

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica – Corsi d'acqua maggiori

Studio idrologico del bacino del Fiume Dittaino, del Torrente Calderari e del corso d'acqua alla pk 10+050

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3V 40 D 09 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C.Cesali	Dicembre 2019	F.Cabas	Dicembre 2019	F. Sparacino	Dicembre 2019	Vittorio Giamprini	2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	C.Cesali	Gennaio 2020	F.Cabas	Gennaio 2020	F. Sparacino	Gennaio 2020	Dott. Ing. Angelo Vittorzi	

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti
Dott. Ing. Angelo Vittorzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: RS3V40D09RIID0001001B.docx

n. Elab.: 41

INDICE

1. PREMESSA.....	6
1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO.....	8
3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME DITTAINO.....	9
4. STUDIO IDROLOGICO.....	12
4.1 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI.....	12
4.1.1 <i>Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche</i>	12
4.1.2 <i>VA.PI. – Regione Siciliana</i>	17
4.2 ANALISI DELLE REGISTRAZIONI IDROMETRICHE (FIUME DITTAINO)	20
4.3 P.G.R.A. DELLA REGIONE SICILIANA	23
4.4 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO.....	25
4.4.1 <i>Modelli di trasformazione “afflussi-deflussi”</i>	25
4.4.1.1 <i>Metodo razionale</i>	25
4.4.1.2 <i>Metodo di Nash</i>	27
4.4.1.3 <i>Metodologia generale del P.A.I. della Regione Siciliana</i>	29
4.4.2 <i>Fiume Dittaino: portate di progetto</i>	30
4.4.3 <i>Torrente Calderari: portate di progetto</i>	36
4.4.4 <i>Corso d'acqua alla pk 10+050: portate di progetto</i>	40
4.5 DETERMINAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO.....	45
4.6 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI CANTIERE PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE PROVVISORIALI	48
5. BIBLIOGRAFIA	51
APPENDICE A – DATI DI PIOGGIA (FONTE: ADB REGIONE SICILIANA)	52

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 3 di 66

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Inquadramento dell'area di studio.</i>	8
<i>Figura 2– Sottobacini del F. Dittaino: Torrente Calderari e corso d'acqua alla pk 10+050.</i>	9
<i>Figura 3– Sottobacini corso d'acqua alla pk 10+050.</i>	11
<i>Figura 4 - Stazioni pluviometriche di riferimento e relativi poligoni di Thiessen (in giallo).</i>	16
<i>Figura 5–Regione Sicilia: mappa della suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.</i>	18
<i>Figura 6– VAPI, Regione Siciliana: mappa delle curve “iso-a”.</i>	19
<i>Figura 7– VAPI, Regione Siciliana: mappa delle curve “iso-n”.</i>	19
<i>Figura 8 – Fiume Dittaino: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.</i>	35
<i>Figura 9 – T. Calderari: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.</i>	39
<i>Figura 10 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 1: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.</i>	44
<i>Figura 11 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 2: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.</i>	44
<i>Figura 12 – Fiume Dittaino: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.</i>	45
<i>Figura 13 – Torrente Calderari: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.</i>	46
<i>Figura 14 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 1: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.</i>	47
<i>Figura 15 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 2: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.</i>	48

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Caratteristiche morfometriche dei sottobacini di interesse del Fiume Dittaino e del T. Calderari.</i>	10
<i>Tabella 2 – Caratteristiche morfometriche dei sottobacini del corso d'acqua alla pk 10+050.</i>	10
<i>Tabella 3. Stazioni pluviometriche ricadenti nei sottobacini di interesse.</i>	12
<i>Tabella 4. Valori dei parametri (a;n) relativi alle stazioni pluviometriche di riferimento.</i>	15
<i>Tabella 5 – Sottobacino F. Dittaino: area dei poligoni di Thiessen relativi alle stazioni pluviometriche di riferimento.</i>	17
<i>Tabella 6 – Sottobacino T. Calderari: area dei poligoni di Thiessen relativi alle stazioni pluviometriche di riferimento.</i> ...	17

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 4 di 66

<i>Tabella 7 – Corso d'acqua alla pk 10+050: stazioni di riferimento per i due sottobacini in esame.</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 8- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata media giornaliera, massima annuale (1950-1968).</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 9- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata massima giornaliera per differenti tempi di ritorno, secondo le distribuzioni di probabilità considerate.</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 10- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Gumbel.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 11- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Fuller.</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 12 –Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del Corine Land Cover al 4° livello (Elaborazione ADIS).</i>	<i>27</i>
<i>Tabella 13 – Valori di altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino del F. Dittaino considerato e valori di altezza di pioggia ragguagliata all'area.</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 14 – Fiume Dittaino, VA.PI. Sicilia: valori di altezza di pioggia di progetto, per vari tempi di ritorno.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 15 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo le CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 16 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo le CPP da metodologia VAPI.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 17 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo il metodo di Nash.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 18 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo la metodologia generale del PAI.</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 19 – PGRA della Regione Siciliana (da analisi piogge): portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del Fiume Dittaino considerato, (*) valore ricavato da interpolazione dei valori di portata corrispondenti ad altri tempi di ritorno).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 20 – PGRA della Regione Siciliana (da analisi portate): portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, (*) valore ricavato da interpolazione dei valori di portata corrispondenti ad altri tempi di ritorno).</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 21 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del F. Dittaino considerato, da analisi statistica delle registrazioni idrometriche.</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 22 – Valori di altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino del T. Calderari considerato e valori di altezza di pioggia ragguagliata all'area.</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 23 – Torrente Calderari, VA.PI. Sicilia: valori di altezza di pioggia di progetto, per vari tempi di ritorno.</i>	<i>37</i>

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 5 di 66

Tabella 24 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo le CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.37

Tabella 25 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo le CPP da metodologia VAPI.....37

Tabella 26 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo il metodo di Nash.....38

Tabella 27 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo la metodologia generale del PAI.38

Tabella 28 – PGRA della Regione Siciliana (da analisi piogge): portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, ^(*) valore ricavato da interpolazione dei valori di portata corrispondenti ad altri tempi di ritorno).....39

Tabella 29 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.41

Tabella 30 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, da metodologia VAPI.....41

Tabella 31 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.41

Tabella 32 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, da metodologia VAPI.....41

Tabella 33 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo il metodo di Nash.42

Tabella 34 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo il metodo di Nash.42

Tabella 35 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo la metodologia generale del PAI.43

Tabella 36 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo la metodologia generale del PAI.43

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 6 di 66

1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante della progettazione definitiva dei lavori riguardanti la prima macrofase funzionale della tratta *Nuova Enna – Dittaino* (denominata anche lotto 4b), ricompresa tra la Stazione di Nuova Enna (inclusa) e la stazione di Dittaino (inclusa), dal km 0+315 al km 14+935 (coincidente con la pk 172+871 circa della linea storica Palermo Catania), nell'ambito dell'itinerario *Messina-Catania-Enna-Palermo*.

L'intervento è realizzato in variante di tracciato rispetto alla linea esistente e si sviluppa all'interno del bacino del Fiume Dittaino, attraversando una serie di corsi d'acqua maggiori e minori, affluenti del F. Dittaino stesso. Non sono previste opere di attraversamento sul F. Dittaino; il tracciato di progetto si sviluppa in stretto affiancamento al F. Dittaino soltanto nel tratto finale. Scopo del presente studio è quindi l'analisi idrologica del bacino idrografico del Fiume Dittaino, con particolare riferimento al sottobacino con sezione di chiusura collocata a valle della confluenza (in destra idraulica) del Torrente Calderari, quest'ultimo attraversato dalla linea ferroviaria in progetto alla pk 14+750, tramite il viadotto VI05.

Nella relazione è riportato anche lo studio idrologico del bacino del corso d'acqua (maggior) alla pk 10+050, attraversato dalla linea ferroviaria in progetto tramite il viadotto denominato VI04.

Nel dettaglio le analisi sono state effettuate secondo le seguenti fasi:

- perimetrazione dei bacini idrografici (Dittaino, Calderari e corso d'acqua alla pk 10+050) e valutazione delle relative caratteristiche morfometriche;
- raccolta ed elaborazione delle osservazioni/registrazioni presso le stazioni pluviografiche e idrometriche ricadenti nel bacino idrografico di interesse;
- valutazione delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura considerate, mediante differenti modelli di trasformazione “*afflussi-deflussi*”, sulla base dell'elaborazione dei dati pluviometrici disponibili e dei risultati della procedura di regionalizzazione sviluppata nell'ambito del progetto VA.PI., nonché formulazioni riportate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) della Regione Siciliana.
- determinazione degli idrogrammi di piena di progetto, da imporre come condizioni al contorno nei modelli numerici (idraulici) in regime di moto vario.

Le analisi sono state sviluppate in accordo alla pianificazione di bacino attualmente in vigore, nello specifico il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I., 2004) e il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., 2015) della Regione Siciliana.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 7 di 66

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito, la normativa nazionale e regionale di riferimento:

- Regio Decreto (R.D.) n. 3918/1877
- **R.D. 27 luglio 1904, n. 523**
- R.D. 27 luglio 1904, n. 368
- R.D. n. 3267/1923
- R.D. 17 maggio 1926, n. 1126
- R.D. n. 215/1933
- **Legge n. 183/1989, “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”**
- **D.M. del 14 febbraio 1997 “Direttive tecniche per l’individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico”**
- D.L. n. 180/1998 (Decreto Sarno)
- **Legge n. 365/2000 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile” (legge Soverato)**
- **Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Siciliana (2004) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA)**
- **D.Lgs. n. 152/2006 “Norma in materia ambientale”**
- Direttiva n. 2007/60/CE
- **D.Lgs. n. 49/2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni”**
- **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Siciliana (2015) e relative Norme di Attuazione**
- **Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) – D.M. 17 gennaio 2018**
- **Circolare esplicativa delle NTC 2018 n. 7 del 21 gennaio 2019**

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 8 di 66

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

La tratta ferroviaria in progetto (Lotto 4b) si sviluppa totalmente all'interno del bacino del Fiume Dittaino, affiancando quest'ultimo soltanto nel tratto finale ed attraversando una serie di corsi d'acqua maggiori e minori tributari del F. Dittaino stesso (sul quale quindi non sono previste opere di scavalco). Di maggiore rilievo l'attraversamento alla pk 14+750 del Torrente Calderari (viadotto VI05), affluente in destra idraulica del F. Dittaino. E' condotta inoltre l'analisi idrologica del corso d'acqua attraversato alla pk 10+050 (viadotto VI04), anch'esso affluente (in destra idraulica) del Fiume Dittaino.

La determinazione delle portate al colmo del Fiume Dittaino è quindi finalizzata principalmente allo studio della confluenza del T. Calderari (i.e. come condizione al contorno di valle nel modello numerico idraulico sviluppato) e del contestuale parallelismo al Fiume Dittaino della linea in progetto, in prossimità di essa.

Nella figura seguente è riportato il tracciato della tratta ferroviaria in progetto, con evidenziati i tre corsi d'acqua maggiori oggetto di studio.

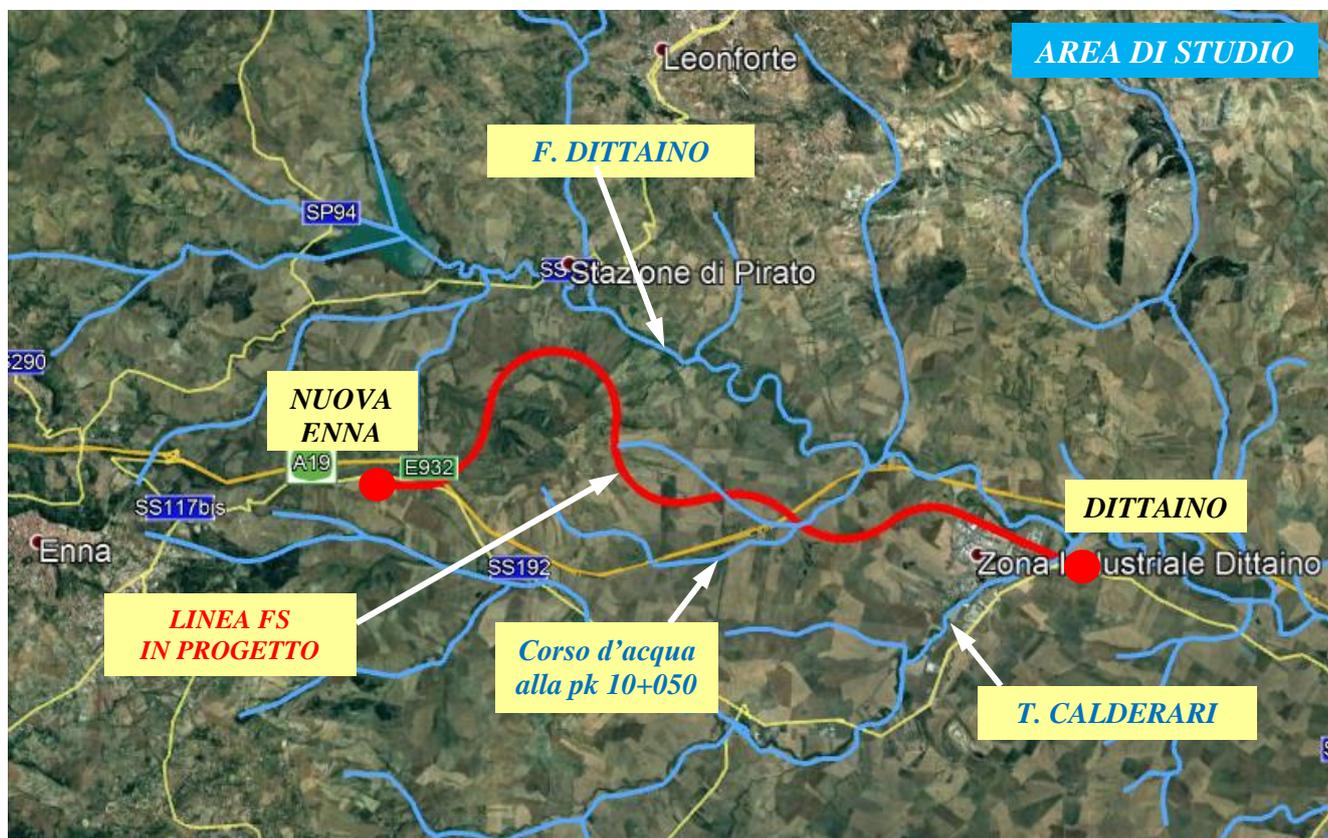


Figura 1 – Inquadramento dell'area di studio.

3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME DITTAINO

Il bacino del Fiume Dittaino, affluente in destra idraulica del Fiume Simeto, è compreso tra il bacino del F. Salso a Nord e quello del F. Gornalunga a Sud e presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessivamente per circa 93 km. Come anzidetto, nel presente studio sono esaminati il sottobacino del F. Dittaino con sezione di chiusura collocata a valle della confluenza del Torrente Calderari, il bacino del T. Calderari stesso (pk 14+750) e il bacino del corso d'acqua alla pk 10+050, quest'ultimi (i.e. T. Calderari e corso d'acqua alla pk 10+050) attraversati dalla linea ferroviaria in progetto rispettivamente tramite i viadotti VI05 e VI04 (Figura 2).

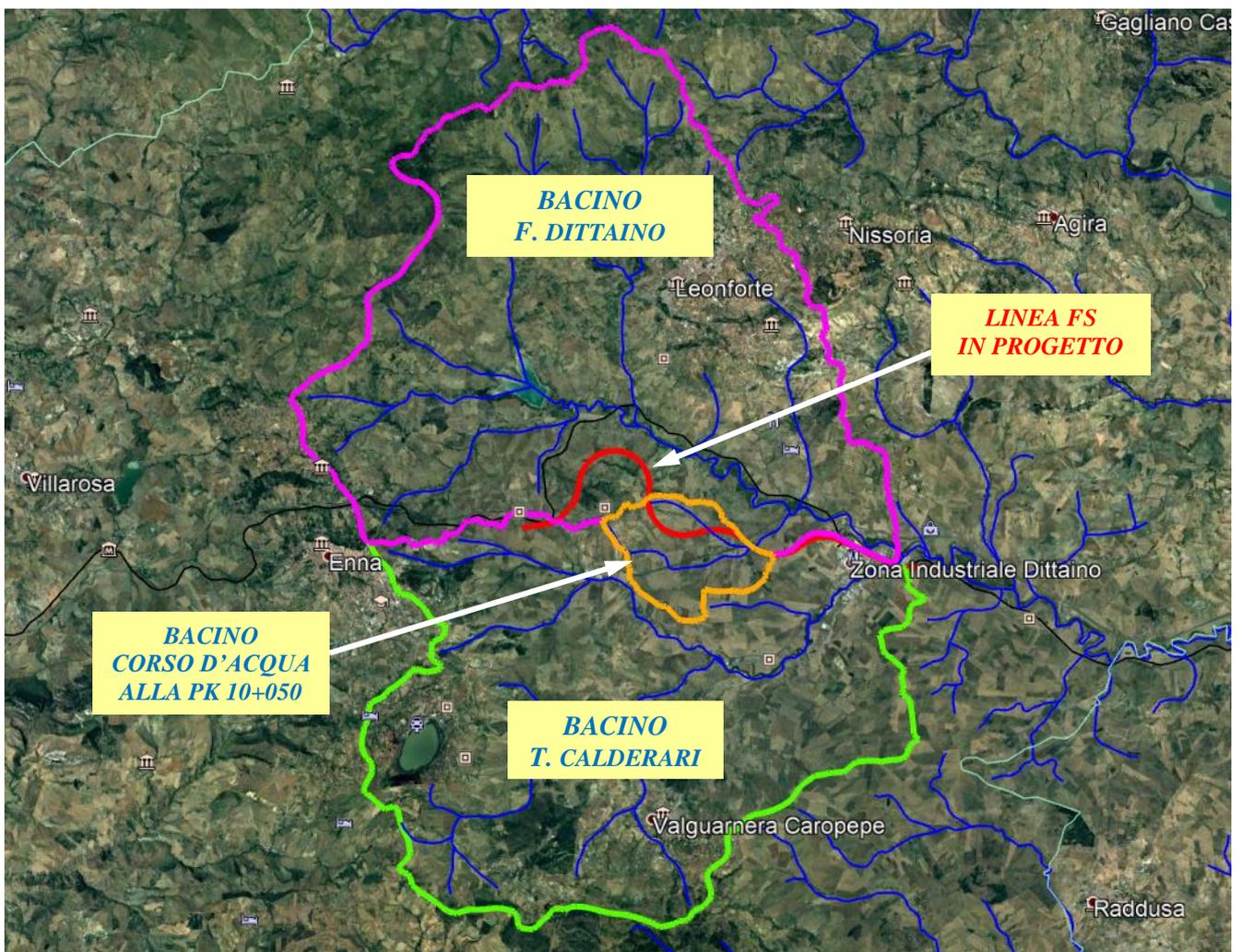


Figura 2– Sottobacini del F. Dittaino: Torrente Calderari e corso d'acqua alla pk 10+050.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 10 di 66

Le caratteristiche morfometriche principali dei sottobacini del Fiume Dittaino e del Torrente Calderari oggetto di studio sono riassunte nella tabella seguente.

