



ACOSET SPA
Viale Mario Rapisardi, 164 - 95123, Catania
Tel 095360133 Fax 095356032
PEC: acoset@pec.it Sito: www.acoset.com
P.IVA 00132380874

Lavori di posa condotta idrica per il collegamento del Pozzo denominato "Rosella" agli Impianti Acoset Spa

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE per la VALUTAZIONE DI ASSOGGETTABILITA' A VIA

Relazione Idraulica e Idrologica

| | | | |
|--|--|---|--|
| Il Responsabile Unico del Procedimento Ing. R.Savarese _____ | Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione ed Esecuzione Ing. B.Santangelo _____ | Relazione 8 | |
| I Progettisti Ing. F.Arcidiacono Ing. P. Cutore Ing. A.Pagano _____ _____ _____ | | | |
| Supporto alla Progettazione Ing. N. Dell'Orto Ing. S.A. Di Gregorio Dott. G. Sapienza Ing. A. Torre Ing. A.Torrisi | | Data | |
| Supporto al RUP Ing. F.G.A. Vagliasindi _____ | Il Direttore Tecnico Ing. E.Greco _____ | Il Direttore Generale G. Rizzo _____ | Il Presidente P.A. D. Di Gloria _____ |

INDICE

| | |
|--|----|
| PREMESSA..... | 2 |
| 1. CALCOLI IDRAULICI BACINI IDROGRAFICI E CORSI D'ACQUA | 4 |
| 1.1 Delimitazione e caratteristiche morfologiche e plano-altimetriche dei bacini idrografici | 4 |
| 1.2 Calcolo del tempo di corrivazione dei bacini idrografici | 5 |
| 1.3 Calcolo portata di piena corsi d'acqua | 7 |
| 1.4 Calcolo tiranti idraulici corsi d'acqua | 9 |
| 2. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA | 12 |
| 2.1 Attraversamento 1 | 12 |
| 2.2 Attraversamento 2 | 12 |
| 2.3 Attraversamento 3 | 12 |
| 2.4 Attraversamento 4 | 13 |
| 2.5 Attraversamenti 5 e 6 | 13 |
| 2.6 Attraversamento 7 | 15 |
| 2.7 Attraversamento 8 | 15 |
| 2.8 Attraversamento 9 | 16 |
| 2.9 Attraversamento 10 | 16 |
| 2.10 Attraversamento 11 | 17 |
| 2.11 Attraversamento 12 | 17 |
| 2.12 Riepilogo dei risultati di verifica di compatibilità idraulica per gli attraversamenti | 18 |
| 3 CONCLUSIONI..... | 19 |
| ALLEGATI | 20 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|---|----|
| Tabella 1 Caratteristiche bacini idrografici | 4 |
| Tabella 2 Tempi di corrivazione | 6 |
| Tabella 3 Caratteristiche idrauliche | 8 |
| Tabella 4 Verifica massimo grado di riempimento tubazione attraversamento 5 | 13 |
| Tabella 5 Verifica massimo grado di riempimento tubazione attraversamento 6 | 13 |
| Tabella 6 Riepilogo risultati verifica di compatibilità idraulica | 18 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|----|
| Figura 1 Individuazione bacini imbriferi da 1 a 6 | 2 |
| Figura 2 Individuazione bacini imbriferi da 7 a 12..... | 3 |
| Figura 3 Coefficienti di deflusso per tipologia di suoli..... | 7 |
| Figura 4 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 1..... | 9 |
| Figura 5 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 2..... | 9 |
| Figura 6 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 3..... | 9 |
| Figura 7 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 4..... | 10 |
| Figura 8 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 5..... | 10 |
| Figura 9 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 6..... | 10 |
| Figura 10 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 7..... | 10 |
| Figura 11 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 8..... | 10 |
| Figura 12 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 9..... | 10 |
| Figura 13 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 10..... | 11 |
| Figura 14 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 11..... | 11 |
| Figura 15 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 12..... | 11 |
| Figura 16 Valori coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler tubazioni..... | 14 |
| Figura 17 Parametri a ed n da dati annali idrologici – Stazioni di osservazione di Piedimonte Etneo, Viagrande e Zafferana Etnea, | 21 |

PREMESSA

La presente relazione è finalizzata alla verifica di compatibilità idraulica per il passaggio di una condotta idrica in prossimità di attraversamenti stradali, nell'ambito dei lavori di posa di una condotta idrica di collegamento dal pozzo "Rosella" agli impianti aziendali di Acoset s.p.a., passando per i territori comunali di Mascali, Sant'Alfio, Milo, Zafferana Etnea, Trecastagni e Viagrande.

Lo studio idraulico ha riguardato il rilevamento delle sezioni di interesse ricadenti lungo il tracciato progettuale stabilito per il passaggio della condotta.

Si sono individuati con l'ausilio delle curve di livello, tutti i bacini imbriferi, sottesi da ogni sezione di interesse (denominata anche sezione di chiusura del bacino), al fine di individuare l'andamento del terreno e differenziare i percorsi d'acqua tra quelli oggetti di studio che confluiscono alla sezione di chiusura, e quelli non confluenti perché esterni al bacino.

Gli attraversamenti (sezioni di chiusura) e quindi i bacini individuati nel progetto generale sono dodici (Figura 1 e Figura 2), e per ognuno di essi si sono determinate le caratteristiche morfologiche e plano-altimetriche.

Il calcolo della portata di piena confluyente alla sezione di chiusura di ogni bacino è stato effettuato tramite la formula di Turazza, per un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni, periodo reputato adeguato all'importanza delle opere da effettuare.

