

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI PROGETTI PALERMO

SOGGETTO TECNICO:



DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI PALERMO
S. O. INGEGNERIA DI PALERMO

PROGETTAZIONE:

SINTAGMA S.r.l. - ITALIANA SISTEMI S.r.l.

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA



PROGETTO DEFINITIVO

CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016

**Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento
per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo**

STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

SCALA -

Relazione idrologica

Foglio - di -

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
3 0 4 8 1 7	S 0 1	P D	T G - -	0 3	0 0 0	E 0 0 0 1

Rev.	Descrizione	Progettista			RFI			
		Redatto	Verificato	Approvato	Verificato Team Ver.	Verificato C.	Approvato	Autorizzato
A	Emissione	OTT. 18	OTT. 18	OTT. 18				
		L. Rossetti	Ing. Nani	Ing. Granieri	D.T.	D.T.	Ing. Martinelli	Ing. Palazzo
B	Recepimento Odl	LUG. 19	LUG. 19	LUG. 19				
		L. Rossetti	Ing. Nani	Ing. Granieri	D.T.	D.T.	Ing. Martinelli	Ing. Palazzo

LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZ.
Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

Sommario

1	Introduzione.....	2
1.1	Elenco delle opere idrauliche	3
2	Analisi pluviometrica.....	9
2.1	Analisi al pluviometro (Regione Siciliana)	9
2.2	Evento del 16 Settembre 2009.....	12
2.3	Regionalizzazione VAPI.....	14
2.4	Regionalizzazione PAI Regione Siciliana	20
2.5	Pioggie brevi	26
3	Stima delle portate di piena.....	29
3.1	Modellazione afflussi deflussi	29
3.2	Caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati.....	30
3.3	Valutazione del tempo di concentrazione del bacino.....	37
3.4	Portate di progetto.....	43

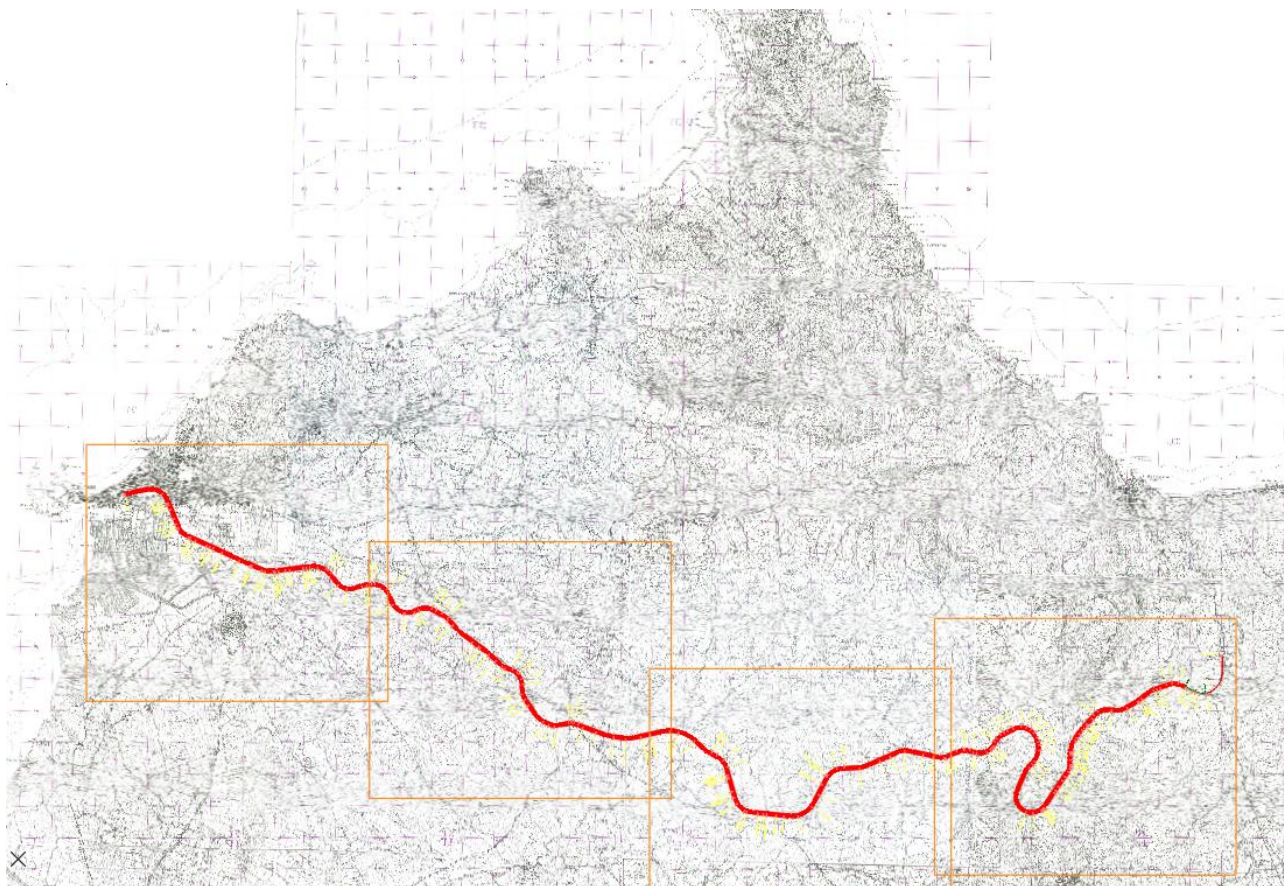
1 Introduzione

La presente relazione descrive le indagini e le verifiche idrologiche condotte nell'ambito del progetto definitivo per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo, in particolare per la tratta ferroviaria Alcamo Diramazione – Trapani.

Tale tratta ha una lunghezza di circa 47 km, è interamente a singolo binario non elettrificato e presenta 11 opere maggiori principali (viadotti), 7 ponticelli con luce maggiore o uguale a 5 metri e numerose opere d'arte minori (principalmente tombini ad arco di luce variabile tra 0,8 e 4 metri). L'andamento del tracciato ferroviario è rappresentato in figura 1.1, con direzione prevalente est – ovest.

L'intero tracciato è suddiviso in quattro tratte, con la tratta 1 posta più ad est (lato Alcamo) e la tratta terminale (n° 4) che entra nella città di Trapani.

Figura 1.1 – Andamento del tracciato della tratta Alcamo - Trapani



In particolare nel presente studio verranno esaminate dal punto di vista idrologico le opere minori (tombini e ponticelli) inseriti per la risoluzione delle interferenze che vengono a formarsi lungo il tracciato con numerosi piccoli bacini e compluvi.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione idrologica	

Poiché la base di studio dei bacini versanti delimitati dal tracciato ferroviario – costituita dalla corografia bacini allegata - è di tipo “space-filling”, ricomprende cioè tutte le vie d’acqua interferite, si sono considerate e catalogate le interferenze incontrate lungo il tracciato nella loro totalità, attribuendo ad essere un numero crescente in accordo con le progressive (da Alcamo verso Trapani).

Gli argomenti principali che vengono affrontati nello studio sono i seguenti:

- Studio pluviometrico: vengono confrontati i risultati di diverse metodologie per la definizione del clima pluviometrico nell’area di interesse, con particolare riferimento alle piogge brevi ed intense. E’ stato assunto come criterio di progetto la regionalizzazione delle precipitazioni individuata nell’ambito del PAI della Regione Siciliana e descritta nel capitolo 2; per confronto, sono state anche valutate le elaborazioni della precedente regionalizzazione VAPI (di Cannarozzo et al., 1993) e le analisi al pluviometro condotte dal Servizio Rischi Idrogeologici e Ambientali della Regione Siciliana (Dipartimento della protezione civile).
Per le precipitazioni brevi si è fatto riferimento ai coefficienti di riduzione indicati nel manuale Hoepli “Centro Studi Deflussi Urbani - Sistemi di fognatura”, derivanti dallo studio condotto sul pluviometro di Milano Monviso.
- Stima delle portate al colmo: è stata effettuata attraverso la trasformazione afflussi deflussi, valutando il tempo caratteristico (tempo di concentrazione) attraverso l’applicazione di formulazioni adatte per bacini di piccole dimensioni e rapida concentrazione dei deflussi. La portata al colmo è stimata attraverso l’applicazione della formula razionale, assumendo che il tempo di ritorno dell’evento pluviometrico e di quello idrometrico siano uguali ed entrambi pari a 200 anni.

1.1 Elenco delle opere idrauliche

L’elenco delle opere idrauliche analizzate è riportata per ciascuna delle quattro tratte nelle tabelle seguenti.