Parametro	U.d.m.	F. Dittaino	T. Calderari
Superficie	km ²	180.9	141.1
Lunghezza asta	km	23.5	20.5
Quota minima h_0	m slm	247.0	250.0
Quota massima h_{max}	m slm	1152.0	941.0
Quota media h_{media}	m slm	525.3	498.3

Tabella 1 – Caratteristiche morfometriche dei sottobacini di interesse del Fiume Dittaino e del T. Calderari.

Per quanto concerne il bacino del corso d'acqua alla pk 10+050, la linea ferroviaria in progetto attraversa l'asta fluviale in prossimità della confluenza dei due rami principali (biforcazione). Alcuni tratti fluviali del ramo in sinistra idraulica sono attraversati dai viadotti VI02 e VI03 (per maggiori dettagli circa l'analisi di tali interferenze, si rimanda agli elaborati di OO.CC.).

Pertanto, il bacino del corso d'acqua alla pk 10+050 è stato suddiviso in due sottobacini, come mostrato nella figura seguente.

In tabella, sono indicate le caratteristiche morfometriche dei due sottobacini del corso d'acqua alla pk 10+050 sotto esame.

Parametro	U.d.m.	Sottobacino 1	Sottobacino 2
Superficie	km ²	8.0	3.2
Lunghezza asta	km	5.6	3.6
Quota minima h_0	m slm	288.1	288.2
Quota massima h_{max}	m slm	641.3	620.2
Quota media h_{media}	m slm	368.3	363.8

Tabella 2 – Caratteristiche morfometriche dei sottobacini del corso d'acqua alla pk 10+050.

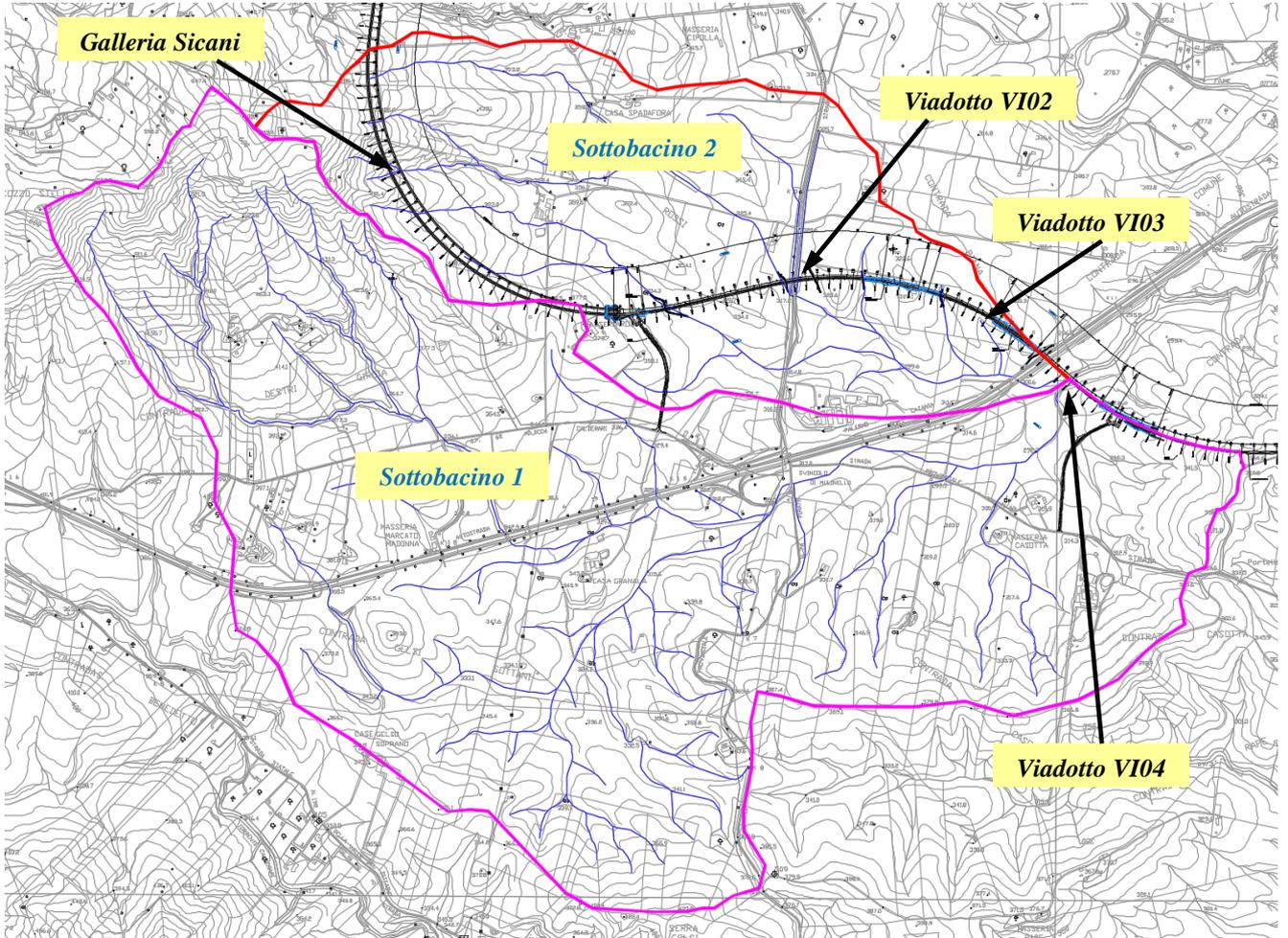


Figura 3– Sottobacini corso d'acqua alla pk 10+050.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 12 di 66

4. STUDIO IDROLOGICO

4.1. ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

4.1.1. Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche

Sono state raccolte le registrazioni pluviometriche presso le stazioni di misura di Nicosia, Leonforte, Villadoro, Enna, Valguarnera e Raddusa, ricadenti all'interno dei sottobacini in esame.

In particolare, sono state prese in considerazione le altezze di pioggia massime annuali per 1, 3, 6, 12, 24 ore. In tabella, per ogni stazione pluviometrica considerata sono indicati il periodo di osservazione ed il numero di dati disponibili (per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice A).

Stazione	Periodo di osservazione	Numero di dati disponibili
<i>Nicosia</i>	1928-2012	58
<i>Leonforte</i>	1951-2004	41
<i>Villadoro</i>	1951-2012	34
<i>Enna</i>	1930-2012	67
<i>Valguarnera</i>	1928-2005	53
<i>Raddusa</i>	1928-2001	37

Tabella 3. Stazioni pluviometriche ricadenti nei sottobacini di interesse.

I dati pluviometrici sono stati quindi elaborati statisticamente ricorrendo al metodo di Gumbel, il quale prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta y :

$$y = \alpha(x-u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 13 di 66

I parametri α e u sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le N altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad N . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

A denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare. Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si basa sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè:

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[-\ln \left(\frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende soltanto da h (= precipitazione) secondo la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri α e u si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Si ottengono quindi per α e u le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 14 di 66

Richiamando il concetto di tempo di ritorno, T_r , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1-F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

E' stata quindi ricavata l'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di precipitazione (h) in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica). L'intensità di precipitazione $j(T_r, \tau)$ è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

Nella tabella seguente, sono dunque riportati i valori a e n relativi ad ogni stazione pluviometrica considerata, per i tempi di ritorno (T_r) di 50, 100, 200, 300 anni, in accordo alla pianificazione di bacino (PAI/PGRA) e alla normativa nazionale di riferimento in materia di compatibilità idraulica degli attraversamenti fluviali (NTC2018), nonché al manuale di progettazione ferroviaria (RFI).

Stazione	Tr (anni) = 300		Tr (anni) = 200		Tr (anni) = 100		Tr (anni) = 50	
	a	n	a	n	a	n	a	n
Leonforte	72.46	0.425	68.94	0.422	62.9	0.418	56.9	0.41
Valguarnera	64.34	0.442	61.34	0.439	56.2	0.435	51.04	0.430
Enna	87.4	0.432	83.1	0.430	75.6	0.426	68.1	0.421
Villadoro	67.3	0.365	63.9	0.365	58.0	0.363	52.2	0.362
Raddusa	71.9	0.243	68.3	0.243	62.1	0.243	55.9	0.243
Nicosia	66.8	0.429	63.6	0.427	58.3	0.423	53.0	0.419

Tabella 4. Valori dei parametri (a;n) relativi alle stazioni pluviometriche di riferimento.

Da notare che i valori sopra determinati corrispondono a quelli indicati nel documento “*LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI PROTEZIONE CIVILE COMUNALI E INTERCOMUNALI IN TEMA*” - Regione Siciliana, Presidenza - Dipartimento della Protezione Civile SERVIZIO REGIONALE RISCHI IDROGEOLOGICI E AMBIENTALI DI RISCHIO IDROGEOLOGICO”.

L'altezza di pioggia (ragguagliata all'area) può essere valutata mediante quindi l'applicazione del metodo dei poligoni di Thiessen (o dei topoieti). In particolare, il volume di pioggia (V_p) caduto all'interno di un poligono di Thiessen o topoieto (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) è uguale all'altezza di precipitazione misurata nella relativa stazione pluviometrica per l'area del poligono. Il volume di pioggia caduto sull'intero bacino sarà quindi fornito dalla somma dei prodotti di cui prima con l'avvertenza che, per quei topoieti che parzialmente ricadono fuori dalla regione in esame, si dovrà considerare solo l'area della porzione del poligono o del topoieto che appartiene al bacino:

$$V_p = \sum_{i=1}^N h_i (\Omega_i \cap S)$$

in cui i è il generico topoieto/poligono di Thiessen; N , il numero dei topoieti; h_i , l'altezza di pioggia misurata nella stazione; Ω_i è l'area del topoieto; S , la superficie del bacino. Quindi, l'altezza di pioggia (h) ragguagliata all'area può essere dedotta come segue:

$$h = \frac{V_p}{S}$$

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori dell'area di ciascun poligono di Thiessen, con riferimento ai sottobacini in esame.

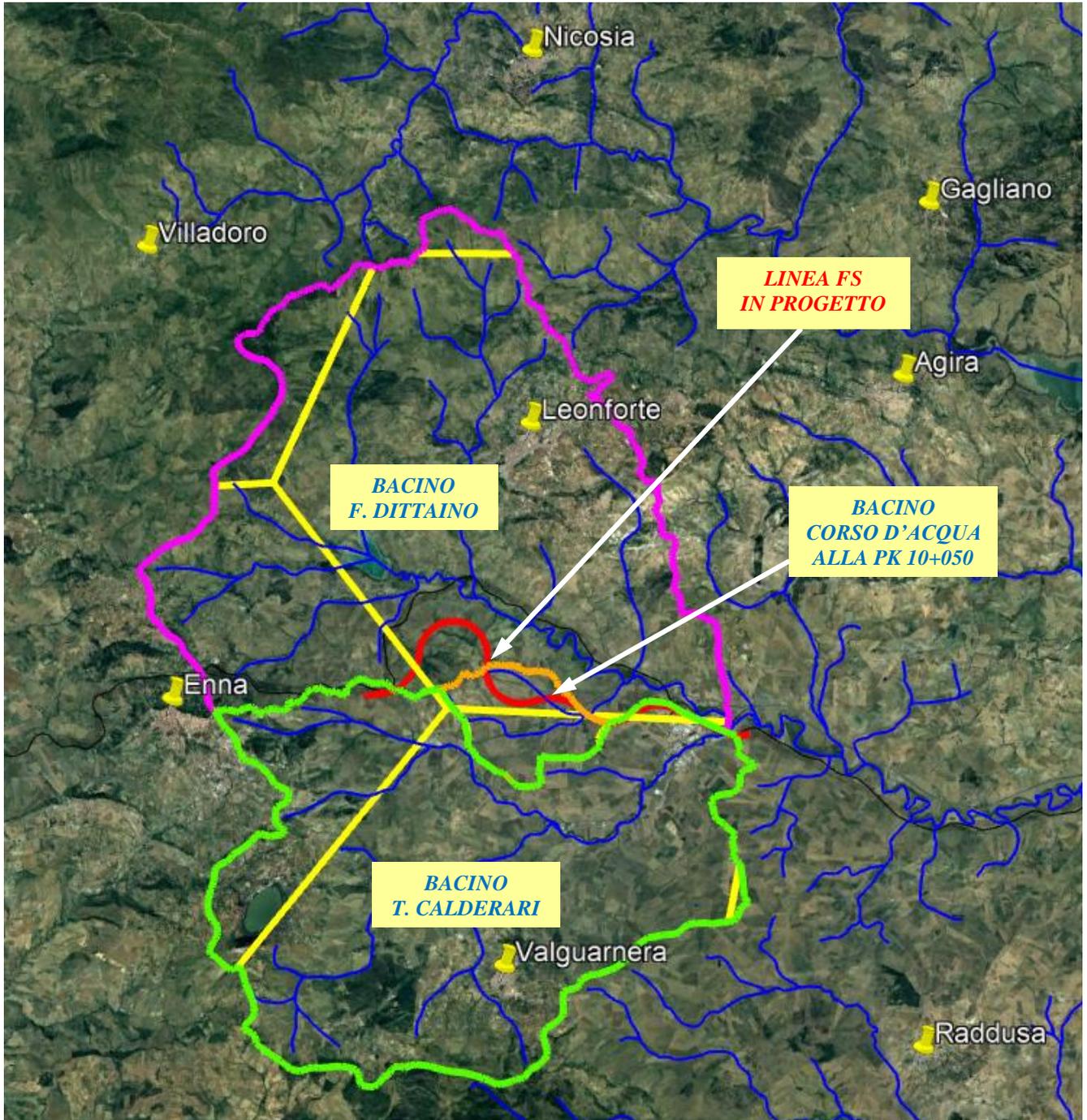


Figura 4 - Stazioni pluviometriche di riferimento e relativi poligoni di Thiessen (in giallo).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 17 di 66

Stazione	Area poligono Thiessen (kmq)
<i>Leonforte</i>	124.8
<i>Valguarnera</i>	7.1
<i>Enna</i>	35.3
<i>Villadoro</i>	11.2
<i>Nicosia</i>	2.5

Tabella 5 – Sottobacino F. Dittaino: area dei poligoni di Thiessen relativi alle stazioni pluviometriche di riferimento.

Stazione	Area poligono Thiessen (kmq)
<i>Leonforte</i>	0.9
<i>Valguarnera</i>	111.9
<i>Enna</i>	27.8
<i>Villadoro</i>	0
<i>Raddusa</i>	0.4
<i>Nicosia</i>	0

Tabella 6 – Sottobacino T. Calderari: area dei poligoni di Thiessen relativi alle stazioni pluviometriche di riferimento.

Sottobacino	Stazione	Area poligono Thiessen (kmq)
1	<i>Valguarnera</i>	8.0
2	<i>Leonforte</i>	3.2

Tabella 7 – Corso d'acqua alla pk 10+050: stazioni di riferimento per i due sottobacini in esame.

