

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA – TRATTA DA KM 8+290 A KM 22+800

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
C	Emissione Esecutiva	PROGIN	Dicembre 2019	A. Tortora <i>(Signature)</i>	Dicembre 2019	F. Sparacino <i>(Signature)</i>	Dicembre 2019	Dario Tiberti Dicembre 2019
B	Consegna CSLLPP	M. Coccato	Marzo 2019	DiDomenicantonio <i>(Signature)</i>	Marzo 2019	F. Sparacino	Marzo 2019	
A	Emissione Esecutiva	M. Coccato	Dicembre 2018	A. Tortora	Dicembre 2018	F. Sparacino	Dicembre 2018	

INDICE

1	PREMESSA	5
2	INQUADRAMENTO GENERALE	6
2.1	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	6
2.2	MORFOLOGIA E IDROGRAFIA	6
2.3	PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA DI STUDIO	7
3	DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI E DELLE LORO CARATTERISTICHE.....	9
3.1	IDENTIFICAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI	9
4	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	12
4.1	MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE.....	12
4.1.1	<i>Il modello probabilistico TCEV</i>	12
4.1.2	<i>Il modello probabilistico di Gumbel</i>	14
4.2	SCELTA DEI TEMPI DI RITORNO	16
4.3	METODO VAPI SICILIA PIOGGE.....	17
4.4	IL MODELLO PROBABILISTICO DI GUMBEL	22
4.5	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL'ORA.....	25
5	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	28
5.1	IL METODO CINEMATICO O RAZIONALE.....	28
5.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	29
5.3	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	33
5.4	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	34
5.4.1	<i>Calcolo delle portate di progetto per i bacini con superficie $\geq 0.1\text{km}^2$</i>	34
5.4.2	<i>Calcolo delle portate di progetto per i bacini con superficie $< 0.1\text{km}^2$</i>	38
5.4.3	<i>Portate di riferimento per le verifiche idrauliche</i>	40
	APPENDICE A - DATI DI PIOGGIA.....	43
	APPENDICE B – CODICI USO DEL SUOLO	44

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.....	6
Figura 2 – DTM dell’area afferente alla linea ferroviaria Palermo - Catania, Tratta da km 8+920 a km 22+800 (in rosso) con individuazione della rete idrografica e dei sottobacini (in giallo).....	9
Figura 3 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.	19
Figura 4 – Carta delle iso-a (a) per il territorio siciliano.	20
Figura 5 – Carta delle iso-n (b) per il territorio siciliano.	20
Figura 6 – Reticolo di Thiessen per le stazioni pluviometriche della zona di studio.....	24
Figura 7 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.	28
Figura 8 – Copertura uso del suolo Regione Sicilia nell’area di studio.	34
Figura 9 – Correlazione Q - S per i bacini maggiori e minori nella tratta ferroviaria per $T_r = 200$ anni, calcolata con metodo VAPI e con Gumbel.....	39

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Interferenze Tratta da km 8+920 a km 22+800 e caratteristiche dei bacini afferenti.....	10
Tabella 2 – Tempi di ritorno.	16
Tabella 3 – Coefficienti a e n dei bacini idrografici delle interferenze della tratta da km 8+920 a km 22+800...21	21
Tabella 4 – Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica con il metodo di Gumbel.	24
Tabella 5 – Confronto parametri calcolati con parametri riportati nel documento della Protezione Civile.	25
Tabella 6 - Parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per piogge inferiori all’ora metodo VAPI.	26
Tabella 7 - Parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per piogge inferiori all’ora metodo di Gumbel.....	27
Tabella 8 - Parametro N della formula di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione.	30
Tabella 9 - Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.	31
Tabella 10 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni.	31
Tabella 11 – Coefficienti di Deflusso (tratto da “La sistemazione dei bacini montani”- Vito Ferro)	33
Tabella 12 – Portata massima ottenuta per $T_r 200$ anni con metodologia VAPI e metodo di Gumbel. Bacini con superficie $\geq 0.1 \text{ km}^2$	35
Tabella 13 – Portata massima ottenuta per $T_r 300$ anni con metodologia VAPI e metodo di Gumbel. Bacini con superficie $\geq 0.1 \text{ km}^2$	37
Tabella 14 – Portate bacini con superficie $< 0.1 \text{ km}^2$ ricavate per interpolazione.	39
Tabella 15 – Portate di progetto.....	40

1 PREMESSA

Il presente documento è parte della progettazione definitiva della “Tratta da km 8+920 a km 22+800” nell’ambito del più ampio progetto della “Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nuovo collegamento Palermo – Catania”.

La tratta della linea ferroviaria interessata dal presente studio si sviluppa per circa 15 km tra il comune di Ramacca e il comune di Catenanuova

La presente relazione descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare le portate di progetto per la verifica idraulica delle opere di attraversamento e le curva di possibilità pluviometrica per il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria.

Nel dettaglio l’analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- studio della cartografia, della topografia e individuazione delle principali interferenze tra la linea ferrovia in progetto e l’idrografia superficiale;
- perimetrazione dei bacini idrografici sottesi in corrispondenza del nuovo tracciato ferroviario e studio delle loro caratteristiche geomorfologiche;
- valutazione delle caratteristiche dei bacini e calcolo dei tempi di corrivazione mediante l’utilizzo di diverse equazioni disponibili in letteratura;
- calcolo delle altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno mediante due differenti modelli statistici:
 - curva probabilistica di Gumbel;
 - metodo VaPi-CNR-piogge per la regione Sicilia (codificato in “La sistemazione dei bacini idrografici” - Seconda edizione- Vito Ferro 2006).
- calcolo delle massime portate dei bacini idrografici mediante il metodo razionale;
- definizione delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all’ora necessarie per il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Inquadramento generale dell'area

L'intervento progettuale in oggetto ricade all'interno del bacino del Fiume Dittaino, nel versante orientale dell'Isola, sviluppandosi principalmente nei territori delle province di Catania ed Enna.

I territori comunali interessati dal tracciato sono quelli di: Enna, Assoro, Agira Ramacca, Agira, Regalbuto e Catenanuova.

La tratta ferroviaria si sviluppa fino a progressiva pk 11+700 circa in destra idrografica del fiume Dittaino e successivamente in sinistra del medesimo corso d'acqua.

Le interferenze con la rete idrografica superficiale maggiore sono numerose, oltre che con numerosi fossi e valloni minori. Degne di rilievo sono le interferenze con i diversi tributari del fiume Dittaino e, in particolare, il nuovo attraversamento dello stesso Fiume Dittaino.

In Figura 1 è rappresentato l'inquadramento geografico della linea ferroviaria di progetto; la linea indicata in rosso riguarda il lotto di intervento.



Figura 1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.

2.2 Morfologia e Idrografia

L'area di studio, in relazione alla complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico-strutturale, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante il Quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo. In particolare, nell'area di studio l'evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati sono direttamente connessi al deflusso delle acque correnti superficiali e all'azione morfoevolutiva del Fiume Dittaino.

Il reticolo fluviale locale ricade, in buona sostanza, nella porzione medio-bassa del bacino imbrifero del F. Dittaino, un importante corso d'acqua a carattere perenne che rappresenta la principale linea di deflusso idrico superficiale dell'area. Il bacino di tale corso d'acqua si estende per circa 982 km² tra i Monti Erei e la Piana di Catania, fino alla confluenza col F. Simeto di cui rappresenta uno dei principali affluenti in destra idrografica. Il bacino comprende i territori provinciali di Catania ed Enna, interessando i comuni di Leonforte, Assoro, Catenanuova, Calascibetta, Enna e Centuripe.

Il Fiume Dittaino, la cui asta si estende per circa 110 km, nasce alle pendici orientali dei Monti Erei, nella zona centrale della Sicilia, dall'unione di diversi corsi d'acqua di minore importanza. Si sviluppa inizialmente in direzione grossomodo E-W tra gli abitati di Enna e Catenanuova, dove devia in direzione circa NW-SE fino alla confluenza col Fiume Simeto.

Ad esso si aggiungono alcuni corsi d'acqua secondari provenienti essenzialmente dai rilievi collinari posti immediatamente a Nord della piana alluvionale. Si tratta in particolare di corsi a carattere marcatamente stagionale o torrentizio, con portate estremamente variabili e fortemente condizionate dal regime delle piogge. Tali elementi presentano un andamento grossomodo ortogonale a quello dell'alveo principale e, spesso, risultano interessati da interventi di sistemazione idraulica quali briglie e argini.

Nell'intera area esaminata, le principali forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano essenzialmente dai processi deposizionali del sistema fluviale del F. Dittaino, che conferiscono a tutta l'area di studio una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso S-E. I depositi alluvionali che colmano la piana presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali, risultano molto spesso fortemente interdigeriti tra loro.

In corrispondenza dei corsi d'acqua principali, e secondariamente lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori, si rinvengono vistose scarpate fluviali e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento mentre, gli alvei più importanti, sono caratterizzati da zone in approfondimento e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi alluvionali più estesi, posti a quote variabili dal fondovalle attuale.

In prossimità dell'alveo attuale del Fiume Dittaino, inoltre, sono presenti tracce degli antichi corsi fluviali, spesso caratterizzati da depositi a granulometria fine tipici di un lago di meandro o canale in fase di abbandono. Tali elementi presentano, in generale, larghezza piuttosto contenuta e sono localmente sede di zone paludose o acquitrini di scarsa importanza ed estensione.

2.3 Pericolosità idraulica dell'area di studio

La pericolosità idraulica dell'area di studio è rappresentata nei seguenti elaborati grafici:

Planimetrie PAI 1 di 2 - Tratta da km 8+920 a km 22+800	RS3E50D78P4ID0002001A
Planimetrie PAI 2 di 2 - Tratta da km 8+920 a km 22+800	RS3E50D78P4ID0002002A

i cui contenuti sono stati ricavati dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Simeto il cui ultimo aggiornamento decretato è l'"Aggiornamento 2016" (DPR n.52 del 18/02/2016).

I contenuti del PAI sono stati anche confrontati con i contenuti del PGRA, che è stato adottato in via preliminare (D.P. n. 47/Serv.5°/S.G. del 18 febbraio 2016) ma non ancora approvato, e risultano i medesimi.

Nella Relazione del PAI sono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Dagli elaborati grafici annessi relativi alle carte di pericolosità idraulica si evince come l'infrastruttura ferroviaria di progetto sia in gran parte esterna alla perimetrazione del PAI. Solo in qualche breve tratto si ravvisa l'attraversamento delle aree a bassa pericolosità idraulica **P1**.

Unica eccezione riguarda l'attraversamento del Fiume Dittaino, in corrispondenza del quale il tracciato ferroviario attraversa in viadotto il tratto d'alveo classificato come area ad alta pericolosità idraulica **P3**.

Nella Relazione di Piano sono inoltre individuate delle zone poste sotto la dicitura "sito di attenzione", in particolare nella zona interessata sono stati evidenziati i seguenti siti:

- 094-E-4CN 4RE-E01 (Carte Tecniche Regionali 1:10000 633010)

Il fosso Sparagogna in corrispondenza della confluenza con il fiume Dittaino, località Contrada degli Spiriti, al verificarsi di piogge intense e prolungate è soggetto a esondazione compromettendo la viabilità lungo la ferrovia PA-CT. L'area è indicata nella carta della pericolosità idraulica come "sito di attenzione".

- 094-E-4CN-E02 (Carte Tecniche Regionali 1:10000 633010)

I torrenti Mulinello e Mastropaolo, in prossimità del centro abitato, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati sono soggetti a esondazione, mettendo a rischio nuclei abitati viabilità e terreni agricoli. L'area è indicata nella carta della pericolosità idraulica come "sito di attenzione".

- 94-E-4CN E03 (Carte Tecniche Regionali 1:10000 633010)

In località Contrada Fichidindia – S. Prospero, le incisioni torrentizie presenti, al verificarsi di piogge intense e prolungate, sono soggetti a esondazione compromettendo infrastrutture viarie e aree agricole. L'area è indicata nella carta della pericolosità idraulica come "sito di attenzione".