Per ciascuna opera sono indicate:

- la tratta di riferimento
- il numero progressivo dell’opera
- la progressiva chilometrica
- l’identificativo dell’opera
- il tipo di opera (maggiore, minore)
- le caratteristiche desunte dal rilievo.

Le tipologie di opere prevalenti sono i tombini ad arco in muratura, con luce variabile (0,8 metri, 1 metro, 2 metri, 3 metri). Sono presenti inoltre alcuni ponticelli di luce variabile da 4, da 6 e da 10 metri.

Lo studio idrologico condotto è volto a fornire una stima della portata da attribuirsi a ciascuna di queste opere, necessaria per le successive verifiche idrauliche.

Lotto	N°	PK	Tombino/viadotto	Tipo di opera	opera esistente/rilevata
TRATTA 1	1	74+283,72	Tombino 74+283,72	op. min.	tombino ad arco b= 2.5 m
TRATTA 1	2	74+659,28	Viadotto 74+659,28	op. magg.	Viadotto a 4 luci di m. 15,00
TRATTA1	3	74+990,19	Tombino 74+990,19	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	4	75+098,13	Tombino 75+098,13	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA1	5	75+279,13	Tombino 75+279,13	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	6	75+792,20	Tombino 75+792,20	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA1	7	76+891,87	Tombino 76+891,87	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	8	77+042,54	Tombino 77+042,54	op. min.	tombino ad arco b= 6 m
TRATTA1	9	77+425,90	Tombino 77+425,90	op. min.	tombino ad arco b= 2 m
TRATTA1	10	77+927,20	Ponte 77+927,20	op. min.	Sottopasso di m. 6,00
TRATTA1	11	78+888,83	Ponte 78+888,83	op. min.	Ponte di m. 8,00
TRATTA1	12	78+926,42	Tombino 78+926,42	cavalcavia	
TRATTA1	13	79+044,05	Tombino 79+044,05	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	14	79+134,11	Tombino 79+134,11	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA 1	15	79+277,48	Tombino 79+277,48	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	16	79+438,30	Tombino 79+438,30	op. min.	Ponte-Sottopasso di m. 3,00
TRATTA1	17	79+537,57	Tombino 79+537,57	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA1	19	79+953,70	Tombino 79+953,70	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA 1	21	80+189,83	Tombino 80+189,83	op. min.	tombino larghezza 1
TRATTA1	22	80+342,76	Tombino 80+342,76	op. min.	tombino larghezza 1
TRATTA1	23	80+466,70	Tombino 80+466,70	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA1	24	80+570,96	Tombino 80+570,96	op. magg.	
TRATTA1	25	80+752,46	Tombino 80+752,46	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA1	26	80+902,26	Tombino 80+902,26	op. min.	
TRATTA1	27	81+126,21	Tombino 81+126,21	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	28	81+274,62	Tombino 81+274,62	op. min. (non rilevata)	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	30	82+048,60	Viadotto 82+048,60	op. min.	Viadotto a 4 luci di m. 10,00
TRATTA1	31	82+309,81	Tombino 82+309,81	op. magg.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	32	84+306,13	Tombino 84+306,13	op. magg.	tombino ad arco b= 1 m

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>PK</i>	<i>Tombino/viadotto</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>opera esistente/rilevata</i>
TRATTA1	33	84+776,61	Tombino 84+776,61	op. magg.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	34	85+187,63	Tombino 85+187,63	op. magg.	
TRATTA1	35	85+785,43	Tombino 85+785,43	op. magg.	ponte canale 2 m
TRATTA1	36	86+035,23	Tombino 86+035,23	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	37	86+232,14	Viadotto 86+232,14	op. min.	Viadotto a 11 luci
TRATTA1	38	86+345,54	Viadotto 86+345,54	op. min.	Viadotto a 6 luci di m. 15,00
TRATTA1	39	86+741,29	Viadotto 86+741,29	op. min.	Viadotto a 5 luci
TRATTA1	40	86+880,50	Viadotto 86+880,50	op. min.	Viadotto a 5 luci di m. 15,00
TRATTA1	41	87+167,90	Viadotto 87+167,90	op. magg.	Viadotto a 5 luci
TRATTA1	42	87+584,19	Tombino 87+584,19	op. esistente – da eliminare	Ponte obliquo di m. 3,00
TRATTA1	43	87+707,05	Tombino 87+707,05	op. min.	tombino ad arco b= 2 m
TRATTA1	44	87+880,00	Tombino 87+880,00	op. min.	tombino ad arco b= 2 m
TRATTA1	45	87+898,53	Tombino 87+898,53	op. esistente – da eliminare	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	46	88+119,13	Tombino 88+119,13	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA1	47	88+340,63	Viadotto 88+340,63	op. min.	Viadotto a 2 luci

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>PK</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>opera esistente/rilevata</i>
TRATTA2	48	88+541,55	Tombino 88+541,55	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	49	88+896,55	Tombino 88+896,55	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	50	89+223,09	Ponte 89+223,09	op. min.	Sottopasso (ponte) di m. 10,00
TRATTA2	51	89+820,71	Ponte 89+820,71	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 6,00
TRATTA2	52	90+334,69	Tombino 90+334,69	op. min.	Sottopasso di m. 8,00
TRATTA2	53	92+072,01	Tombino 92+072,01	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	54	92+412,00	Tombino 92+412,00	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 3,00
TRATTA2	55	92+474,86	Tombino 92+474,86	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	56	92+760,40	Tombino 92+760,40	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 3,00
TRATTA2	57	93+097,68	Tombino 93+097,68	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	58	93+533,64	Tombino 93+533,64	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	59	94+045,74	Tombino 94+045,74	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	60	94+736,60	Ponte 94+736,60	op. min.	Sottopasso (ponte) di m. 10,00
TRATTA2	61	95+038,71	Tombino 95+038,71	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 3,00
TRATTA3	62	95+310,65	Tombino 95+310,65	op. min.	tombino ad arco b= 0.8

TRATTA2	63	95+667,38	Tombino 95+667,38	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	64	96+254,37	Tombino 96+254,37	op. min.	sottopasso (ponte)di m. 3,00
TRATTA2	65	96+460,45	Tombino 96+460,45	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	66	96+881,30	Tombino 96+881,30	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	67	97+249,44	Viadotto 97+249,44	op. magg.	Viadotto a 4 luci di m. 15,00
TRATTA2	68	97+485,96	Viadotto 97+485,96	op. magg.	Viadotto a 4 luci di m. 15,00
TRATTA2	69	97+738,01	Tombino 97+738,01	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	70	97+918,25	Tombino 97+918,25	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA2	71	98+577,05	Tombino 98+577,05	op. min.	sottopasso (ponte)di m. 3,00
TRATTA2	72	99+175,20	Viadotto 99+175,20	op. magg.	Viadotto a 12 luci
TRATTA2	73	99+457,96	Tombino 99+457,96	op. min.	tombino ad arco b= 2 m

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>PK</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>opera esistente/rilevata</i>
TRATTA3	74	100+089.67	Tombino 100+089.67	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	75	100+392.42	Tombino 100+392.42	op. min.	Ponte di m. 5,00
TRATTA3	76	100+871.38	Tombino 100+871.38	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	77	101+835.34	Tombino 101+835.34	op. min.	Sottovia m. 6
TRATTA3	78	102+442.46	Tombino 102+442.46	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	79	102+664.05	Ponte 102+664.05	op. min.	Ponte di m. 6,00
TRATTA3	80	102+739.72	Tombino 102+739.72	op. min.	Sottopasso m. 4
TRATTA3	81	103+205.74	Tombino 103+205.74	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA3	82	103+777.38	Tombino 103+777.38	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	83	104+486.92	Tombino 104+486.92	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	84	104+684.86	Ponte 104+684.86	op. min.	Ponte di m. 6,00
TRATTA3	85	104+973.87	Tombino 104+973.87	op. min.	tombino scatolare b= 1 m
TRATTA3	86	105+148.18	Tombino 105+148.18	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA3	87	105+318.58	Tombino 105+318.58	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA3	88	105+552.55	Tombino 105+552.55	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA3	89	105+778.78	Tombino 105+778.78	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA3	90	105+884.94	Tombino 105+884.94	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA3	91	106+146.19	Tombino 106+146.19	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA3	92	106+444.77	Tombino 106+444.77	op. min.	tombino ad arco b= 2 m
TRATTA3	93	106+798.91	Tombino 106+798.91	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA3	94	107+914.12	Tombino 107+914.12	op. min.	Ponte di m. 4,00