Figura 1 Individuazione bacini imbriferi da 1 a 6

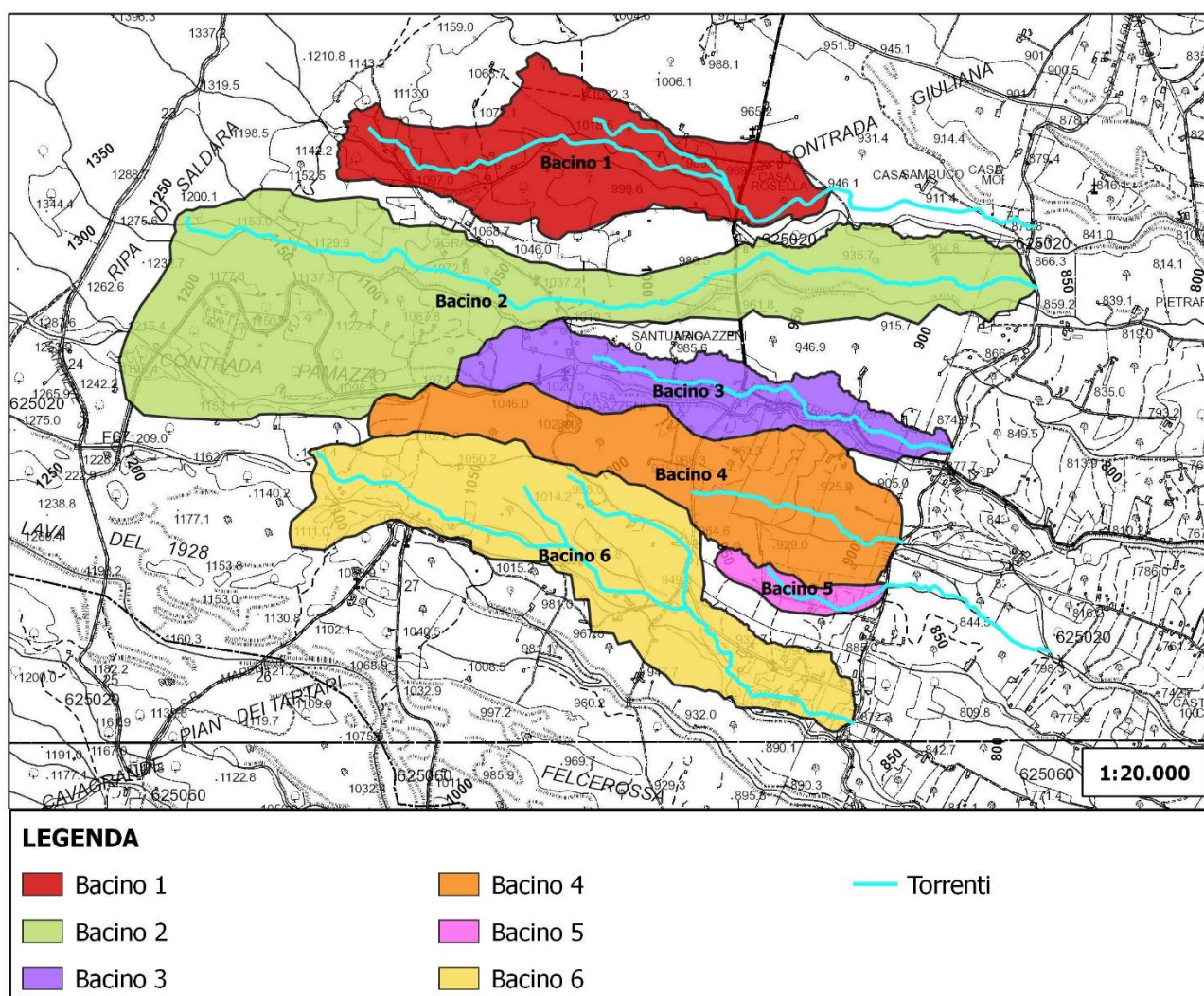
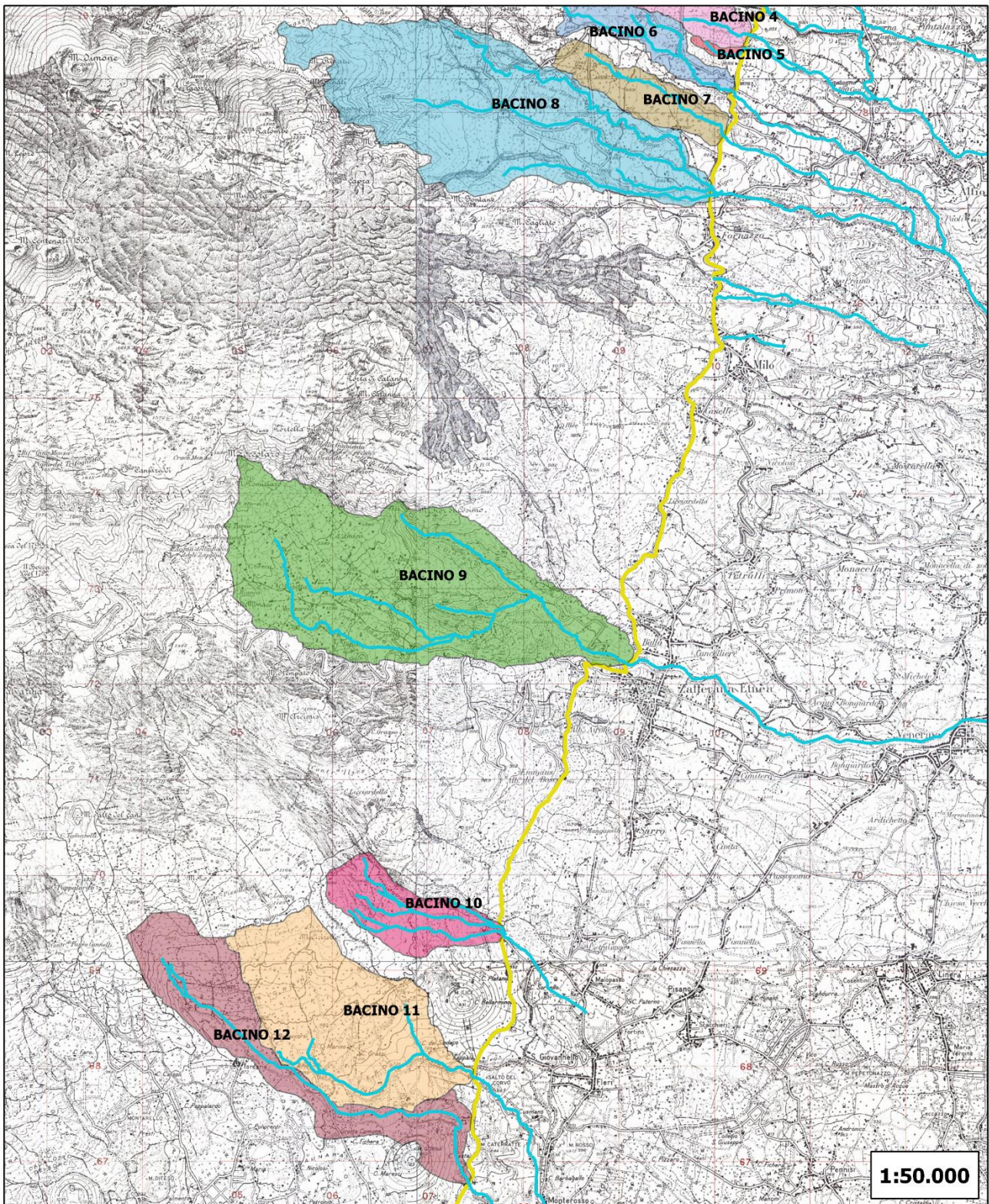


Figura 2 Individuazione bacini imbriferi da 7 a 12



Legenda

- Torrenti
- Condotta in progetto

BACINI IDROGRAFICI

- BACINO 7
- BACINO 8
- BACINO 9

- BACINO 10
- BACINO 11
- BACINO 12

1. CALCOLI IDRAULICI BACINI IDROGRAFICI E CORSI D'ACQUA

1.1 Delimitazione e caratteristiche morfologiche e plano-altimetriche dei bacini idrografici

Sono state individuate dodici sezioni di chiusura, opportunamente numerate da monte verso valle, lungo il tracciato della condotta (Tabella 1).

Tabella 1 Caratteristiche bacini idrografici

| Bacino idrografico | Asta principale | Comune (Sez. Chiusura) | Competenza | Area (km²) | Lunghezza asta (km) | Lunghezza asta principale (km) | Pendenza Asta |
|---------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Bacino 1 | Torrente 1 | Mascali | Regionale | 0,49 | 1,82 | 1,82 | 0,10 |
| Bacino 2 | Torrente 2 | Mascali | Regionale | 1,16 | 3,18 | 3,18 | 0,11 |
| Bacino 3 | Torrente 3 | Mascali | Regionale | 0,31 | 1,43 | 1,43 | 0,09 |
| Bacino 4 | Torrente 4 | Sant'Alfio | Regionale | 0,49 | 0,81 | 0,81 | 0,11 |
| Bacino 5 | Torrente 5 | Sant'Alfio | Regionale | 0,05 | 0,48 | 0,48 | 0,11 |
| Bacino 6 | Torrente 6 | Sant'Alfio | Regionale | 0,66 | 3,23 | 2,24 | 0,11 |
| Bacino 7 | Torrente 7 | Sant'Alfio | Regionale | 0,77 | 2,15 | 2,15 | 0,10 |
| Bacino 8 | Torrente 8 | Sant'Alfio - Milo | Regionale | 4,85 | 10,88 | 4,08 | 0,11 |
| Bacino 9 | Torrente 9 | Zafferana Etnea | Regionale | 5,44 | 9,68 | 5,28 | 0,15 |
| Bacino 10 | Torrente 10 | Zafferana Etnea - Trecastagni | Regionale | 1,01 | 5,64 | 2,33 | 0,16 |
| Bacino 11 | Torrente 11 | Trecastagni | Statale | 3,02 | 3,63 | 2,61 | 0,07 |
| Bacino 12 | Torrente 12 | Viagrande | Statale | 2,22 | 5,10 | 4,69 | 0,10 |

1.2 Calcolo del tempo di corrivazione dei bacini idrografici

Per ogni bacino di interesse bisogna calcolare il tempo di corrivazione (t_c), definito come il tempo necessario affinché una goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino, ruscelli verso la sezione di chiusura.