3 DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI E DELLE LORO CARATTERISTICHE

3.1 Identificazione della rete idrografica e dei bacini

Per rappresentare l'andamento plano altimetrico della zona di analisi è stato utilizzato il DTM della Regione Sicilia (volo ATA 2007-2008), di risoluzione pari a 2 m.

Sulla base del DTM, utilizzando i moduli del *toolbox* "Hydrology" di ArcGIS, è stata ricostruita la complessa rete idrografica dell'area di intervento e sono stati perimetrati i bacini afferenti ai corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria di progetto (Figura 2).

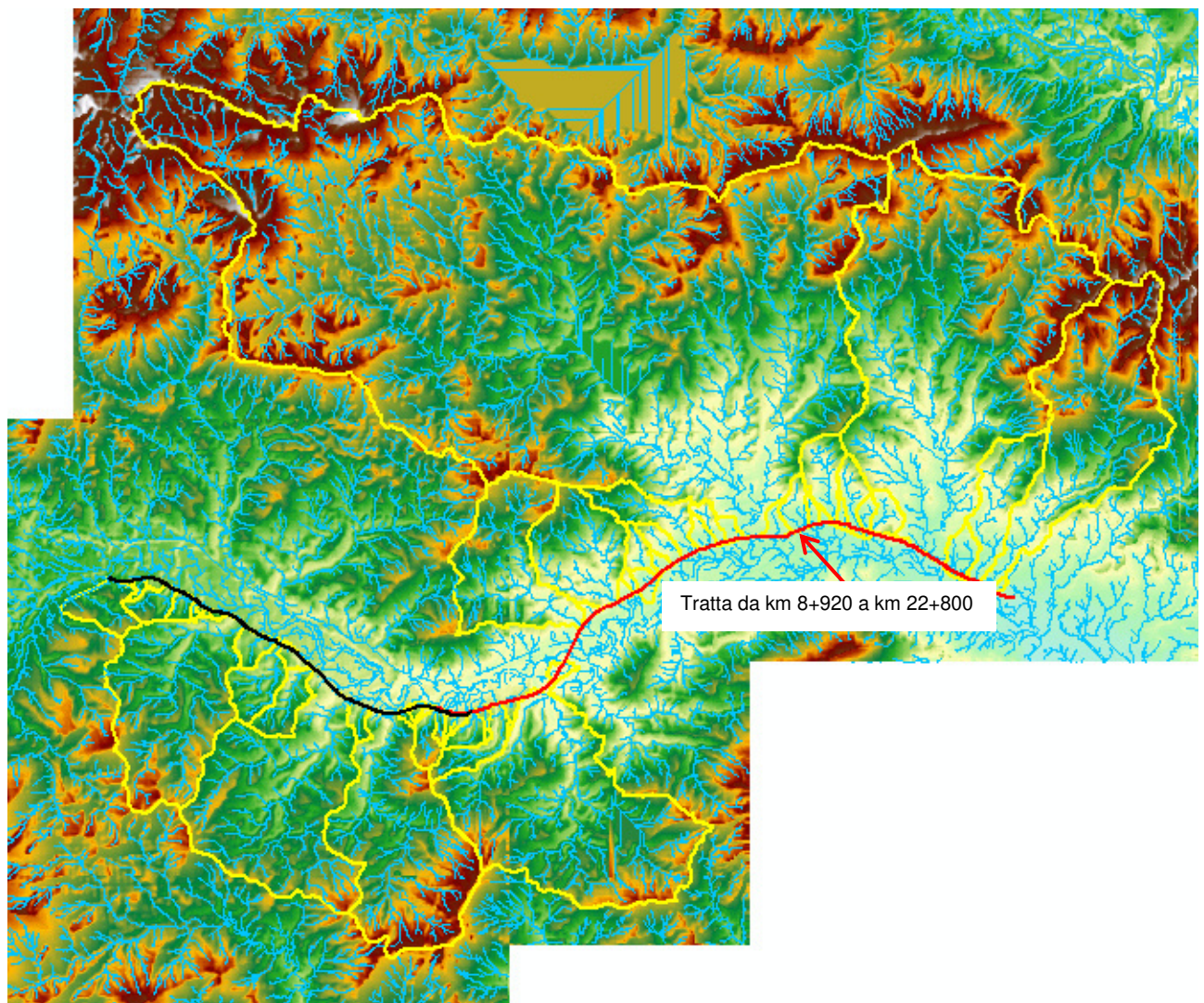


Figura 2 – DTM dell'area afferente alla linea ferroviaria Palermo - Catania, Tratta da km 8+920 a km 22+800 (in rosso) con individuazione della rete idrografica e dei sottobacini (in giallo).

Nelle tabelle seguenti sono indicate le interferenze con la linea ferroviaria contraddistinte da un identificativo (ID), la progressiva, i bacini afferenti e le caratteristiche principali di questi ultimi ricavate dal DTM, quali la lunghezza dell'asta principale, la superficie, la quota massima del bacino la quota in corrispondenza della sezione di chiusura, la quota media, la pendenza dell'asta principale e la pendenza media del bacino.

Tabella 1 – Interferenze Tratta da km 8+920 a km 22+800 e caratteristiche dei bacini afferenti

ID	Pk	Sottobacini afferenti	Caratteristiche del bacino						
			L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta	i media bacino
19	8+985	19	1.27	0.48	385.38	204.48	258.08	0.14	0.18
20	9+150	20	0.19	0.12	292.36	204.75	229.70	0.47	0.09
21	9+600	21	2.79	1.05	450.42	201.48	281.03	0.09	0.20
22	9+950	22	0.43	0.16	249.65	201.03	220.56	0.11	0.11
23	11+413	23	7.43	16.38	517.77	183.88	307.66	0.04	0.21
24	12+338	24+25	4.70	6.29	488.79	182.30	314.91	0.07	0.23
25	12+600	25	0.42	0.11	240.65	197.16	215.66	0.10	0.13
26	13+300	26	3.52	4.21	483.87	177.63	279.55	0.09	0.20
27	13+520	27	0.32	0.09	253.85	181.84	204.99	0.23	0.16
28	13+650	28	0.53	0.11	262.68	178.40	223.85	0.16	0.17
29	14+340	29	1.42	0.48	339.13	169.53	233.77	0.12	0.27
30	14+340	29+30	1.46	0.91	339.13	168.56	210.64	0.12	0.21
31	15+005	31	1.25	0.45	321.38	170.24	222.45	0.12	0.19
32	15+428	32	3.31	1.72	418.84	165.50	274.02	0.08	0.19
33	15+917	33	0.79	0.28	245.90	165.43	187.43	0.10	0.11
34	15+917	33+34	1.16	0.62	246.00	165.02	196.72	0.07	0.14
35	16+300	35	0.61	0.20	235.55	163.95	180.04	0.12	0.11
36	16+650	36+37	22.41	99.52	820.50	157.73	383.84	0.03	0.23
37	16+650	37	0.95	0.32	222.23	162.41	174.65	0.06	0.05
38	17+933	38	1.80	0.55	301.32	153.80	199.75	0.08	0.15
39	18+050	39	0.96	0.16	277.32	152.77	194.43	0.13	0.17
40	18+230	40	0.34	0.07	216.16	154.13	169.09	0.18	0.13
41	18+550	41	2.19	1.29	351.68	147.78	233.70	0.09	0.23
42	18+770	42	0.66	0.12	213.86	156.25	170.25	0.09	0.07
43	18+770	43+42	0.82	0.15	213.86	152.76	167.01	0.07	0.07
44	19+150	44	1.82	0.69	312.21	150.62	212.33	0.09	0.20
45	19+150	44+45	2.02	0.72	312.21	146.73	209.68	0.08	0.19
46	19+279	46	0.91	0.22	263.23	148.68	180.51	0.13	0.16
47	19+279	44+45+46+47 +48	2.16	1.51	312.21	143.79	198.22	0.08	0.19
48	19+425	48	1.07	0.54	264.02	148.14	192.88	0.11	0.21
49	20+725	49	9.97	31.75	687.32	132.89	334.01	0.06	0.27
50	21+476	50	1.18	0.64	202.27	143.70	162.40	0.05	0.05
51	22+025	51	4.46	2.88	423.88	140.46	230.03	0.06	0.16
52	22+025	51+52	4.64	2.92	423.88	134.24	228.76	0.06	0.16
53	22+200	53	10.37	12.39	713.96	135.07	386.57	0.06	0.34

ID	Pk	Sottobacini affidenti	Caratteristiche del bacino						
			L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta	i media bacino
54	22+200	53+54	10.67	12.43	713.96	129.70	385.76	0.05	0.34
55	22+200	51+52+53+54 +55	10.81	15.40	713.96	129.16	384.84	0.05	0.34
56	22+570	56	0.33	0.06	162.58	140.47	152.70	0.07	0.10

4 ANALISI PLUVIOMETRICA

4.1 Modelli probabilistici per l'analisi statistica delle piogge

In questo paragrafo vengono esposti i richiami fondamentali teorici relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici. Vengono descritte brevemente le leggi teoriche utilizzate in questo studio (TCEV e GUMBEL) con indicazioni sulle modalità di stima dei parametri.

4.1.1 Il modello probabilistico TCEV

Il modello a doppia componente denominato TCEV (Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione ma da due popolazioni distinte legate a differenti fenomeni meteorologici. Tale ipotesi è peraltro giustificata dalla presenza in quasi tutte le serie storiche di piogge di uno o più valori (outliers) nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_2}\right)\right\}$$

La funzione ha quattro parametri, Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 e Θ_2 . I parametri contraddistinti dal pedice 1 sono relativi agli eventi più frequenti (componente base) mentre quelli con pedice 2 si riferiscono ad eventi più gravosi e rari (componente straordinaria). Ognuna delle due componenti è, a tutti gli effetti, una legge di Gumbel.

I parametri Λ_1 e Λ_2 esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. I parametri Θ_1 e Θ_2 esprimono invece la media di tali eventi.

Spesso è utile fare riferimento, anziché alla X , alla variabile standardizzata

$$Y = \frac{X}{\Theta_1} - \ln \Lambda_1,$$

caratterizzata dalla funzione di probabilità cumulata:

$$F_Y(y) = \exp\left\{-\exp(-y) - \Lambda_* \exp\left(-\frac{y}{\Theta_*}\right)\right\}$$

nella quale risulta:

$$\Theta_* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\Theta_*}}$$

L'espressione completa della funzione di probabilità cumulata della TCEV può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,Tr} = X_{t,Tr} / \mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ si è indicato il *valore indice* (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di

questa nuova variabile $K_{t,Tr}$ è la cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , Λ_1 e Θ_1 , l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media.

Tale curva risulta avere validità nell'ambito di sottozone omogenee, per cui rappresenta uno strumento di uso particolarmente comodo. Infatti, nell'ambito delle suddette sottozone, è sufficiente determinare la media della variabile ($\mu(X_t)$) per avere, a partire dalla $K_{t,Tr}$, la distribuzione di probabilità finale.

$$X_{t,Tr} = \mu(X_t) K_{t,Tr}$$

4.1.1.1 Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri

Si sono già evidenziate le relazioni che intercorrono tra momenti teorici e parametri della distribuzione TCEV. Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV, in particolare con riferimento ai momenti del secondo e del terzo ordine.

Va innanzitutto detto che mediante l'espressione dei momenti teorici del modello TCEV, si dimostra che il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_* , Θ_* e Λ_1 ed è quindi indipendente da Θ_1 , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ_* e Θ_* ed è quindi indipendente da Λ_1 e Θ_1 .

La stima su base regionale di parametri dipendenti da momenti di ordine elevato si rende necessaria in quanto i coefficienti di asimmetria e di variazione campionari, espressi rispettivamente dalle relazioni

$$C_A = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}} \quad C_V = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \cdot \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

stimati dalle serie storiche dei massimi annuali delle portate istantanee, o delle piogge di fissata durata, presentano una variabilità spaziale che nell'ambito di vaste aree non è superiore alla variabilità campionaria. In altri termini, presentano variabilità campionaria molto elevata, ma bassa variabilità spaziale.

Ciò consente di ipotizzare l'esistenza di regioni nelle quali si può ammettere che i valori teorici di tali momenti siano costanti. Per le relazioni di cui si è detto in precedenza si ha come conseguenza la costanza dei parametri del modello TCEV direttamente legati ai suddetti momenti campionari.