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>PK</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>opera esistente/rilevata</i>
TRATTA3	95	108+142.73	Tombino 108+142.73	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA3	96	108+197.27	Tombino 108+197.27	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	97	108+421.14	Tombino 108+421.14	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA3	98	108+632.56	Tombino 108+632.56	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA3	99	108+776.14	Tombino 108+776.14	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA3	100	109+202.84	Tombino 109+202.84	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA3	101	109+354.00	Tombino 109+354.00	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA3	102	109+658.66	Tombino 109+658.66	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA3	103	110+107.55	Tombino 110+107.55	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA3	104	110+621.70	Tombino 110+621.70	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA4	105	110+913.62	Tombino 110+913.62	op. min.	nuova opera
TRATTA4	106	111+032.15	Tombino 111+032.15	op. min.	Ponte di m. 4,00
TRATTA4	107	111+128.22	Tombino 111+128.22	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	108	111+283.92	Tombino 111+283.92	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	109	111+444.31	Tombino 111+444.31	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	110	112+226.42	Tombino 112+226.42	op. min.	Ponte di m. 3,00
TRATTA4	111	112+659.37	Tombino 112+659.37	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	112	112+850.87	Tombino 112+850.87	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	113	113+112.73	Tombino 113+112.73	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	114	113+374.10	Tombino 113+374.10	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	115	113+585.57	Tombino 113+585.57	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	116	114+011.60	Tombino 114+011.60	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	117	114+371.16	Tombino 114+371.16	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	118	114+531.39	Tombino 114+531.39	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	119	114+794.24	Tombino 114+794.24	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	120	114+897.20	Tombino 114+897.20	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	121	116+265.86	Tombino 116+265.86	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	122	116+576.82	Tombino 116+576.82	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	123	116+693.11	Tombino 116+693.11	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	124	116+798.90	Tombino 116+798.90	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m
TRATTA4	125	117+182.72	Tombino 117+182.72	op. min.	tombino ad arco b= 1 m
TRATTA4	126	117+883.12	Tombino 117+883.12	op. min.	tombino b= 2 m
TRATTA4	127	117+992.93	Tombino 117+992.93	op. min.	tombino b= 0,6 m

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>PK</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>opera esistente/rilevata</i>
TRATTA4	128	118+639.06	Tombino 118+639.06	op. min.	tombino
TRATTA4	129	118+677.26	Tombino 118+677.26	op. min.	tombino b= 0,6 m
TRATTA4	130	119+063.77	Tombino 119+063.77	op. min.	tombino b= 0,6 m

2 Analisi pluviometrica

In questa sezione si descrivono le diverse metodologie utilizzate per la definizione di una curva di possibilità pluviometrica sul progetto in esame.

2.1 Analisi al pluviometro (Regione Siciliana)

Il Servizio Rischi Idrogeologici e Ambientali della Regione Siciliana (Dipartimento della protezione civile) ha elaborato le stime di altezza di precipitazione per assegnato tempo di ritorno sulla base dei dati al pluviometro per le stazioni con record di dati di sufficiente significatività statistica. I dati sono riferiti al periodo 1924 – 2002.

Sono presenti, in particolare, la stazione di Alcamo e quella di Palermo, di cui vengono date le caratteristiche nella tabella seguente (coordinate geografiche Est Nord e quota):

Stazione	X	Y	quota
Alcamo	2340759	4204731	256
Trapani	2301122	4210259	2

Per tali stazioni sono stati calcolate le altezze di pioggia per tempi di ritorno di 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100 e 200 anni, insieme ai valori (tabellati) dell'esponente n di crescita con la durata dell'altezza di precipitazione stessa, in accordo con una formula di tipo monomio.

Sono inoltre indicati i valori dei rapporti $K(T)$ che determinano il rapporto tra l'altezza di pioggia con assegnato tempo di ritorno e l'altezza media.

I dati per la stazione di Alcamo sono riportati nella tabella seguente:

TR	a	K(T) inferito	nesponente di crescita
anni	mm	-	-
2	26.5	0.981	0.22
3	30.8	1.141	0.22
5	35.7	1.322	0.23
10	41.8	1.548	0.23
20	47.6	1.763	0.23
30	51	1.889	0.23
40	53.3	1.974	0.23
50	55.2	2.044	0.23
100	60.9	2.256	0.24
200	66.5	2.463	0.24

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

I dati per la stazione di Trapani sono riportati nella tabella seguente:

TR	a	K(T) inferito	n da tabella
anni	mm	-	-
2	23.7	0.814	0.25
3	29.6	1.021	0.26
5	36.1	1.245	0.27
10	44.3	1.528	0.27
20	52.1	1.797	0.27
30	56.6	1.952	0.27
40	59.8	2.062	0.27
50	62.2	2.145	0.27
100	69.8	2.407	0.28
200	77.4	2.669	0.28

Le altezze di piogge orarie stimate al pluviometro per un tempo di ritorno di riferimento di 200 anni sono pari a 77,4 millimetri a Trapani e 66,5 per Alcamo. Tali valori rappresentano un confronto per le altre metodologie sviluppate su base regionale di cui si dà evidenza nel seguito.

Stralci delle tabelle prodotte dal Servizio Rischi Idrogeologici e Ambientali della Regione Siciliana (Dipartimento della protezione civile) sono riportate nellapagina seguente.

Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno - stazioni della Sicilia occidentale

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

BACINO DEL FIUME ROSMARINO																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
ALCARA LI FUSI	2493521	4208425	400	22	24.6	0.40	29.3	0.39	34.6	0.38	41.2	0.37	47.5	0.36	51.2	0.36	53.8	0.35	55.7	0.35	61.9	0.35	68.0	0.34
MERENDINA	2495493	4205624	520	16	24.9	0.33	29.2	0.32	33.9	0.31	39.8	0.30	45.4	0.29	48.7	0.28	50.9	0.28	52.7	0.28	58.2	0.28	63.6	0.27
MILITELLO ROSMARINO	2491458	4210439	452	16	36.0	0.27	41.7	0.27	48.1	0.28	56.1	0.28	63.8	0.28	68.2	0.28	71.3	0.28	73.7	0.28	81.2	0.28	88.6	0.28

BACINO DEL FIUME SAN BARTOLOMEO																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
CALATAFIMI	2333222	4197475	345	45	23.0	0.26	28.1	0.24	33.9	0.23	41.1	0.22	48.0	0.21	52.0	0.20	54.8	0.20	57.0	0.20	63.8	0.19	70.5	0.19

BACINI MINORI TRA SAN BARTOLOMEO E BIRGI																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
CAPO SAN VITO	2321710	4227710	3	30	19.5	0.24	23.0	0.23	26.8	0.23	31.6	0.22	36.3	0.22	38.9	0.21	40.8	0.21	42.2	0.21	46.7	0.21	51.2	0.21
CASTELLAMARE	2334365	4210209	63	31	25.0	0.24	30.6	0.22	36.8	0.20	44.6	0.19	52.1	0.18	56.4	0.17	59.4	0.17	61.8	0.16	69.1	0.16	76.4	0.15
LENTINA	2315997	4214158	93	41	26.7	0.23	34.7	0.25	43.5	0.27	54.5	0.28	65.0	0.29	71.0	0.30	75.2	0.30	78.5	0.30	88.6	0.31	98.7	0.31
SANT'ANDREA BONAGIA	2310698	4214511	55	41	27.5	0.22	36.2	0.24	45.8	0.24	57.9	0.25	69.5	0.25	76.1	0.26	80.8	0.26	84.4	0.26	95.6	0.26	106.8	0.26
SPECCHIA	2316093	4204066	140	25	22.9	0.23	27.4	0.21	32.5	0.20	39.0	0.19	45.1	0.19	48.6	0.18	51.1	0.18	53.1	0.18	59.0	0.18	65.0	0.17
TRAPANI	2301122	4210259	2	55	23.7	0.25	29.6	0.26	36.1	0.27	44.3	0.27	52.1	0.27	56.6	0.27	59.8	0.27	62.2	0.27	69.8	0.28	77.4	0.28

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

BACINO DEL FIUME GIANCALDARA																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
FELLAMONICA	2355959	4203089	226	31	25.1	0.24	30.4	0.29	36.3	0.33	43.8	0.36	50.9	0.38	55.0	0.38	57.9	0.39	60.2	0.39	67.1	0.40	74.0	0.41
SAN GIUSEPPE IATO	2361003	4204985	462	24	24.5	0.28	30.5	0.28	36.7	0.29	44.1	0.29	51.1	0.29	55.0	0.29	57.8	0.29	59.9	0.29	66.5	0.29	73.1	0.29

BACINI MINORI TRA GIANCALDARA E SAN BARTOLOMEO																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
ALCAMO	2340759	4204731	256	16	26.5	0.22	30.8	0.22	35.7	0.23	41.8	0.23	47.6	0.23	51.0	0.23	53.3	0.23	55.2	0.23	60.9	0.24	66.5	0.24