Le formule utilizzate per il calcolo del t_c sono di Pezzoli, Watt e Chow, e quella interpolare che raggruppa le prime due. Esse non danno significativi scostamenti dei valori finali, per cui è possibile effettuare la media aritmetica degli stessi.

- 1) Formula Pezzoli

$$t_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

- 2) Formula di Watt e Chow

$$t_c = 0,00116 \frac{\left(\frac{L}{\sqrt{i_a}}\right)^{0,64}}{0,6}$$

- 3) Formula interpolare delle formule di Pezzoli e Watt e Chow

$$t_c = 0,02221 \frac{\left(\frac{L}{\sqrt{i_a}}\right)^{0,80}}{60}$$

Si riportano di seguito i tempi di corrivazione per ogni bacino (Tabella 2). Per i successivi calcoli si utilizzerà il tempo di corrivazione medio ricavato per ogni bacino.

Tabella 2 Tempi di corrivazione

| Bacino idrografico | Comune (Sez. Chiusura) | t_c-Pezzoli (ore) | t_c-Watt-Chow (ore) | t_c-interpolare (ore) | t_c-medio (ore) |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| Bacino 1 | Mascalì | 0,32 | 0,49 | 0,38 | 0,40 |
| Bacino 2 | Mascalì | 0,53 | 0,69 | 0,57 | 0,60 |
| Bacino 3 | Mascalì | 0,26 | 0,43 | 0,32 | 0,33 |
| Bacino 4 | Sant'Alfio | 0,13 | 0,28 | 0,19 | 0,20 |
| Bacino 5 | Sant'Alfio | 0,08 | 0,20 | 0,12 | 0,13 |
| Bacino 6 | Sant'Alfio | 0,37 | 0,55 | 0,43 | 0,45 |
| Bacino 7 | Sant'Alfio | 0,38 | 0,56 | 0,44 | 0,46 |
| Bacino 8 | Sant'Alfio - Milo | 0,68 | 0,80 | 0,70 | 0,73 |
| Bacino 9 | Zafferana Etnea | 0,74 | 0,85 | 0,75 | 0,78 |
| Bacino 10 | Zafferana Etnea - Trecastagni | 0,15 | 0,31 | 0,21 | 0,22 |
| Bacino 11 | Trecastagni | 0,53 | 0,68 | 0,57 | 0,59 |
| Bacino 12 | Viagrande | 0,83 | 0,91 | 0,82 | 0,85 |

1.3 Calcolo portata di piena corsi d'acqua

Per quanto riguarda l'evento di pioggia e la sua distribuzione nel tempo, ci si è serviti della legge che determina le curve di probabilità pluviometrica in funzione di un tempo di ritorno T_R :

$$h = at^n$$

dove:

h è l'altezza massima di precipitazione (mm) in un tempo t ;

t è il tempo di progetto (ore)

I parametri a ed n delle curve di probabilità pluviometriche, si determinano in funzione del tempo di ritorno, ossia del tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità, e dei quantili di precipitazione di diverse durate di pioggia (1, 3, 6, 12 e 24 ore), registrati presso una determinata stazione di osservazione e visualizzabili negli annali idrologici dell'Osservatorio delle Acque. Nel caso specifico si è scelto di adottare un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Successivamente si è valutata la portata di piena (Q_{piena}), in funzione dell'altezza di pioggia massima per il prescelto tempo di ritorno, con la formula di Turazza:

$$Q_{piena} = \frac{C * I\left[\frac{mm}{h}\right] * A [km^2]}{3,6}$$

con:

C = coefficiente di deflusso di piena (determinato in funzione della tipologia di terreno, Figura 3);

Figura 3 Coefficienti di deflusso per tipologia di suoli

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

| Tipo di suolo | c | |
|---|---------------|-------|
| | Uso del suolo | |
| | Coltivato | Bosco |
| Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso | 0,20 | 0,10 |
| Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili | 0,40 | 0,30 |
| Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile | 0,50 | 0,40 |

I = intensità di pioggia media nel corso dell'evento;

A = Area del bacino di interesse;

L'intensità di pioggia media durante un evento di pioggia è funzione dell'altezza di pioggia h e del tempo t .

$$I(t) = \frac{h(t)}{t}$$

Con $h(t)$ = altezza di pioggia per un tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, funzione del tempo t ;

Si deve considerare l'intensità di pioggia più pericolosa, funzione del tempo t più gravoso. Per la scelta del tempo t si ricorre al criterio di Turazza, dal quale deriva che l'intensità di pioggia più pericolosa è quella di durata t pari al tempo di corrivazione t_c . In sintesi, con questo criterio si considera una pioggia di durata pari al tempo che impiegherebbe una particella che cade nel punto idraulicamente più lontano a ruscellare fino alla sezione di chiusura, in maniera che tutto il bacino "partecipi" alla determinazione della portata di progetto.

$$I(t_c) = \frac{h(t_c)}{t_c}$$

$$Q_{piena} = \frac{C * h(t_c)[mm] * A [km^2]}{t_c[h] * 3,6}$$

Per ogni bacino, si sono adottati pertanto i valori a ed n derivanti dalle tabelle regionali (in allegato alla presente relazione), in funzione della stazione di osservazione di riferimento.

In base alla tipologia di terreno dei bacini, si è stimato proporzionalmente il coefficiente di deflusso C.

Si riportano di seguito le caratteristiche idrauliche dei bacini, e la Q_{piena} di progetto da assumere per la modellazione idraulica dei torrenti (Tabella 3).

Tabella 3 Caratteristiche idrauliche

| Bacino idrografico | Comune (Sez. Chiusura) | Stazione di osservazione | a | n | t _c -medio (ore) | h(t _c) (mm) | C | A (km ²) | Q _{piena} (m ³ /s) |
|--------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|------|-----------------------------|-------------------------|------|----------------------|--|
| Bacino 1 | Masali | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,40 | 86,65 | 0,26 | 0,49 | 7,72 |
| Bacino 2 | Masali | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,60 | 99,66 | 0,25 | 1,16 | 13,39 |
| Bacino 3 | Masali | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,33 | 81,75 | 0,26 | 0,31 | 5,47 |
| Bacino 4 | Sant'Alfio | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,20 | 68,68 | 0,30 | 0,49 | 13,75 |
| Bacino 5 | Sant'Alfio | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,13 | 60,03 | 0,29 | 0,05 | 1,79 |
| Bacino 6 | Sant'Alfio | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,45 | 90,28 | 0,26 | 0,66 | 9,60 |
| Bacino 7 | Sant'Alfio | Piedimento Etneo | 118,6 | 0,34 | 0,46 | 91,06 | 0,22 | 0,77 | 9,32 |
| Bacino 8 | Sant'Alfio - Milo | Zafferana Etnea | 84,8 | 0,54 | 0,73 | 71,40 | 0,18 | 4,85 | 23,81 |
| Bacino 9 | Zafferana Etnea | Zafferana Etnea | 84,8 | 0,54 | 0,78 | 74,19 | 0,22 | 5,44 | 30,87 |
| Bacino 10 | Zafferana Etnea - Trecastagni | Zafferana Etnea | 84,8 | 0,54 | 0,22 | 37,79 | 0,28 | 0,46 | 6,04 |
| Bacino 11 | Trecastagni | Viagrande | 108,5 | 0,30 | 0,59 | 92,82 | 0,22 | 3,02 | 28,17 |
| Bacino 12 | Viagrande | Viagrande | 108,5 | 0,30 | 0,85 | 103,48 | 0,24 | 2,22 | 17,56 |

1.4 Calcolo tiranti idraulici corsi d'acqua

Per ogni bacino e asta torrentizia, si è proceduto alla modellazione idraulica dei corsi d'acqua segnalati dal Catasto del Territorio tramite il programma di modellazione idraulica Hec – Ras, sviluppata dalla United States Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è basata sulle seguenti ipotesi semplificative:

- moto monodimensionale;
- moto gradualmente variato;
- distribuzione idrostatica delle pressioni in ciascuna sezione (linee di corrente rettilinee e parallele);
- alvei a debole pendenza;
- perdite di carico continue mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- sponde e fondo delle sezioni fisse non soggette a erosione.

