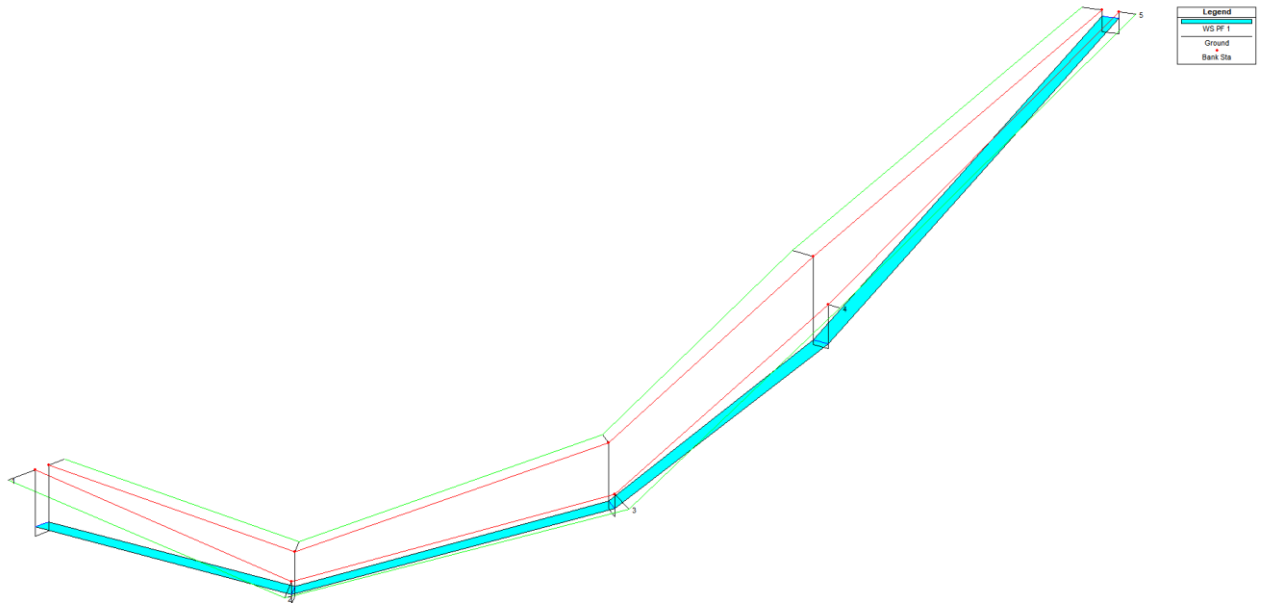
- Geometria sezioni e livello pelo libero configurazione post-intervento;
- Vista 3D configurazione post-intervento.

Le sezioni sono riportate in ordine decrescente, da monte (n. 5) a valle (n. 1).