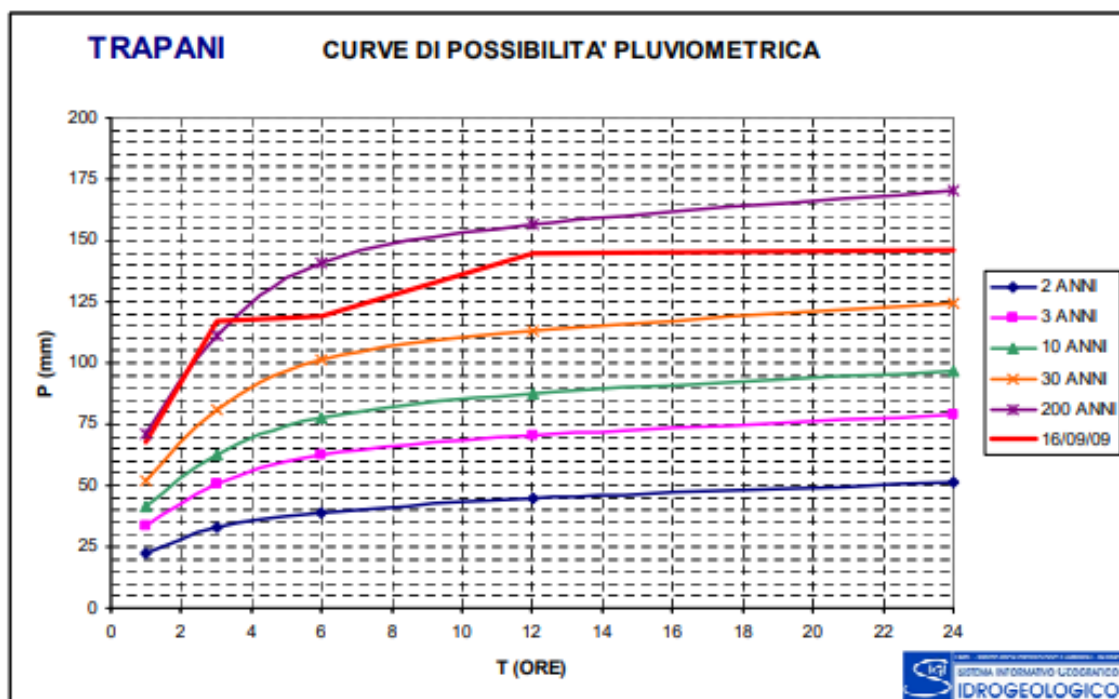
2.2 Evento del 16 Settembre 2009

Il 16 Settembre 2009 la Sicilia occidentale è stata oggetto di un evento di pioggia di notevole rarità.

A titolo di confronto con le indicazioni e i risultati contenuti nella presente relazione e ottenuti dall'applicazione di diverse metodologie, si riporta una figura di confronto delle altezze di precipitazione per diversi tempi di ritorno con le altezze di precipitazione per la stazione di Trapani rilevate in occasione del suddetto evento. La figura è tratta dal rapporto di evento redatto dal Servizio Rischi Idrogeologici e Ambientali della Regione Siciliana (Dipartimento della protezione civile)

In particolare, l'altezza di precipitazione risultante è leggermente superiore a 70 mm per una durata di 1 ora, ponendo l'evento su una rarità compresa in termini di tempo di ritorno tra i 100 e i 200 anni. Per tre ore (circa 120 mm di pioggia) l'evento risulta superiore a quello atteso per un tempo di 200 anni.

Figura 2.1 – Evento del 16 Settembre 2009 - cumulata dell'altezza di precipitazione nella città di Trapani e curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno

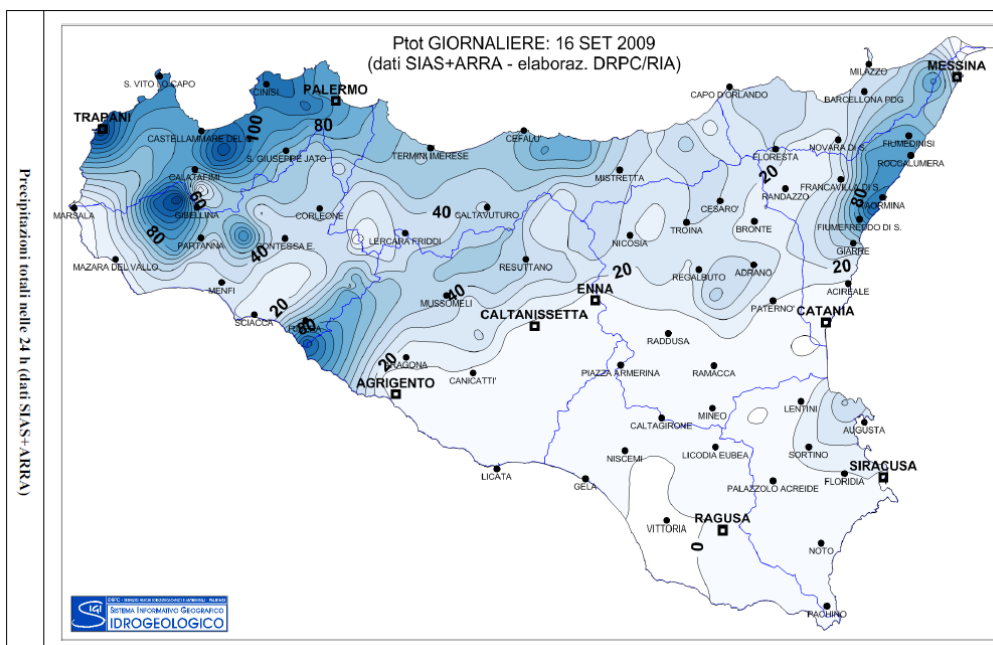


La tabella seguente riporta, per le stazioni appartenenti all'area interessata dall'evento pluviometrico, le altezze di pioggia sulle 24 ore, e le altezze ed intensità medie durante il periodo di maggiore intensità.

STAZIONE	Pcum 24 h (mm)	Scroscio di pioggia			
		H (mm)	Int (mm/h)	Durata max (hh:mm)	Intervallo orario (ore Italia)
Erice (SIAS)	113	91	26	3:30	09:00-12:30
Trapani (ARRA)	145	117	39	3:00	08:20-11:20
Trapani Fontanasalsa (SIAS)	90	65	22	3:00	09:30-12:30
Salemi (ARRA)	150	138	42	3:20	09:00-12:20
Salemi (SIAS)	123	113	32	3:30	08:00-11:30
Ribera (SIAS)	122	117	51	2:20	01:00-03:20
Alcamo (ARRA)	140	130	23	5:40	07:10-12:50

I valori di precipitazione oraria osservati sull'intera isola sono riportati nella figura seguente; sono evidenziati picchi di precipitazione su Trapani e nell'entroterra di Castellamare del Golfo.

Figura 2.2 - Figura 2.3 – Evento del 16 Settembre 2009 - distribuzione spaziale delle cumulate di pioggia nelle 24 ore



 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

2.3 Regionalizzazione VAPI

La regionalizzazione delle precipitazioni per la regione Sicilia è stata condotta da Cannarozzo et al. (CANNAROZZO M, D'ASARO F., FERRO V. "Valutazione delle piene in Sicilia", CNR-GNDICI, Palermo, 1993).

La base teorica della elaborazione VAPI è basata sul modello probabilistico TCEV (Rossi et al., 1984) di cui si danno alcune indicazioni nel seguito.

E' stata infatti adottata nel VAPI – Sicilia una regionalizzazione delle portate effettuata a partire dalle osservazioni di pioggia, impiegando la procedura proposta dal programma VAPI. Tale procedura prevede l'impiego di modelli afflussi-deflussi che utilizzano come ingresso pluviometrico una regionalizzazione delle piogge intense, elaborate nella forma di leggi di probabilità pluviometrica (relazioni Intensità-Durata-Frequenza o IDF) espresse tramite la *legge asintotica del massimo valore tipo 1 a due componenti* o TCEV (Two Component Extreme Value).

L'adozione della legge TCEV è stata introdotta a seguito della constatazione del fatto che in numerosi pluviometri si sono registrati alcuni eventi assolutamente straordinari, la cui intensità supera di gran lunga le intensità inferiori di pari durata. Tali eventi sono indicati nella letteratura anglosassone come *outliers*. La probabilità di questi eventi è fortemente sottostimata da una legge di Gumbel o da una legge log-normale.