Note le portate di progetto, e definite con l'ausilio delle curve di livello le sezioni di studio di monte (rispetto la sezione di interesse di chiusura), chiusura (o sezione di interesse) e valle (rispetto la sezione di interesse di chiusura), si sono determinati i tiranti idraulici presenti in ogni sezione prescelta.

Si è assunta l'ipotesi di moto più gravosa, comunque ragionevole date le modeste pendenze e lo stato di fatto dei luoghi, che coincide con quella di corrente lenta o subcritica, con la quale sono state massimizzate le altezze dei tiranti idrici.

La corrente lenta si dice idraulicamente governata da valle, nel senso che una qualsiasi causa perturbatrice alla stessa, può far sentire gli effetti sulla corrente a monte. Per tale ipotesi la condizione a contorno significativa è quella di valle, e nella simulazione, è stata inserita la condizione corrispondente alla pendenza del terreno stimata.

Si riportano di seguito le tabelle (da Figura 4 a Figura 15) con tutti i valori risultanti per ogni sezione dei torrenti, al fine di poter verificare la compatibilità idraulica.

Figura 4 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 1

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento1 | 4 | PF 1 | 7.72 | 1040.00 | 1040.68 | 1040.68 | 1040.94 | 0.016034 | 2.27 | 3.40 | 6.55 | 1.01 |
| attraversamento1 | 3 | PF 1 | 7.72 | 956.00 | 956.50 | 956.50 | 956.72 | 0.016571 | 2.07 | 3.72 | 8.56 | 1.00 |
| attraversamento1 | 2 | PF 1 | 7.72 | 932.00 | 932.62 | 932.62 | 932.89 | 0.016343 | 2.30 | 3.36 | 6.33 | 1.01 |
| attraversamento1 | 1 | PF 1 | 7.72 | 929.00 | 929.67 | 929.67 | 929.91 | 0.016211 | 2.16 | 3.58 | 7.64 | 1.01 |

Figura 5 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 2

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento2 | 5 | PF 1 | 13.39 | 1183.00 | 1183.83 | 1183.83 | 1184.17 | 0.015002 | 2.57 | 5.22 | 7.89 | 1.01 |
| attraversamento2 | 4 | PF 1 | 13.39 | 960.00 | 960.96 | 960.96 | 961.32 | 0.014986 | 2.68 | 5.01 | 6.98 | 1.01 |
| attraversamento2 | 3 | PF 1 | 13.39 | 912.00 | 912.62 | 912.62 | 912.86 | 0.015576 | 2.18 | 6.16 | 12.77 | 1.00 |
| attraversamento2 | 2 | PF 1 | 13.39 | 855.00 | 855.64 | 855.64 | 855.88 | 0.015932 | 2.14 | 6.24 | 13.48 | 1.01 |
| attraversamento2 | 1 | PF 1 | 13.39 | 850.00 | 850.60 | 850.60 | 850.80 | 0.016577 | 2.01 | 6.66 | 16.37 | 1.01 |

Figura 6 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 3

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento3 | 4 | PF 1 | 5.47 | 980.00 | 980.53 | 980.53 | 980.73 | 0.017170 | 1.99 | 2.75 | 6.92 | 1.01 |
| attraversamento3 | 3 | PF 1 | 5.47 | 928.00 | 928.42 | 928.42 | 928.57 | 0.018066 | 1.75 | 3.13 | 10.16 | 1.00 |
| attraversamento3 | 2 | PF 1 | 5.47 | 870.00 | 870.42 | 870.42 | 870.59 | 0.017838 | 1.81 | 3.02 | 9.15 | 1.01 |
| attraversamento3 | 1 | PF 1 | 5.47 | 850.00 | 850.41 | 850.41 | 850.57 | 0.018071 | 1.79 | 3.06 | 9.56 | 1.01 |

Figura 7 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 4

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento4 | 4 | PF 1 | 13.75 | 949.00 | 949.77 | 949.77 | 950.01 | 0.015799 | 2.20 | 6.26 | 12.98 | 1.01 |
| attraversamento4 | 3 | PF 1 | 13.75 | 897.00 | 897.47 | 897.47 | 897.65 | 0.013957 | 2.04 | 7.67 | 21.66 | 0.95 |
| attraversamento4 | 2 | PF 1 | 13.75 | 869.00 | 869.72 | 869.72 | 869.95 | 0.015746 | 2.13 | 6.46 | 13.98 | 1.00 |
| attraversamento4 | 1 | PF 1 | 13.75 | 858.00 | 858.75 | 858.75 | 859.00 | 0.015550 | 2.25 | 6.11 | 12.03 | 1.01 |

Figura 8 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 5

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-----------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversament5 | 4 | PF 1 | 1.79 | 910.00 | 910.14 | 910.14 | 910.20 | 0.021522 | 1.14 | 1.68 | 13.95 | 0.97 |
| attraversament5 | 3 | PF 1 | 1.79 | 889.00 | 889.12 | 889.12 | 889.17 | 0.023929 | 1.06 | 1.71 | 15.17 | 0.99 |
| attraversament5 | 2 | PF 1 | 1.79 | 878.70 | 879.05 | 879.05 | 879.15 | 0.021460 | 1.41 | 1.28 | 6.73 | 1.02 |
| attraversament5 | 1 | PF 1 | 1.79 | 841.00 | 841.16 | 841.16 | 841.23 | 0.023519 | 1.19 | 1.51 | 10.69 | 1.01 |

Figura 9 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 6

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento6 | 4 | PF 1 | 9.60 | 930.00 | 930.71 | 930.71 | 930.93 | 0.016309 | 2.08 | 4.61 | 10.57 | 1.01 |
| attraversamento6 | 3 | PF 1 | 9.60 | 873.00 | 873.64 | 873.64 | 873.90 | 0.015865 | 2.26 | 4.25 | 8.27 | 1.01 |
| attraversamento6 | 2 | PF 1 | 9.60 | 859.00 | 859.82 | 859.38 | 859.86 | 0.001286 | 0.82 | 11.73 | 16.05 | 0.31 |
| attraversamento6 | 1 | PF 1 | 9.60 | 859.00 | 859.51 | 859.51 | 859.72 | 0.013943 | 2.15 | 4.89 | 11.81 | 0.96 |

Figura 10 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 7

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento7 | 4 | PF 1 | 9.32 | 990.00 | 990.38 | 990.38 | 990.55 | 0.017784 | 1.79 | 5.22 | 16.18 | 1.00 |
| attraversamento7 | 3 | PF 1 | 9.32 | 893.00 | 893.39 | 893.39 | 893.56 | 0.017633 | 1.83 | 5.09 | 15.12 | 1.01 |
| attraversamento7 | 2 | PF 1 | 9.32 | 841.00 | 841.52 | 841.52 | 841.73 | 0.016632 | 2.00 | 4.65 | 11.46 | 1.01 |
| attraversamento7 | 1 | PF 1 | 9.32 | 807.00 | 807.28 | 807.28 | 807.41 | 0.019194 | 1.57 | 5.92 | 23.60 | 1.00 |