4.1.2. VA.PI. – Regione Siciliana

I sottobacini dei corsi d'acqua oggetto di studio ricadono nella sottozona VA.PI. C (Figura 5) per la quale la curva di possibilità pluviometrica (CPP) assume la seguente espressione (Cannarozzo et al. 1993):

$$h_{t,Tr} = [(0.5015 - 0.003516 \cdot t) + (0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101) \cdot \log(Tr)] \cdot a \cdot t^n$$

I coefficienti a e n , stimati sulla base delle carte “iso- a ” e “iso- n ”, di seguito riportate, sono pari a:

- sottobacino del F. Dittaino

$$a = 28 \text{ mm/h}^n; n = 0.33$$

- bacino del T. Calderari

$$a = 27 \text{ mm/h}^n; n = 0.34$$

- bacino del corso d'acqua alla pk 10+050

$$a = 28 \text{ mm/h}^n; n = 0.36$$

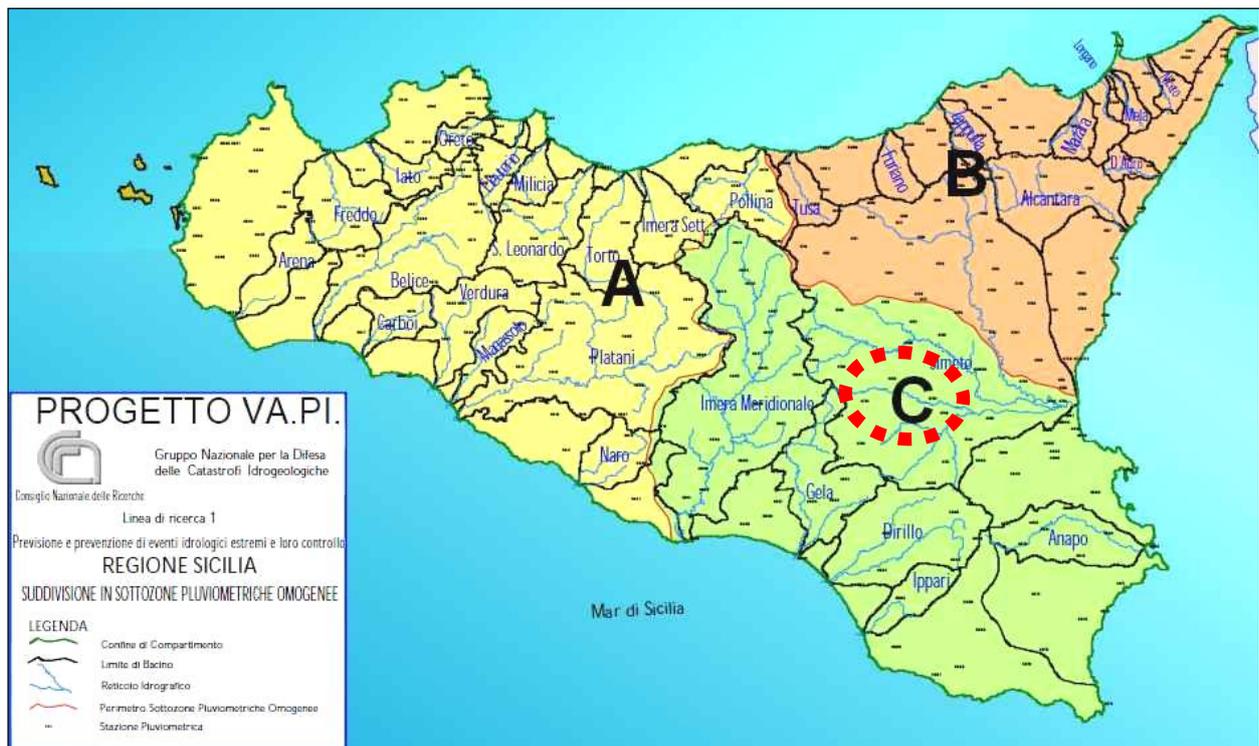


Figura 5–Regione Sicilia: mappa della suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.

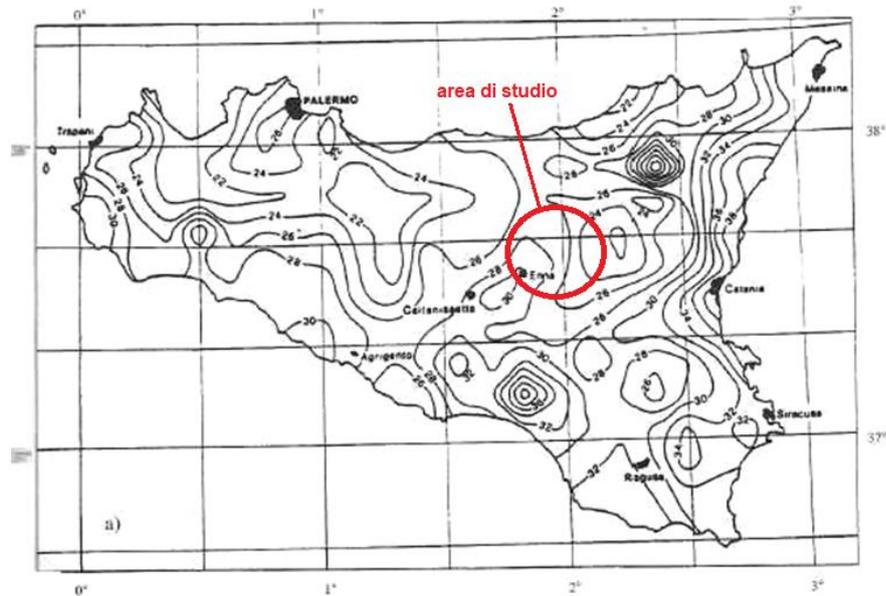


Figura 6– VAPI, Regione Siciliana: mappa delle curve “iso-a”.

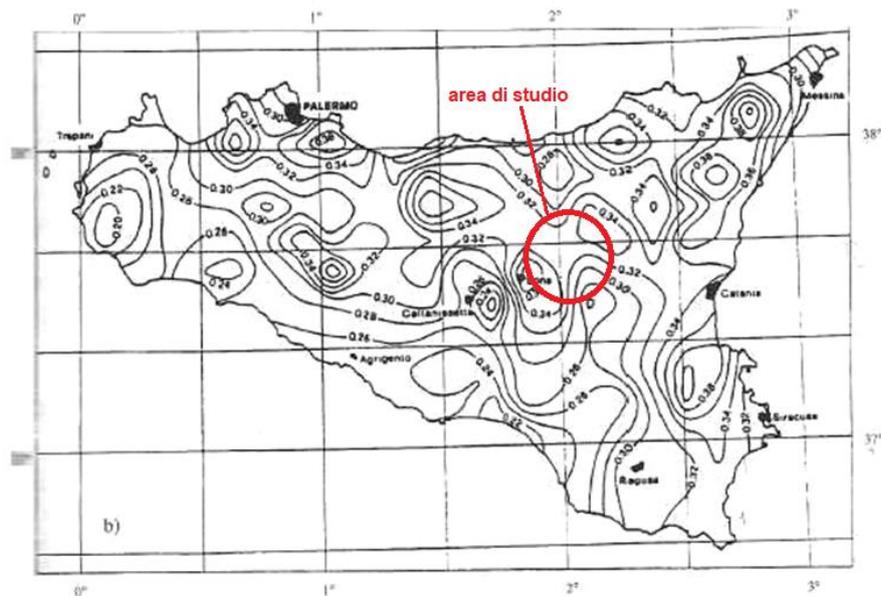


Figura 7– VAPI, Regione Siciliana: mappa delle curve “iso-n”.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 20 di 66

4.2. ANALISI DELLE REGISTRAZIONI IDROMETRICHE (FIUME DITTAINO)

Le stazioni idrometriche installate nel bacino del Fiume Dittaino, che hanno funzionato in vari periodi a partire dal 1932, sono cinque di cui due sull'asta principale del fiume (Bozzetta e Stempato), due suoi torrenti Girgia (Case Celso) e Crisa (Case Carella), una sul Vallone Sciaguana (Torricchia).

Sono presi quindi in considerazione i dati idrometrici registrati sul F. Dittaino; per i rimanenti corsi d'acqua, suoi affluenti, oggetto di studio (T. Calderari e corso d'acqua alla pk 10+050), non sono disponibili dati di portata.

La stazione idrometrica sul Fiume Dittaino a Stempato è stata in funzione dal 1932 fino al 1935. Posta ad una quota di 33 m.s.m., sottende un bacino di 859 km² avente un'altitudine media di 375 m.s.m. La stazione sul Fiume Dittaino a Bozzetta, posta a 330 m.s.m., sottende un bacino di circa 79 km² avente altitudine media di 554 m.s.m. Per tale stazione idrometrica sono disponibili 18 anni di osservazione (1950 e 1952-1968). Di seguito, i dati di portata (media giornaliera, massima annuale) presi in esame (fonte: Annali Idrologici pubblicati dal Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP.).

Anno	Q _{max,g} (mc/s)	Anno	Q _{max,g} (mc/s)
1950	42	1960	128
1952	27.5	1961	64.1
1953	40.7	1962	16.7
1954	27.9	1963	9.17
1955	51.2	1964	70.5
1956	27.7	1965	19.4
1957	30.3	1966	10.34
1958	96.1	1967	26.3
1959	199	1968	1.39

Tabella 8- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata media giornaliera, massima annuale (1950-1968).

Il valore massimo di portata (istantanea) registrato a Bozzetta risale all'ottobre 1951, nello specifico 603 mc/s.

Per l'analisi statistica delle portate, sono stati quindi calcolati dapprima la media (μ) e lo scarto quadratico medio (σ) del campione dei dati: $\mu = 49.4$ mc/s; $\sigma = 48.0$.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 21 di 66

Sono state quindi considerate le seguenti distribuzioni di probabilità:

- *Gumbel*

$$Q_{\max, g} = \xi - \frac{1}{\alpha} \left\{ \ln \left[\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right] \right\}$$

con $Q_{\max, g}$ = portata massima giornaliera, corrispondente ad un determinato tempo di ritorno TR (non la portata che mediamente viene uguagliata o superata ogni TR anni, ma la media di tutte le portate che possono superare quest'ultima); $\xi = \mu - 0.45 \cdot \sigma$, $\alpha = 1.283/\sigma$.

- *Fuller & Coutagne*

$$Q_{\max, g} = q \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{b \cdot q} \log_{10} [TR] \right\}$$

con $q = \mu \cdot \sigma$, $b = 0.434/\sigma$.

Sono dunque ricavati i valori di portata media giornaliera, massima annuale ($Q_{\max, g}$), per differenti tempi di ritorno, secondo le distribuzioni di probabilità considerate (Tabella 9), in corrispondenza della sezione di chiusura presso la stazione di Bozzetta, che sottende un bacino di 79 km² (di gran lunga inferiore all'estensione dei sottobacini in esame).

<i>Tr</i>	<i>Q_{max,g}</i>	<i>Q_{max,g}</i>
	<i>Gumbel</i>	<i>Fuller</i>
anni	mc/s	mc/s
30	154.1	164.43
50	173.4	188.90
100	199.5	222.11
200	225.4	255.32
300	240.6	274.75
500	259.7	299.22

Tabella 9- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata massima giornaliera per differenti tempi di ritorno, secondo le distribuzioni di probabilità considerate.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 22 di 66

La portata al colmo corrispondente ad un determinato tempo di ritorno (Q_{TR}) può essere valutata ricorrendo a formule empiriche, disponibili nella letteratura tecnica, che in dipendenza della superficie del bacino (S) sottesa alle sezione di chiusura, permettono di valutare il cosiddetto coefficiente di punta: $C = Q_{TR}/Q_{max,g}$. In particolare, è stata applicata la seguente formulazione (Cotecchia, 1956):

$$C = \frac{Q_{TR}}{Q_{max,g}} = \begin{cases} 32 \cdot S^{-0.313}, & \text{per } S > 120 - 140 \text{ km}^2 \\ 16 \cdot S^{-0.19}, & \text{per } S < 120 - 140 \text{ km}^2 \end{cases}$$

da cui (per $S = 79 \text{ km}^2$) $C = 6.97$. Il valore della portata al colmo Q_{TR} per diversi tempi di ritorno è stato calcolato considerando i valori di $Q_{max,g}$ calcolati secondo le distribuzioni di Gumbel e Fuller, e moltiplicando questi ultimi per il coefficiente di punta C sopra determinato.

Il trasferimento della portata dalla sezione di chiusura collocata presso la stazione di Bozzetta alle sezioni di chiusura dei sottobacini in esame può essere effettuato ricorrendo a formulazioni empiriche disponibili in letteratura, descritte nei paragrafi successivi.

<i>Tr</i>	<i>Portata</i>		
	<i>max media giorn</i>	<i>al colmo</i>	<i>specifica</i>
<i>anni</i>	<i>Q_{maxg}</i> <i>mc/s</i>	<i>Q max</i> <i>mc/s</i>	<i>q = Qmax/S</i> <i>mc/s km²</i>
30	154.1	1074.4	13.566
50	173.4	1209.1	15.266
100	199.5	1390.7	17.560
200	225.4	1571.7	19.845
300	240.6	1677.5	21.180
500	259.7	1810.5	22.860

Tabella 10- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Gumbel.

<i>Tr</i>	<i>Portata</i>		
	<i>max media giorn</i>	<i>al colmo</i>	<i>specifica</i>
<i>anni</i>	<i>Q_{maxg}</i>	<i>Q max</i>	<i>q = Qmax/S</i>
	<i>mc/s</i>	<i>mc/s</i>	<i>mc/s Km²</i>
30	164.4	1146.4	14.475
50	188.9	1317.0	16.629
100	222.1	1548.6	19.553
200	255.3	1780.1	22.476
300	274.7	1915.6	24.186
500	299.2	2086.2	26.341

Tabella 11- Stazione idrometrica di Bozzetta sul Fiume Dittaino: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Fuller.

4.3. P.G.R.A. DELLA REGIONE SICILIANA

Con riferimento al bacino del Fiume Dittaino, le analisi idrologiche condotte dapprima nell'ambito del P.A.I. e successivamente riportate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) sono state sviluppate sulla base dei seguenti studi:

- *Studi e ricerche riguardanti le sistemazioni idrauliche del bacino del fiume Simeto* (G. Bonvissuto, G. Curto, R. Quignones, M. Santoro–Provveditorato regionale OO. PP. per la Sicilia, 1983);
- *Studio per il Piano di bacino del fiume Simeto* redatto dall'Università degli studi di Catania per conto dell'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Siciliana (1989).

Nel primo studio, gli ietogrammi di progetto assunti alla base del calcolo delle portate tramite il metodo della corrivazione sono stati ricavati dalle curve pluviometriche relative a 22 stazioni pluviografiche e ottenute adottando la legge di Gumbel per le distribuzioni di probabilità delle piogge di durata da 1 a 24 ore.

Per il F. Dittaino, sono state quindi determinate le curve di involuppo dei contributi di probabilità di piena al colmo, espresse in funzione dell'area di bacino S , da cui:

Dittaino (S=40 – 250)

$$Q=2.374 \cdot S^{0,975} \quad \text{per } T_r=10 \text{ anni;}$$

$$Q=4.220 \cdot S^{0,900} \quad \text{per } T_r=50 \text{ anni;}$$

$$Q=5.580 \cdot S^{0,810} \quad \text{per } T_r=100 \text{ anni;}$$

$$Q=9.610 \cdot S^{0,953} \quad \text{per } T_r=500 \text{ anni;}$$

Dittaino (S=250 - 1000)

$$Q=90.930 \cdot S^{0,333} \quad \text{per } T_r=10 \text{ anni;}$$

$$Q=143.10 \cdot S^{0,355} \quad \text{per } T_r=50 \text{ anni;}$$

$$Q=171.76 \cdot S^{0,365} \quad \text{per } T_r=100 \text{ anni;}$$

$$Q=192.46 \cdot S^{0,410} \quad \text{per } T_r=500 \text{ anni;}$$

Nel secondo studio idrologico considerato, la valutazione delle portate di piena è stata eseguita tramite l'analisi regionale dei massimi annuali delle portate di piena al colmo e delle portate medie giornaliere registrate dal servizio idrografico italiano (S.I.I.) nei bacini dell'intera Sicilia. Le espressioni finali delle portate di piena al colmo relative alle sezioni del Dittaino e Gornalunga risultano:

$$Q_m=172,5 \cdot S^{(0,201)} \quad \text{per } T_r=10 \text{ anni;}$$

$$Q_m=412,9 \cdot S^{(0,201)} \quad \text{per } T_r=50 \text{ anni;}$$

$$Q_m=562,1 \cdot S^{(0,201)} \quad \text{per } T_r=100 \text{ anni;}$$

$$Q_m=1048,8 \cdot S^{(0,201)} \quad \text{per } T_r=500 \text{ anni.}$$

L'utilizzo di quest'ultime espressioni viene proposto soltanto per le sezioni che sottendono aree di bacino che superano 100 Km². **Nello specifico, essendo valide anche per il Fiume Gornalunga e quindi dedotte probabilmente dall'analisi dei dati di portata registrati presso stazioni idrometriche in corrispondenza della confluenza con il F. Simeto o ubicate sul F. Simeto stesso, tali formulazioni non sono state applicate al sottobacino del T. Calderari (il bacino del corso d'acqua alla pk 10+050 ha una estensione di poco superiore ai 10 km²), ubicato nella parte iniziale del bacino del Fiume Dittaino.** Inoltre, per il Fiume Dittaino, i valori derivanti da tali formulazioni sono stati considerati nelle verifiche idrauliche condotte nell'ambito del P.A.I. per la determinazione delle corrispondenti aree di pericolosità (non disponibili/definite per il Torrente Calderari).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 25 di 66

4.4. STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

4.4.1. Modelli di trasformazione “afflussi-deflussi”

4.4.1.1. Metodo razionale

Il metodo razionale o cinematico costituisce uno dei metodi più comuni e utilizzati per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un determinato bacino. Il metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q_{\max} = 278 \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

in cui Q_{\max} = portata di piena [m³/sec]; φ = coefficiente di deflusso; h = pioggia netta [m]; S = area del bacino [km²]; τ_c = tempo di corrivazione [ore]. La determinazione del tempo di corrivazione può effettuarsi mediante alcune classiche formule empiriche di uso comune; in particolare, per i sottobacini del Fiume Dittaino e del Torrente Calderari, dalla notevole estensione (> 100 km²), può essere applicata la ben nota formula di Giandotti:

$$\tau_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m - h_0}}$$

con S = area del bacino [km²]; L = lunghezza dell'asta principale [km]; h_m = altitudine media del bacino imbrifero sotteso [m s.m.m.]; h_0 = quota della sezione di chiusura del bacino [m s.m.m.].

Per il corso d'acqua alla pk 10+050, dalla modesta estensione (*sottobacino 1*: 8 km², *sottobacino 2*: 3.2 km²), si è fatto riferimento invece alle seguenti formulazioni:

- Ventura $\tau_c = 0.127 \sqrt{\left(\frac{A}{p}\right)}$ (h)

con A = area (km²), p = pendenza media

- Pasini

$$\tau_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{\sqrt{p}} \quad (h)$$

con A = area (km²), L = lunghezza asta principale (Km), p = pendenza media

- Puglisi

$$\tau_c = 6L^{\frac{2}{3}} (H_{max} - H_0)^{-0.33} \quad (h)$$

L = lunghezza asta principale (Km), H_{max} = altitudine massima bacino (m), H_0 = altitudine alla sezione di chiusura (m)

- Pezzoli

$$\tau_c = 0.055 \cdot L / (i_m)^{1/2} \quad (h)$$

L = lunghezza asta principale (Km), i_m = pendenza media del bacino.