La distribuzione TCEV definisce la probabilità di non superamento di una mistura di due popolazioni di eventi definite come *componente bassa*, che include gli eventi che potremmo chiamare *ordinari*, e componente alta che include gli eventi che potremmo considerare *straordinari*, di cui fanno parte gli eventuali *outliers*.

La distribuzione TCEV si esprime come:

$$P_X(x) = e^{-A_1 e^{-\frac{x}{\theta_1}} - A_2 e^{-\frac{x}{\theta_2}}}$$

Dove X è la variabile, x è un generico valore di X e i parametri indicano:

- A_1 e A_2 il valore atteso del numero degli eventi che nell'intervallo di tempo unitario, ad esempio l'anno, che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta;
- θ_1 e θ_2 il valore atteso dell'intensità degli eventi che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta, in cui è ovviamente: $\theta_2 \geq \theta_1$

La TCEV può essere messa nella forma:

$$P_X(x) = e^{-e^{-\alpha_1(x-\varepsilon_1)} - e^{-\alpha_2(x-\varepsilon_2)}}$$

avendo posto:

$$\alpha_1 = \frac{1}{\Theta_1} \quad \text{e} \quad \alpha_2 = \frac{1}{\Theta_2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\ln \Lambda_1}{\alpha_1} = \Theta_1 \ln \Lambda_1 \quad \text{e} \quad \varepsilon_2 = \frac{\ln \Lambda_2}{\alpha_2} = \Theta_2 \ln \Lambda_2$$

Derivando la precedente relazione rispetto a x si ottiene la densità di probabilità della TCEV:

$$p_X(x) = \left(\frac{\Lambda_1}{\Theta_1} e^{-\frac{x}{\Theta_1}} + \frac{\Lambda_2}{\Theta_2} e^{-\frac{x}{\Theta_2}} \right) \cdot e^{-\Lambda_1 e^{-\frac{x}{\Theta_1}} - \Lambda_2 e^{-\frac{x}{\Theta_2}}}$$

che può essere anche espressa nella forma:

$$p_X(x) = \left(\alpha_1 e^{-\alpha_1(x-\varepsilon_1)} + \alpha_2 e^{-\alpha_2(x-\varepsilon_2)} \right) \cdot e^{-e^{-\alpha_1(x-\varepsilon_1)} - e^{-\alpha_2(x-\varepsilon_2)}}$$

Approccio regionale gerarchico per la stima dei parametri

Nel caso delle piogge intense il numero degli eventi straordinari registrati da un singolo pluviometro è molto basso, e ciò rende impossibile una stima efficace dei parametri della componente alta facendo riferimento alle singole serie di osservazioni. È necessario quindi far ricorso a metodi regionali, in modo da utilizzare per la stima dei parametri tutte le osservazioni di una regione pluviometricamente omogenea. Il concetto di omogeneità pluviometrica risulterà definito dal modo in cui si sviluppa la procedura di regionalizzazione.

Con regionalizzazione delle variabili X_i ($i = 1 \dots n$) s'intende l'aggregazione di tali variabili in gruppi con caratteristiche stocastiche comuni. Nel caso di variabili distribuite sul territorio, come le piogge, si richiede generalmente che tali raggruppamenti abbiano anche riferimenti geografici.

Secondo la procedura proposta da Versace e al. (1989) vengono considerati tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al primo livello regioni omogenee rispetto ai parametri Λ_* e Θ_* , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al coefficiente di asimmetria;
- al secondo livello zone omogenee anche rispetto al parametro ϖ_1 , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al coefficiente di variazione;
- al terzo livello sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro ϖ_1 - e quindi della media - da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti).

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p> <p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>304817_S01_PD_TG - _03_000_E0001</p>	<p>Relazione idrologica</p>

Si procede come segue:

A al primo livello di regionalizzazione:

- in base ai valori dei coefficienti di asimmetria empirici, s'individuano, in prima approssimazione, delle regione omogenee;
- in ciascuna regione viene eseguita la stima dei parametri λ_* e θ_* con il metodo proposto da Fiorentino e Gabriele (1985), applicando il criterio della massima verosimiglianza a tutte le variabili che ricadono in essa;
- con la legge standardizzata si determinano gli intervalli di confidenza, con livello di significatività α , del coefficiente di asimmetria, e si verifica se l'ipotesi di omogeneità è verificata, con quel livello di significatività, per le regioni individuate;
- se tale condizione non è soddisfatta, si modificano le regioni e si riprende la procedura;

B al secondo livello di regionalizzazione, avendo fissato i valori di λ_* e θ_* determinati al primo livello:

- in base ai valori dei coefficienti di variazione empirici, s'individuano, in prima approssimazione, delle zone omogenee;
- si stimano con il criterio della massima verosimiglianza i parametri $\lambda_{1,i}$ relativi a ciascuna stazione;
- si determinano i coefficienti di variazione della componente base di ciascuna stazione tramite la:

$$\gamma_{1,i} = \frac{1,2825}{\ln \lambda_{1,i} + 0,57722}$$

- in ciascuna zona omogenea si calcola il coefficiente di variazione della zona ϖ_1 come media dei $\gamma_{1,i}$ relativi a quella zona;
- per ciascuna zona omogenea si calcola la stima di λ_1 introducendo γ_1 nella precedente relazione;
- con la legge standardizzata si determinano gli intervalli di confidenza, con livello di significatività α , del coefficiente di variazione, e si verifica se l'ipotesi di omogeneità è verificata, con quel livello di significatività, per le zone individuate;
- se questa condizione non è soddisfatta, si modificano le zone e si riprende la procedura;

C al terzo livello di regionalizzazione, avendo fissato i valori di λ_* , θ_* e λ_1 determinati ai precedenti livelli, per cui risulta fissato il parametro β :

- s'individuano, in prima approssimazione, in base all'andamento della media con la quota z , le sottozone omogenee;
- s'interpolano gli andamenti di $\mu(z)$ con la legge prescelta, e si verifica l'adattamento;
- se l'adattamento non risulta soddisfacente, si modificano le sottozone e si riprende la procedura.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

Stima dei parametri per la regione Sicilia

Vengono qui brevemente riportati i risultati della regionalizzazione per la regione Sicilia, in termini di stima dei parametri. La sintesi è tratta dalla monografia “la sistemazione dei bacini idrografici” redatta da parte di Vito Ferro (2006), a cui si rimanda per ogni approfondimento, mentre per la trattazione integrale si rimanda al rapporto VAPI.

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_* , 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 stata suddivisa nelle tre sottozone A, B e C della figura seguente e a ciascuna di esse è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro Λ_1

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

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

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

L’espressione esplicita approssimata della curva di crescita diventa quindi una funzione della durata, secondo le seguenti espressioni:

SZO A: $K_T(d) = 0.5391 - 0.001635 d + (0.0002212 d^2 + 0.00117 d + 0.9966) \text{Ln } T$

SZO B: $K_T(d) = 0.5135 - 0.002264 d + (0.0001980 d^2 + 0.00329 d + 1.0508) \text{Ln } T$

SZO C: $K_T(d) = 0.5015 - 0.003516 d + (0.0003720 d^2 + 0.00102 d + 1.0101) \text{Ln } T$

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

L'area oggetto dell'intervento ricade nella sottozona A (figura seguente)

Figura 2.4 - Estensione della sottozona pluviometrica A per la Sicilia occidentale



III° livello di regionalizzazione

Al terzo livello di regionalizzazione vengono stimati i valori di altezza di precipitazione al variare della durata per i siti privi di stazione di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la regionalizzazione dei coefficienti di incremento col tempo di ritorno.

E' stato utilizzato, per descrivere la crescita dell'altezza di pioggia oraria con la durata, l'espressione monomia

$$m = at^n$$

Dove a è l'altezza oraria di precipitazione ed n è l'esponente di crescita con la durata.

Questo consente di svincolare il terzo livello di regionalizzazione dalla procedura gerarchica, essendo l'aggiornamento della media campionaria indipendente dalle fasi precedenti.

I valori di a ed n sono stati tabellati da Cannarozzo, D'Asaro e Ferro (1993), i quali hanno anche prodotto una mappa delle $iso-a$ e delle $iso-n$, rappresentati nelle figure seguenti.