Figura 11 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 8

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento8 | 5 | PF 1 | 23.81 | 1135.00 | 1135.74 | 1135.74 | 1136.03 | 0.014883 | 2.36 | 10.08 | 17.92 | 1.01 |
| attraversamento8 | 4 | PF 1 | 23.81 | 918.00 | 918.50 | 918.50 | 918.73 | 0.015762 | 2.12 | 11.25 | 24.68 | 1.00 |
| attraversamento8 | 3 | PF 1 | 23.81 | 859.00 | 859.87 | 859.87 | 860.12 | 0.012259 | 2.89 | 11.65 | 23.85 | 0.99 |
| attraversamento8 | 2 | PF 1 | 23.81 | 833.00 | 833.95 | 833.95 | 834.26 | 0.011236 | 2.92 | 10.49 | 17.65 | 0.96 |
| attraversamento8 | 1 | PF 1 | 23.81 | 802.00 | 803.02 | 803.02 | 803.34 | 0.014272 | 2.53 | 9.42 | 14.56 | 1.00 |

Figura 12 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 9

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversamento9 | 6 | PF 1 | 30.87 | 1358.00 | 1359.72 | 1359.72 | 1360.26 | 0.013398 | 3.26 | 9.46 | 8.86 | 1.01 |
| attraversamento9 | 5 | PF 1 | 30.87 | 1197.00 | 1198.42 | 1198.42 | 1198.95 | 0.013193 | 3.23 | 9.55 | 8.98 | 1.00 |
| attraversamento9 | 4 | PF 1 | 30.87 | 738.00 | 738.92 | 738.92 | 739.22 | 0.014837 | 2.40 | 12.87 | 22.34 | 1.01 |
| attraversamento9 | 3 | PF 1 | 30.87 | 682.00 | 683.36 | 683.36 | 683.89 | 0.013542 | 3.24 | 9.54 | 9.02 | 1.00 |
| attraversamento9 | 2 | PF 1 | 30.87 | 606.00 | 606.81 | 606.81 | 607.13 | 0.011700 | 2.69 | 13.12 | 21.53 | 0.95 |
| attraversamento9 | 1 | PF 1 | 30.87 | 593.00 | 594.36 | 594.36 | 594.77 | 0.013337 | 2.84 | 10.88 | 13.26 | 1.00 |

Figura 13 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 10

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (cfs) | Min Ch El (ft) | W.S. Elev (ft) | Crit W.S. (ft) | E.G. Elev (ft) | E.G. Slope (ft/ft) | Vel Chnl (ft/s) | Flow Area (sq ft) | Top Width (ft) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| Attraversament10 | 5 | PF 1 | 10.21 | 687.00 | 687.28 | 687.28 | 687.38 | 0.030700 | 2.52 | 4.05 | 20.47 | 1.00 |
| Attraversament10 | 4 | PF 1 | 10.21 | 681.00 | 681.21 | 681.21 | 681.31 | 0.030425 | 2.54 | 4.02 | 19.97 | 1.00 |
| Attraversament10 | 3 | PF 1 | 10.21 | 675.00 | 675.18 | 675.18 | 675.27 | 0.032505 | 2.36 | 4.33 | 25.23 | 1.00 |
| Attraversament10 | 2 | PF 1 | 10.21 | 674.00 | 674.16 | 674.16 | 674.24 | 0.033379 | 2.22 | 4.60 | 30.09 | 1.00 |
| Attraversament10 | 1 | PF 1 | 10.21 | 669.00 | 669.42 | 669.42 | 669.60 | 0.026253 | 3.40 | 3.01 | 8.52 | 1.01 |
| Attraversament10 | 0 | PF 1 | 10.21 | 660.00 | 660.64 | 660.64 | 660.88 | 0.025027 | 3.92 | 2.61 | 5.57 | 1.01 |

Figura 14 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 11

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversament11 | 4 | PF 1 | 28.17 | 778.00 | 778.59 | 778.59 | 778.84 | 0.015466 | 2.22 | 12.70 | 25.64 | 1.01 |
| attraversament11 | 3 | PF 1 | 28.17 | 697.00 | 698.24 | 698.24 | 698.72 | 0.013485 | 3.05 | 9.23 | 9.84 | 1.01 |
| attraversament11 | 2 | PF 1 | 28.17 | 669.00 | 670.23 | 670.23 | 670.57 | 0.013212 | 2.59 | 11.04 | 17.41 | 0.98 |
| attraversament11 | 1 | PF 1 | 28.17 | 665.00 | 666.42 | 666.42 | 666.89 | 0.010861 | 3.10 | 9.52 | 11.04 | 0.93 |

Figura 15 Risultati analisi monodimensionale HEC-RAS - Torrente 12

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| attraversament12 | 4 | PF 1 | 17.56 | 883.00 | 883.76 | 883.76 | 884.08 | 0.014732 | 2.50 | 7.03 | 11.20 | 1.01 |
| attraversament12 | 3 | PF 1 | 17.56 | 700.00 | 701.35 | 701.35 | 701.86 | 0.015517 | 3.16 | 5.56 | 5.54 | 1.01 |
| attraversament12 | 2 | PF 1 | 17.56 | 579.00 | 579.96 | 579.96 | 580.29 | 0.014495 | 2.55 | 6.89 | 10.54 | 1.01 |
| attraversament12 | 1 | PF 1 | 17.56 | 567.00 | 567.76 | 567.76 | 568.07 | 0.014757 | 2.46 | 7.12 | 11.65 | 1.01 |

2. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

2.1 Attraversamento 1

Il primo attraversamento della condotta avviene direttamente in alveo. La verifica di compatibilità idraulica è pertanto immediatamente soddisfatta, in quanto allo stato di fatto non è presente alcun manufatto idraulico, e non vi sono interferenze con strutture esistenti.

2.2 Attraversamento 2

Il secondo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con altezza libera massima e larghezza libera massima rispettivamente di circa 3,00 m e 5,92 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni risulta è pari a 13,39 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 5), pari a 0,64 m, (data dalla differenza tra la quota del pelo libero dell'acqua "Water Surface Elevation" e quella di fondo alveo "Min. Channel. Elevation").

$$h_{ponte} = 3,00 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} = 0,64 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà lungo il prospetto di valle, al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurne l'altezza libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, oltre che per la struttura del ponte stesso, anche per la tubazione in progetto.

2.3 Attraversamento 3

Il terzo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con altezza libera massima e larghezza libera massima rispettivamente di circa 2,85 m e 7,05 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni è pari a 5,47 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 6), pari a 0,42 m.

$$h_{ponte} = 2,85 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} = 0,42 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà lungo il prospetto di monte, al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurne l'altezza libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte stesso, che per la tubazione in progetto.

2.4 Attraversamento 4

Il quarto attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con altezza libera massima e larghezza libera massima rispettivamente di circa 3,30 m e 3,90 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a 13,75 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 7), pari a 0,72 m.

$$h_{\text{ponte}} = 3,30 \text{ m}$$

$$h_{\text{tir.idr.}} = 0,72 \text{ m}$$

$$h_{\text{tir.idr.}} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{\text{ponte}}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà lungo il prospetto di monte, al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurne l'altezza libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte stesso, che per la tubazione in progetto.

2.5 Attraversamenti 5 e 6

Gli attraversamenti 5 e 6 della condotta sono interrati, e nella parte sottostante vi sono delle tubazioni Armco di diametro circa 1,95 m, adagate sul terreno naturale al di sotto del livello stradale.

Le tubazioni sono annegate in una struttura di calcestruzzo che funge da protezione per le stesse.

Note le portate dei due torrenti di interesse per un tempo di ritorno di 200 anni, pari rispettivamente a 1,79 m³/s e 9,60 m³/s e ricostruendo tramite le curve di livello gli alvei su cui sono state adagate le tubazioni, si ottengono in condizione di corrente subcritica, le altezze dei tiranti idraulici nelle sezioni di chiusura pari a 0,35 m per il torrente 5, e 0,82 m per il torrente 6 (Figura 8 e Figura 9).