In tal caso, il tempo di corrivazione di progetto è stato fissato pari al minimo valore ottenuto tramite quest'ultime formulazioni.

Il coefficiente di deflusso è stato invece valutato applicando il metodo del Curve Number CN (SCS method), sulla base della copertura del suolo (all'interno dei singoli sottobacini in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012): in particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN, dedotto da tabelle disponibili in letteratura, di seguito riportate.

Il coefficiente di deflusso (φ) può essere dunque valutato come:

$$\varphi = \frac{P_e}{P}$$

con P = altezza di pioggia di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno Tr e una durata τ_c , $P = a \cdot \tau_c^n$; P_e = pioggia efficace, dipendente dal CN, valutabile come: $P_e = (P - 0.2 \cdot S) / (P + 0.8 \cdot S)$; $S = 254 \cdot (100 / CN - 1)$.

Come in seguito specificato, l'altezza di pioggia di progetto sarà valutata a partire dalle CPP dedotte sia dalla metodologia VAPI – Regione Siciliana sia dall'analisi statistica (secondo Gumbel) delle registrazioni pluviometriche presso le stazioni di riferimento sopra individuate.

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D	Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98	PRATI ARTIFICIALI COLTURE					
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95	FORAGGERE OVE SI PUO RICONOSCERE					
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95	UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I					
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95	SEMINATIVI E UNA CERTA					
CANTIERI	133	90	92	94	95	PRODUTTIVITA. SONO SEMPRE					
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84	POTENZIALMENTE RICONVERTITI A					
CIMITERI	143	57	77	85	89	SEMINATIVO. POSSONO ESSERE					
VIGNETI	221	72	81	88	91	RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE					
OLIVETI	223	72	81	88	91	ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
ARBORICOLTURA CON ESSENZE						RISAE	2122	98	98	98	98
FORESTALI	224	67	78	85	89	VIVAI	2123	66	77	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89	COLTURA IN SERRA	2124	98	98	98	98
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE					
COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86	ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL					
COMPLESSI	242	63	73	82	88	VIGNETO	2412	59	74	82	86
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD					
COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI						ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI					
SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81	E SEMINATIVI ARBORATI CON					
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83	COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL					
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGLIE	313	39	51	63	70	25M)	2413	59	74	82	86
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89	BOSCO DI LATIFOGLIE	3111	39	51	63	70
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86	ARBORICOLTURA CON ESSENZE					
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98	FORESTALI (LATIFOGLIE)	3112	39	51	63	70
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90	BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100	CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3122	39	51	63	70
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100	FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE,					
SALINE	422	100	100	100	100	STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI					
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98	CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE					
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100	(ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI					
MARI	523	100	100	100	100	ECC.)	3221	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E						FORMAZIONI DI RIPANON ARBOREE	3222	51	58	73	80
DENSO	1111	89	92	94	96	MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87	GARIGA	3232	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E						AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
NUCLEIFORME A CARATTERE						AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80	SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E						AREE DUNALI NON COPERTE DA					
FABBRICATI RURALI A CARATTERE						VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE					
TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	72	A 25M	3312	56	73	82	86
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E						AREE DUNALI CON COPERTURA					
COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95	VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A					
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI						25 M	3313	56	73	82	86
SERVIZI	1212	89	92	94	95	LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI					
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI						AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
(SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE	1221	98	98	98	98	FILMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
DI PARCHEGGIO ECC.)						CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE						BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI,						BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96	LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A					
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO						PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E						ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E					
SIMILI)	1223	92	93	94	95	STAGNI COSTIERI	5212	100	100	100	100
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI						ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
DISTRIBUZIONE						AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA					
(TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95	NATURALE	5231	100	100	100	100
DISCARICHE	1321	90	92	94	95	ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO,						PIOPPETI, SALICETTI, EUCALITTEI ECC.					
CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95	ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88	SUGHERETE	31122	39	51	63	70
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84	CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85	ALTRO	31124	39	51	63	70

Tabella 12 –Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del Corine Land Cover al 4° livello (Elaborazione ADIS).

4.4.1.2. Metodo di Nash

Il modello di Nash descrive il comportamento di un bacino idrografico mediante un numero n (parametro di forma) di invasi disposti in serie ciascuno dei quali caratterizzato da una stessa costante k (parametro di scala) di invaso. La funzione che descrive l'andamento dell'idrogramma è la seguente:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{n-1} e^{-t/k}}{k(n-1)!}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 28 di 66

Ricorrendo ad una astrazione matematica, il modello di Nash può essere esteso al caso in cui il numero di serbatoi disposti in serie sia un numero reale. In tal caso la funzione fattoriale $(n-1)!$ viene sostituita con la funzione Gamma $\Gamma(\alpha)$ e la funzione $U(t)$ diventa:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{\alpha-1} e^{-t/k}}{k \Gamma(\alpha)}$$

Il tempo di ritardo ed il tempo di picco risultano pari a:

$$t_L = \alpha k \quad t_P = (\alpha - 1)k$$

Pertanto, ai fini della determinazione della portata al colmo e del relativo idrogramma unitario adimensionale, l'applicazione del modello di Nash richiede la conoscenza dei due parametri α (parametro di forma) e k (parametro di scala) legati al tempo di ritardo.

Per la stima di questi parametri è possibile procedere con diversi metodi, sfruttando i numerosi modelli geomorfologici disponibili in letteratura (Rodriguez et al. 1979, Rosso 1984), che sfruttano le caratteristiche del reticolo idrografico opportunamente analizzato secondo varie regole di classificazione (Strahler 1952), o più semplicemente ricorrendo alle espressioni che li correlano al più noto parametro idrologico ovvero il tempo di corrivazione del bacino.

Nella maggior parte dei casi, il parametro di forma n risulta compreso tra 2 e 3, mentre il valore del parametro di scala può essere valutato come $k = \tau_c/5$.

Nel caso in esame, vista la conformazione dei sottobacini in esame, sono stati adottati i seguenti parametri: $n = 2$, $k = \tau_c/5$. Inoltre, si è assunto quale pioggia di progetto uno ietogramma di tipo rettangolare con durata pari al tempo di corrivazione del bacino; la depurazione delle piogge lorde è avvenuta con il metodo CN-SCS, ossia assumendo i rispettivi valori del CN, come precedentemente definito/valutato.

Le curve di possibilità pluviometrica (CPP) applicate in tal caso (per semplicità) derivano o dall'applicazione della metodologia VAPI – Regione Sicilia o dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche disponibili, a seconda di quale delle due metodologie (i.e. VAPI, Gumbel) sia più cautelativa.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 29 di 66

4.4.1.3. Metodologia generale del P.A.I. della Regione Siciliana

Con riferimento alla “Relazione Generale” del P.A.I. – Regione Siciliana (2004), nell’ambito delle analisi svolte per la redazione del Piano di Bacino, il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrivazione, applicando una curva “aree-tempi” non lineare. Tale curva “aree-tempi” può essere ricavata da strumenti GIS sulla base di un DTM di dettaglio oppure ricorrendo alla seguente formulazione, riportata in HEC-HMS (software utilizzato nell’ambito degli studi del P.A.I.):

$$\begin{cases} \frac{A(t)}{A_b} = \sqrt{2} \left(\frac{t}{t_c} \right)^{1.5} & \text{per } t \leq \frac{t_c}{2} \\ \frac{A(t)}{A_b} = 1 - \sqrt{2} \left(1 - \frac{t}{t_c} \right)^{1.5} & \text{per } t > \frac{t_c}{2} \end{cases}$$

con $A(t)$ = area contribuente del bacino al tempo t ; A_b = area totale del bacino; t_c = tempo di corrivazione. Determinata la curva “aree-tempi” (nel caso specifico, ricorrendo alla formulazione sopra introdotta), riportante in ascisse il valore del tempo di concentrazione e in ordinata il valore dell’area che contribuisce al deflusso superficiale al tempo t (per $t=t_c$, $A(t_c) = A$), l’idrogramma uscente attraverso la sezione di chiusura del bacino in esame è dato dall’integrale di convoluzione tra l’intensità di pioggia netta $p(t)$ (ottenuta, nel caso in esame, depurando la pioggia lorda sulla base del Curve Number, determinato per ogni sottobacino in esame) e la funzione idrogramma unitario istantaneo (IUH), secondo la seguente espressione:

$$u(t) = \frac{1}{A} \frac{dA(t)}{dt}$$

L’idrogramma alla sezione di chiusura è dato quindi da:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau) u(t - \tau) d\tau = p(t) u(t)$$

Tale espressione, formulata in termini discreti, assume la seguente forma:

$$Q_k = \frac{1}{A} \sum_{m=1}^k p_m \Delta A_{k-m+1}$$

con $\Delta A_n = A_n - A_{n-1}$. Quale pioggia di progetto, la metodologia del PAI prevede l’applicazione di uno ietogramma di tipo “Chicago”, centrato, con durata critica pari al tempo di corrivazione del bacino in esame.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 30 di 66

In analogia a quanto specificato per il metodo di Nash, le curve di possibilità pluviometrica (CPP) applicate (per semplicità) derivano o dall'applicazione della metodologia VAPI – Regione Sicilia o dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche disponibili, a seconda di quale delle due metodologie (i.e. VAPI, Gumbel) sia più cautelativa.

4.4.2. Fiume Dittaino: portate di progetto

Ai fini della determinazione delle portate di progetto per il Fiume Dittaino secondo le metodologie di seguito illustrate (basate sui metodi di trasformazione “afflussi-deflussi”, nonché le formulazioni sopra introdotte), si riportano i valori del Curve Number (CN) e del tempo di corrivazione (τ_c), stimati sulla base delle relazioni sopra descritte: $\tau_c = 6.7$ ore; CN (medio) = 80.

Metodo razionale (CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche e da VAPI Sicilia)

I valori di precipitazione, per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino in esame e per differenti tempi di ritorno dell'evento, da considerare nell'applicazione del metodo razionale sono stati determinati facendo riferimento:

- 1) ai risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel delle registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura precedentemente descritte. In particolare, nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di altezza di pioggia, per una durata pari a τ_c e per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche considerate. Applicando il metodo dei topoieti descritto in precedenza, sono stati quindi ottenuti i valori di altezza di pioggia (ragguagliata all'area del bacino), per vari tempi di ritorno dell'evento pluviometrico.

Stazione	$h(Tr300)$ [mm]	$h(Tr200)$ [mm]	$h(Tr100)$ [mm]	$h(Tr50)$ [mm]
<i>Leonforte</i>	162.888	154.342	139.707	125.012
<i>Valguarnera</i>	149.451	141.871	128.891	115.859
<i>Enna</i>	199.242	188.600	170.377	152.084
<i>Villadoro</i>	135.076	128.082	116.106	104.086
<i>Raddusa</i>	114.394	108.628	98.755	88.846
<i>Nicosia</i>	151.240	143.686	130.749	117.758
Pioggia ragguagliata (mm)	167.6	158.8	143.7	128.5

Tabella 13 – Valori di altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino del F. Dittaino considerato e valori di altezza di pioggia ragguagliata all'area.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 31 di 66

- 2) ai risultati derivanti dall'applicazione della metodologia VA.PI.; nella tabella seguente, i valori di altezza di pioggia corrispondenti, per una durata pari al tempo di corrivazione ($\tau_c = 6.7$ ore) e per differenti tempi di ritorno.

<i>Tr (anni)</i>	<i>h(τ_c, Tr) [mm]</i>
50	117.425
100	133.781
200	150.138
300	159.706

Tabella 14 – Fiume Dittaino, VA.PI. Sicilia: valori di altezza di pioggia di progetto, per vari tempi di ritorno.

Si è proceduto quindi al calcolo della portata al colmo tramite il metodo razionale, per i vari tempi di ritorno considerati, secondo le due metodologie adottate (analisi statistica delle registrazioni pluviometriche e VAPI).

<i>Tr (anni)</i>	ϕ	<i>i(t_c, Tr) [mm/h]</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	0.582	19.07	557.9
100	0.614	21.32	657.8
200	0.641	23.56	759.1
300	0.655	24.87	819.0

Tabella 15 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo le CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.

<i>Tr (anni)</i>	ϕ	<i>i(t_c, Tr) [mm/h]</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	0.555	17.42	486.1
100	0.594	19.85	592.2
200	0.626	22.28	700.9
300	0.643	23.70	765.4

Tabella 16 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo le CPP da metodologia VAPI.

Dai risultati ottenuti si evince che per il bacino del Fiume Dittaino le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche secondo Gumbel (e quindi anche le corrispondenti portate al colmo) sono più cautelative rispetto a quelle derivanti dalla metodologia VAPI. Pertanto, per semplicità, nei calcoli successivi si è fatto riferimento direttamente alle CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 32 di 66

Metodo Nash e CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche

Applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* di Nash (con le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche), per il Fiume Dittaino si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	673.0
100	782.8
200	892.8
300	957.3

Tabella 17 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo il metodo di Nash.

Metodologia generale del PAI e CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche

Applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* riportato nella metodologia generale del PAI (con le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche), per il Fiume Dittaino si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	715.8
100	842.5
200	970.8
300	1046.4

Tabella 18 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, secondo la metodologia generale del PAI.

Formulazioni riportate nel PGRA

Applicando le seguenti formulazioni, valide per bacini con $S \in [40 - 250]$ km², derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche

$$Q(Tr = 10) = 2.374 \cdot S^{0.975}; Q(Tr = 50) = 4.22 \cdot S^{0.90};$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 33 di 66

$$Q(Tr = 100) = 5.58 \cdot S^{0.91}; Q(Tr = 500) = 9.610 \cdot S^{0.953}$$

si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
10	377.1
50	453.95
100	632.3
200	973.2 (*)
300	1137.2 (*)
500	1361.2

Tabella 19 – PGRA della Regione Siciliana (da analisi piogge): portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del Fiume Dittaino considerato, (*) valore ricavato da interpolazione dei valori di portata corrispondenti ad altri tempi di ritorno).

Applicando invece le formulazioni del PGRA derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni idrometriche:

$$Q(Tr = 10) = 172.5 \cdot S^{0.201}; Q(Tr = 50) = 412.9 \cdot S^{0.201};$$

$$Q(Tr = 100) = 562.1 \cdot S^{0.201}; Q(Tr = 500) = 1048.8 \cdot S^{0.201}$$

si ottengono i seguenti risultati:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
10	490.4
50	1332.0
100	1812
200	2470.4 (*)
300	2842 (*)
500	2981.5

Tabella 20 – PGRA della Regione Siciliana (da analisi portate): portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del F. Dittaino considerato, (*) valore ricavato da interpolazione dei valori di portata corrispondenti ad altri tempi di ritorno).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 34 di 66

Portate al colmo da analisi statistica delle registrazioni idrometriche

Per similitudine idrologica, ricorrendo alla formula di Gherardelli & Marchetti:

$$\frac{Q_a}{S_a^{-2/3}} = \frac{Q_b}{S_b^{-2/3}}$$

con Q_a e S_a , portata al colmo (determinata per i vari tempi di ritorno nel capitolo precedente) e superficie del bacino sottesa alla sezione di chiusura presso la stazione di Bozzetta; Q_b e S_b , portata al colmo e superficie del sottobacino considerato (nel caso specifico 180.9 km²) sottesa ad una particolare sezione di chiusura, sono stati determinati i valori di portata al colmo, per differenti tempi di ritorno (secondo le distribuzioni di Gumbel e Fuller), del Fiume Dittaino in corrispondenza della confluenza del T. Calderari.

Tr anni	Gumbel			Fuller		
	Portata specifica q = Qmax/S mc/s Km ²	Portata specifica q = Qmax/S mc/s Km ²	Portata al colmo Q max mc/s	Portata specifica q = Qmax/S mc/s Km ²	Portata specifica q = Qmax/S mc/s Km ²	Portata al colmo Q max mc/s
50	15.27	8.8	1592.3	16.63	9.59	1734.5
100	17.56	10.1	1831.5	19.55	11.27	2039.4
200	19.85	11.4	2069.9	22.48	12.96	2344.3
300	21.18	12.2	2209.1	24.19	13.95	2522.7

Tabella 21 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del F. Dittaino considerato, da analisi statistica delle registrazioni idrometriche.

CONFRONTO TRA I VALORI DI PORTATA AL COLMO OTTENUTI CON LE DIFFERENTI METODOLOGIE ADOTTATE

Di seguito, si riporta il confronto tra i valori di portata al colmo, per i tempi di ritorno considerati, ottenuti per il Fiume Dittaino con le differenti metodologie sopra descritte.