La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

1° Livello di regionalizzazione:

Si assume che il coefficiente di asimmetria C_A sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona.

Inoltre in una regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* , risulta unica la funzione di probabilità cumulata della variabile standardizzata Y , in quanto essa dipende soltanto dai due suddetti parametri del modello. In assenza di dati sufficienti a mettere in discussione localmente la validità di questa assunzione, si pone che ovunque Λ_* e Θ_* assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* possa suddividersi in sottozona in cui il coefficiente di variazione C_V risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi differenti da una zona all'altra.

Per il modello TCEV questo si traduce nella costanza del parametro Λ_1 , nella sottozona omogenea, oltre che di Λ_* e Θ_* . Il valore di Λ_1 relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona.

Se si individua una sottozona omogenea rispetto a Λ_1 la variabile $K_{t,T_r} = X_{t,T_r} / \mu(X_t)$ risulta identicamente distribuita, si ha cioè una curva di crescita unica per l'intera sottozona.

III° Livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(X_t)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(X_t)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(X_t)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata.

Nell'analisi delle piogge orarie per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la curva di probabilità pluviometrica:

$$\mu(X_t) = a t^n$$

4.1.2 Il modello probabilistico di Gumbel

Il metodo di Gumbel, prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) 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:

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

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 plotting position 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 fonda 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 solamente da h con 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. Otteniamo quindi per α e u le espressioni:

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

Introducendo ora 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:

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

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

Grazie al metodo di Gumbel è stata ricavata un'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di 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 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.

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


4.2 Scelta dei tempi di ritorno

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione Italferr e dalle Norme tecniche delle Costruzioni (NTC 2008).

La tabella seguente sintetizza la scelta effettuata per tipologia di opere:

Tabella 2 – Tempi di ritorno.

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2008 e relativa circolare applicativa
Drenaggio di piattaforma (cunette, tubazioni, etc)	<ul style="list-style-type: none"> • Piattaforma ferroviaria • TR 100 anni • Deviazioni stradali $Tr=25$ anni 	-
Manufatti di attraversamento (ponti e tombini)	<ul style="list-style-type: none"> • linea ferroviaria $Tr=300$ anni per $S > 10 \text{ km}^2$ • linea ferroviaria $Tr=200$ 	$Tr = 200$ anni

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA					
	RELAZIONE IDROLOGICA – TRATTA DA KM 8+920 A KM 22+800	PROGETTO RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C

	<i>anni per $S < 10 \text{ km}^2$</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>deviazioni stradali $T_r=200$ anni</i> 	
--	---	--

4.3 Metodo VAPI Sicilia piogge

In questo paragrafo si illustrano i risultati del Progetto VAPI Sicilia per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno per il territorio insulare. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, riportate nella monografia “La sistemazione dei bacini idrografici”, [Seconda edizione- Vito Ferro 2006], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

I° Livello di regionalizzazione

L'applicazione della TCEV effettuata facendo ricorso ai massimi annuali delle altezze di pioggia di fissata durata misurati in stazioni localizzate nel territorio siciliano hanno evidenziato, al primo livello di regionalizzazione, la seguente dipendenza dei parametri Λ^* e Θ^* dalla durata t :

$$\Theta^* = 1.95 + 0.0284 \cdot t$$

$$\Lambda^* = 0.175 \cdot t^{0.301}$$

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa nelle tre sottozone A, B e C della Figura 3 e a ciascuna di esse è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro λ_1 , indicato con il simbolo Λ_1 , che risulta dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A} \quad \Lambda_1 = 14.55 \cdot t^{0.2419}$$

$$\text{Sottozona B} \quad \Lambda_1 = 12.40 \cdot t^{0.1802}$$

$$\text{Sottozona C} \quad \Lambda_1 = 11.96 \cdot t^{0.0960}$$

In ciascuna sottozona il parametro risulta anch'esso dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A} \quad \alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034}$$

$$\text{Sottozona B} \quad \alpha = 3.3536 \cdot t^{0.0945}$$

$$\text{Sottozona C} \quad \alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765}$$

Pertanto al h'_t risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

$$P(h'_t) = \exp \left[-\lambda_1 \left(\exp \left(\frac{\mu}{g_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta_*} \left(\exp \left(\frac{\mu}{\Theta_* g_1} \right) \right)^{-h'_t} \right] \quad (1)$$

con parametri stimati in accordo alle formulazioni delle diverse sottozone.

In ciascuna sottozona, per valori del tempo di ritorno $Tr \geq 10$ anni, la funzione inversa della $P(h'_t)$ assume la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr) \quad (2)$$

Essendo $h'_{t,Tr}$ i valori di h'_t di assegnato tempo di ritorno Tr e in cui i coefficienti b_0 e b_1 sono dipendenti dalla durata secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} \quad b_0(t) &= 0.5391 - 0.001635 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966 \end{aligned} \quad (3a)$$

$$\begin{aligned} \text{Sottozona B} \quad b_0(t) &= 0.5135 - 0.002264 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508 \end{aligned} \quad (3b)$$

$$\begin{aligned} \text{Sottozona C} \quad b_0(t) &= 0.5015 - 0.003516 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101 \end{aligned} \quad (3c)$$

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando la precedente relazione (2) con i coefficienti determinati per ciascuna sottozona mediante le (3), per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t) \quad (4)$$

In cui $h_{t,Tr}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e prefissato tempo di ritorno Tr .

III° Livello di regionalizzazione

Quest'ultima fase dell'indagine pluviografica aveva come obiettivo quello di individuare un criterio regionale per la stima di μ nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la (4) in qualsiasi punto della regione.

Confrontando le medie teoriche μ con le medie campionarie m_c si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici Λ_1 e Θ_1 possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

$$m_c = a \cdot t^n \quad (5)$$



Figura 3 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.

In questo modo è consentito, peraltro, di svincolare il terzo livello di regionalizzazione dalla procedura gerarchica, essendo l'aggiornamento della media campionaria indipendente dalle fasi precedenti.

Questo legame di tipo monomio è stato riconosciuto nelle 172 stazioni pluviografiche siciliane relativamente alle 5 durate di pioggia. Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica, piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media (m_t per $t=1, 3, 6, 12$ e 24 ore), con i soli due parametri a ed n . Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993]

Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a e n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n rappresentati in Figura 4 e Figura 5 non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

Tutti i bacini idrografici analizzati nel presente studio ricadono nella sottozona C rappresentata in Figura 3 e, pertanto, la curva di possibilità pluviometrica ha la seguente espressione:

$$h_{t,T_r} = \left[(0.5015 - 0.003516 \cdot t) + (0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101) \cdot \log(T_r) \right] \cdot a \cdot t^n \quad (6)$$

nella quale i coefficienti a e n sono stati stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n di Figura 4 e Figura 5 e sono riportati in Tabella 3.

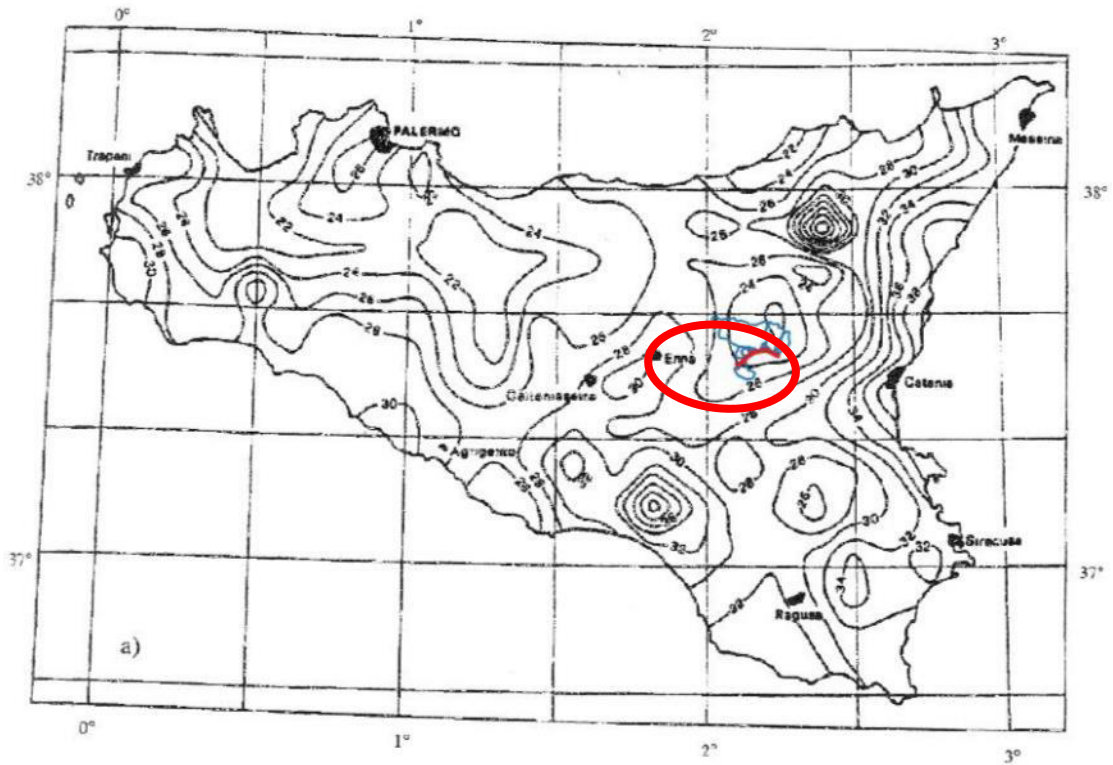


Figura 4 – Carta delle iso-a (a) per il territorio siciliano.

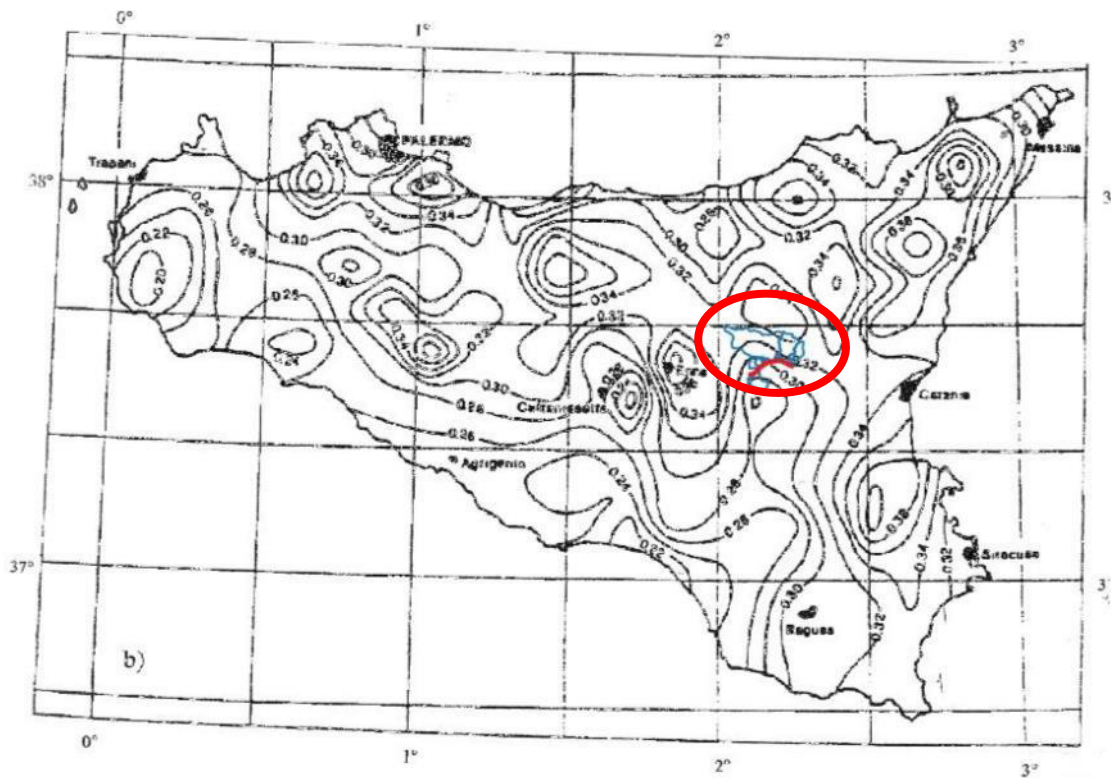


Figura 5 – Carta delle iso-n (b) per il territorio siciliano.