Figura 2.5 -Mappa dei valori di $iso-a$ (da Cannarozzo et al., 1993)

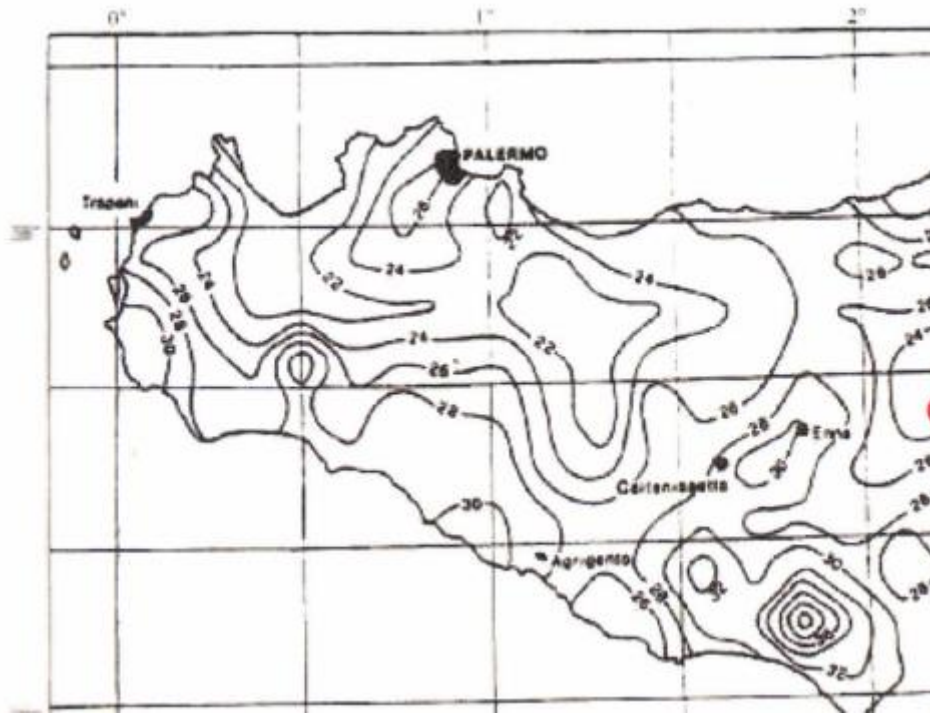
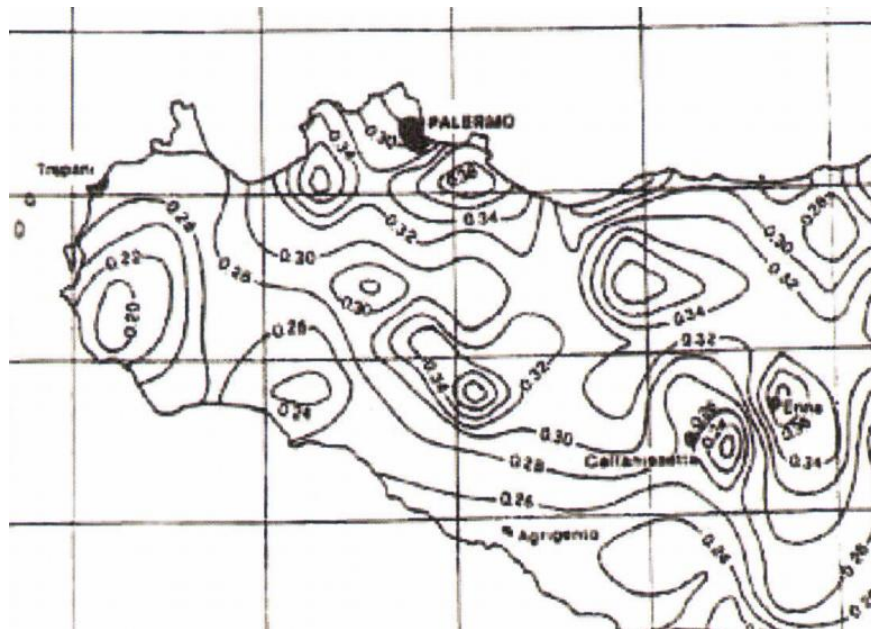


Figura 2.6 -Mappa dei valori di iso-n (da Cannarozzo et al., 1993)



L'applicazione dell'approccio VAPI di Cannarozzo et al., 1993 porta ad una valutazione del coefficiente di crescita con il tempo di ritorno pari a 2,53 per un tempo di ritorno di 100 anni e di 2,83 per un tempo di ritorno di 200 anni.

Assumendo un valore di a compreso tra 22 e 26 nell'area oggetto dell'intervento si perviene ad una stima dell'altezza oraria di pioggia compresa tra 62 e 73 millimetri, di pochissimo inferiore a quanto stimato al pluviometro rispettivamente per la stazioni di Alcamo e di Trapani.

2.4 Regionalizzazione PAI Regione Siciliana

In allegato alla sua Relazione Generale, il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, che costituisce strumento conoscitivo, normativo e tecnico mediante il quale sono programmati e pianificati azioni, norme d'uso ed interventi riguardanti l'assetto idrogeologico, prevede un aggiornamento delle mappe per la valutazione dei parametri a ed n per la stima dell'altezza di precipitazione con la durata. Contestualmente, l'aggiornamento della Regionalizzazione pluviometrica condotta originalmente nell'ambito del progetto VAPI ha condotto ad una nuova mappatura dei coefficienti di variazione della distribuzione delle piogge intense, e ad una riformulazione del calcolo dei coefficienti di crescita con il tempo di ritorno (KT).

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

Per la costruzione delle CPP la metodologia adottata nel PAI fa riferimento alle stazioni pluviografiche ricadenti nel territorio regionale siciliano ed aventi almeno dieci anni di funzionamento anche non consecutivo. Per ciascuna di queste stazioni si è proceduto alla raccolta delle altezze di pioggia massime annuali per assegnate durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore dalla parte I degli Annali del Servizio Idrografico della Regione Siciliana relativi al periodo 1929-1998. Per ciascuna stazione e per ogni durata si è provveduto al calcolo della media e dello scarto quadratico medio. Inoltre, sempre per ogni stazione, si è calcolato il valore dei coefficienti a ed n della relazione:

$$\mu_t = at^n$$

dove μ_t è la media della precipitazione osservata per una durata di t ore. Infine si è anche calcolato il coefficiente di variazione rappresentativo della stazione (CVS), nell'ipotesi di invarianza di scala delle distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia relative alle diverse durate.

L'ipotesi di invarianza di scala per le precipitazioni estreme esprime il concetto che le distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia di due diverse durate coincidono a meno di un fattore di scala pari al rapporto tra le due durate elevato ad n . Studi condotti da Supino (1964) e da Rosso e Burlando (1990, 1995) hanno dimostrato, sulla base della verifica condotta su una lunga serie di eventi storici, che i nubifragi sono caratterizzati da questa proprietà, che risulta sostanzialmente ancora verificata qualora si prendano in esame i casi critici, vale a dire i massimi relativi delle osservazioni sperimentali di pioggia ottenuti da eventi anche diversi.

Per la determinazione delle CPP si è utilizzata la legge di distribuzione di probabilità del massimo valore EV1, meglio nota come legge di Gumbel. Nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le CPP, espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h_{t,T} = K_T at^n$$

L'espressione per il calcolo dei valori di K_T è fornito in funzione del coefficiente di variazione CVS dalla seguente formula:

$$K_T = 1 - CVS \left\{ 0.450 + 0.779 \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

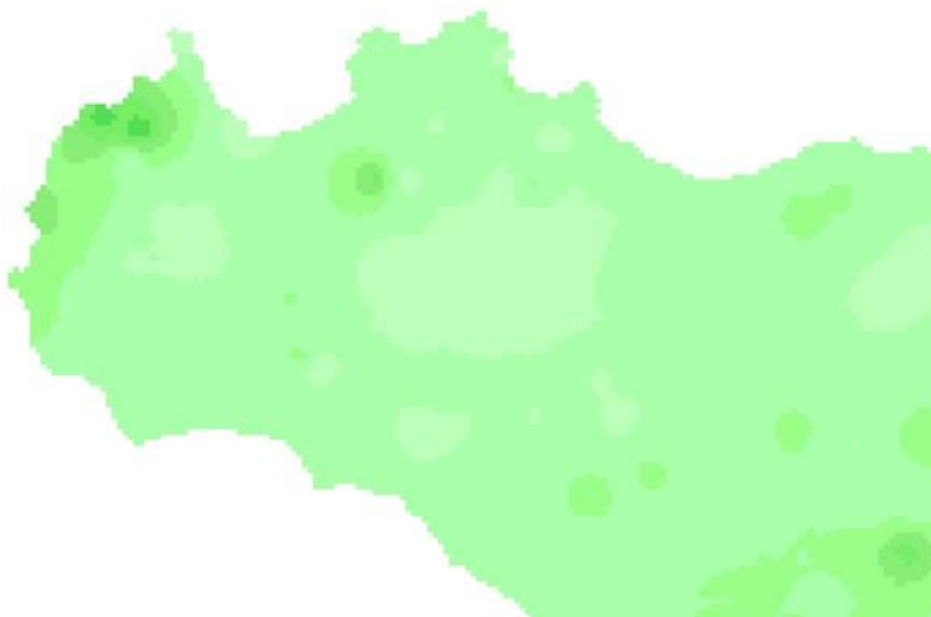
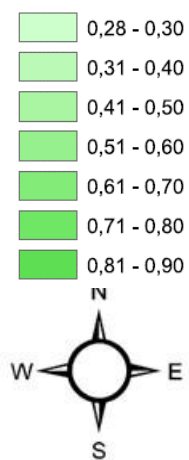
I valori di a , n e CV sopra riportati sono stati interpolati tramite kriging (Matheron, 1971) su tutto il territorio regionale creando delle carte dei valori di a , n e CV riportate nelle Tavole 4, 5 e 6 allegate al PAI.