I torrenti vengono tuttavia intubati all'interno delle tubazioni Armco, e per queste si sono verificati che i tiranti risultanti (maggiori rispetto quelli dell'alveo) fossero inferiori ai diametri esistenti, e che il loro rapporto fosse inferiore al grado di riempimento massimo fissato dell'85%.

Note dunque le portate dei due torrenti derivanti dai dati pluviometrici e dalle caratteristiche morfologiche dei bacini, e all'incirca il diametro netto delle due tubazioni Armco, e ipotizzando un valore di scabrezza e pendenza della tubazione, si determina per iterazione il valore del tirante idraulico all'interno delle tubazioni, al variare del valore della portata determinabile con la formula Gauckler-Strickler (Tabella 4 e Tabella 5):

Tabella 4 Verifica massimo grado di riempimento tubazione attraversamento 5

| Q | 1,79 | m ³ /s | | | | | | | | | |
|---|------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------------|----------|------------------------|------------------------------|--------------|-----------------|
| D | 1,95 | m | h _{tir.idr.} | A _b | P _b | R _i | V | Q | g = h _{tir.idr.} /D | g* (fissato) | verifica g < g* |
| k | 83 | m ^{1/3} /s | 0,87 m | 0,60 m ² | 2,74 m | 0,22 m | 3,00 m/s | 1,79 m ³ /s | 0,45 | 0,85 | Soddisfatta |
| i | 0,01 | adim | | | | | | | | | |

Tabella 5 Verifica massimo grado di riempimento tubazione attraversamento 6

| Q | 9,60 | m ³ /s | | | | | | | | | |
|---|------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------------|----------|------------------------|------------------------------|--------------|-----------------|
| D | 1,95 | m | h _{tir.idr.} | A _b | P _b | R _i | V | Q | g = h _{tir.idr.} /D | g* (fissato) | verifica g < g* |
| k | 83 | m ^{1/3} /s | 1,64 m | 2,10 m ² | 5,14 m | 0,41 m | 4,57 m/s | 9,60 m ³ /s | 0,84 | 0,85 | Soddisfatta |
| i | 0,01 | adim | | | | | | | | | |

dove:

$$Q = k * R_i^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} * A_b$$

con:

- k = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (Figura 16);
- R_i = Raggio idraulico;
- i = Pendenza tubazione;
- A_b = Area bagnata.

Figura 16 Valori coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler tubazioni

| Materiale dei tubi e loro specificazioni: tipo di rivestimento e stato delle pareti | γ [m ^{1/2}] | m [m ^{1/2}] | k [m ^{1/3} ·s ⁻¹] | ε [mm] |
|--|--------------------------|--------------------------|---|---------------|
| <i>Vetro</i> | — | — | — | 0,001 + 0,002 |
| <i>Materie plastiche</i> polivinil cloruro - polietilene - polipropilene | — | — | — | 0,002 + 0,004 |
| <i>Metalli colorati</i> ramè - ottone - piombo | — | — | — | 0,004 + 0,01 |
| alluminio | — | — | — | 0,015 + 0,05 |
| <i>Cemento amianto</i> vecchi e nuovi | 0,06 | 0,10 | 110 + 100 | 0,10 + 0,15 |
| <i>Acciaio (tubi trafilati)</i> tipo Mannesmann, nuovi | 0,10 | 0,16 | 95 | 0,2 + 0,5 |
| tipo Mannesmann, in servizio corrente | 0,16 | 0,23 | 83 | 0,6 + 1,2 |
| bitumati, nuovi | 0,10 | 0,16 | 95 | 0,2 + 0,5 |
| bitumati, centrifugati, nuovi, giunti Gibault, d < 350 mm | — | — | — | 0,01 |
| <i>Acciaio (tubi saldati)</i> non rivestiti, nuovi | 0,06 | 0,10 | 110 + 100 | 0,10 + 0,15 |
| bitumati o catramati a freddo, nuovi | 0,10 | 0,16 | 95 | 0,2 + 0,5 |
| bitumati a caldo | — | — | — | 0,025 + 0,04 |
| catramati, in servizio corrente | 0,16 | 0,23 | 83 | 0,6 + 1,2 |
| <i>Lamiere (tubi chiodati)</i> chiodatura long. doppia, giunti conici | 0,16 | 0,23 | 83 | 0,6 + 1,2 |
| chiodatura long. doppia, trasv. semplice, giunto cilindrico in servizio corrente | 0,20 | 0,275 | 75 | 1,5 + 2,0 |
| chiodatura long. tripla o quadrupla, trasversale doppia | 0,29 | 0,375 | 65 | 3,5 + 6 |
| <i>Ghisa</i> nuovi | 0,16 | 0,23 | 83 | 0,6 + 1,2 |
| in servizio corrente, qualunque diametro | 0,23 | 0,29 | 73 | 2 + 4 |
| in servizio da diversi anni | 0,29 | 0,375 | 65 | 3,5 + 0,6 |
| in servizio da molti anni, fortemente incrostati e tuberculizzati | 0,36 | 0,45 | 60 | 6 + 10 |
| centrifugata fusa verticalmente bitum. o catram. per immersione, d < 400 mm in servizio corrente | 0,23 | 0,29 | 73 | 2 + 4 |
| <i>Cemento</i> lisciato accuratamente, d < 200 mm | 0,12 | 0,175 | 90 | 0,4 + 0,7 |
| ben lisciato (acqua limpida), d > 400 mm | 0,18 | 0,25 | 80 | 1,2 + 1,8 |
| ben lisciato curve strette (acqua non limpida), d < 400 mm | 0,23 | 0,29 | 73 | 2 + 4 |
| centrifugato | — | — | — | 0,16 |
| armato costruito fuori opera, in servizio corrente, d > 600 mm | 0,10 | 0,16 | 95 | 0,2 + 0,5 |
| armato costruito fuori opera, in servizio corrente, 400 < d < 600 mm | 0,12 | 0,175 | 90 | 0,4 + 0,7 |
| <i>Gres</i> nuovi | 0,18 | 0,25 | 80 | 1,2 + 1,8 |
| in servizio da anni | 0,25 | 0,35 | 68 | 2,5 + 4,5 |

Ricapitolando:

$$Diam\ tubo = 1,95\ m$$

$$h_{tir.idr.} = 0,87\ m$$

$$Diam\ tubo = 1,95\ m$$

$$h_{tir.idr.} = 1,64\ m$$

Poiché $h_{tir.idr.} < Diam\ tubo$, e il loro rapporto è inferiore al grado di riempimento massimo fissato per le tubazioni (85%), le verifiche risultano soddisfatte (Tabella 5 e Tabella 6).

Nello stato di progetto, per come detto, la condotta idraulica verrà interrata, senza andare ad interessare le sezioni delle tubazioni esistenti e alterare i prospetti di monte e valle degli attraversamenti.

2.6 Attraversamento 7

Il settimo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con altezza libera massima e larghezza libera massima rispettivamente di circa 3,30 m e 5,00 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a $9,32\ m^3/s$ e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 10), pari a 0,52 m.

$$h_{ponte} = 3,30\ m$$

$$h_{tir.idr.} = 0,52\ m$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurne l'altezza libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte stesso, che per la tubazione in progetto.

2.7 Attraversamento 8

L'ottavo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con altezza libera massima e larghezza libera massima rispettivamente di circa 3,00 m e 12,00 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a $23,81\ m^3/s$ e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 11), pari a 0,95 m.

$$h_{ponte} = 3,00\ m$$

$$h_{tir.idr.} = 0,95\ m$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà al di sopra dell'estradosso del ponte (lato valle) senza ridurne l'altezza libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte stesso, che per la tubazione in progetto.