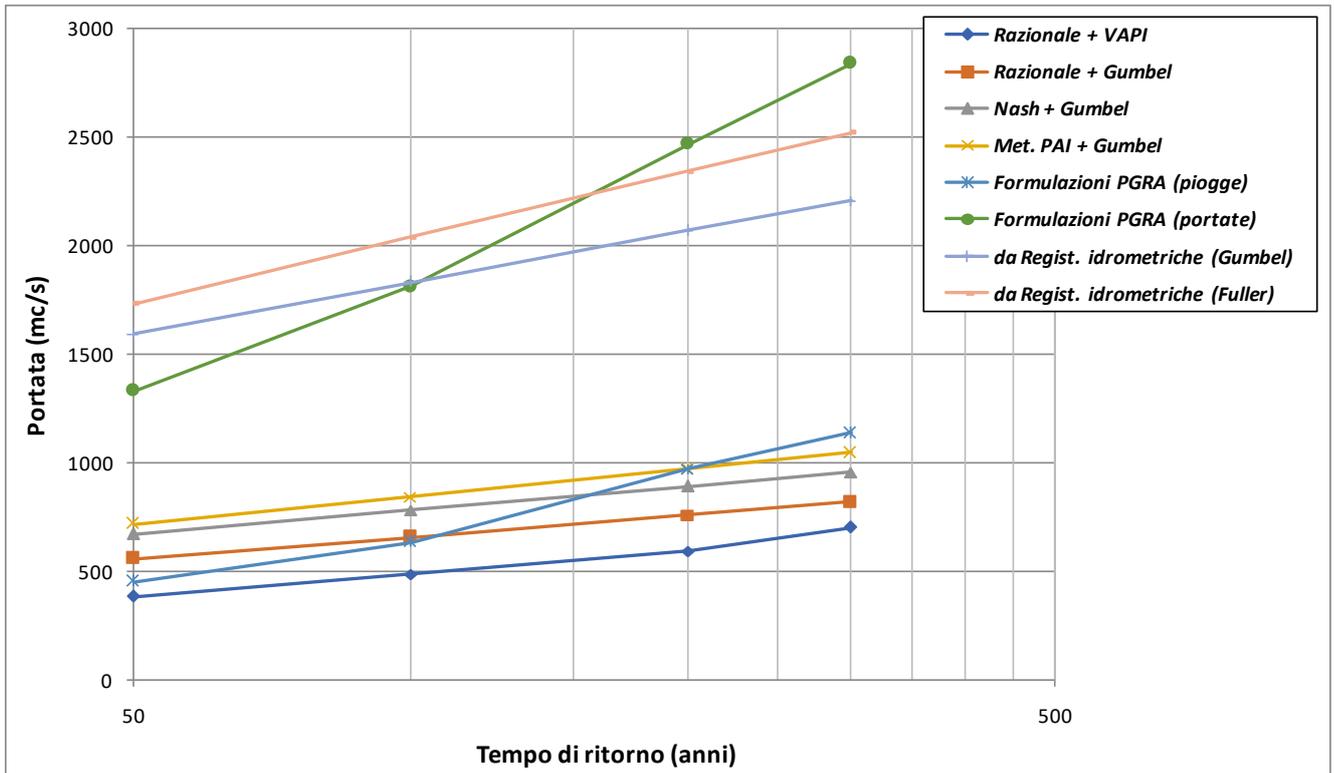


Figura 8 – Fiume Dittaino: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.

Si osserva che i metodi basati sull'elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche (i.e. *Gumbel da dati registrati presso le stazioni pluviografiche di interesse, VA.PI. - piogge, P.G.R.A. - piogge*) forniscono valori di portata al colmo, per i differenti tempi di ritorno considerati, molto simili tra loro e di gran lunga inferiori a quelli ottenuti con i metodi basati sull'elaborazione statistica delle registrazioni idrometriche (*Gumbel e Fuller da dati di portata, P.G.R.A. - portate*).

Pertanto, per il calcolo degli idrogrammi di progetto del Fiume Dittaino, in accordo anche alla pianificazione di bacino vigente (nell'ambito della quale sono stati adottati i valori di portata derivanti dalle formulazioni del "PGRA – portate"), si farà riferimento in via cautelativa a quest'ultimi metodi.

Da notare che l'analisi statistica delle registrazioni idrometriche condotte nel presente studio fornisce risultati simili a quelle delle formulazioni del PGRA dedotte dalla stessa tipologia di dati (i.e. portate).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 36 di 66

4.4.3. Torrente Calderari: portate di progetto

Ai fini della determinazione delle portate di progetto per il Torrente Calderari secondo le metodologie di seguito illustrate (basate sui metodi di trasformazione “afflussi-deflussi”, nonché le formulazioni sopra introdotte), si riportano i valori del Curve Number (CN) e del tempo di corrivazione (τ_c), stimati sulla base delle relazioni sopra descritte: $\tau_c = 6.3$ ore; CN (medio) = 80.

Metodo razionale (CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche e da VAPI Sicilia)

I valori di precipitazione, per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino in esame e per differenti tempi di ritorno dell'evento, da considerare nell'applicazione del metodo razionale sono stati determinati facendo riferimento:

- 1) ai risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel delle registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura precedentemente descritte. In particolare, nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di altezza di pioggia, per una durata pari a τ_c e per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche considerate. Applicando il metodo dei topoieti descritto in precedenza, sono stati quindi ottenuti i valori di altezza di pioggia (ragguagliata all'area del bacino), per vari tempi di ritorno dell'evento pluviometrico.

Stazione	$h(Tr300)$ [mm]	$h(Tr200)$ [mm]	$h(Tr100)$ [mm]	$h(Tr50)$ [mm]
Leonforte	158.565	150.267	136.055	121.786
Valguarnera	145.327	137.976	125.387	112.748
Enna	193.866	183.534	165.841	148.079
Raddusa	112.644	106.967	97.246	87.489
Pioggia ragguagliata (mm)	154.9	146.9	133.4	119.7

Tabella 22 – Valori di altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino del T. Calderari considerato e valori di altezza di pioggia ragguagliata all'area.

- 2) ai risultati derivanti dall'applicazione della metodologia VA.PI.; nella tabella seguente, i valori di altezza di pioggia corrispondenti, per una durata pari al tempo di corrivazione ($\tau_c = 6.3$ ore) e per differenti tempi di ritorno.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 37 di 66

<i>Tr (anni)</i>	<i>h(τ_c, Tr) [mm]</i>
50	50.553
100	97.121
200	112.817
300	128.514

Tabella 23 – Torrente Calderari, VA.PI. Sicilia: valori di altezza di pioggia di progetto, per vari tempi di ritorno.

Si è proceduto quindi al calcolo della portata al colmo tramite il metodo razionale, per i vari tempi di ritorno considerati, secondo le due metodologie adottate (analisi statistica delle registrazioni pluviometriche e VAPI).

<i>Tr (anni)</i>	ϕ	<i>i(t_c, Tr) [mm/h]</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	0.561	18.92	415.8
100	0.593	21.08	489.4
200	0.620	23.23	564.3
300	0.635	24.49	608.6

Tabella 24 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo le CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.

<i>Tr (anni)</i>	ϕ	<i>i(t_c, Tr) [mm/h]</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	0.543	17.83	379.3
100	0.582	20.31	463.1
200	0.615	22.80	549.1
300	0.632	24.25	600.2

Tabella 25 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo le CPP da metodologia VAPI.

Dai risultati ottenuti si evince che per il bacino del T. Calderari (come per il Fiume Dittaino) le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche secondo Gumbel (e quindi anche le corrispondenti portate al colmo) sono (leggermente) più cautelative rispetto a quelle derivanti dalla metodologia VAPI. Pertanto, per semplicità, nei calcoli successivi si è fatto riferimento direttamente alle CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 38 di 66

Metodo Nash e CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche

Applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* di Nash (con le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche), per il T. Calderari si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	504.3
100	586.3
200	669.1
300	717.2

Tabella 26 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo il metodo di Nash.

Metodologia generale del PAI e CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche

Applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* riportato nella metodologia generale del PAI (con le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche), per il T. Calderari si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	536.0
100	630.7
200	726.9
300	783.2

Tabella 27 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, secondo la metodologia generale del PAI.

Formulazioni riportate nel PGRA

Applicando le seguenti formulazioni, valide per bacini con $S \in [40 - 250]$ km², derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche

$$Q(Tr = 10) = 2.374 \cdot S^{0.975}; Q(Tr = 50) = 4.22 \cdot S^{0.90};$$

$$Q(Tr = 100) = 5.58 \cdot S^{0.91}; Q(Tr = 500) = 9.610 \cdot S^{0.953}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 39 di 66

si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
10	295.8
50	362.8
100	504.0
200	694.3 (*)
300	795.0 (*)
500	1074

Tabella 28 – PGRA della Regione Siciliana (da analisi piogge): portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del T. Calderari considerato, (*) valore ricavato da interpolazione dei valori di portata corrispondenti ad altri tempi di ritorno).

CONFRONTO TRA I VALORI DI PORTATA AL COLMO OTTENUTI CON LE DIFFERENTI METODOLOGIE ADOTTATE

Di seguito, si riporta il confronto tra i valori di portata al colmo, per i tempi di ritorno considerati, ottenuti per il T. Calderari con le differenti metodologie sopra descritte.

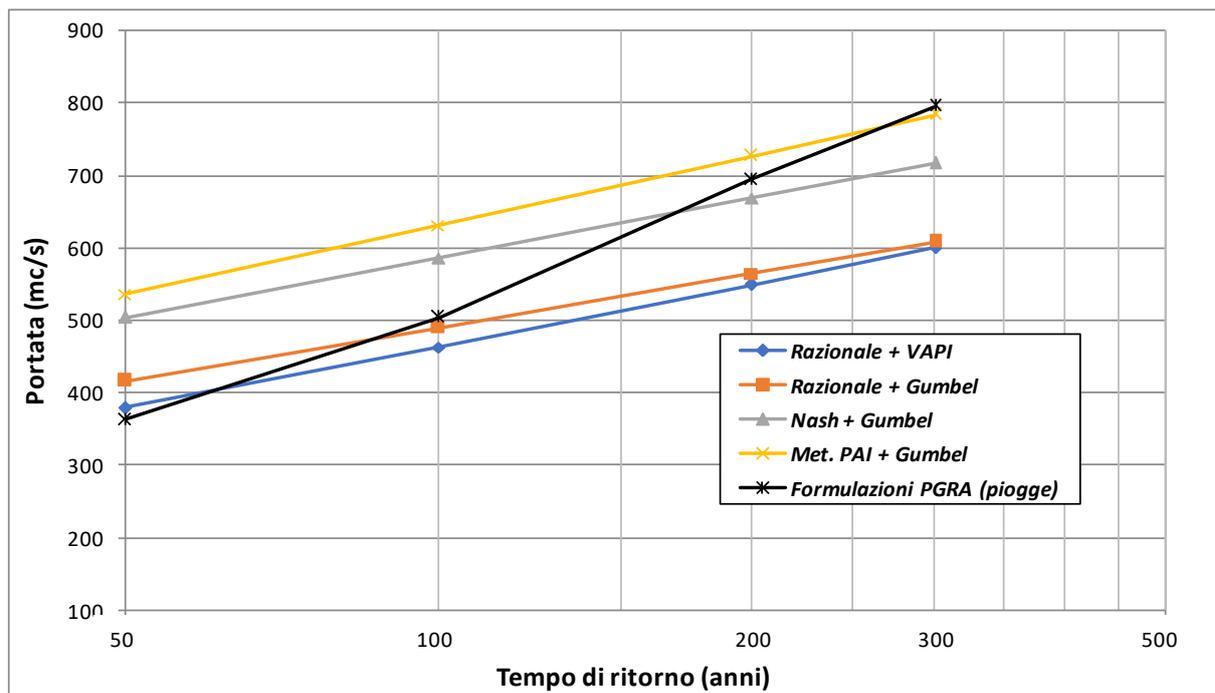


Figura 9 – T. Calderari: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 40 di 66

I metodi applicati (in questo caso, tutti basati sull'elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche) forniscono valori di portata al colmo, per i differenti tempi di ritorno considerati, molto simili tra loro (cioè dello stesso ordine di grandezza). Nello specifico, la metodologia più cautelativa risulta essere quella generale del PAI, che quindi sarà adottata per la determinazione degli idrogrammi di piena di progetto.

4.4.4. Corso d'acqua alla pk 10+050: portate di progetto

Ai fini della determinazione delle portate di progetto per il corso d'acqua alla pk 10+050 secondo le metodologie di seguito illustrate (basate sui metodi di trasformazione “afflussi-deflussi”, nonché le formulazioni sopra introdotte), si riportano i valori del Curve Number (*CN*) e del tempo di corrivazione (τ_c), stimati sulla base delle relazioni sopra descritte, relativamente ai due sottobacini considerati:

- sottobacino 1, $\tau_c = 1.4$ ore; *CN (medio)* = 85
- sottobacino 2, $\tau_c = 0.8$ ore; *CN (medio)* = 85

Metodo razionale (CPP da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche e da VAPI Sicilia)

I valori di precipitazione, per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino in esame e per differenti tempi di ritorno dell'evento, da considerare nell'applicazione del metodo razionale sono stati determinati facendo riferimento:

- 1) ai risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel delle registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura precedentemente descritte; nello specifico, la stazione di Valguarnera per il sottobacino 1 e la stazione di Leonforte per il sottobacino 2;
- 2) ai risultati derivanti dall'applicazione della metodologia VA.PI..

Di seguito, i valori di altezza di pioggia (per il tempo di corrivazione del sottobacino di interesse), di intensità di pioggia, del coefficiente di deflusso e di portata al colmo, per i vari tempi di ritorno considerati, secondo le due metodologie adottate (analisi statistica delle registrazioni pluviometriche e VAPI), per ognuno dei due sottobacini oggetto di studio.

Tr (anni)	$h(\alpha, Tr)$ [mm]	ϕ	$i(\alpha, Tr)$ [mm/h]	Q (mc/s)
50	58.705	0.45	42.383	41.98
100	64.752	0.48	46.749	49.63
200	70.778	0.51	51.099	57.49
300	74.298	0.52	53.641	62.17

Tabella 29 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.

Tr (anni)	$h(\alpha, Tr)$ [mm]	ϕ	$i(\alpha, Tr)$ [mm/h]	Q (mc/s)
50	60.187	0.45	43.453	43.83
100	69.781	0.50	50.379	56.17
200	79.374	0.54	57.305	69.02
300	88.968	0.58	64.232	82.26

Tabella 30 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, da metodologia VAPI.

Tr (anni)	$h(\alpha, Tr)$ [mm]	ϕ	$i(\alpha, Tr)$ [mm/h]	Q (mc/s)
50	52.209	0.41	64.258	23.23
100	57.686	0.44	71.000	27.76
200	63.148	0.47	77.723	32.44
300	66.340	0.49	81.651	35.24

Tabella 31 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche.

Tr (anni)	$h(\alpha, Tr)$ [mm]	ϕ	$i(\alpha, Tr)$ [mm/h]	Q (mc/s)
50	49.685	0.39	61.152	21.21
100	57.594	0.44	70.887	27.68
200	65.503	0.48	80.621	34.50
300	73.412	0.52	90.356	41.59

Tabella 32 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, da metodologia VAPI.

Dai risultati ottenuti si evince che per il corso d'acqua alla pk 10+050 (a differenza del Fiume Dittaino e del T. Calderari), le CPP derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche secondo Gumbel (e quindi anche le corrispondenti portate al colmo) sono meno cautelative rispetto a quelle derivanti dalla metodologia VAPI.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 42 di 66

Tale differenza rispetto agli altri due corsi d'acqua (i.e. Dittaino e Calderari) è imputabile ai parametri delle CPP della stazione di Enna, che forniscono valori di altezza di pioggia più elevati. Tali parametri non sono stati considerati nella determinazione delle precipitazioni critiche per il corso d'acqua alla pk 10+050, poiché il relativo bacino non ricade nel topoieta della stazione di Enna.

Pertanto, per semplicità, nei calcoli successivi si è fatto riferimento direttamente alle CPP derivanti dalla metodologia VAPI.

Metodo Nash e CPP da metodologia VAPI

Applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* di Nash (con le CPP derivanti dalla metodologia VAPI), per il corso d'acqua alla pk 10+050 si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	68.93
100	82.96
200	97.42
300	106.1

Tabella 33 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo il metodo di Nash.

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	35.2
100	43.1
200	51.1
300	55.9

Tabella 34 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo il metodo di Nash.

Metodologia generale del PAI e CPP da metodologia VAPI

Applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* riportato nella metodologia generale del PAI (con le CPP derivanti dalla metodologia VAPI), per il corso d'acqua alla pk 10+050 si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 43 di 66

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	75.92
100	93.2
200	110.9
300	121.5

Tabella 35 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 1 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo la metodologia generale del PAI.

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
50	36.42
100	45.3
200	54.4
300	59.9

Tabella 36 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino 2 del corso d'acqua alla pk 10+050, secondo la metodologia generale del PAI.

CONFRONTO TRA I VALORI DI PORTATA AL COLMO OTTENUTI CON LE DIFFERENTI METODOLOGIE ADOTTATE

Di seguito, si riporta il confronto tra i valori di portata al colmo, per i tempi di ritorno considerati, ottenuti per i due sottobacini del corso d'acqua alla pk 10+050, con le differenti metodologie sopra descritte.

Nello specifico, il metodo razionale in tal caso fornisce valori di portata al colmo di gran lunga inferiori a quelli ottenuti con le metodologie di Nash e generale del PAI.

Quest'ultime invece restituiscono valori di portata al colmo molto simili tra loro. Come per il T. Calderari, la metodologia più cautelativa risulta essere quella generale del PAI, che quindi sarà adottata per la determinazione degli idrogrammi di piena di progetto, per i due sottobacini in esame.