L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione, il kriging, meglio conosciuto come metodo dell'interpolazione ottimale, si basa sul fatto che la grandezza regionale da interpolare è troppo irregolare perché sia modellata da funzioni matematiche regolari ma può essere descritta da una superficie stocastica.

L'interpolazione prevede una prima fase nella quale si indagano gli aspetti stocastici delle variabili regionalizzate ed una fase successiva di modellazione vera e propria. Il successo del kriging consiste nella validità di importanti assunzioni che si fanno sulla natura statistica della variazione, assunzioni che sono contenute nella teoria delle variabili regionalizzate.

I valori di CVS sono forniti nella seguente mappa

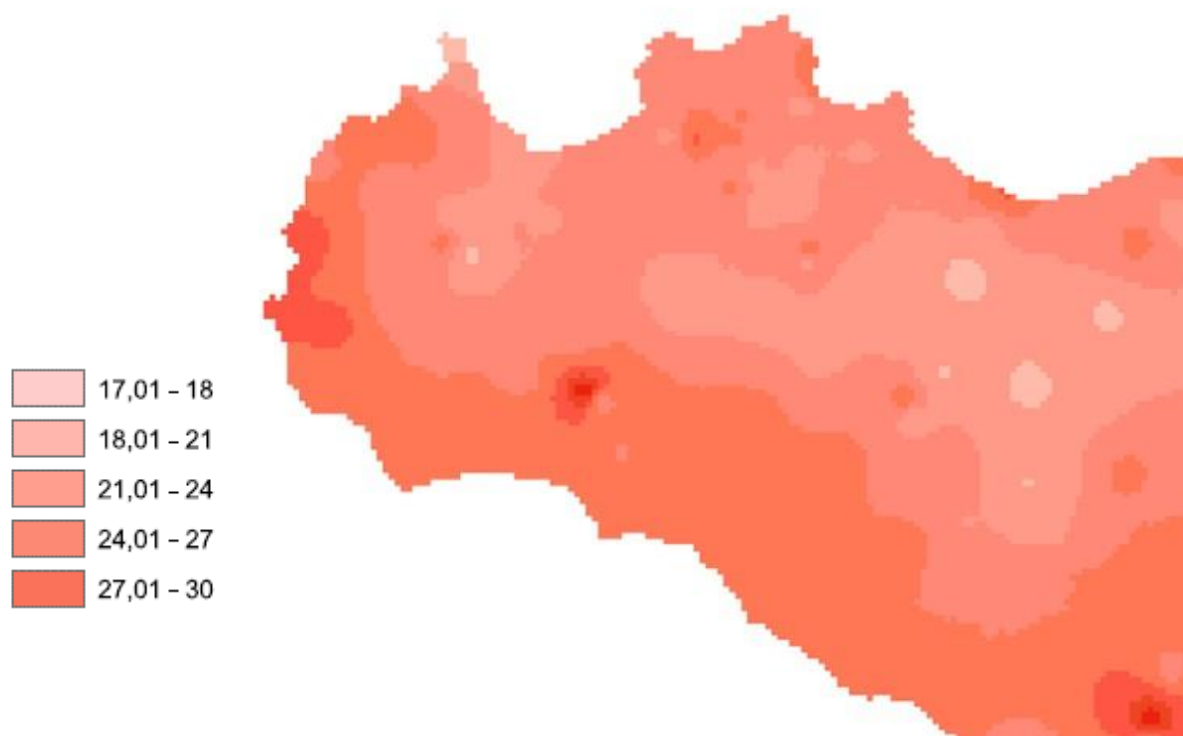
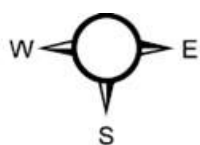
Figura 2.7 – distribuzione spaziale dei valori di CVS per la Sicilia occidentale



I valori di CVS nell'area d'intervento oscillano tra 0,6 e 0,7 nella zona di Trapani e tra 0,5 e 0,6 nell'area di Alcamo. Vengono adottati quindi valori medi pari a 0,65 e 0,55 per la parte occidentale (tratte 3 e 4) ed orientale (tratte 1 e 2) del tracciato rispettivamente.

I valori dell'altezza oraria di pioggia a individuati nel PAI sono riportati nella seguente figura unitamente alla relativa legenda.

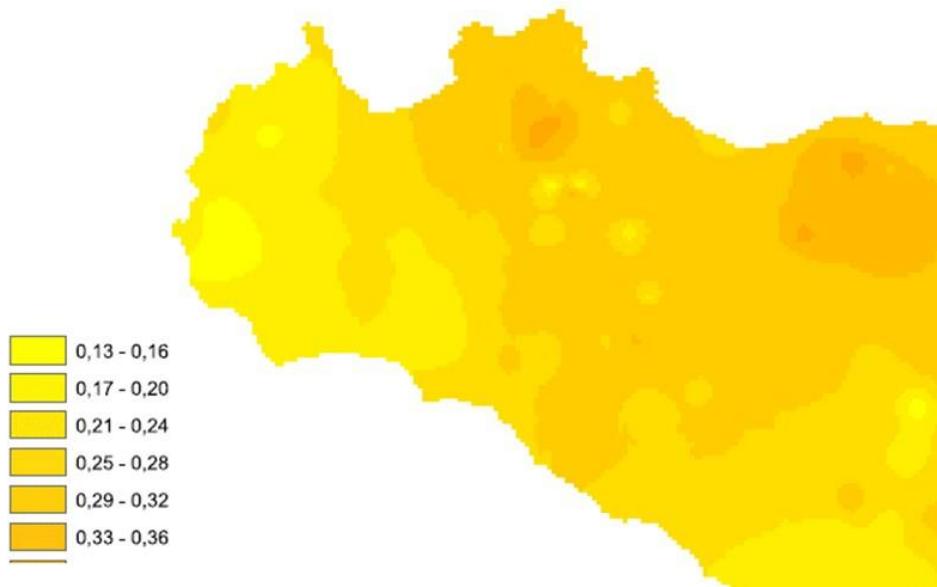
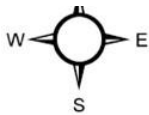
Figura 2.8- distribuzione spaziale dei valori di a per la Sicilia occidentale



I valori di a nell'area d'intervento oscillano tra 24 e 27 nella zona di Trapani e tra 21 e 24 nell'area di Alcamo. Vengono adottati quindi valori medi pari a 25,5 e 22,5 per la parte occidentale (tratte 3 e 4) ed orientale (tratte 1 e 2) del tracciato rispettivamente.

I valori di n nell'area d'intervento oscillano tra 0,25 e 0,28 nella zona di Trapani e tra 0,21 e 0,24 nell'area di Alcamo. Vengono adottati quindi valori medi pari a 0,255 e 0,235 per la parte occidentale (tratte 3 e 4) ed orientale (tratte 1 e 2) del tracciato rispettivamente.

Figura 2.9 distribuzione spaziale dei valori di n per la Sicilia occidentale



 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione idrologica	

I risultati dell'applicazione della regionalizzazione PAI sono riportati nella seguente tabella in termini di altezza di pioggia oraria per la parte occidentale del tracciato (lato Trapani) e per la parte orientale (lato Alcamo)

	Lato occidentale (Trapani) Tratte 3 e 4	Lato orientale (Alcamo) Tratte 1 e 2
	[mm]	[mm]
valore medio altezza di pioggia oraria	25.5	22.5
altezza pioggia oraria TR=25	59.6	48.0
altezza pioggia oraria TR=50	68.8	54.8
altezza pioggia oraria TR=100	77.8	61.6
altezza pioggia oraria TR=200	86.9	68.4

Si osserva che, congruentemente ai risultati delle analisi statistica sui pluviometri locali (Trapani ed Alcamo), si riscontra un leggero incremento della piovosità oraria sulla parte occidentale del tracciato rispetto a quella orientale.