Tabella 3 – Coefficienti a e n dei bacini idrografici delle interferenze della tratta da km 8+920 a km 22+800

ID	Pk	Sottobacini afferenti	VAPI Sicilia	
			a [mm/ore ⁿ]	n
19	8+985	19	24	0.26
20	9+150	20	24	0.26
21	9+600	21	24	0.26
22	9+950	22	24	0.25
23	11+413	23	24	0.25
24	12+338	24+25	24	0.27
25	12+600	25	24	0.27
26	13+300	26	24	0.27
27	13+520	27	23	0.27
28	13+650	28	23	0.27
29	14+340	29	23	0.27
30	14+340	29+30	23	0.27
31	15+005	31	23	0.27
32	15+428	32	23	0.27
33	15+917	33	23	0.27
34	15+917	33+34	23	0.27
35	16+300	35	23	0.28
36	16+650	36+37	23	0.30
37	16+650	37	23	0.30
38	17+933	38	23	0.28
39	18+050	39	22	0.28

ID	Pk	Sottobacini afferenti	VAPI Sicilia	
			a [mm/ore ⁿ]	n
40	18+230	40	22	0.28
41	18+550	41	22	0.28
42	18+770	42	22	0.28
43	18+770	43+42	22	0.28
44	19+150	44	22	0.28
45	19+150	44+45	22	0.28
46	19+279	46	22	0.28
47	19+279	44+45+46+47+48	22	0.28
48	19+425	48	22	0.28
49	20+725	49	22	0.30
50	21+476	50	22	0.30
51	22+025	51	22	0.30
52	22+025	51+52	22	0.30
53	22+200	53	22	0.30
54	22+200	53+54	22	0.30
55	22+200	51+52+53+54+55	22	0.30
56	22+570	56	22	0.30

4.4 Il modello probabilistico di Gumbel

Per identificare le stazioni pluviometriche di riferimento per il calcolo delle portate di ogni bacino idrografico individuato nell'analisi idrografica effettuata nel capitolo precedente, sono state prese in considerazione le stazioni di misura più vicine alla zona di studio.

Si è, quindi, proceduto a ripartire il territorio di studio in aree di competenza relative alle stazioni vicine. Per questo scopo, è stato utilizzato il metodo geometrico dei reticoli di Thiessen. Con questo approccio si definisce il punto di mezzo dei segmenti che collegano una stazione con quella contigua e da questo punto si traccia la normale fino ad incontrare la normale relativa ad un'altra

congiungente. L'area così delimitata è associata agli eventi che si sono verificati nella stazione posta all'interno del poligono.

A tutti i bacini individuati sono state assegnate una o più stazioni pluviometriche di riferimento secondo la metodologia sopra descritta esemplificata in Figura 6.

Le stazioni di misura di interesse per la presente analisi idrologica sono risultate essere le seguenti: Valguarnera, Raddusa, Agira, Torricchia, Pozzillo Diga, Catenanuova, Centuripe.

Nel caso di bacini con più stazioni pluviometriche ricadenti al proprio interno l'altezza di pioggia complessiva è stata calcolata come media pesata delle altezze di pioggia delle singole stazioni.

I dati idrologici disponibili per l'analisi pluviometrica sono quelli degli Annali Idrologici; sono stati forniti dall'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia e sono riportati in Appendice A. I dati di interesse sono i valori storici del massimo annuo giornaliero della pioggia per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel per le stazioni di:

- Agira ---> dati disponibili nel periodo 1933÷2014
- Centuripe ---> dati disponibili nel periodo 1928÷2002
- Pozzillo Diga ---> dati disponibili nel periodo 1963÷2003
- Torricchia ---> dati disponibili nel periodo 1969÷2002
- Catenanuova ---> dati disponibili nel periodo 1975÷2014
- Valguarnera ---> dati disponibili nel periodo 1928÷2005
- Raddusa ---> dati disponibili nel periodo 1928÷2002

Le tabelle contengono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n per i tempi di ritorno di 25, 100, 200 e 300 anni.

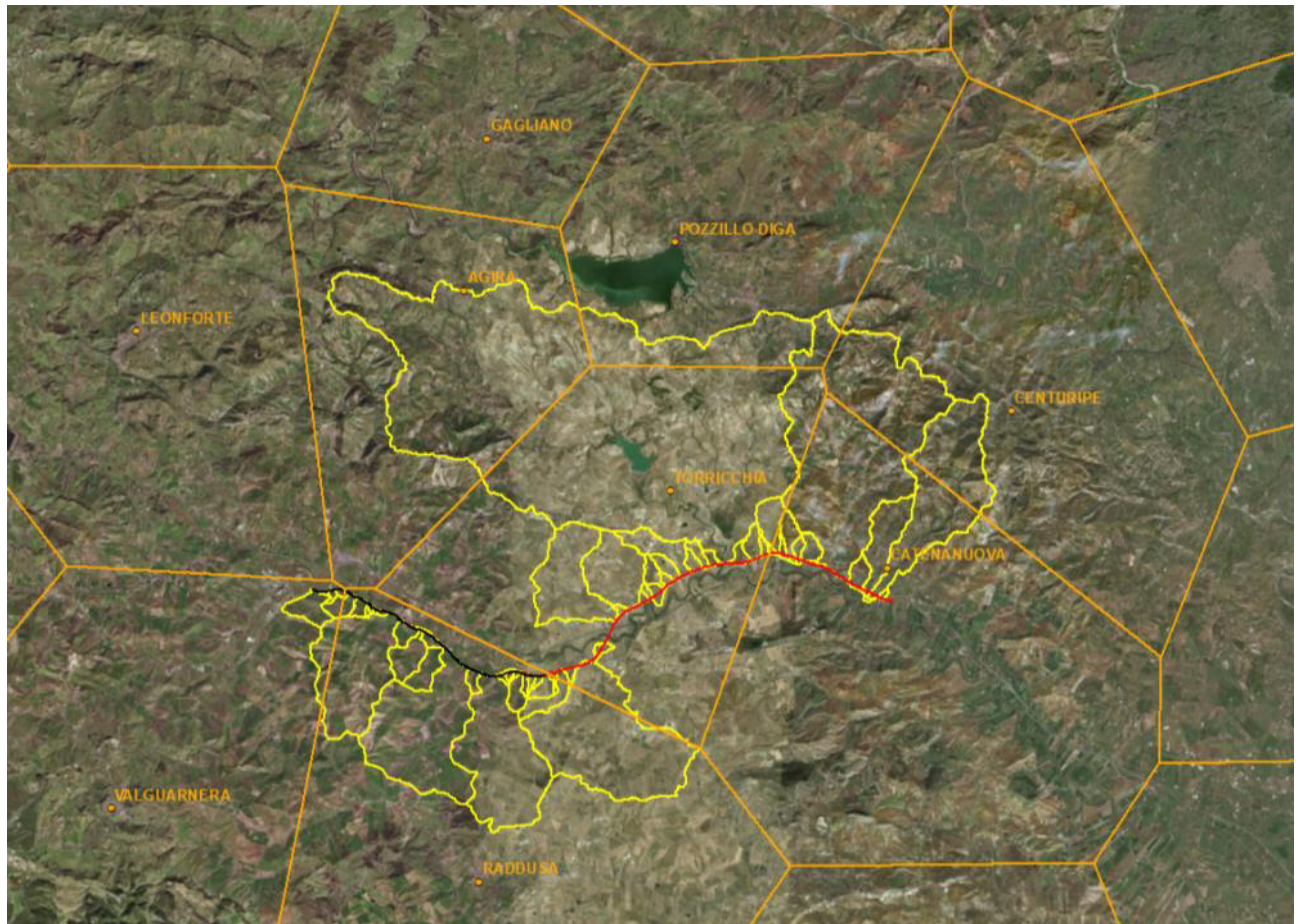


Figura 6 – Reticolo di Thiessen per le stazioni pluviometriche della zona di studio.

Tabella 4 – Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica con il metodo di Gumbel.

Tr	Agira		Centuripe		Pozzillo_DIGA	
	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n
25	50.4	0.357	42.9	0.408	39.1	0.227
100	63.8	0.363	54.4	0.421	48.3	0.223
200	70.5	0.365	60.1	0.426	52.8	0.221
300	74.4	0.366	63.4	0.428	55.4	0.221

Tr	Torricchia		Catenanuova		Valguarnera		Raddusa	
	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n
25	40.7	0.267	46.1	0.251	45.9	0.423	49.3	0.243
100	50.2	0.269	57.5	0.252	56.2	0.435	61.6	0.244
200	54.9	0.270	63.2	0.252	61.4	0.439	67.7	0.244
300	57.6	0.270	66.5	0.252	64.4	0.442	71.2	0.244

I parametri a e n ottenuti dal calcolo sono stati confrontati con quelli contenuti nel documento “Parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica del territorio regionale” del Servizio Rischi Idrogeologici ed ambientali della Protezione Civile Siciliana.

La tabella seguente riporta per ogni singola stazione i valori dei parametri a e n calcolati e quelli riportati nel documento summenzionato per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Tabella 5 – Confronto parametri calcolati con parametri riportati nel documento della Protezione Civile.

Stazione	a calcolato	a Protezione Civile	n calcolato	n Protezione Civile
Agira	70.5	71.2	0.37	0.38
Centuripe	60.1	60.3	0.43	0.43
Pozzillo	52.8	55.4	0.22	0.20
Torricchia	54.9	53.5	0.27	0.30
Catenanuova	63.2	65.2	0.25	0.25
Valguarnera	61.4	60.2	0.44	0.45
Raddusa	67.7	67.8	0.24	0.25

La tabella mostra come l’analisi statistica condotta a partire dai dati estratti dagli annali idrologici esaminati conduca alla stima valori di a e di n del tutto paragonabili con quelli contenuti nel documento della Protezione Civile sopradetto.

4.5 Definizione delle altezze di pioggia per eventi con durata inferiore all’ora

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiore all’ora vengono denominati eventi brevi; gli eventi brevi e quelli lunghi, precedentemente esposti, seguono differenti dinamiche meteorologiche e non possono essere trattati in egual modo. E’ stato però dimostrato che il rapporto tra l’altezza di pioggia h , con t minore di 60 minuti, e l’altezza di pioggia h di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno T , è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(t) \quad (7)$$

avendo indicato con f un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale della (7) può essere espresso nella semplice forma:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60} \right)^s \quad (8)$$

In cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti, s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame. Nel caso in oggetto, per la Sicilia il coefficiente assume il valore di 0.386 (Ferrerri e Ferro, 1989). L'equazione precedente assume quindi la forma:

$$h_{t,T} = h_{60,T} \left(\frac{t}{60} \right)^{0.386} \quad (9)$$

Metodo VAPI

Dall'analisi della carta delle iso- a e iso- n di Figura 4 e Figura 5, il tracciato ferroviario è stato suddiviso in tratti caratterizzati dai medesimi parametri a ed n sulla base dei quali, fissati i tempi di ritorno T pari a 25 e 100 anni, è stata determinata l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ da utilizzare nella (9).

I parametri assunti ed i risultati ottenuti sono riportati in Tabella 6.

Tabella 6 - Parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per piogge inferiori all'ora metodo VAPI.

Pk inizio	Pk fine	T	a [mm/ora ⁿ]	n	h _{60,T} [mm]
8+920	20+000	25	23	0.29	44.0
		100			58.0
20+00	fine	25	24	0.29	45.9
		100			60.5

Metodo GUMBEL

Dall'analisi del reticolo di Thiessen riportato in Figura 6 sono state individuate le stazioni pluviometriche ricadenti lungo l'area del tracciato e le rispettive aree di influenza.

I risultati sono riassunti in Tabella 7.

Tabella 7 - Parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per piogge inferiori all'ora metodo di Gumbel.