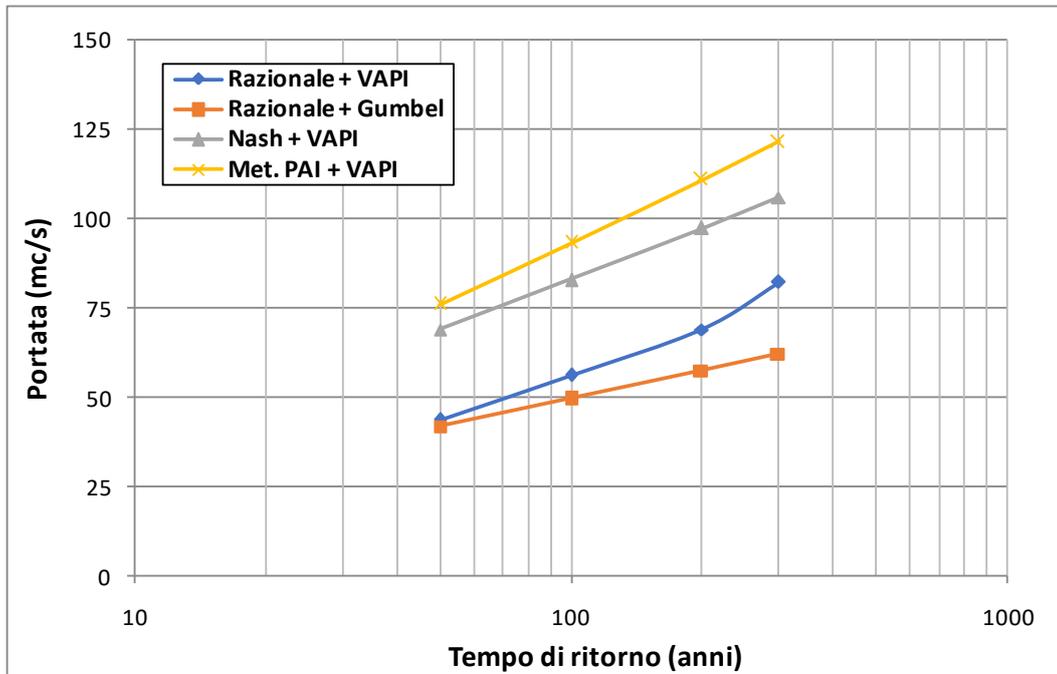


Figura 10 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 1: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.

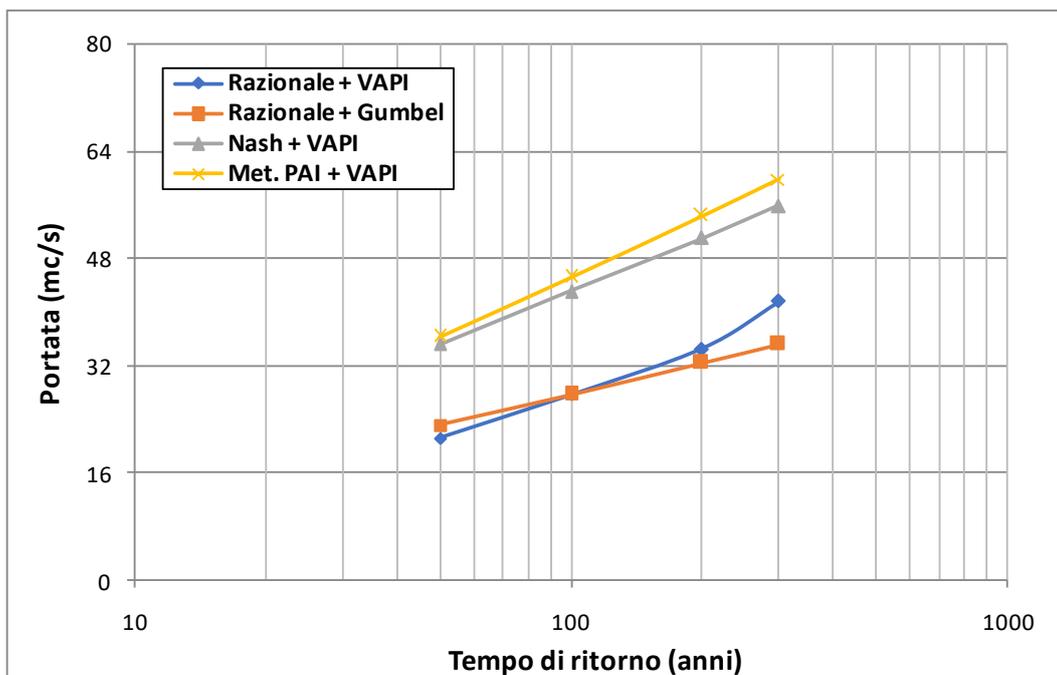


Figura 11 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 2: confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti con differenti metodologie.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 45 di 66

4.5. DETERMINAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO

Fiume Dittaino

In analogia al P.G.R.A. e con riferimento al Manuale di Progettazione RFI (tempo di ritorno di progetto $Tr = 300$ anni per bacini con $S > 10 \text{ km}^2$), nonché alle NTC 2018 (Tr di progetto minimo = 200 anni per le verifiche di compatibilità idrauliche delle opere di attraversamento fluviali), si è proceduto alla determinazione degli idrogrammi di piena per il Fiume Dittaino per i tempi di ritorno di **50, 100, 200, 300 anni**.

Sulla base dei risultati ottenuti nel paragrafo precedente, gli idrogrammi del Fiume Dittaino sono stati derivati assumendo:

- 1) portata al colmo pari a quella ottenuta con le formulazioni del “*PGRA - portate*”(più cautelative)
- 2) forma triangolare caratterizzata da una fase ascendente di durata pari al tempo di corrivazione e una fase discendente di durata pari a 2.5 volte il tempo di corrivazione (come da P.G.R.A.)

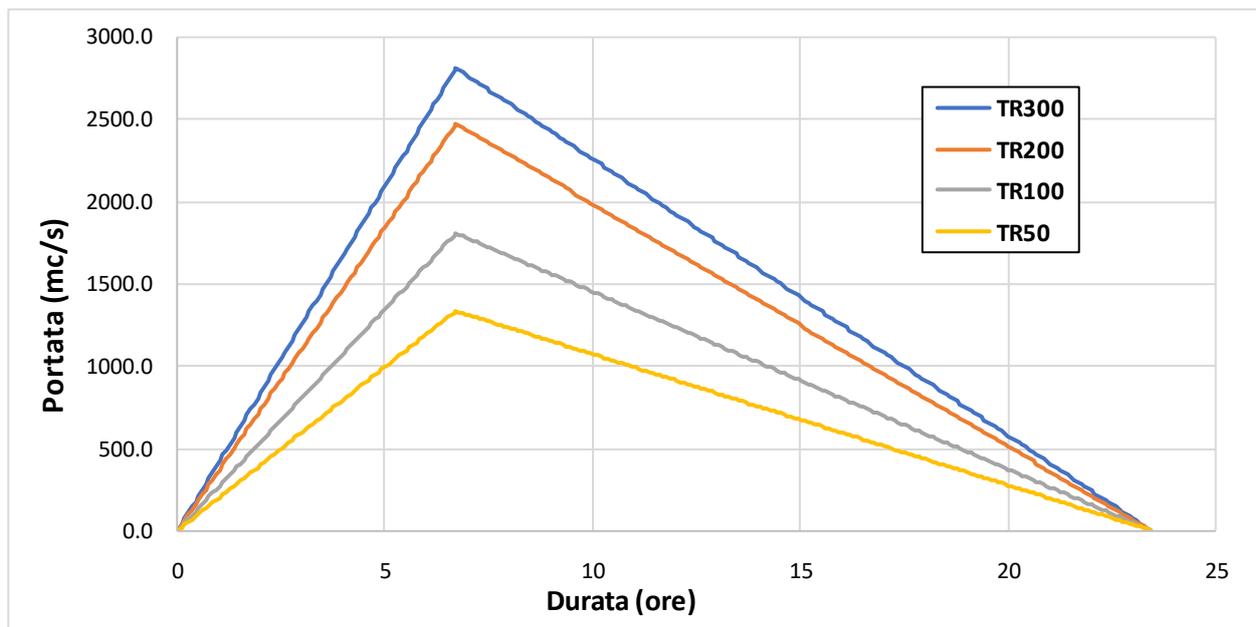


Figura 12 – Fiume Dittaino: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.

Torrente Calderari

Gli idrogrammi di piena di progetto per il Torrente Calderari, per i tempi di ritorno di **50, 100, 200, 300** anni, sono stati determinati mediante il software URBIS, assumendo, in accordo ai risultati ottenuti nel paragrafo precedente, i seguenti dati di input:

- **LEGGE DI PIOGGIA:** da analisi statistica secondo Gumbel delle registrazioni pluviometriche presso le stazioni di riferimento
- **IETOGRAMMA NETTO:** tipo “Chicago”, centrato, con durata pari al tempo di corrivazione ($\tau_c = 6.3$ ore) e $CN = 80$
- **MODELLO TRASFORMAZIONE “AFFLUSSI-DEFLUSSI”:** metodo della corrivazione con curva “area-tempi” non lineare (come da metodologia generale del PAI).

Nella figura seguente, gli idrogrammi di piena di progetto così ottenuti.

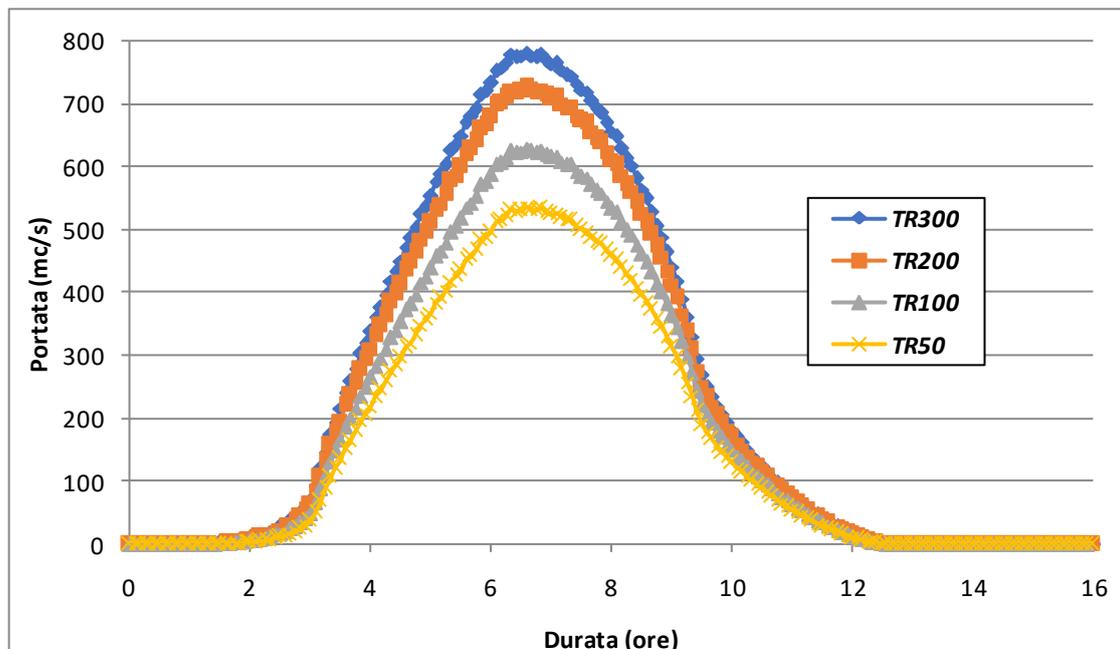


Figura 13 – Torrente Calderari: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.

Corso d'acqua alla pk 10+050

Gli idrogrammi di piena di progetto per i sottobacini del corso d'acqua alla pk 10+050, per i tempi di ritorno di **50, 100, 200, 300** anni, sono stati determinati mediante il software URBIS, assumendo, in accordo ai risultati ottenuti nel paragrafo precedente, i seguenti dati di input:

- **LEGGE DI PIOGGIA:** da metodologia VAPI
- **IETOGRAMMA NETTO:** tipo “Chicago”, centrato, con durata pari al tempo di corrivazione ($\tau_c = 1.4$ ore per il sottobacino 1, $\tau_c = 0.8$ ore per il sottobacino 2) e $CN = 85$ (per entrambi i sottobacini)
- **MODELLO TRASFORMAZIONE “AFFLUSSI-DEFLUSSP”:** metodo della corrivazione con curva “area-tempi” non lineare (come da metodologia generale del PAI).

Nella figura seguente, gli idrogrammi di piena di progetto così ottenuti.

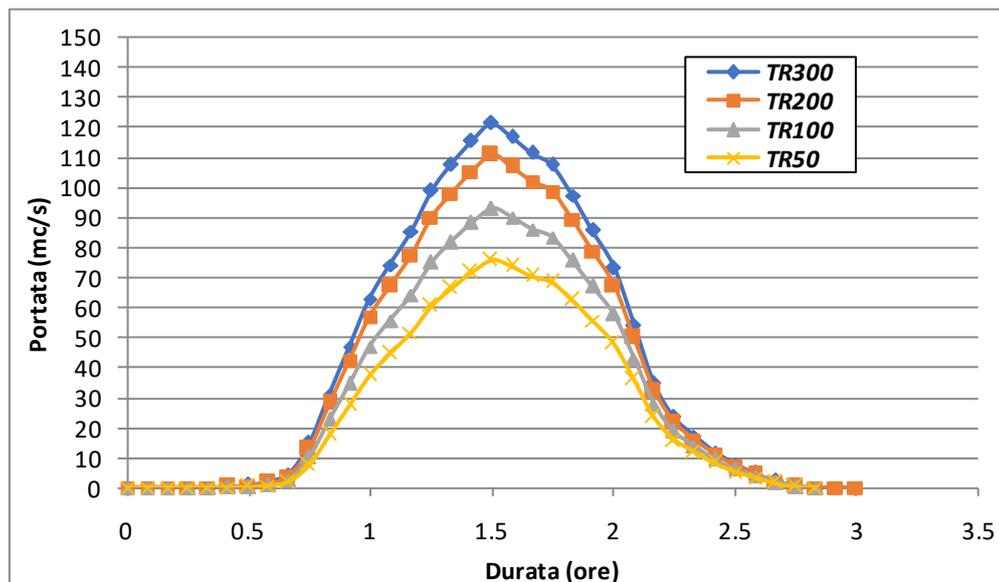


Figura 14 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 1: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.

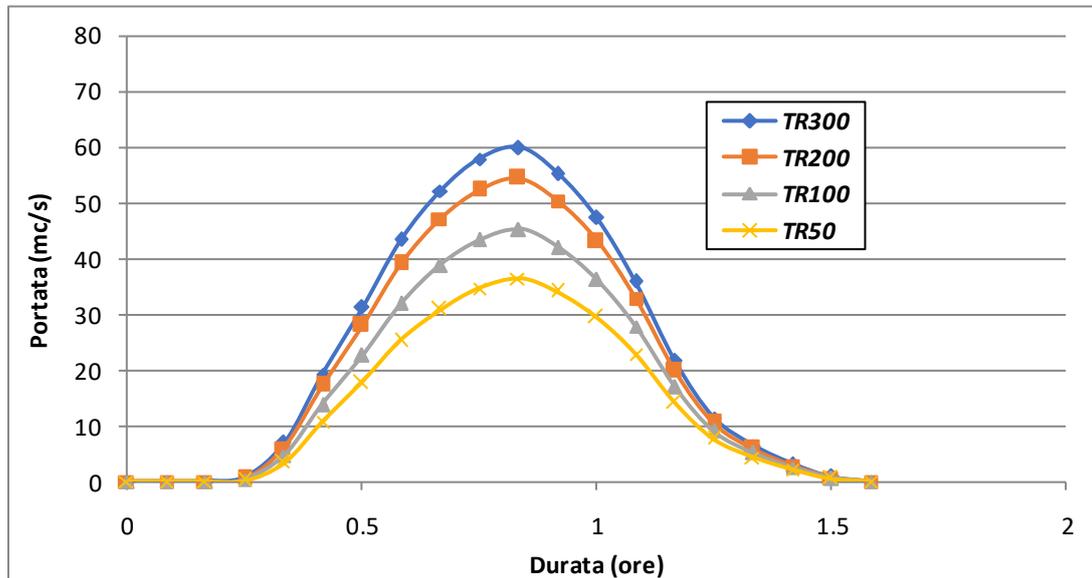


Figura 15 – Corso d'acqua alla pk 10+050, sottobacino 2: idrogrammi di piena di progetto, per differenti tempi di ritorno.

4.6. DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI CANTIERE PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE PROVVISORIALI

Durante la costruzione delle opere di attraversamento, cioè prima che le stesse abbiano raggiunto il loro assetto definitivo, si pone il problema della definizione del periodo di ritorno al quale fare riferimento, per il dimensionamento delle eventuali opere provvisorie del periodo transitorio.

L'importanza dell'opera, la durata della sua esecuzione, l'ambiente di lavoro o i possibili impatti possono poi suggerire quale debba essere l'approfondimento necessario per valutare il grado di rischio accettabile durante la costruzione.

Con riferimento alla metodologia dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (Direttiva n.2/1999), l'assegnazione del periodo di ritorno Tr della portata di progetto per il dimensionamento di un'opera idraulica, e quindi al controllo di un definito evento limite, comporta l'assunzione di un determinato grado di rischio.

La misura del rischio cui l'opera è esposta può calcolarsi definendo, prefissato Tr , la durata della vita dell'opera; o meglio, la durata delle vite dell'opera: per esempio, l'opera fondamentale, prima; quelle provvisorie, poi.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 49 di 66

Il rischio $R(N)$, se N è il numero d'anni che misura la durata della vita dell'opera, per un definito T_r , si esprime mediante la seguente relazione:

$$R(N) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^N$$

Con riferimento al Manuale di Progettazione RFI, il tempo di ritorno di progetto per le piene dei corsi d'acqua, con $S > 10 \text{ km}^2$ (come nel caso in esame), attraversati da ponti/viadotti ferroviari, è pari a: $T_r = 300$ anni.