2.8 Attraversamento 9

Il nono attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con tre arcate. Le arcate sono delimitate tra loro dalle pile del ponte. Esse hanno tutte altezza libera massima pari a circa 4,00 m, mentre le larghezze massime sono leggermente diverse, rispettivamente di circa 8,90 m, 9,50 m e 10,76 m per le tre arcate lungo la direzione della condotta.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a 30,87 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 12), pari a 0,81 m.

$$h_{ponte} = 4,00 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} = 0,81 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso e per ogni arcata risulta essere la stessa. La tubazione correrà al di sopra dell'estradosso del ponte (lato valle) senza ridurre le altezze libere delle arcate, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per l'intera struttura del ponte stesso, che per la tubazione in progetto.

2.9 Attraversamento 10

Il decimo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con sezione rettangolare ad unica campata. L'altezza libera massima è pari a circa 3,40 m, mentre la larghezza libera massima è circa 1,60 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a 10,21 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 13), pari a 0,16 m.

$$h_{ponte} = 3,40 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} = 0,16 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurre l'altezza massima libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte, che per la tubazione in progetto.

2.10 Attraversamento 11

L'undicesimo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con sezione rettangolare ad unica campata. L'altezza libera massima è pari a circa 2,93 m, mentre la larghezza libera massima è circa 5,00 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a 28,17 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 14), pari a 1,23 m.

$$h_{ponte} = 2,93 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} = 1,23 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurre l'altezza massima libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte, che per la tubazione in progetto.

2.11 Attraversamento 12

Il dodicesimo attraversamento della condotta avviene lungo un ponte con sezione rettangolare ad unica campata. L'altezza libera massima è pari a circa 3,10 m, mentre la larghezza libera massima è circa 8,00 m.

Nota la portata del torrente, che per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a 17,56 m³/s e ricostruendo l'alveo con l'ausilio delle curve di livello, si ottiene in condizione di corrente subcritica, l'altezza del tirante idraulico nella sezione di interesse (Figura 15), pari a 0,96 m.

$$h_{ponte} = 3,10 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} = 0,96 \text{ m}$$

$$h_{tir.idr.} + \text{franco di sicurezza (1,5 m)} < h_{ponte}$$

La h_{ponte} è calcolata dal fondo alveo fino all'intradosso del ponte stesso. La tubazione correrà al di sopra dell'estradosso del ponte senza ridurre l'altezza massima libera, per cui la verifica risulta immediatamente soddisfatta, sia per la struttura del ponte, che per la tubazione in progetto.

2.12 Riepilogo dei risultati di verifica di compatibilità idraulica per gli attraversamenti

Si riepilogano di seguito (Tabella 6) le verifiche di compatibilità idraulica eseguite per ogni attraversamento:

Tabella 6 Riepilogo risultati verifica di compatibilità idraulica

| Bacino idrografico | Asta principale | Q_{piena} (m ³ /s) | $h_{tir.idr.}$ (m) | franco di sicurezza (m) | $h_{tir.idr.+franco}$ di sicurezza (m) | h_{ponte} (m) | Verifica $h_{tir.idr.+franco}$ di sicurezza < h_{ponte} |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|--|-----------------|---|
| Bacino 2 | Torrente 2 | 13,39 | 0,64 | 1,50 | 2,14 | 3,00 | Soddisfatta |
| Bacino 3 | Torrente 3 | 5,47 | 0,42 | 1,50 | 1,92 | 2,85 | Soddisfatta |
| Bacino 4 | Torrente 4 | 13,75 | 0,72 | 1,50 | 2,22 | 3,30 | Soddisfatta |
| Bacino 7 | Torrente 7 | 9,32 | 0,52 | 1,50 | 2,02 | 3,30 | Soddisfatta |
| Bacino 8 | Torrente 8 | 23,81 | 0,95 | 1,50 | 2,45 | 3,00 | Soddisfatta |
| Bacino 9 | Torrente 9 | 30,87 | 0,81 | 1,50 | 2,31 | 4,00 | Soddisfatta |
| Bacino 10 | Torrente 10 | 6,04 | 0,16 | 1,50 | 1,66 | 3,40 | Soddisfatta |
| Bacino 11 | Torrente 11 | 28,17 | 1,23 | 1,50 | 2,73 | 2,93 | Soddisfatta |
| Bacino 12 | Torrente 12 | 17,56 | 0,96 | 1,50 | 2,46 | 3,10 | Soddisfatta |

| Bacino idrografico | Asta principale | Q_{piena} (m ³ /s) | $h_{tir.idr.alveo}$ (m) | $h_{tir.idr.tubaz}$ (m) | D_{tubaz_Armco} (m) | $g = \text{Grado riempimento}$ (%) | $g^* = \text{Grado riempimento consentito}$ (%) | Verifica $g < g^*$ |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|---|--------------------|
| Bacino 5 | Torrente 5 | 1,79 | 0,35 | 0,87 | 1,95 | 44,62 | 85,00 | Soddisfatta |
| Bacino 6 | Torrente 6 | 9,60 | 0,82 | 1,64 | 1,95 | 84,10 | 85,00 | Soddisfatta |

3 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti indicano che i tiranti idraulici, maggiorati in sicurezza con un opportuno franco di sicurezza sono inferiori alle altezze libere degli attraversamenti,

Per gli attraversamenti con le tubazioni Armco, è stato verificato che i tiranti risultanti non mettono in crisi le sezioni dei tubi esistenti, in quanto il grado di riempimento risultante è inferiore al massimo grado di riempimento fissato (85%).

Nello stato di progetto, inoltre, la nuova condotta correrà al di sopra degli estradossi dei ponti, non andando conseguentemente a ridurre le luci libere degli attraversamenti con ponti. Negli attraversamenti con tubazione Armco, la condotta sarà interrata e non andrà a pregiudicare né la sezione libera delle tubazioni, né le tubazioni stesse e la loro struttura di protezione.

ALLEGATI

- Tabelle parametri a ed n , ricavati da annali idrologici per stazioni di interesse – Regione Sicilia (Figura 17)



PARAMETRI a ED n DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA, PER DIVERSI TEMPI DI RITORNO, DELLE STAZIONI PLUVIOMETRICHE DEL TERRITORIO REGIONALE
(DATI: ANNALI IDROLOGICI 1924-2002 - ELABORAZ. DRPC/SERVIZIO RIA)