Pk inizio	Pk fine	Stazione	T	a [mm/ora ⁿ]	n	h _{60,T} [mm]
1+000	18+250	Torricchia	25	40.7	0.267	40.7
			100	50.2	0.269	50.2
18+250	fine	Catenanuova	25	46.1	0.251	46.1
			100	57.5	0.252	57.5

5 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

5.1 Il metodo cinematico o razionale

Il metodo cinematico viene utilizzato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di limitata estensione. In questo studio, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena corrispondente ad un fissato periodo di ritorno (T_r).

La schematizzazione alla base del 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:

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

in cui: Q = portata di piena [m^3/sec];

φ = coefficiente di deflusso;

h = pioggia netta [m];

S = area del bacino [km^2];

τ_c = tempo di corrivazione [ore].

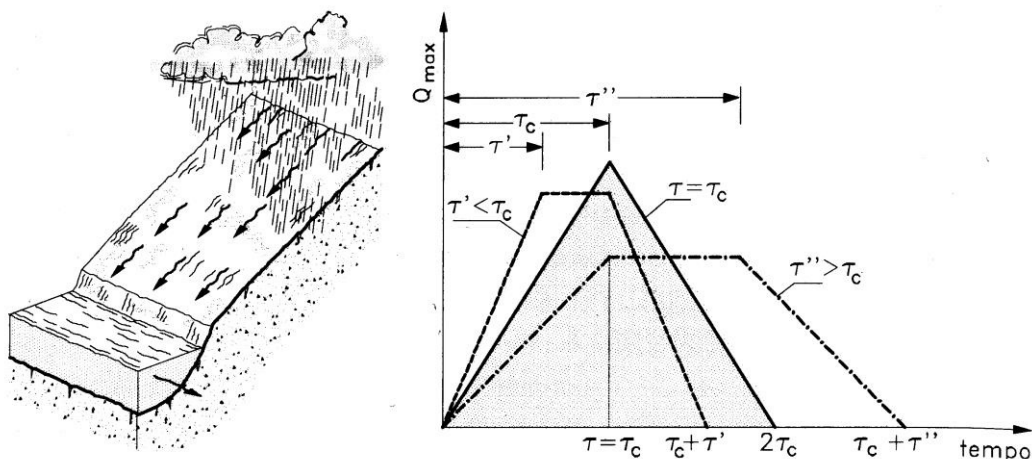


Figura 7 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno

intenso il colmo di piena. Nella Figura 7 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assuma la forma triangolare.

5.2 Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo è la formula di **Giandotti** (1934) che tiene conto della morfologia del bacino:

$$\tau_c = \frac{(4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L)}{0.8 \cdot \sqrt{(H_m - H_o)}}$$

con

A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km^2];

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua principale [km];

H_m = quota media del bacino [m s.m.m.];

H_o = quota della sezione di chiusura [m s.m.m.].

La formula di Giandotti ha il pregio, rispetto ad altre relazioni, di comprendere nei parametri utilizzati per il calcolo del tempo di corrivazione diverse caratteristiche dei bacini analizzati. Questo garantisce una ricostruzione dei tempi di corrivazione basata sui principali parametri dei medesimi.

Un'altra equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Ventura** (1905). La relazione ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove i_m è la pendenza media della rete di drenaggio ed A la superficie del bacino .

Un'ulteriore formulazione già ampiamente sperimentata in casi analoghi è quella di **Pasini** che ha la seguente forma:

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

All'interno del presente studio è stata utilizzata anche la formula di **Pezzoli**, sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di dimensioni inferiori ai 20 km²

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

E' stata presa in considerazione anche la formula di **Kerby**, utilizzata frequentemente per il calcolo del tempo di corrivazione in bacini di estensione limitata. La formula di Kerby è stata sviluppata da risultati ottenuti da bacini con canalizzazioni inferiori ai 1200 ft (365 m). La relazione di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione, espresso in ore, ha la forma:

$$\tau_c = (0.342 \cdot N \cdot L \cdot i_m^{-0.5})^{0.467}$$

Con N = parametro legato al tipo di superficie (Tabella 8). In questa sede si è scelto un parametro pari a 0.4, valore di riferimento per le aree adibite al pascolo o prato e quindi rappresentativo degli usi del suolo prevalenti nel territorio di studio.

Tabella 8 - Parametro N della formula di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione.

Description	N
Pavement	0.02
Smooth, bare packed soil	0.10
Poor grass, cultivated row crops or moderately rough bare surfaces	0.20
Pasture, average grass	0.40
Deciduous forest	0.60
Dense grass, coniferous forest, or deciduous forest with deep litter	0.80

Infine una equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Kirpich**. Questa è stata ricavata da dati rilevati in sette bacini agricoli del Tennessee (USA). Questi bacini avevano tutti una canalizzazione ben definita e pendenza tra 0.03 e 0.1 m/m (dal 3 al 10%) e aree da 0.04 a 0.5 km². E' utilizzata ampiamente per bacini urbani, sia per il deflusso delle aree scolanti che per il deflusso nei canali, oltre che per bacini rurali fino a 0.8 km². La formula di Kirpich ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,0662 \cdot k \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.77}$$

Dove

L = estensione del percorso più lungo che deve compiere la singola particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura [km];

i = è la pendenza media del bacino

k = coefficiente di aggiustamento legato alla tipologia di terreno.

Tabella 9 - Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.

Ground Cover	Kirpich Adjustment Factor, k (Chow et al., 1988; Chin, 2000)
General overland flow and natural grass channels	2
Overland flow on bare soil or roadside ditches	1
Overland flow on concrete or asphalt surfaces	0.4

Nella presente analisi è stato applicato un coefficiente k pari a 2.

Tabella 10 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni.

ID	Pk	Sottobacini afferenti	Tempo di corrivazione [ore]					
			Giandotti	Kerby	Pasini	Pezzoli	Ventura	Kirpich
19	8+985	19	0.80	0.69	0.24	0.18	0.23	0.31
20	9+150	20	0.42	0.22	0.05	0.02	0.07	0.09
21	9+600	21	1.16	1.12	0.52	0.51	0.44	0.55
22	9+950	22	0.63	0.44	0.13	0.07	0.15	0.16
23	11+413	23	3.07	2.08	2.52	1.93	2.43	1.13
24	12+338	24+25	1.85	1.54	1.31	1.01	1.25	0.77
25	12+600	25	0.56	0.45	0.12	0.07	0.13	0.15
26	13+300	26	1.67	1.26	0.90	0.66	0.88	0.65
27	13+520	27	0.44	0.33	0.07	0.04	0.08	0.11
28	13+650	28	0.39	0.45	0.10	0.07	0.10	0.16
29	14+340	29	0.77	0.77	0.28	0.23	0.26	0.29
30	14+340	29+30	1.16	0.78	0.35	0.24	0.35	0.32
31	15+005	31	0.79	0.72	0.26	0.20	0.24	0.30

ID	Pk	Sottobacini afferenti	Tempo di corrivazione [ore]					
			Giandotti	Kerby	Pasini	Pezzoli	Ventura	Kirpich
32	15+428	32	1.23	1.26	0.70	0.66	0.60	0.62
33	15+917	33	0.88	0.61	0.21	0.14	0.21	0.26
34	15+917	33+34	1.09	0.79	0.37	0.24	0.38	0.31
35	16+300	35	0.84	0.52	0.16	0.10	0.16	0.21
36	16+650	36+37	6.11	3.84	8.21	7.17	7.38	2.54
37	16+650	37	1.32	0.74	0.29	0.21	0.29	0.40
38	17+933	38	1.05	0.93	0.38	0.35	0.33	0.43
39	18+050	39	0.59	0.62	0.16	0.15	0.14	0.25
40	18+230	40	0.51	0.36	0.07	0.04	0.08	0.13
41	18+550	41	1.06	0.99	0.50	0.40	0.47	0.43
42	18+770	42	0.79	0.57	0.16	0.12	0.15	0.28
43	18+770	43+42	0.93	0.66	0.20	0.17	0.18	0.32
44	19+150	44	0.96	0.92	0.39	0.34	0.35	0.39
45	19+150	44+45	1.01	0.98	0.43	0.39	0.38	0.43
46	19+279	46	0.72	0.61	0.18	0.14	0.17	0.25
47	19+279	44+45+46+47+48	1.38	1.03	0.57	0.42	0.56	0.45
48	19+425	48	0.85	0.69	0.27	0.18	0.28	0.25
49	20+725	49	3.30	2.27	3.12	2.32	3.04	1.28
50	21+476	50	1.43	0.86	0.44	0.29	0.45	0.47
51	22+025	51	1.78	1.51	1.00	0.97	0.86	0.84
52	22+025	51+52	1.77	1.54	1.03	1.02	0.87	0.87
53	22+200	53	2.34	2.31	2.31	2.41	1.90	1.22
54	22+200	53+54	2.35	2.35	2.35	2.51	1.92	1.25

ID	Pk	Sottobacini afferenti	Tempo di corrivazione [ore]					
			Giandotti	Kerby	Pasini	Pezzoli	Ventura	Kirpich
55	22+200	51+52+53+54+55	2.49	2.37	2.55	2.56	2.15	1.26
56	22+570	56	0.54	0.44	0.11	0.07	0.12	0.13

5.3 Coefficiente di deflusso

Per la determinazione del coefficiente di deflusso si è fatto riferimento alla monografia “*La sistemazione dei bacini montani*” di Vito Ferro. Per il caso in esame sono stati utilizzati i coefficienti indicati nella summenzionata pubblicazione e riportati in Tabella 11.

Tali coefficienti sono stati applicati alle classi dell’uso del suolo della Regione Sicilia per l’area di studio (Figura 8) i cui codici sono riportati in Appendice B.

Detto φ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori di φ si ottiene con una media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum \varphi_i S_i}{\sum S_i}$$

Tabella 11 – Coefficienti di Deflusso (tratto da “*La sistemazione dei bacini montani*”- Vito Ferro) .

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40

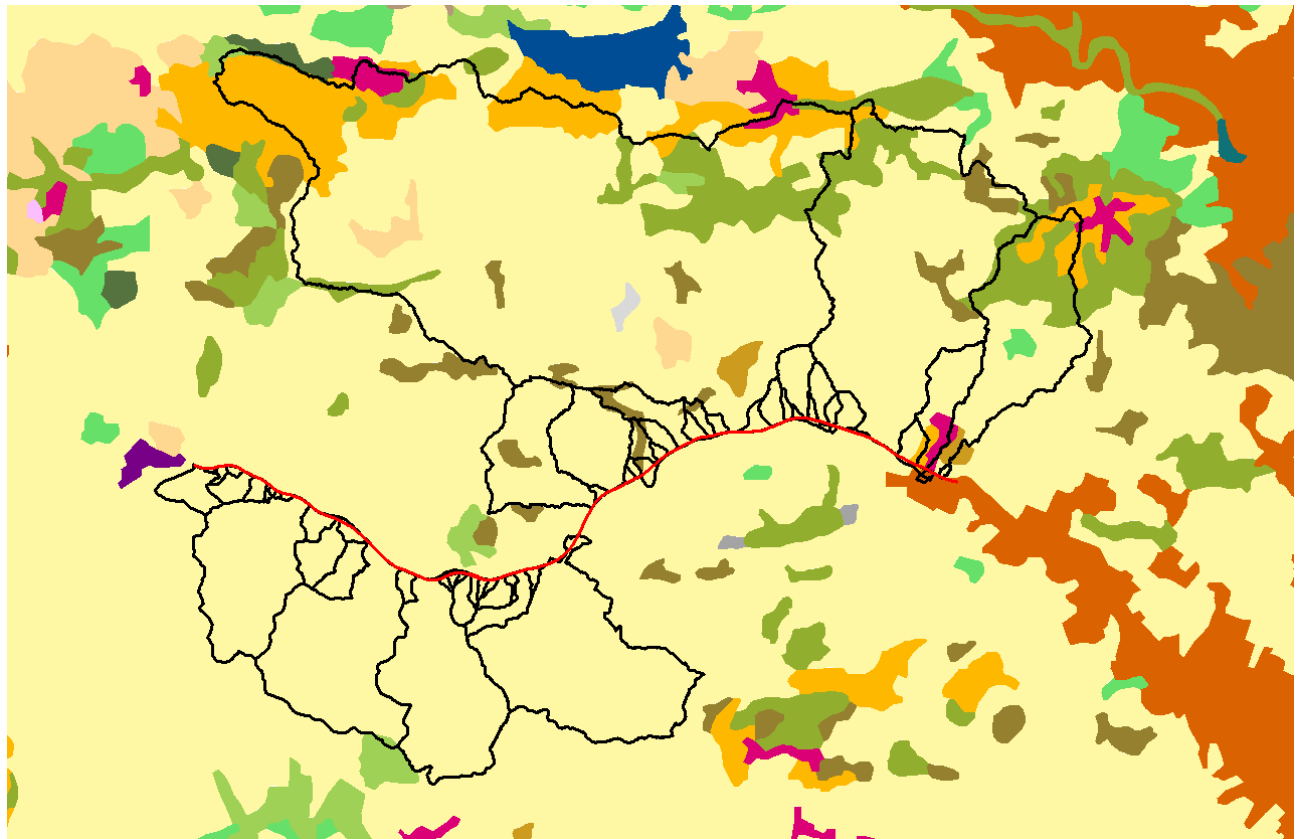


Figura 8 – Copertura uso del suolo Regione Sicilia nell'area di studio.