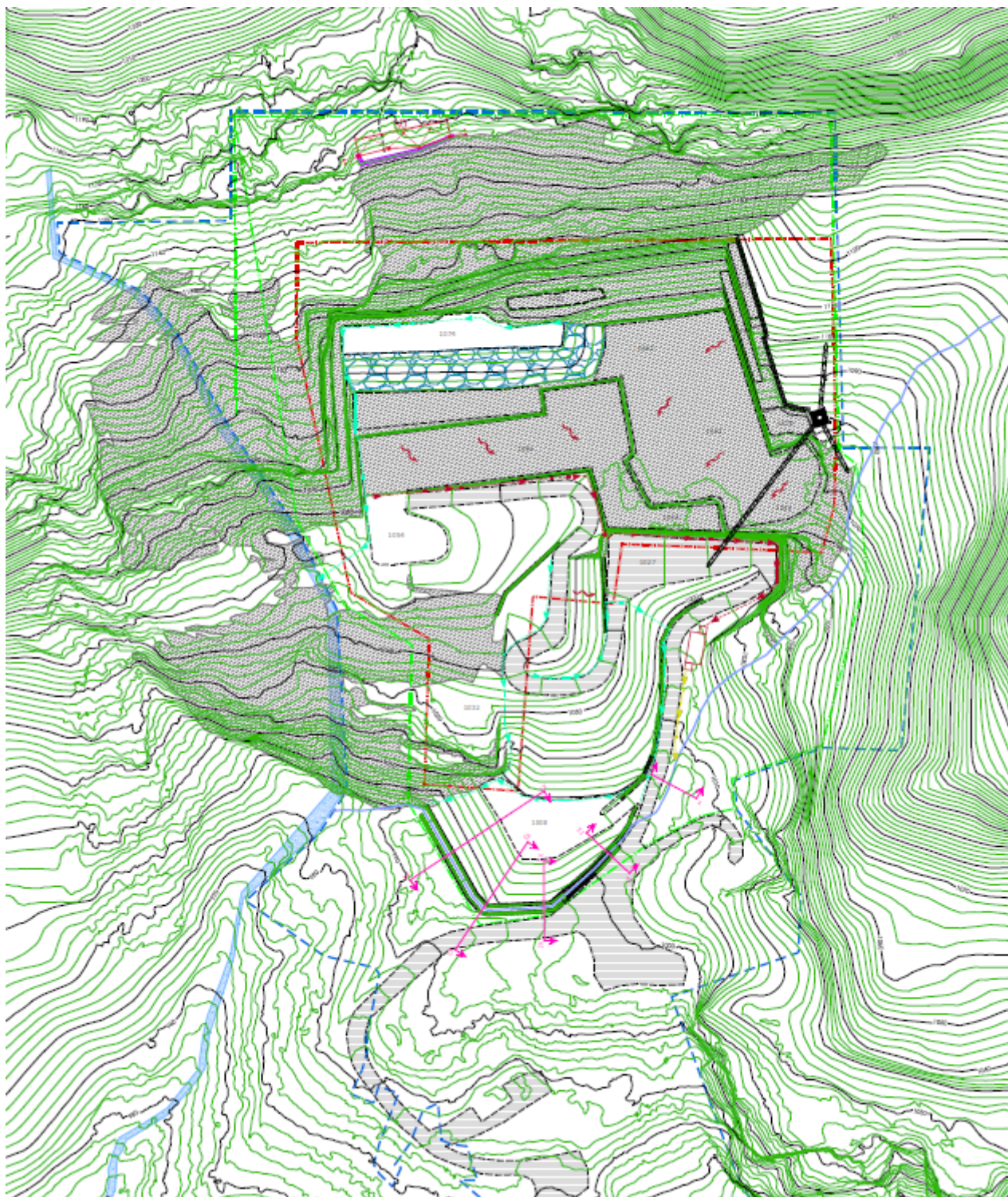




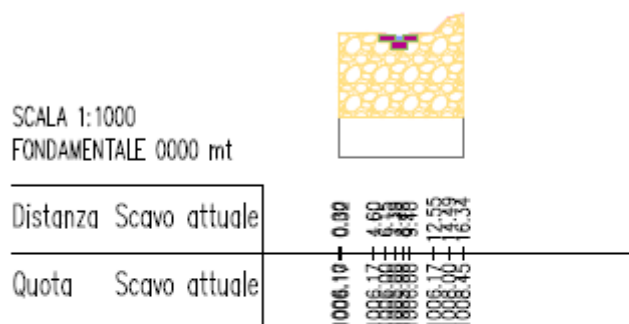




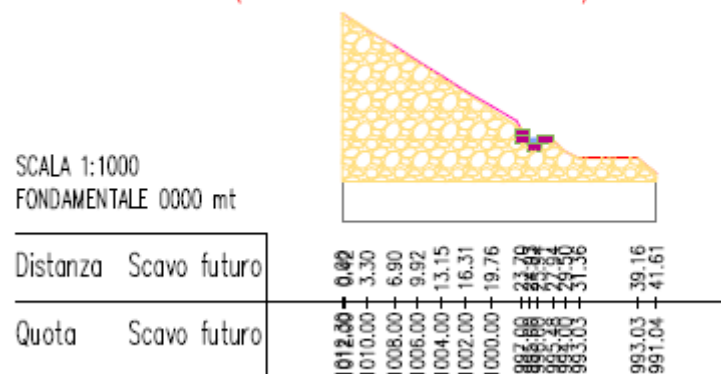
Di seguito vengono messe a disposizione la planimetria e le sezioni della fase in cui viene deviato il corso del Rio Pianezze (TAV. 12_INT_FASE 4a) riguardanti il ridimensionamento idraulico del Rio Pianezze svolto nelle pagine precedenti.



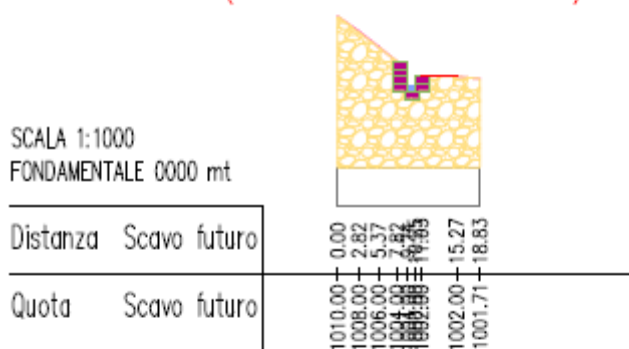
SEZIONE X (da fase 1 a fase 4)



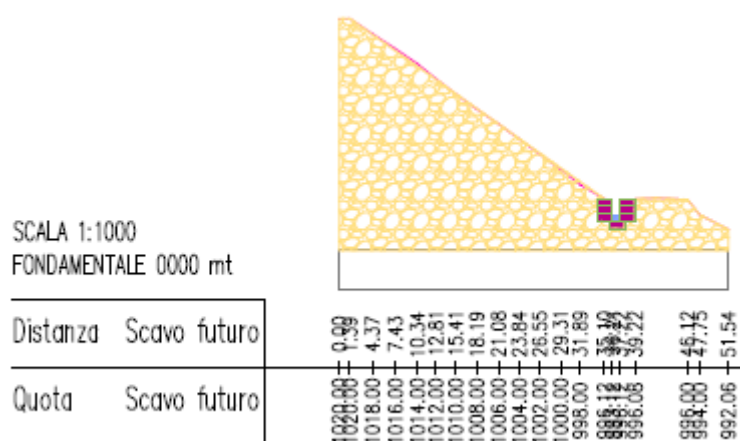
SEZIONE X3 (da fase 3 a fase 4)



SEZIONE X1 (da fase 3 a fase 4)



SEZIONE X4 (da fase 3 a fase 4)



SEZIONE X2 (da fase 3 a fase 4)