| BACINI MINORI TRA SIMETO E ALCANTARA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|-------|-----------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|---------|------|---------|------|
| STAZIONE | X | Y | QUOTA | N.ro A.F. | TR= 2 | | TR= 3 | | TR= 5 | | TR= 10 | | TR= 20 | | TR= 30 | | TR= 40 | | TR= 50 | | TR= 100 | | TR= 200 | |
| | | | | | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| ACIREALE | 2534582 | 4163718 | 194 | 63 | 38.3 | 0.37 | 46.7 | 0.37 | 56.0 | 0.37 | 67.7 | 0.37 | 79.0 | 0.37 | 85.4 | 0.37 | 90.0 | 0.37 | 93.5 | 0.37 | 104.4 | 0.37 | 115.3 | 0.37 |
| CATANIA G.C. OO.MM | 2528249 | 4150435 | 3 | 39 | 28.3 | 0.34 | 34.8 | 0.33 | 42.1 | 0.33 | 51.3 | 0.32 | 60.1 | 0.32 | 65.1 | 0.32 | 68.7 | 0.32 | 71.4 | 0.32 | 80.0 | 0.32 | 88.5 | 0.31 |
| CATANIA IST. AGRARIO | 2527063 | 4150810 | 75 | 17 | 28.9 | 0.35 | 33.9 | 0.37 | 39.3 | 0.38 | 46.1 | 0.39 | 52.6 | 0.40 | 56.4 | 0.40 | 59.0 | 0.40 | 61.1 | 0.40 | 67.4 | 0.41 | 73.6 | 0.41 |
| LINGUAGLOSSA | 2532713 | 4187998 | 560 | 33 | 36.3 | 0.46 | 42.8 | 0.46 | 50.1 | 0.46 | 59.2 | 0.47 | 68.0 | 0.47 | 73.0 | 0.47 | 76.6 | 0.47 | 79.4 | 0.47 | 87.9 | 0.47 | 96.3 | 0.47 |
| NICOLOSI | 2522347 | 4162944 | 698 | 15 | 30.6 | 0.46 | 37.7 | 0.44 | 45.6 | 0.42 | 55.4 | 0.41 | 64.9 | 0.40 | 70.3 | 0.39 | 74.1 | 0.39 | 77.1 | 0.39 | 86.2 | 0.38 | 95.3 | 0.38 |
| PIEDIMONTE ETNEO | 2535697 | 4184367 | 348 | 30 | 35.7 | 0.40 | 44.7 | 0.38 | 54.7 | 0.37 | 67.3 | 0.36 | 79.4 | 0.36 | 86.4 | 0.35 | 91.3 | 0.35 | 95.1 | 0.35 | 106.9 | 0.35 | 118.6 | 0.34 |
| VIAGRANDE | 2528950 | 4162800 | 405 | 18 | 33.4 | 0.37 | 41.5 | 0.35 | 50.6 | 0.34 | 62.1 | 0.33 | 73.1 | 0.32 | 79.4 | 0.31 | 83.8 | 0.31 | 87.3 | 0.31 | 97.9 | 0.31 | 108.5 | 0.30 |
| ZAFFERANA | 2529326 | 4171893 | 590 | 58 | 35.6 | 0.49 | 40.9 | 0.50 | 46.8 | 0.51 | 54.3 | 0.52 | 61.5 | 0.53 | 65.7 | 0.53 | 68.6 | 0.53 | 70.9 | 0.54 | 77.8 | 0.54 | 84.8 | 0.54 |
| BACINO DEL FIUME TELLARO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STAZIONE | X | Y | QUOTA | N.ro A.F. | TR= 2 | | TR= 3 | | TR= 5 | | TR= 10 | | TR= 20 | | TR= 30 | | TR= 40 | | TR= 50 | | TR= 100 | | TR= 200 | |
| | | | | | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| CASTELLUCCIO | 2512597 | 4087382 | 208 | 20 | 28.3 | 0.28 | 33.5 | 0.31 | 39.3 | 0.33 | 46.6 | 0.35 | 53.5 | 0.36 | 57.5 | 0.37 | 60.3 | 0.37 | 62.5 | 0.38 | 69.3 | 0.38 | 76.0 | 0.39 |
| BACINO DEL FIUME TIMETO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STAZIONE | X | Y | QUOTA | N.ro A.F. | TR= 2 | | TR= 3 | | TR= 5 | | TR= 10 | | TR= 20 | | TR= 30 | | TR= 40 | | TR= 50 | | TR= 100 | | TR= 200 | |
| | | | | | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| SAN PIERO PATTI | 2516976 | 4211792 | 440 | 32 | 26.7 | 0.37 | 31.6 | 0.36 | 37.1 | 0.36 | 44.0 | 0.36 | 50.6 | 0.36 | 54.3 | 0.36 | 57.0 | 0.36 | 59.1 | 0.36 | 65.5 | 0.36 | 71.9 | 0.36 |
| BACINO DEL FIUME TORTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STAZIONE | X | Y | QUOTA | N.ro A.F. | TR= 2 | | TR= 3 | | TR= 5 | | TR= 10 | | TR= 20 | | TR= 30 | | TR= 40 | | TR= 50 | | TR= 100 | | TR= 200 | |
| | | | | | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| ALIA | 2406696 | 4181808 | 734 | 25 | 20.1 | 0.28 | 22.9 | 0.29 | 26.0 | 0.30 | 30.0 | 0.30 | 33.8 | 0.31 | 36.0 | 0.31 | 37.5 | 0.31 | 38.7 | 0.32 | 42.4 | 0.32 | 46.0 | 0.32 |
| BIVIO CERDA | 2413068 | 4200820 | 29 | 17 | 25.7 | 0.24 | 30.4 | 0.21 | 35.7 | 0.19 | 42.4 | 0.17 | 48.7 | 0.15 | 52.4 | 0.15 | 55.0 | 0.14 | 57.0 | 0.14 | 63.2 | 0.13 | 69.3 | 0.12 |
| GIOIA | 2411493 | 4175375 | 560 | 28 | 19.5 | 0.31 | 22.3 | 0.34 | 25.5 | 0.37 | 29.5 | 0.39 | 33.3 | 0.40 | 35.5 | 0.41 | 37.1 | 0.41 | 38.3 | 0.42 | 42.0 | 0.42 | 45.8 | 0.43 |
| BACINI MINORI TRA TORTO E SAN LEONARDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STAZIONE | X | Y | QUOTA | N.ro A.F. | TR= 2 | | TR= 3 | | TR= 5 | | TR= 10 | | TR= 20 | | TR= 30 | | TR= 40 | | TR= 50 | | TR= 100 | | TR= 200 | |
| | | | | | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| TERMINI IMERESE | 2405380 | 4204940 | 75 | 32 | 25.5 | 0.28 | 31.0 | 0.26 | 37.1 | 0.25 | 44.8 | 0.23 | 52.2 | 0.22 | 56.4 | 0.22 | 59.4 | 0.22 | 61.7 | 0.22 | 68.9 | 0.21 | 76.0 | 0.21 |
| BACINO DEL FIUME VERDURA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STAZIONE | X | Y | QUOTA | N.ro A.F. | TR= 2 | | TR= 3 | | TR= 5 | | TR= 10 | | TR= 20 | | TR= 30 | | TR= 40 | | TR= 50 | | TR= 100 | | TR= 200 | |
| | | | | | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| BURGIO | 2369130 | 4162850 | 317 | 22 | 28.9 | 0.22 | 34.5 | 0.21 | 40.6 | 0.21 | 48.3 | 0.20 | 55.7 | 0.19 | 59.9 | 0.19 | 62.9 | 0.19 | 65.3 | 0.19 | 72.4 | 0.19 | 79.6 | 0.18 |
| CHIUSA SCLAFANI | 2367445 | 4171335 | 614 | 47 | 26.9 | 0.29 | 31.8 | 0.30 | 37.3 | 0.31 | 44.2 | 0.31 | 50.8 | 0.31 | 54.6 | 0.32 | 57.3 | 0.32 | 59.4 | 0.32 | 65.8 | 0.32 | 72.2 | 0.32 |
| PALAZZO ADRIANO | 2377042 | 4172209 | 679 | 57 | 24.8 | 0.33 | 29.2 | 0.33 | 34.1 | 0.33 | 40.3 | 0.33 | 46.2 | 0.33 | 49.7 | 0.33 | 52.1 | 0.33 | 53.9 | 0.33 | 59.7 | 0.33 | 65.4 | 0.33 |
| PIANO DEL LEONE | 2384674 | 4170397 | 831 | 46 | 23.4 | 0.33 | 28.1 | 0.32 | 33.3 | 0.32 | 39.9 | 0.32 | 46.3 | 0.31 | 49.9 | 0.31 | 52.4 | 0.31 | 54.4 | 0.31 | 60.5 | 0.31 | 66.6 | 0.31 |
| RIBERA | 2367282 | 4152104 | 230 | 17 | 34.1 | 0.19 | 41.7 | 0.19 | 50.1 | 0.19 | 60.8 | 0.20 | 71.0 | 0.20 | 76.9 | 0.20 | 81.0 | 0.20 | 84.2 | 0.20 | 94.2 | 0.20 | 104.0 | 0.20 |

Figura 17 Parametri a ed n da dati annali idrologici – Stazioni di osservazione di Piedimonte Etneo, Viagrande e Zafferana Etnea,