5.4 Calcolo delle portate di progetto

Il primo passo per l'individuazione delle portate per ogni bacino consiste nella determinazione del tempo di corrivazione con le formule descritte nel paragrafo 5.1. I dati necessari per il calcolo dei tempi, ossia superficie, lunghezza dell'asta, altitudine massima, altitudine alla sezione di chiusura e pendenza media sono stati determinati grazie alla ricostruzione del DTM e all'analisi riportata nel capitolo 3.

Le diverse formule presentano dei campi di applicazione differenti a seconda dell'estensione del bacino in esame. Nella presente analisi, sono stati applicati i seguenti criteri:

- per bacini di estensione inferiore a 10 km², il tempo di corrivazione corrisponde al minore tra i risultati ottenuti dall'equazione di Pasini, Pezzoli, Ventura, Kerby e Kirpich;
- per estensioni superiori a 10 km² il tempo di corrivazione corrisponde al minore tra i valori calcolati con le equazioni di Giandotti, Pasini, Pezzoli e Ventura;
- per bacini di estensione inferiore a 0.1 km², privi di una evidente incisione sul territorio, è stata utilizzata la formulazione monomia descritta al par. 5.4.2.

5.4.1 Calcolo delle portate di progetto per i bacini con superficie ≥ 0.1 km²

La valutazione delle portate è stata eseguita utilizzando le altezze di pioggia corrispondenti ad un tempo di ritorno di 200 e 300 anni. Il primo valore rappresenta il tempo di ritorno di progetto previsto

dalle Norme Tecniche delle Costruzioni e dal manuale di progettazione ferroviario per i bacini con estensione inferiore a 10 km². Il secondo valore rappresenta invece il tempo di ritorno previsto dal manuale di progettazione ferroviario per la verifica di opere di attraversamento che sottendono bacini superiori ai 10 km².

Nel seguito si riportano i risultati ottenuti utilizzando il minore tra i tempi di corrivazione determinati con le diverse formule precedentemente esposte, che fornisce il valore massimo di portata.

Tabella 12 – Portata massima ottenuta per Tr 200 anni con metodologia VAPI e metodo di Gumbel. Bacini con superficie $\geq 0.1 \text{ km}^2$

ID	Pk	Sottobacini	Superficie km ²	tc [ore]	TR200	
					Qmax	
					Gumbel [m ³ /s]	VAPI [m ³ /s]
19	8+985	19	0.48	0.18	10.11	10.13
20	9+150	20	0.12	0.02	4.22	4.25
21	9+600	21	1.05	0.44	12.83	13.16
22	9+950	22	0.16	0.07	4.94	6.02
23	11+413	23	16.38	1.93	73.27	75.49
24	12+338	24+25	6.29	0.77	44.06	54.43
25	12+600	25	0.11	0.07	3.29	4.07
26	13+300	26	4.21	0.65	33.48	41.36
28	13+650	28	0.11	0.07	3.28	3.88
29	14+340	29	0.48	0.23	6.33	7.49
30	14+340	29+30	0.91	0.24	12.96	15.34
31	15+005	31	0.45	0.20	7.19	8.51
32	15+428	32	1.72	0.60	13.39	15.85
33	15+917	33	0.28	0.14	5.77	6.83
34	15+917	33+34	0.62	0.24	8.40	9.94
35	16+300	35	0.20	0.10	4.95	5.85
36	16+650	36+37	99.52	6.11	188.16	200.62

ID	Pk	Sottobacini	Superficie km ²	tc [ore]	TR200	
					Qmax	
					Gumbel [m ³ /s]	VAPI [m ³ /s]
37	16+650	37	0.32	0.21	5.14	6.08
38	17+933	38	0.55	0.33	6.66	7.88
39	18+050	39	0.16	0.14	3.20	3.63
41	18+550	41	1.29	0.40	14.21	15.76
42	18+770	42	0.12	0.12	2.96	2.91
43	18+770	43+42	0.15	0.17	3.26	3.21
44	19+150	44	0.69	0.34	9.45	9.30
45	19+150	44+45	0.72	0.38	9.21	9.06
46	19+279	46	0.22	0.14	5.22	5.14
47	19+279	44+45+46+47+48	1.51	0.42	17.98	17.68
48	19+425	48	0.54	0.18	10.93	10.75
49	20+725	49	31.75	2.32	116.28	117.58
50	21+476	50	0.64	0.29	9.55	9.40
51	22+025	51	2.88	0.84	24.26	23.85
52	22+025	51+52	2.92	0.87	24.01	23.61
53	22+200	53	12.39	1.90	53.46	52.47
54	22+200	53+54	12.43	1.92	50.97	51.75
55	22+200	51+52+53+54+55	15.40	2.15	58.01	59.23

Tabella 13 – Portata massima ottenuta per Tr 300 anni con metodologia VAPI e metodo di Gumbel. Bacini con superficie $\geq 0.1 \text{ km}^2$

ID	Pk	Sottobacini	Superficie km ²	tc [ore]	TR300	
					Qmax	
					Gumbel [m ³ /s]	VAPI [m ³ /s]
19	8+985	19	0.48	0.18	10.64	10.77
20	9+150	20	0.12	0.02	12.22	12.99
21	9+600	21	1.05	0.44	13.50	13.99
22	9+950	22	0.16	0.07	5.18	6.40
23	11+413	23	16.38	1.93	77.11	80.26
24	12+338	24+25	6.29	0.77	46.27	57.86
25	12+600	25	0.11	0.07	3.46	4.32
26	13+300	26	4.21	0.65	35.16	43.96
28	13+650	28	0.11	0.07	3.45	4.13
29	14+340	29	0.48	0.23	6.65	7.96
30	14+340	29+30	0.91	0.24	13.61	16.31
31	15+005	31	0.45	0.20	7.55	9.04
32	15+428	32	1.72	0.60	14.06	16.85
33	15+917	33	0.28	0.14	6.06	7.26
34	15+917	33+34	0.62	0.24	8.82	10.57
35	16+300	35	0.20	0.10	5.19	6.22
36	16+650	36+37	99.52	6.11	198.27	213.39
37	16+650	37	0.32	0.21	5.39	6.46
38	17+933	38	0.55	0.33	6.99	8.38
39	18+050	39	0.16	0.14	3.36	3.85
41	18+550	41	1.29	0.40	14.92	16.76

ID	Pk	Sottobacini	Superficie km ²	tc [ore]	TR300	
					Qmax	
					Gumbel [m ³ /s]	VAPI [m ³ /s]
42	18+770	42	0.12	0.12	3.12	3.10
43	18+770	43+42	0.15	0.17	3.43	3.41
44	19+150	44	0.69	0.34	9.94	9.89
45	19+150	44+45	0.72	0.38	9.69	9.63
46	19+279	46	0.22	0.14	5.50	5.46
47	19+279	44+45+46+47+48	1.51	0.42	18.92	18.80
48	19+425	48	0.54	0.18	11.50	11.43
49	20+725	49	31.75	2.32	122.56	125.00
50	21+476	50	0.64	0.29	10.05	9.99
51	22+025	51	2.88	0.84	25.53	25.36
52	22+025	51+52	2.92	0.87	25.27	25.10
53	22+200	53	12.39	1.90	56.40	55.78
54	22+200	53+54	12.43	1.92	53.64	55.02
55	22+200	51+52+53+54+55	15.40	2.15	61.05	62.97

5.4.2 Calcolo delle portate di progetto per i bacini con superficie < 0.1km²

La valutazione delle portate generate da bacini caratterizzati da una superficie inferiore a 0.1 km² è stata condotta, vista la bontà dei risultati ottenuti, usufruendo della formulazione monomia di seguito esposta.

Tale formulazione, in accordo agli studi di Mele (1976), Gherardelli-Marchetti (1955), ecc., sembra mettere in relazione la portata al colmo Q dalla superficie scolante S per bacini geomorfologicamente, geologicamente e pluviometricamente simili, quali quelli analizzati nel presente studio. Tale formulazione scritta in termini logaritmici assume la forma:

$$\log Q = \log c + n \cdot \log S$$

che rappresenta nel piano bi-logaritmico una retta di intercetta $\log(c)$ e coefficiente angolare n .

Nel grafico di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati nel piano bi-logaritmico i valori medi di portata determinati con il metodo razionale per i bacini afferenti alla tratta ferroviaria in oggetto per i tempi di ritorno di 200 anni, in funzione dell'area del bacino scolante, utilizzando le altezze di pioggia calcolate con il metodo VAPI e con il metodo di Gumbel.

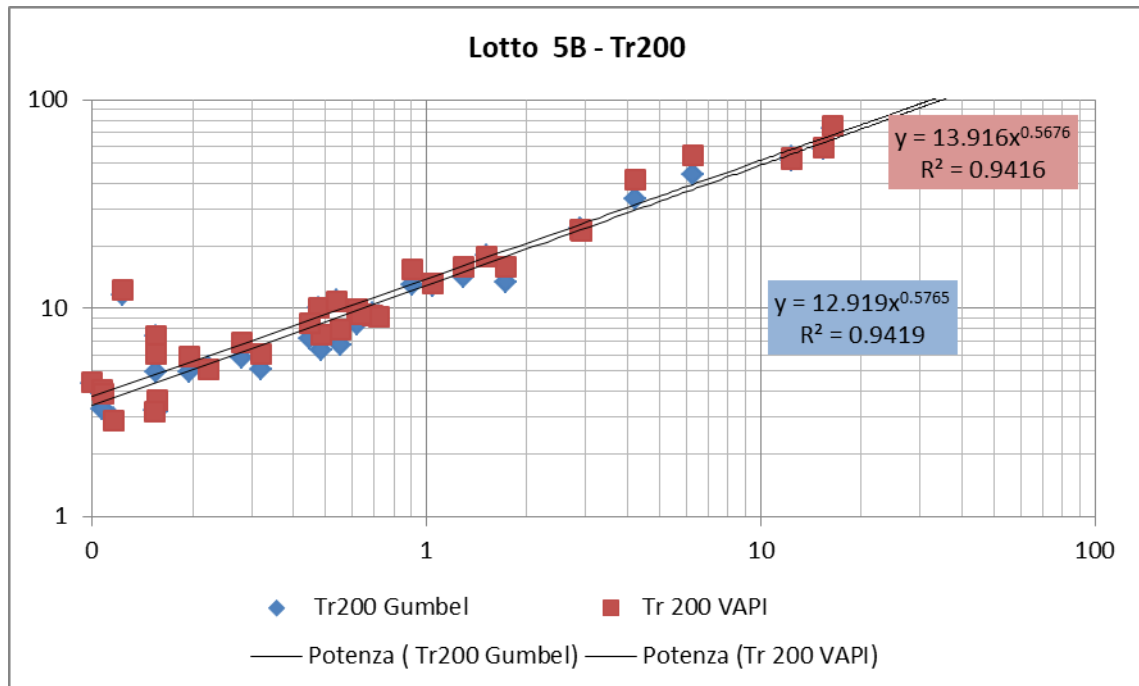


Figura 9 – Correlazione Q - S per i bacini maggiori e minori nella tratta ferroviaria per Tr = 200 anni, calcolata con metodo VAPI e con Gumbel.