Per il dimensionamento delle opere provvisorie necessarie alla costruzione dell'opera e per la verifica di compatibilità idraulica delle stesse nonché delle aree di cantiere annesse, assunta una durata della fase transitoria pari a D , il tempo di ritorno di riferimento da adottare per il calcolo delle portate di piena durante le fasi di cantiere viene determinato mediante la relazione precedente, una volta accettato il medesimo grado di rischio calcolato per le opere principali. Si avrà pertanto:

$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - R(N))^{1/D}} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{N/D}}$$

Come specificato in precedenza, sul Fiume Dittaino non è prevista la realizzazione di opere di attraversamento; invece il Torrente Calderari e il corso d'acqua alla pk 10+050 sono attraversati dalla linea ferroviaria in progetto tramite i viadotti VI05 e VI04, rispettivamente. Si è proceduto alla definizione quindi delle portate di cantiere per il Torrente Calderari e il corso d'acqua alla pk 10+050, secondo la metodologia sopra illustrata. Si precisa che non è stato possibile ricostruire la curva di durata delle portate dei corsi d'acqua oggetto di studio per mancanza dei relativi dati idrometrici, non essendo presenti stazioni di misura nei bacini o sottobacini di riferimento.

Torrente Calderari

Essendo $N = 112.5$ anni la durata della vita utile (VU) dell'opera in progetto (viadotto VI05 sul T. Calderari), il rischio che possano essere superati gli eventi di riferimento vale circa: $R(300) = 0.30$.

Oltre alla realizzazione del viadotto (che presenta una pila in alveo, come meglio descritto nella relazione idraulica annessa al presente studio), sul T. Calderari sono previste anche opere di sistemazione e protezione

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 50 di 66

idraulica delle sponde e del fondo alveo, che interessano un tratto fluviale di circa 300 m. Nello specifico, le opere di sistemazione spondale si estendono per circa 200 m a monte del nuovo viadotto e circa 120 m a valle; mentre le opere di protezione al fondo per circa 25 m sia monte sia valle del nuovo VI05 (per una estensione totale di 50 m circa).

Si è proceduto quindi al calcolo della portata di cantiere per il dimensionamento delle opere provvisorie, nonché la definizione delle fasi in cui eseguire le varie lavorazioni necessarie alla realizzazione sia degli interventi di sistemazione dell'alveo sia dell'opera di attraversamento (in particolare della pila P1 in alveo).

La durata di tali lavorazioni, considerando anche le varie (singole) fasi di esecuzione (meglio descritte nella relazione idraulica annessa) si attesta a $D = 3$ mesi; il tempo di ritorno da adottare per il calcolo della portata di piena di riferimento si attesta quindi a $T_r = 1$ anno (per $D = 3$ mesi). Adottando la metodologia di calcolo delle portate sopra definita (i.e. metodologia generale del PAI e CPP da analisi statistica secondo Gumbel), si ottiene il seguente valore di portata di cantiere:

$$Q = 161.2 \text{ mc/s } (T_r = 1 \text{ anno})$$

La portata con $T_r = 1$ anno ($Q = 161.2$ mc/s) sarà anche utilizzata per il calcolo dello scalzamento atteso attorno alla pila in alveo del nuovo viadotto VI05 (in accordo alle NTC2018 e alla relativa circolare), come meglio descritto nella relazione idraulica annessa.

Corso d'acqua alla pk 10+050

Essendo $N = 200$ anni la durata della vita utile (VU) dell'opera in progetto (viadotto VI04), il rischio che possano essere superati gli eventi di riferimento vale: $R(300) = 0.48$. Anche in corrispondenza del viadotto VI04 sono previste opere di sistemazione idraulica (non sono previste pile nell'alveo inciso), ma di minore entità rispetto a quelle sul T. Calderari, tali da poter essere realizzate durante i periodi di magra, per lo più di secca che caratterizzano il corso d'acqua alla pk 10+050. Valutata la durata di realizzazione del nuovo viadotto in $D = 1.5$ anni, il tempo di ritorno di riferimento da adottare per il calcolo delle portate di piena durante le relative fasi di cantiere è pari rispettivamente a $T_r = 3$ anni. Adottando la metodologia di calcolo delle portate sopra definita (i.e. metodologia generale del PAI e CPP da metodologia VAPI), si ottengono i seguenti valori di portata di cantiere:

- sottobacino 1, $Q = 11.5$ mc/s
- sottobacino 2, $Q = 4.9$ mc/s

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)					
RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI	COMMESSA RS3V	LOTTO 40	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. B	FOGLIO 51 di 66

5. BIBLIOGRAFIA

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

ADIS . *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica*. Articolo 47 delle NTA del PAI della Regione Sardegna, 2008.

Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V., *Valutazione delle piene in Sicilia*, Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo e GNDICI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Palermo, 1993.

Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.

Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Maione U., *Appunti di idrologia 3*. Le piene fluviali, La Goliardica Pavese, 1977

Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.

Manuale di progettazione RFI (2019).

Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.

Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del Fiume Simeto – Relazione*, 2005.

Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Annali Idrologici*, disponibili presso www.osservatorioacque.it.

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer, pp. 84-146, 2003.

VenTe Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.

APPENDICE A – DATI DI PIOGGIA (fonte: AdB Regione Siciliana)

2960 - VALGUARNERA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1928	32,0	30/01	60,2	29/01	79,2	10/12	119,2	29/01	188,6	10/01
1929	19,0	28/10	38,6	28/10	41,4	28/10	41,8	28/10	49,8	26/03
1930	39,0	18/12	89,0	18/12	112,8	18/12	180,0	18/12	200,6	18/12
1931	28,4	21/02	63,6	21/02	102,2	21/02	151,0	21/02	230,6	21/02
1932	22,6	08/11	43,6	21/11	75,0	21/11	91,0	20/11	106,0	20/11
1933	23,6	03/08	34,0	01/12	42,0	01/12	82,0	01/12	148,0	30/11
1934	32,2	26/03	40,4	26/03	48,2	26/03	53,2	17/10	59,8	17/10
1935	42,0	15/09	45,2	15/09	57,0	12/03	101,0	12/03	144,0	12/03
1939	17,0	27/09	40,0	27/09	76,0	27/09	87,4	27/09	102,0	27/09
1941	20,8	01/11	37,0	01/11	61,6	01/11	121,0	01/11	127,2	01/11
1942	26,0	08/12	46,0	17/02	63,6	08/12	78,4	08/12	123,8	23/12
1956	21,0	21/11	27,6	21/11	42,4	21/11	55,2	21/11	56,4	17/02
1957	18,8	07/11	27,8	07/11	29,6	07/11	50,2	22/01	79,2	22/01
1958	34,6	06/11	57,6	06/11	77,4	06/11	96,8	06/11	105,0	06/11
1959	28,4	19/09	41,6	19/09	43,8	13/11	56,6	12/11	80,2	12/11
1960	17,4	08/05	21,6	11/01	28,6	09/12	33,6	09/12	45,6	06/12
1961	21,2	18/06	22,6	18/06	29,6	14/01	38,0	14/01	52,2	14/01
1962	22,0	07/10	31,4	14/03	43,4	14/03	50,4	14/03	59,8	14/03
1963	28,0	16/09	36,0	10/12	47,6	10/12	61,0	10/12	82,4	10/12
1964	49,0	09/06	63,2	09/06	63,2	09/06	111,6	11/04	129,8	11/04
1968	27,4	04/11	27,6	04/11	27,6	04/11	30,8	20/01	36,6	20/01
1969	15,0	09/03	31,2	09/03	37,6	09/03	44,2	03/03	54,0	23/09

VALGUARNERA.txt

1970	28,2	16/10	41,8	16/10	52,8	16/10	67,0	16/10	67,2	16/10
1971	24,4	01/10	52,6	01/10	58,4	01/10	58,6	01/10	71,6	27/11
1972	19,6	14/12	27,6	14/12	33,6	14/12	61,4	31/12	115,8	31/12
1973	18,4	30/07	42,2	01/01	63,6	01/01	91,6	01/01	137,0	01/01
1974	19,6	25/09	20,2	23/02	26,4	23/02	31,0	23/02	47,2	05/11
1975	20,0	11/12	29,6	16/10	39,6	16/10	44,0	05/02	53,8	05/02
1976	35,4	25/10	67,0	25/10	89,2	25/10	90,4	25/10	124,2	25/10
1977	24,4	06/09	36,6	23/01	38,8	23/01	41,2	23/01	41,2	23/01
1978	40,0	20/10	44,6	20/10	63,2	20/10	64,0	20/10	64,8	20/10
1979	18,6	16/04	26,2	29/10	30,4	16/04	39,6	25/10	59,8	25/10
1980	19,6	06/03	49,8	06/03	84,2	06/03	109,2	05/03	118,6	05/03
1981	22,0	19/08	24,0	19/08	24,0	19/08	25,8	03/12	39,8	03/12
1982	26,0	14/09	31,8	28/10	38,8	28/10	50,6	28/10	71,8	28/10
1983	27,6	08/10	41,2	08/10	41,2	08/10	41,6	22/11	56,4	22/11
1985	16,8	28/10	23,8	16/01	35,8	16/01	55,4	16/01	89,6	16/01
1986	24,2	10/10	24,4	10/10	24,4	10/10	34,4	07/03	41,2	06/03
1987	51,4	23/08	76,8	30/06	82,4	30/06	82,8	30/06	83,6	30/06
1988	31,4	08/08	31,6	08/08	33,8	01/12	74,2	01/12	88,4	01/12
1989	10,8	17/08	11,6	27/11	17,6	27/11	23,6	11/04	24,2	11/04
1990	36,0	16/08	37,0	16/08	37,0	16/08	37,0	16/08	37,2	24/12
1991	32,0	12/10	45,0	12/10	68,8	12/10	103,6	12/10	119,8	12/10
1992	19,0	04/10	24,2	18/06	50,0	25/01	73,4	25/01	105,4	25/01
1993	28,4	25/10	31,0	25/10	50,4	25/11	69,4	25/11	86,4	25/11
1994	16,4	20/01	24,2	20/01	34,4	20/01	35,8	19/01	46,4	20/01
1995	15,2	31/10	24,6	24/11	39,6	24/11	56,0	24/11	63,6	24/11
1997	47,2	12/08	47,2	12/08	52,6	08/10	55,0	08/10	58,2	08/10
1999	38,8	07/09	45,6	07/09	47,8	07/09	95,2	30/11	119,0	29/11



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO
 TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO
 (LOTTO 4b)

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
 MAGGIORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RI	ID 00 01 001	B	54 di 66

VALGUARNERA.txt

2000	40,2	30/09	46,6	30/09	50,2	30/09	50,2	30/09	50,6	30/09
2001	10,4	19/11	13,4	19/11	15,4	20/01	29,4	19/01	31,4	19/01
2004	39,0	28/07	48,0	28/07	48,6	28/07	48,6	28/07	51,2	28/07
2005	44,2	22/10	62,6	22/10	62,6	22/10	104,4	13/12	137,0	13/12

3000 - RADDUSA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1928	37,2	12/11	38,2	12/11	42,4	10/12	43,0	10/12	57,0	10/12
1929	27,4	12/05	27,6	12/05	35,4	20/06	35,4	20/06	35,4	20/06
1931	19,6	13/12	43,6	13/12	48,8	13/12	56,8	12/12	71,2	12/12
1936	33,0	10/05	67,0	10/05	104,0	10/05	107,4	10/05	111,0	10/05
1954	16,4	28/03	22,2	06/04	32,8	12/12	47,2	12/12	60,4	11/12
1955	35,4	13/03	45,8	13/03	48,4	13/03	52,0	13/03	56,2	12/03
1956	20,0	13/11	28,8	13/11	30,6	13/11	31,4	13/11	33,0	13/11
1957	15,2	21/11	23,8	21/11	32,4	21/11	42,4	21/11	53,0	22/01
1959	36,4	15/05	51,0	15/05	54,6	15/05	54,6	15/05	57,0	12/11
1963	6,6	18/09	8,0	27/03	13,4	27/03	16,0	27/03	19,2	27/03
1968	14,0	08/03	23,0	08/09	29,2	08/09	29,2	08/09	32,0	20/01
1970	17,4	21/09	18,2	03/01	23,4	03/01	24,8	03/01	24,8	03/01
1971	22,4	11/04	38,2	11/04	40,2	11/04	40,4	11/04	40,6	11/04
1972	10,8	14/12	16,6	14/10	36,4	30/12	45,4	31/12	88,0	30/12
1973	33,0	30/07	41,2	24/10	59,8	24/10	68,4	24/10	73,2	24/10
1974	21,0	23/02	50,6	23/02	68,8	23/02	76,0	23/02	76,0	23/02
1975	17,0	16/02	23,6	16/02	44,8	27/08	55,4	27/08	58,2	27/08
1976	31,6	26/06	39,0	26/06	45,0	06/02	69,4	06/02	82,8	06/02
1978	40,0	25/08	40,0	25/08	40,0	25/08	40,0	25/08	40,0	25/08
1980	18,4	30/03	29,6	30/03	33,0	30/03	33,0	30/03	38,8	05/03
1981	9,8	03/09	12,2	03/09	12,2	03/09	13,6	03/09	24,8	03/09
1984	16,0	19/09	23,8	28/12	31,8	28/12	41,4	28/12	51,4	28/12

RADDUSA.txt

1985	22,2	28/10	29,8	28/10	43,6	16/01	77,4	16/01	126,2	16/01
1986	23,0	10/10	34,2	07/03	40,6	07/03	41,6	07/03	48,2	06/03
1987	17,8	29/05	20,0	12/01	23,0	16/01	39,0	22/05	42,2	22/03
1988	36,4	08/08	40,0	08/08	40,0	08/08	55,8	04/03	79,0	04/03
1989	39,4	24/09	40,8	24/09	40,8	24/09	40,8	24/09	40,8	24/09
1990	56,6	01/08	56,8	01/08	56,8	01/08	56,8	01/08	71,6	01/08
1991	33,0	12/10	51,4	12/10	52,2	12/10	108,0	12/10	123,4	12/10
1992	41,8	14/10	46,2	14/10	48,0	14/10	64,4	25/01	100,0	25/01
1993	34,4	24/10	43,2	24/10	43,4	24/10	51,6	24/10	52,2	24/10
1994	13,8	09/01	20,6	09/01	24,4	20/10	32,8	20/10	32,8	20/10
1995	55,4	31/07	56,0	31/07	56,0	31/07	56,0	31/07	56,0	31/07
1996	33,4	21/07	39,2	21/07	39,2	21/07	42,0	09/12	53,2	09/12
1998	22,2	12/08	24,0	12/08	31,4	19/11	32,6	18/11	32,6	18/11
1999	41,0	03/08	30,8	07/09	36,0	29/11	46,8	29/11	72,4	29/11
2000	30,8	30/09	37,8	30/09	45,0	30/09	45,0	30/09	45,0	30/09
2001	10,0	28/02	15,4	09/02	18,2	09/02	20,8	20/12	21,0	20/12
2002	24,4	19/08	32,6	19/08	32,6	19/08	32,6	19/08	32,6	19/08

2800 - NICOSIA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1928	10,8	10/08	17,2	10/12	29,0	10/12	47,2	10/12	55,0	10/12
1931	33,0	21/02	64,2	21/02	84,6	21/02	113,6	21/02	179,0	20/02
1932	20,0	08/11	31,6	08/11	47,0	20/11	78,0	20/11	102,4	20/11
1933	20,0	01/12	49,4	01/12	72,0	01/12	136,6	01/12	220,0	30/11
1934	13,6	22/11	24,0	02/02	30,6	02/02	48,0	25/01	78,8	24/01
1935	10,0	12/03	26,0	12/03	47,0	12/03	78,0	12/03	119,0	12/03
1936	31,0	09/12	56,8	09/12	66,2	09/12	88,6	09/12	147,8	09/12
1937	45,2	08/10	47,2	08/10	53,8	08/10	60,0	26/11	69,4	26/11
1938	30,0	18/09	42,0	18/09	51,6	18/09	52,0	18/09	63,0	12/04
1941	22,0	01/11	55,0	01/11	73,0	01/11	101,0	01/11	101,6	01/11
1950	32,0	21/11	37,6	20/11	45,6	20/11	65,8	22/12	83,2	22/12
1951	40,0	16/10	58,4	15/10	90,0	16/10	136,2	16/10	237,8	15/10
1953	25,8	29/09	27,4	26/10	34,2	26/10	44,4	23/10	67,0	23/10
1956	18,0	12/02	34,0	12/02	43,2	12/02	43,2	12/02	44,0	12/02
1957	39,8	08/10	53,2	08/10	55,0	08/10	69,8	22/01	97,8	22/01
1958	37,8	20/11	57,8	20/11	72,2	20/11	83,0	20/11	92,2	20/11
1959	48,0	08/07	64,0	19/09	66,8	19/09	66,8	19/09	75,6	01/04
1960	27,0	10/10	31,6	10/10	35,6	10/10	40,4	06/12	57,4	06/12
1961	24,0	03/07	25,6	24/01	42,2	14/01	55,8	14/01	62,6	14/01
1962	11,2	30/10	21,0	30/10	23,8	30/10	36,2	30/10	52,4	30/10
1963	34,2	18/09	45,0	10/12	50,0	10/12	56,4	19/04	59,8	19/04
1964	39,0	31/10	62,2	31/10	63,6	31/10	81,4	24/10	103,2	31/10