I valori delle portate dei bacini minori per Tr = 200 anni sono quindi stati ricavati sulla base delle correlazioni precedentemente individuate.

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle portate ottenute.

Tabella 14 – Portate bacini con superficie <0.1km² ricavate per interpolazione.

ID	Pk	Sottobacini	Superficie km ²	Qregressione	
				Gumbel [m ³ /s]	VAPI [m ³ /s]
27	13+520	27	0.09	3.26	3.58
40	18+230	40	0.07	2.86	3.15
56	22+570	56	0.06	2.66	2.93

5.4.3 Portate di riferimento per le verifiche idrauliche

Le portate di riferimento da utilizzare nelle verifiche idrauliche delle opere di attraversamento sono quelle massime ottenute dall'applicazione del metodo VAPI e del metodo di Gumbel per la determinazione delle altezze di precipitazione.

In conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione Italferr il tempo di ritorno da utilizzare è Tr 200 anni per i bacini con estensione inferiore a 10 km² e Tr 300 anni per i bacini superiori ai 10 km².

Tabella 15 – Portate di progetto.

ID	Pk	Sottobacini	Opera ferroviaria di progetto	Qprogetto [m ³ /s]
19	8+985	19	Tombino IN19A	10.13
20	9+150	20	Tombino IN20A	4.25
21	9+600	21	Viadotto VI10	13.16
22	9+950	22	Viadotto VI11	6.02
23	11+413	23	Viadotto VI12	80.26
24	12+338	24+25	Viadotto VI12	54.43
25	12+600	25	Deviazione sopra Galleria – IN25A	4.07
26	13+300	26	Viadotto VI13	41.36
27	13+520	27	Tombino IN27A	3.58
28	13+650	28	Viadotto VI14	3.88
29	14+340	29	Viadotto VI15	7.49
30	14+340	29+30		15.34
31	15+005	31	Tombino IN30A	8.51
32	15+428	32	Tombino IN31A	15.85
33	15+917	33	-	6.83
34	15+917	33+34	Tombino IN33A	9.94
35	16+300	35	Tombino IN34A	5.85

ID	Pk	Sottobacini	Opera ferroviaria di progetto	Qprogetto [m ³ /s]
36	16+650	36+37	Viadotto VI16	213.39
37	16+650	37	Inalveazione sopra trincea – IN36A	6.08
38	17+933	38	Tombino IN37A	7.88
39	18+050	39	Tombino IN38A	3.63
40	18+230	40	Tombino IN39A	3.15
41	18+550	41	Viadotto VI17	15.76
42	18+770	42	Tombino IN41A	2.96
43	18+770	43+42	Tombino IN41D	3.26
44	19+150	44	Tombino IN42A	9.45
45	19+150	44+45	Tombino IN42B	9.21
46	19+279	46	Tombino IN43A	5.22
47	19+279	44+45+46+47+48	Tombino IN44B	17.98
48	19+425	48	Tombino IN44A	10.93
49	20+725	49	Viadotto VI18	125.00
50	21+476	50	-	9.55
51	22+025	51	Viadotto VI19	24.26
52	22+025	51+52		24.01
53	22+200	53	Viadotto VI20	56.40
54	22+200	53+54		55.02
55	22+200	51+52+53+54+55		62.97
56	22+570	56	Tombino IN51A	2.93

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V., *Valutazione delle piene in Sicilia*, Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo e GNDCI (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.
- G. Ferreri, V. Ferro, Una espressione monomia della curva di probabilità pluviometrica, per durate inferiori all'ora, valida nel territorio siciliano. Bollettino dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo, 1-2, 1989
- Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.
- Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.
- Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977
- Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino Idrografico del Fiume Simeto, Area Territoriale tra il bacino del Fiume Simeto e il bacino del Fiume San Leonardo, Lago di Pergusa, Lago di Maletto – Relazione*, 2005.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.
- 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.
- Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

RELAZIONE IDROLOGICA - TRATTA DA KM 8+920 A KM 22+800

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RI	ID0001 001	C	43 di 44

APPENDICE A - DATI DI PIOGGIA

APPENDICE B – CODICI USO DEL SUOLO

CLASSI DI USO DEL SUOLO / LAND USE CLASSES				
1° livello 1st level	2° livello 2nd level	3° livello 3rd level		
1 Territori modellati artificialmente <i>Artificial surfaces</i>	11 Zone urbanizzate <i>Urban areas</i>	111	Tessuto denso (● nuclei di estensione inferiore a 25 ha) <i>Continuous urban fabric (● settlements smaller than 25 ha)</i>	
		112	Tessuto rado <i>Discontinuous urban fabric</i>	
	12 Zone produttive e infrastrutture <i>Industrial and infrastructural areas</i>	12	121	Aree industriali (■ aree di estensione inferiore a 25 ha) <i>Industrial areas (■ areas smaller than 25 ha)</i>
			122	Infrastrutture generiche <i>General infrastructures</i>
			123	Aree portuali <i>Port areas</i>
			124	Aeroporti <i>Airports</i>
			125	Aree in costruzione, escavazioni, suoli rimaneggiati <i>Construction sites, excavations, earthworks</i>
	13 Zone in trasformazione <i>Transitional areas</i>	13	131	Aree in costruzione, escavazioni, suoli rimaneggiati <i>Construction sites, excavations, earthworks</i>
			132	Discariche <i>Dumps</i>
	14 Zone verdi urbane e zone archeologiche <i>Green urban areas and archaeological areas</i>	14	141	Aree verdi urbane, sportive e ricreative <i>Urban parks, sport and leisure areas</i>
			142	Aree archeologiche (▲ aree di estensione inferiore a 25 ha) <i>Archaeological areas (▲ areas smaller than 25 ha)</i>
			211	Seminativo semplice, irriguo, arborato; foraggiere; colture orticole <i>Arable land irrigated and not locally with tree crops: fodder; horticulture</i>
			212	Colture in serra e sotto tunnel <i>Green houses and cultivations under plastic</i>
	2 Territori agricoli <i>Agricultural areas</i>	22 Legnose agrarie <i>Permanent crops</i>	221	Agrumeto <i>Citrus groves</i>
222			Vigneto <i>Vineyards</i>	
223			Oliveto <i>Olive groves</i>	
224			Mandorlieto <i>Almond groves</i>	
225			Frutteto (f: ficodindieto, k: carrubeto, n: nocciolo, t: pistacchieto) <i>Orchards (f: prickly pear, k: carob, n: hazel, t: pistachio)</i>	
226			Legnose agrarie miste <i>Mixed groves</i>	
227			Associazioni di olivo con altre legnose <i>Associations of olive and other groves</i>	
23 Zone agricole eterogenee <i>Heterogeneous agricultural areas</i>		23	231	Sistemi colturali e particellari complessi <i>Complex cultivation patterns</i>
			232	Seminativo associato a vigneto <i>Associations of annual crops and vineyards</i>
			311	Latifoglie <i>Broad-leaved</i>
3 Territori boscati e ambienti semi-naturali <i>Forest and semi-natural areas</i>	31 Boschi <i>Forests</i>	312	Conifere <i>Coniferous</i>	
		313	Bosco misto <i>Mixed forest</i>	
		314	Aree parzialmente boscate o bosco degradato <i>Partially wooded land or degraded forest</i>	
		321	Macchia e cespuglieto <i>Shrubland</i>	
	32 Aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea <i>Shrub and/or herbaceous vegetation associations</i>	32	322	Pascolo <i>Grassland</i>
			323	Incolto, incolto roccioso <i>Sparsely vegetated areas</i>
			331	Aree in erosione, calanchi, rocce <i>Erosion scars, badlands, rock outcrops</i>
	33 Zone aperte con vegetazione rada o assente <i>Open spaces with little or no vegetation</i>	33	332	Alvei fluviali <i>River beds</i>
			333	Spagge <i>Beaches</i>
			411	Pantani interni <i>Inland marshes</i>
	4 Zone umide <i>Wetlands</i>	41 Zone umide interne <i>Inland wetlands</i>	421	Pantani costieri <i>Coastal marshes</i>
			422	Saline <i>Salines</i>
		5 Corpi idrici <i>Water bodies</i>	51 Acque continentali <i>Inland waters</i>	511
512	Laghi artificiali <i>Reservoirs</i>			
52 Acque marittime e acque di transizione <i>Marine and transitional waters</i>	521		Lagune <i>Lagoons</i>	
	522		Laghi costieri <i>Coastal lakes</i>	

Indicatori di presenze significative non isolabili all'interno di altre classi / Indicators of significant, but not dissociable, occurrences within other classes

 a: agrumi c: ortaggi f: ficodindia k: carrubo m: mandorlo o: olivo p: palma nana s: serre o tendoni v: vite
citrus vegetables prickly pear carob almond olive dwarf palm green houses vine

AGIRA.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

2860 - AGIRA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data
1933	38,0	01/12	76,6	01/12	100,0	01/12	183,0	01/12	235,8	30/11
1934	12,6	14/11	27,6	14/11	33,0	14/11	45,0	25/01	79,0	24/01
1936	60,0	29/09	93,0	29/09	130,2	29/09	131,0	29/09	131,0	29/09
1937	63,0	28/05	74,0	28/05	74,0	28/05	74,0	28/05	74,0	28/05
1941	24,4	02/11	45,0	02/11	59,0	01/11	89,4	01/11	94,0	01/11
1951	18,0	16/10	35,0	16/10	54,0	16/10	89,0	16/10	167,4	16/10
1953	22,0	21/10	34,8	26/10	45,8	23/10	59,0	23/10	78,4	26/10
1954	12,6	27/01	24,8	09/11	33,8	09/11	44,2	09/11	58,4	27/01
1955	24,6	08/05	35,4	12/10	35,4	12/10	52,0	23/01	69,2	23/01
1957	21,4	21/09	26,2	21/09	29,2	21/09	33,8	22/01	48,4	22/01
1958	30,0	06/11	37,8	06/11	51,6	20/11	61,8	20/11	65,6	20/11
1959	24,0	08/07	24,0	08/07	30,0	13/11	49,6	13/11	65,2	12/11
1961	17,2	03/09	18,2	03/09	18,4	03/09	25,2	24/01	26,6	23/01
1962	16,4	08/10	22,6	08/10	22,6	08/10	26,6	29/10	34,2	29/10
1963	19,2	01/10	21,0	19/04	27,6	01/05	36,8	19/04	40,2	19/04
1964	50,8	31/10	82,6	31/10	83,8	31/10	87,6	31/10	101,0	31/10
1965	26,6	30/08	28,0	30/08	36,4	13/10	37,8	13/10	45,6	12/10
1966	16,6	07/10	37,6	07/10	55,2	07/10	58,2	07/10	64,6	07/10
1967	18,4	29/11	21,8	29/11	24,6	29/11	25,8	28/11	41,6	06/02
1968	38,2	08/09	58,8	08/09	50,0	08/09	59,0	08/09	59,0	08/09
1969	22,2	10/09	26,4	10/09	27,4	27/12	29,6	03/03	35,6	16/10
1970	20,6	19/09	23,0	19/09	23,0	19/09	31,2	20/12	31,6	20/12

AGIRA.txt

1971	15,6	12/11	16,6	15/01	24,4	15/01	30,6	15/01	34,0	27/11
1972	17,4	23/12	29,2	30/12	47,2	30/12	75,2	30/12	92,2	30/12
1973	15,4	01/01	40,2	01/01	54,2	01/01	87,8	01/01	170,4	01/01
1974	15,4	06/11	21,0	23/02	34,4	23/02	39,2	23/02	39,4	23/02
1975	20,2	24/05	30,8	16/10	36,2	16/10	36,2	16/10	37,2	16/10
1977	13,0	03/06	14,4	03/06	16,4	20/04	26,0	20/04	36,2	20/04
1978	32,8	20/10	47,6	20/10	64,4	20/10	71,0	20/10	71,0	20/10
1983	21,6	28/09	26,8	28/09	31,4	28/09	36,4	28/09	40,2	28/09
1984	31,6	12/11	39,8	12/11	39,8	12/11	40,4	12/11	46,8	12/11
1985	22,2	28/10	28,8	28/10	37,4	16/01	60,4	16/01	78,2	16/01
1986	24,0	09/10	37,0	09/10	37,4	07/03	42,6	07/03	45,8	06/03
1987	15,0	12/05	22,6	03/11	39,4	03/11	47,6	03/11	49,8	03/11
1989	31,8	25/08	31,8	25/08	31,8	25/08	36,8	13/10	43,2	13/10
1990	44,2	20/07	44,4	20/07	44,4	20/07	44,4	20/07	44,4	20/07
1991	41,4	12/10	84,0	12/10	97,2	12/10	112,0	12/10	116,0	12/10
1992	14,8	20/05	26,0	25/01	44,0	25/01	66,0	25/01	91,2	25/01
1994	21,8	21/10	34,0	21/10	37,6	21/10	66,2	21/10	66,6	21/10
2014	20,0	28/10	22,2	28/10	26,2	06/11	38,6	06/11	43,4	06/11

VALGUARNERA.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

2960 - VALGUARNERA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	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

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

TORRICCHIA.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

2970 - TORRICCHIA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data
1969	21,4	07/09	23,0	09/04	26,8	09/04	31,8	23/09	44,6	23/09
1970	15,8	17/10	15,8	17/10	16,2	04/03	21,6	20/12	26,8	16/10
1971	15,2	09/07	38,6	02/10	39,8	02/10	44,6	02/10	53,2	05/10
1972	21,4	21/10	38,4	21/10	41,6	30/12	66,8	30/12	76,4	30/12
1973	20,2	01/01	29,6	01/01	40,4	01/01	57,4	01/01	112,8	01/01
1974	14,4	11/04	15,4	23/02	20,2	23/02	20,8	23/02	29,0	10/04
1975	7,6	04/03	15,0	27/08	26,4	16/10	30,6	27/08	30,6	27/08
1976	22,0	05/10	38,0	05/10	44,8	21/12	86,2	21/12	105,6	21/12
1977	16,2	07/09	16,8	07/09	16,8	07/09	19,6	20/04	26,4	20/04
1978	16,8	20/10	27,0	31/03	33,6	31/03	33,6	31/03	34,6	31/03
1979	32,0	02/10	32,6	02/10	32,8	02/10	34,4	25/10	40,8	25/10
1980	34,4	12/03	48,4	12/03	52,0	12/03	60,2	11/03	65,2	11/03
1981	22,0	19/08	22,0	19/08	22,0	19/08	22,0	19/08	24,4	22/02
1982	20,2	29/10	31,6	28/10	31,8	28/10	44,0	28/10	58,8	28/10
1984	27,8	12/11	35,6	12/11	36,4	12/11	37,4	28/12	51,8	28/12
1986	30,0	07/03	58,6	07/03	65,2	07/03	71,2	07/03	76,6	06/03
1988	38,4	08/08	41,8	08/08	48,4	01/12	71,4	01/12	75,8	01/12
1989	44,0	18/07	44,0	18/07	44,0	18/07	44,0	18/07	44,0	18/07
1990	21,0	07/09	37,6	24/12	41,4	24/12	44,0	24/12	46,4	24/12
1991	26,2	13/10	39,0	12/10	46,2	12/10	53,0	26/01	82,0	12/10
1998	8,0	11/10	13,6	11/10	26,0	11/10	29,0	11/10	37,0	02/10
1999	18,8	04/10	26,4	30/11	40,0	30/11	66,4	29/11	93,4	29/11

TORRICCHIA.txt

2000	23,0	30/09	26,2	30/09	31,0	30/09	52,0	13/01	64,8	13/01
2002	37,4	30/07	37,4	30/07	37,4	30/07	37,4	30/07	38,0	29/07

RADDUSA.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

3000 - RADDUSA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	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

POZZILLO DIGA.txt
 Idrografico di PALERMO
 Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

2850 - DIGA POZZILLO

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data
1963	16,4	10/12	28,0	10/12	33,2	10/12	40,8	19/04	42,4	19/04
1964	28,0	12/06	58,8	31/10	74,2	31/10	74,4	31/10	81,0	30/10
1965	17,0	19/10	17,8	19/10	19,0	19/10	22,4	19/10	32,4	19/10
1966	26,4	07/10	26,6	07/10	36,2	07/10	46,0	07/10	51,8	07/10
1967	10,0	06/02	17,4	06/02	25,4	06/02	27,0	06/02	46,4	06/02
1983	22,4	23/05	24,2	02/11	37,4	02/11	40,0	01/11	41,8	01/11
1986	21,4	05/09	36,0	07/03	45,8	07/03	54,2	07/03	55,0	07/03
1991	39,0	17/09	43,4	17/09	43,4	17/09	53,2	12/10	71,0	12/10
1997	24,0	12/08	34,2	12/08	35,4	12/08	47,8	12/08	47,2	12/08
1998	7,6	12/08	13,2	28/04	25,4	28/04	26,2	31/01	29,8	31/01
1999	19,8	02/08	31,2	01/01	32,8	01/01	39,0	01/01	51,0	01/01
2000	15,0	15/10	26,4	15/10	33,0	12/04	42,0	13/01	55,0	13/01
2001	26,2	21/08	26,2	21/08	26,2	21/08	26,2	21/08	27,4	19/01
2002	27,0	22/08	27,0	22/08	29,2	18/11	29,2	18/11	29,2	18/11
2003	22,2	01/08	32,4	01/08	32,4	01/08	32,4	01/08	40,8	11/12

CENTURIFE.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

2880 - CENTURIFE

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data
1928	15,6	10/12	23,0	10/07	32,2	10/12	37,4	29/01	49,8	29/01
1929	25,6	16/06	34,4	28/10	46,4	16/06	46,4	16/06	46,4	16/06
1931	11,4	20/02	21,8	20/02	34,6	20/02	58,0	20/02	86,8	20/02
1932	12,0	19/11	21,8	21/11	24,7	21/11	36,8	12/11	47,8	12/11
1933	21,0	01/12	49,8	01/12	74,4	01/12	147,8	01/12	196,0	30/11
1934	19,8	22/11	27,0	22/11	32,0	25/01	55,0	25/01	62,2	25/01
1935	28,8	15/09	38,0	13/11	49,0	12/03	86,0	12/03	143,4	12/03
1946	28,6	18/09	29,0	15/03	32,8	14/03	35,2	14/03	48,2	27/12
1948	28,6	02/09	32,0	04/10	60,0	14/09	64,0	10/11	88,0	10/11
1951	39,8	16/10	69,2	16/10	112,8	16/10	170,4	16/10	261,2	15/10
1954	45,4	10/11	62,0	10/11	76,4	10/11	85,4	09/11	99,0	09/11
1965	23,8	19/10	27,6	19/10	36,0	19/10	39,8	19/10	61,0	19/10
1966	8,2	30/09	12,0	17/05	20,2	17/05	22,8	16/05	37,2	16/05
1968	17,6	05/06	25,0	05/06	25,2	05/06	25,4	05/06	25,6	05/06
1970	4,6	04/03	10,0	04/03	15,4	04/03	19,8	04/03	20,0	04/03
1974	17,6	10/01	23,0	10/01	29,4	10/01	29,6	10/01	30,2	06/11
1977	17,4	23/01	20,4	23/01	22,0	23/01	22,4	23/01	22,6	23/01
1980	16,2	30/03	18,8	19/12	24,6	18/12	36,4	18/12	46,6	18/12
1983	22,4	30/09	25,4	02/11	41,0	01/11	48,4	01/11	48,6	01/11
1984	16,4	19/12	17,2	19/12	19,2	29/12	28,2	29/12	43,8	28/12
1985	16,2	13/03	21,4	13/03	38,4	13/03	51,4	16/01	88,8	15/01
1987	37,0	10/11	38,4	10/11	38,4	10/11	41,8	10/11	43,6	10/11

CENTURIFE.txt

1988	24,0	05/03	27,0	05/03	30,1	05/03	42,0	05/03	65,0	05/03
1990	60,4	01/08	69,4	01/08	69,4	01/08	69,4	01/08	69,4	01/08
1991	41,4	12/10	43,6	12/10	53,2	12/10	74,6	12/10	83,2	12/10
1992	11,8	25/01	21,2	25/01	34,0	25/01	46,0	25/01	62,6	25/01
1994	11,4	20/12	17,4	20/10	20,8	20/10	27,0	20/10	27,0	20/10
1995	15,4	31/07	16,4	06/12	16,6	06/12	19,6	06/12	23,2	24/11
1997	18,4	12/08	32,8	12/08	32,8	12/08	33,6	08/10	49,0	15/09
1998	8,8	24/01	20,8	11/10	31,2	11/10	34,6	11/10	38,8	02/10
2000	29,8	30/09	34,0	30/09	39,8	15/10	39,8	15/10	39,8	15/10
2001	12,2	18/10	13,2	24/08	13,2	24/08	13,2	24/08	21,8	28/02
2002	31,2	05/11	33,2	05/11	33,2	05/11	33,2	05/11	33,2	05/11

CATENANUOVA.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 08/11/2018

2980 - CATENANUOVA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data	Pioggia	Data
1975	20,8	11/12	22,4	16/10	30,4	16/10	34,4	27/08	35,4	27/08
1977	18,0	23/01	24,0	23/01	24,6	23/01	24,8	23/01	30,0	20/04
1978	21,0	21/09	24,6	05/01	28,2	05/01	28,4	05/01	28,6	05/01
1979	14,8	16/03	28,8	01/03	39,4	01/03	49,8	25/10	56,8	25/10
1980	20,6	06/09	22,0	06/09	38,2	06/09	38,2	06/09	55,8	18/12
1981	14,6	22/02	22,4	22/02	25,4	22/02	28,2	22/02	32,6	21/02
1982	16,0	29/10	22,6	16/09	31,6	26/01	33,8	17/02	41,8	17/02
1983	32,2	28/09	46,6	28/09	52,6	28/09	61,6	28/09	72,6	28/09
1984	19,4	12/11	26,4	12/11	27,4	12/11	44,6	29/12	59,4	29/12
1985	22,0	28/10	25,6	28/10	27,2	28/10	50,2	16/01	86,2	16/01
1986	26,6	21/09	27,2	21/09	39,2	07/03	46,4	07/03	51,4	06/03
1987	64,4	10/11	67,2	10/11	71,2	10/11	71,6	10/11	72,8	10/11
1988	18,8	05/03	26,0	05/03	40,2	05/03	60,0	04/03	86,6	04/03
1989	11,0	19/11	13,2	04/01	19,0	04/01	24,8	04/01	27,4	04/01
1990	25,8	07/10	30,6	07/10	32,4	24/12	35,6	24/12	38,6	24/12
1991	25,0	05/09	30,8	26/01	41,8	26/01	56,4	26/01	57,6	26/01
1992	22,0	25/01	51,8	25/01	67,0	25/01	101,6	25/01	151,0	25/01
1993	54,0	01/03	60,2	01/03	62,0	01/03	62,0	01/03	63,8	01/03
1994	30,0	21/10	41,6	21/10	47,4	21/10	54,8	21/10	55,2	21/10
1995	23,2	09/12	24,6	09/12	28,2	09/12	36,0	09/12	38,0	09/12
1996	30,0	21/07	31,0	21/08	36,4	18/08	37,6	18/08	47,8	13/01
1997	41,0	12/08	54,0	15/09	54,0	15/09	55,6	15/09	68,2	15/09

CATENANUOVA.txt

1998	20,0	10/08	20,6	10/08	21,0	28/04	21,6	28/04	29,2	24/03
1999	31,6	07/09	43,8	01/01	48,8	01/01	61,8	30/11	103,2	29/11
2000	32,2	16/06	32,2	16/06	48,4	15/10	50,0	26/10	57,4	13/01
2001	9,4	25/08	12,4	28/02	14,6	20/01	25,0	19/01	27,6	19/01
2002	16,2	19/08	16,6	19/08	21,6	07/05	22,4	07/05	22,6	07/05
2014	18,8	07/11	25,4	24/01	34,0	06/11	51,2	06/11	74,8	06/11