2800 - NICOSIA

1965	15,2	24/08	21,0	13/10	30,4	13/10	39,6	19/10	54,0	19/10
1966	50,2	25/09	57,8	25/09	57,8	25/09	58,0	25/09	58,2	25/09
1967	11,0	12/11	20,2	12/11	30,0	06/02	40,4	06/02	77,2	06/02
1968	22,2	08/12	37,0	08/12	39,2	08/12	47,0	10/11	60,2	04/02
1969	44,0	10/09	63,6	10/09	90,0	10/09	90,0	10/09	91,0	10/09
1970	25,8	16/10	34,0	16/10	62,6	16/10	78,6	16/10	79,8	16/10
1971	17,2	27/09	37,2	27/09	47,4	27/09	73,0	27/09	79,4	29/09
1972	22,4	31/12	36,8	31/12	83,6	31/12	140,8	31/12	210,6	31/12
1973	23,8	23/07	46,4	01/01	92,6	01/01	133,0	01/01	137,0	01/01
1974	14,0	06/11	23,0	23/02	35,6	23/02	42,0	23/02	54,2	05/11
1975	25,4	25/05	30,0	27/08	43,6	27/08	50,6	27/08	53,0	27/08
1976	34,0	22/12	75,0	22/12	97,4	22/12	150,4	21/12	195,2	21/12
1977	20,4	07/09	24,6	23/01	33,0	23/01	38,0	20/04	41,6	20/04
1978	59,8	20/09	60,4	20/09	67,0	20/09	74,0	20/09	74,0	20/09
1979	32,0	09/06	43,8	29/10	43,8	11/01	44,2	29/10	55,4	29/10
1980	22,4	09/11	43,4	06/03	52,8	06/03	66,6	05/03	79,0	05/03
1982	23,4	17/02	35,2	22/10	48,0	17/02	64,2	17/02	71,4	17/02
1983	31,6	14/06	31,8	14/06	31,8	14/06	31,8	14/06	37,8	13/12
1984	32,0	12/11	56,4	12/11	66,8	12/11	86,0	12/11	101,2	12/11
1985	21,0	16/09	35,0	16/09	38,0	16/01	48,0	16/01	68,2	16/01
1986	23,4	26/05	23,4	26/05	23,4	26/05	24,2	10/03	26,2	27/12
1987	28,0	13/09	45,4	17/01	51,0	17/01	60,8	16/01	68,2	16/01
1989	15,0	18/11	16,6	13/10	28,0	13/10	45,2	13/10	54,2	13/10
1990	38,0	28/08	38,0	28/08	38,0	28/08	38,0	28/08	38,2	28/08

2800 - NICOSIA

1991	17,2	27/01	27,8	27/01	44,8	27/01	70,8	26/01	73,8	26/01
1994	57,6	26/07	59,6	26/07	59,6	26/07	59,6	26/07	59,8	26/07
1995	35,0	24/09	50,0	24/09	63,0	24/09	70,0	24/09	70,8	24/09
1996	33,8	17/06	55,0	09/12	110,0	09/12	147,0	09/12	200,4	08/12
1998	19,4	27/09	27,8	28/04	28,2	28/04	31,4	31/01	35,4	31/01
1999	29,6	24/07	29,8	24/07	49,8	29/11	76,0	29/11	124,2	29/11
2000	36,2	08/09	46,8	30/09	49,0	30/09	64,6	13/01	81,0	08/09
2003	26,0	11/12	44,0	11/12	62,4	11/12	78,0	11/12	137,0	11/12
2004	24,0	09/12	58,6	09/12	77,2	09/12	78,6	08/12	78,6	08/12
2008	22,6	03/06	39,2	11/12	56,2	11/12	76,4	11/12	91,4	11/12
2009	29,8	21/09	33,8	21/09	45,4	13/01	82,0	13/01	101,6	13/01
2012	22,4	31/10	22,4	31/10	29,0	30/01	48,2	30/01	70,8	21/02

1970 - VILLADORO

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1951	21,0	16/10	56,0	16/10	98,6	16/10	133,2	16/10	200,2	16/10
1954	41,2	28/03	52,8	28/03	54,4	28/03	67,8	28/03	67,8	28/03
1957	32,0	06/10	59,4	06/10	74,0	05/10	74,8	22/01	105,2	22/01
1958	31,4	05/01	57,4	05/01	74,0	04/01	108,2	18/01	126,6	18/01
1959	16,4	18/08	22,8	13/11	32,2	12/11	42,0	01/04	66,8	01/04
1960	55,0	15/06	59,8	15/06	60,0	15/06	60,0	15/06	60,0	15/06
1961	18,4	03/09	21,0	03/09	21,8	03/09	42,8	03/09	42,8	03/09
1962	18,4	23/06	19,0	23/06	19,0	23/06	19,0	23/06	26,4	23/06
1963	10,6	04/10	25,4	04/10	26,0	04/10	37,2	03/10	42,4	03/10
1964	31,4	29/08	43,6	29/08	56,2	11/04	82,6	11/04	87,4	11/04
1967	19,0	30/11	27,2	30/11	32,6	06/02	52,6	06/02	63,0	06/02
1968	18,2	08/03	37,6	08/03	41,0	08/03	51,2	08/03	51,6	08/03
1969	48,8	10/09	66,4	10/09	90,2	10/09	90,2	10/09	90,8	10/09
1970	16,0	16/12	16,4	16/12	22,8	04/02	27,2	04/02	31,0	16/10
1974	14,8	12/09	24,0	23/02	37,2	23/02	41,2	23/02	41,2	23/02
1975	13,4	16/10	29,6	16/10	37,0	16/10	37,0	16/10	40,6	16/10
1976	18,0	21/10	38,0	21/10	41,6	21/10	71,6	21/12	99,0	21/12
1977	21,2	30/10	22,4	30/10	26,8	23/01	30,2	23/01	31,0	23/01
1980	31,6	09/10	36,4	09/10	36,4	09/10	39,0	05/03	47,6	09/10
1984	27,2	12/11	29,0	12/11	39,2	12/11	69,6	12/11	83,6	12/11
1985	12,6	21/03	22,6	28/10	23,6	28/10	33,4	16/01	64,6	16/01

1970 - VILLADORO

1986	24,0	07/03	26,2	07/03	29,4	07/03	35,0	07/03	42,4	06/03
1993	23,8	24/10	39,0	24/10	40,2	24/10	40,4	24/10	43,6	25/11
1995	19,0	04/08	22,6	06/12	26,8	06/12	36,8	24/11	42,0	24/11
1996	26,2	19/07	42,4	09/12	78,0	09/12	108,4	09/12	121,4	09/12
1997	49,0	12/08	85,6	12/08	85,8	12/08	87,6	12/08	87,6	12/08
1998	17,8	12/09	20,4	28/04	22,8	19/11	28,0	11/10	42,2	01/10
1999	17,0	06/11	29,0	30/11	43,8	30/11	74,6	30/11	111,4	29/11
2000	18,6	15/10	25,6	15/10	33,6	12/04	43,2	14/01	49,8	13/01
2003	24,8	26/09	33,2	11/12	40,2	11/12	59,0	11/12	96,4	11/12
2004	34,0	28/07	42,8	28/07	45,0	28/07	49,4	02/11	60,6	02/11
2005	23,0	01/09	28,8	13/12	43,6	13/12	82,2	13/12	111,2	13/12
2008	22,0	26/08	28,6	11/12	40,0	11/12	75,0	11/12	100,8	11/12
2012	15,8	01/11	19,6	03/09	31,0	21/02	41,6	30/01	67,4	21/02

1960 - ENNA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1930	24,0	18/12	46,0	18/12	67,4	18/12	89,4	18/12	106,8	18/12
1931	18,0	21/02	41,0	21/02	66,6	21/02	112,0	21/02	157,0	21/02
1932	33,2	19/03	46,8	08/11	51,2	08/11	71,6	20/11	100,6	20/11
1933	44,0	23/09	63,0	23/09	71,0	26/03	93,8	26/03	127,0	30/11
1935	17,0	13/11	35,0	12/03	65,0	12/03	120,4	12/03	157,4	12/03
1936	59,0	28/09	100,0	29/09	164,4	29/09	165,0	29/09	165,4	28/09
1937	28,2	28/05	38,0	25/09	45,0	08/10	50,0	08/10	63,6	08/10
1938	31,6	29/03	41,0	20/05	59,0	20/05	67,4	20/05	70,0	26/10
1939	40,0	31/05	90,0	31/05	128,0	31/05	171,0	31/05	184,4	31/05
1941	20,0	01/11	50,0	01/11	90,0	01/11	165,2	01/11	167,0	01/11
1942	30,4	05/06	42,4	05/06	56,0	05/06	73,0	23/03	111,0	23/12
1943	20,2	10/03	60,0	09/03	80,0	09/03	118,6	09/03	140,8	09/03
1944	48,0	12/08	65,8	12/08	84,8	12/08	89,2	12/08	166,0	28/12
1946	38,0	27/10	44,0	26/01	74,0	26/01	120,0	26/01	193,4	26/01
1948	29,8	14/11	50,0	14/11	71,2	10/11	86,6	10/11	98,0	10/11
1949	23,6	06/01	45,6	06/01	52,6	06/01	86,6	05/01	114,2	05/01
1950	29,8	15/09	37,4	15/09	57,0	20/11	98,4	23/12	125,2	23/12
1951	64,8	16/10	148,4	16/10	237,4	16/10	277,4	16/10	382,4	16/10
1952	26,2	27/07	41,0	27/07	41,8	13/03	60,4	12/03	64,2	12/03
1953	48,8	21/10	59,8	21/10	91,8	21/10	112,0	16/03	166,4	16/03
1954	23,4	14/04	40,0	10/11	78,4	10/11	99,4	14/04	137,0	14/04
1955	25,8	11/09	51,0	11/09	51,0	11/09	51,0	11/09	62,0	02/04
1956	52,0	18/09	61,0	21/11	85,8	21/11	101,4	21/11	123,2	23/03

1960 - ENNA

1957	29,6	20/09	40,8	05/10	63,2	23/01	105,8	22/01	167,2	22/01
1958	20,6	03/08	37,8	18/01	54,0	18/01	90,6	18/01	117,8	17/01
1959	53,2	10/07	58,0	10/07	58,0	10/07	58,0	10/07	69,4	12/11
1961	22,6	25/09	29,6	24/11	31,8	24/11	36,6	24/11	40,4	14/01
1962	25,4	07/10	31,4	07/10	31,4	07/10	43,6	14/03	60,4	14/03
1963	24,4	06/05	40,4	10/12	54,0	10/12	69,2	19/04	79,4	09/12
1964	41,8	30/08	68,0	30/08	68,2	30/08	89,6	11/04	105,8	11/04
1965	16,2	13/10	38,6	13/10	46,6	13/10	51,0	13/10	59,4	13/10
1966	30,2	16/10	50,6	16/10	66,4	16/10	75,6	16/05	92,0	15/05
1967	24,6	05/02	39,2	05/02	43,6	05/02	61,6	05/02	100,0	05/02
1968	14,6	05/06	17,0	08/12	18,6	08/12	19,6	08/12	29,8	11/12
1969	39,6	07/08	45,6	07/08	46,2	07/08	61,6	03/03	66,0	03/03
1970	16,2	16/10	31,6	16/10	40,0	16/10	43,2	16/10	44,0	16/10
1972	34,6	21/10	42,2	21/10	42,2	21/10	48,6	20/10	80,4	13/12
1973	17,8	26/10	29,2	01/01	46,8	01/01	55,0	01/01	96,8	01/01
1974	22,0	06/11	32,0	06/11	40,0	23/02	46,0	23/02	56,6	05/11
1975	31,8	23/09	45,2	16/10	52,0	16/10	52,0	16/10	59,6	04/02
1976	31,4	24/08	37,4	25/10	55,0	25/10	81,8	25/10	113,4	25/10
1977	26,6	23/01	45,2	23/01	49,6	23/01	52,8	23/01	53,4	23/01
1978	50,0	20/10	51,8	20/10	57,6	20/10	58,8	20/10	58,8	20/10
1980	13,4	06/03	26,4	06/03	43,4	06/03	58,0	05/03	78,8	05/03
1981	6,8	02/12	12,4	03/12	14,8	20/01	18,4	20/01	30,6	03/12

1960 - ENNA

1984	60,0	12/11	85,6	12/11	126,4	12/11	141,0	12/11	181,2	12/11
1986	58,4	07/10	63,0	07/10	63,0	07/10	63,0	07/10	63,2	07/10
1988	28,0	01/12	37,0	01/12	63,0	01/12	117,0	01/12	149,0	01/12
1989	27,0	22/08	27,0	22/08	27,0	22/08	27,0	22/08	53,0	21/08
1990	39,0	20/07	40,8	20/07	40,8	20/07	40,8	20/07	54,8	20/07
1991	68,0	12/10	106,6	12/10	179,0	12/10	213,4	12/10	221,6	12/10
1992	22,2	19/06	35,0	25/01	63,0	25/01	84,0	25/01	127,0	25/01
1993	34,0	25/10	46,0	25/10	46,4	25/10	46,6	25/10	61,2	25/10
1994	41,0	26/07	42,8	26/07	42,8	26/07	42,8	26/07	42,8	26/07
1996	54,8	08/10	59,2	08/10	75,0	09/12	102,0	09/12	113,0	08/12
1998	24,0	09/08	24,0	09/08	27,8	11/10	30,8	18/11	44,4	01/10
1999	36,6	07/09	44,4	07/09	44,4	07/09	65,0	30/11	86,0	29/11
2000	30,2	30/09	31,4	30/09	35,2	30/09	39,4	25/10	41,4	25/10
2001	21,2	02/11	33,4	02/11	33,8	02/11	34,0	02/11	35,2	28/02
2002	42,8	30/07	43,4	30/07	43,4	30/07	43,4	30/07	43,4	30/07
2003	56,0	27/09	62,2	27/09	78,6	03/04	95,2	02/04	99,2	02/04
2004	44,2	28/07	61,2	28/07	63,2	28/07	75,8	17/06	89,8	02/11
2006	27,0	14/10	42,4	11/06	72,4	24/12	101,2	24/12	119,4	30/01
2007	26,6	08/03	31,0	08/03	34,0	08/03	48,0	28/12	63,6	28/12
2009	26,8	30/08	35,6	22/10	48,0	23/09	67,8	13/01	84,4	12/01
2011	17,8	16/06	48,6	01/02	70,0	01/02	98,4	01/02	118,2	01/02
2012	20,8	31/10	28,0	22/02	48,0	22/02	76,2	21/02	102,2	21/02

2940 - LEONFORTE

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1951	53,0	16/10	85,0	16/10	120,0	16/10	166,4	16/10	267,4	16/10
1953	31,6	19/08	31,6	19/08	41,2	16/03	59,4	16/03	68,0	16/03
1954	18,0	15/10	20,8	15/10	23,8	10/11	38,6	09/11	55,0	09/11
1955	48,0	04/09	48,2	04/09	48,8	04/09	48,8	04/09	54,0	27/01
1956	20,0	21/11	31,2	21/11	47,0	21/11	57,0	21/11	57,6	21/11
1957	30,6	08/10	39,2	08/10	39,6	08/10	52,6	22/01	82,4	22/01
1962	14,2	19/10	22,2	14/03	36,8	14/03	39,4	14/03	46,4	14/03
1963	49,2	26/07	51,4	26/07	51,4	26/07	51,4	26/07	52,4	25/07
1964	46,6	09/06	50,8	09/06	50,8	09/06	77,8	11/04	90,4	11/04
1965	30,2	30/08	45,0	13/10	58,4	13/10	60,6	13/10	70,4	13/10
1966	35,6	07/10	43,2	07/10	51,6	07/10	53,2	07/10	62,6	07/10
1967	22,4	29/11	36,0	29/11	38,8	29/11	43,8	28/11	72,0	29/11
1968	10,0	06/06	16,8	10/11	22,4	10/11	28,0	10/11	35,8	11/12
1969	23,6	10/09	27,0	07/08	34,4	03/03	54,6	03/03	57,2	03/03
1970	24,6	16/10	33,8	16/10	58,4	16/10	76,4	16/10	79,6	16/10
1972	17,2	14/12	25,2	30/12	54,0	31/12	98,8	31/12	194,4	31/12
1973	20,2	01/01	40,2	01/01	78,4	01/01	114,6	01/01	197,4	01/01
1974	24,8	15/10	28,8	23/02	41,6	23/02	48,2	23/02	49,0	23/02
1975	16,4	23/09	27,0	16/10	34,0	16/10	40,0	27/08	46,0	27/08
1976	59,4	11/06	90,0	25/10	135,4	25/10	143,6	25/10	182,4	25/10
1977	35,0	30/10	42,6	30/10	43,2	30/10	43,2	30/10	44,0	20/04

2940 - LEONFORTE

1978	38,0	20/10	46,6	20/10	54,2	20/10	56,6	20/10	56,6	20/10
1980	41,6	21/09	52,8	06/03	64,6	06/03	81,6	06/03	97,0	05/03
1983	19,2	23/05	24,2	23/05	28,0	14/12	35,0	14/12	57,8	13/12
1984	35,4	01/10	69,2	12/11	74,2	12/11	96,8	12/11	115,8	12/11
1985	28,4	25/05	31,2	21/09	34,8	21/09	51,2	16/01	83,6	16/01
1986	24,2	11/10	24,4	11/10	24,6	11/10	24,6	11/10	24,8	11/10
1987	35,0	30/05	56,0	17/01	63,0	17/01	81,6	16/01	94,6	16/01
1988	18,6	01/12	35,4	01/12	53,6	01/12	100,0	01/12	117,4	01/12
1989	12,4	14/10	27,8	13/10	32,0	13/10	57,0	13/10	63,2	13/10
1991	41,2	29/08	52,6	12/10	64,8	12/10	104,6	12/10	108,8	12/10
1992	36,2	05/08	43,0	25/01	67,0	25/01	98,6	25/01	146,4	25/01
1995	41,6	31/07	43,4	31/07	43,4	31/07	43,6	24/11	57,8	24/11
1996	44,2	14/06	50,2	14/06	77,6	09/12	112,6	09/12	154,8	08/12
1998	19,6	05/08	19,8	05/08	21,4	27/09	29,8	27/09	30,0	27/09
1999	25,0	30/11	48,0	30/11	69,4	30/11	113,4	30/11	180,0	29/11
2000	18,0	14/05	24,8	14/05	33,4	14/05	50,0	13/01	66,4	13/01
2001	13,8	05/05	18,8	24/05	24,4	28/02	28,8	19/01	29,6	19/01
2002	13,0	30/07	21,0	30/07	25,4	07/05	27,0	07/05	32,0	07/05
2003	41,0	10/06	53,2	11/12	67,2	11/12	86,8	11/12	142,6	11/12
2004	32,0	17/06	48,4	02/11	62,2	02/11	67,8	02/11	83,0	02/11