Inoltre, i valori dell'altezza di pioggia per un tempo di ritorno di 200 anni risultano più elevati seguendo la regionalizzazione proposta nella relazione generale del PAI rispetto a quanto stimato dalla precedente regionalizzazione VAPI di Cannarozzo et al., 1993. I valori regionali PAI sono, inoltre, anche superiori ai valori stimati dal Servizio Rischi Idrogeologici e Ambientali della Regione Siciliana (Dipartimento della protezione civile) elaborato sulla base del periodo 1924 – 2002.

Nel complesso, quindi, risultando i valori ottenuti con i diversi metodi piuttosto simili, si ritiene sufficientemente cautelativo adottare nel seguito le altezze e i parametri che scaturiscono dalla relazione generale PAI.

2.5 Piogge brevi

Nessuno dei metodi precedentemente esposti, che sono basati in ogni caso su serie storiche di dati relative a precipitazioni comprese tra 1 e 24 ore, può essere utilizzato direttamente per l'analisi delle piogge estremamente brevi (scrosci). Per le stazioni nell'area d'esame il campione di dati relativo agli scrosci risulta estremamente ridotto o del tutto assente.

In tal senso, è pratica comune adottare per le precipitazioni molto brevi i coefficienti riduttori stimati su alcune sezioni ampiamente monitorate, per le quali il campione di dati da pochi minuti ad un'ora è sufficientemente significativo.

In Italia si fa riferimento generalmente ai coefficienti riduttori forniti nel manuale Hoepli sui sistemi di fognatura, a cura del Centro Studi Deflussi Urbani, e relativo allo studio sui pluviometri di Roma Macao e di Milano Monviso.

Dei due, i coefficienti riduttori relativi a Milano Monviso risultano più cautelativi rispetto a quelli di Roma Macao soprattutto per le brevi durate; in tal senso sono stati adottati i valori di Milano Monviso, riportati nella seguente tabella:

durata (min)	durata (h)	Coefficiente
5	0.0833	0.304
10	0.1667	0.449
15	0.2500	0.568
30	0.5000	0.7
45	0.7500	0.8

Coefficienti riduttori stimati per il pluviografo di Milano Monviso

L'applicazione dei suddetti coefficienti alle altezze di pioggia orarie indicate nel paragrafo precedente fornisce i valori di altezza di pioggia per durate inferiori all'orariporati nelle tabelle seguenti, sulle due tratte occidentali 3 e 4 (Trapani) ed orientali 1 e 2 (Alcamo).

Altezze in millimetri per la tratta occidentale (tratte 3 e 4) in funzione del tempo di ritorno

TR/durata	5'	10'	15'	30'	45'
25	18.2	26.9	34.1	42.0	48.0
50	21.0	31.0	39.2	48.3	55.2
100	23.7	35.0	44.3	54.6	62.4
200	26.4	39.1	49.4	60.9	69.6

Intensità in mm/h in millimetri per la tratta occidentale (tratte 3 e 4) in funzione del tempo di ritorno

TR/durata	5'	10'	15'	30'	45'
25	218.9	161.6	136.3	84.0	64.0
50	251.7	185.9	156.8	96.6	73.6
100	284.5	210.1	177.2	109.2	83.2
200	317.4	234.4	197.7	121.8	92.8

Altezze in millimetri per la tratta orientale (tratte 1 e 2) in funzione del tempo di ritorno

TR/durata	5'	10'	15'	30'	45'
25	14.6	21.5	27.3	33.6	38.4
50	16.7	24.6	31.1	38.4	43.9
100	18.7	27.7	35.0	43.1	49.3
200	20.8	30.7	38.8	47.9	54.7

Intensità in mm/h in millimetri per la tratta orientale (tratte 1 e 2) in funzione del tempo di ritorno

TR/durata	5'	10'	15'	30'	45'
25	175.1	129.3	109.0	67.2	51.2
50	200.0	147.7	124.6	76.8	58.5
100	224.8	166.0	140.0	86.3	65.7
200	249.5	184.3	155.4	95.8	73.0

I precedenti valori puntuali sono stati interpolati per ottenere delle funzioni continue, attraverso una legge monomia.

Per la parte orientale, e per i diversi tempi di ritorno le equazioni interpolanti sono fornite di seguito:

$$i(t, 25) = 45.6 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

$$i(t, 50) = 52.1 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

$$i(t, 100) = 61.6 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

$$i(t, 200) = 68.4 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

Per la parte occidentale, e per i diversi tempi di ritorno, le equazioni interpolanti sono fornite di seguito.

$$i(t, 25) = 57.0 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

$$i(t, 50) = 65.5 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

$$i(t, 100) = 74.1 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

$$i(t, 200) = 82.6 \left(\frac{t}{60} \right)^{-0.566}$$

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione idrologica	

3 Stima delle portate di piena

3.1 Modellazione afflussi deflussi

Tutti i bacini individuati lungo il tracciato ferroviario sono caratterizzati da aree drenate di limitata estensione e rapida concentrazione del deflusso. Per tali tipi di bacini non esistono serie idrometriche e la valutazione del livello con assegnato tempo di ritorno deve essere effettuata in modo indiretto, sulla base delle caratteristiche del bacino.

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei bacini scolanti è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi. L'importanza di tale informazione risiede nella necessità di procedere – tramite verifica – al dimensionamento dei manufatti idraulici in accordo con il clima di possibilità pluviometrico individuato nella sezione precedente – allegati alle Norme Tecniche di Attuazione della Regione Siciliana.

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione dei colmi di piena per ognuna delle opere esaminate.

Per la determinazione delle portate, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando un ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati in precedenza (infiltrazione e trasformazione afflussi netti - deflussi): il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione accettabile del fenomeno delle piene.

Nel caso in esame, sono stati utilizzati due valori differenti per il coefficiente di deflusso φ . Tali valori sono stati attribuiti a seconda del grado di urbanizzazione di ogni bacino:

- per bacini non urbanizzati si è adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,4, che si ritiene cautelativo in assenza di significata impermeabilizzazione generalizzata del bacino
- per bacini con componente di urbanizzazione significativa si è adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,7

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione idrologica	

La stima della portata al colmo di piena di assegnato tempo di ritorno TR è stata effettuata utilizzando la formula razionale:

$$Q(T) = \varphi A i_c(T)$$

dove $Q(T)$, A e $i_c(T)$ indicano rispettivamente la portata al colmo di piena di tempo di ritorno $TR = 200$ anni, l'area del bacino e l'intensità della precipitazione relativa al centro di scroscio di durata pari al tempo τ_c critico del bacino; φ è il coefficiente di deflusso sopra introdotto; è minore di 1 e tiene conto delle perdite per infiltrazione, del ragguaglio delle piogge all'area e dell'effetto di laminazione del bacino.

La formula razionale può essere giustificata concettualmente assumendo uniforme nello spazio e nel tempo l'intensità di precipitazione e schematizzando il fenomeno di trasformazione afflussi–deflussi con un particolare modello cinematico.

3.2 Caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati

La perimetrazione dei bacini lungo il tracciato è stata fatta utilizzando la carta tecnica regionali in scala 1:10000, che risulta di maggior dettaglio rispetto all'utilizzo della cartografia IGM al 25000, utilizzata per i soli bacini più grandi (caratterizzati da numero progressivo 31, 50 e 72). Tale scelta è risultata necessaria stante la difficoltà di individuare bacini generalmente molto piccoli.

Le aste incise di riferimento per ciascun bacino, e i limiti dei bacini stessi sono indicati nella corografia dei bacini cui si rimanda per la definizione delle aree di pertinenza e delle caratteristiche fisiografiche. Sono state elaborate 4 tavole di corografia in scala 1:10000 e 2 tavole in scala 1:25000 al fine di mappare l'area estesa e i bacini più grandi.

In figura 3.1 è rappresentato uno stralcio di tale corografia; in blu sono state indicate le aste fluviali, mentre i limiti tra i diversi bacini sono rappresentati in arancione.

In alcuni casi per determinare l'esatta configurazione della rete idrografica e l'interferenza con l'infrastruttura – ci si è avvalsi della rappresentazione del tracciato su Google Earth (figura 3.2).

Per ciascun bacino individuato sono stati quindi definiti i seguenti parametri indicatori:

A [km²] = Area del bacino;

L [km] = lunghezza dell'asta principale o del percorso più lungo della concentrazione dei deflussi alla sezione di chiusura;

H_{max} [m] = quota massima del bacino;

H_{min} [m] = quota minima del bacino;

i [m/m] = pendenza media del bacino.

Tali valori sono riportati nelle seguenti tabelle per tutti i bacini, suddivisi sui diversi lotti

Figura 3.1 - stralcio della corografia dei bacini

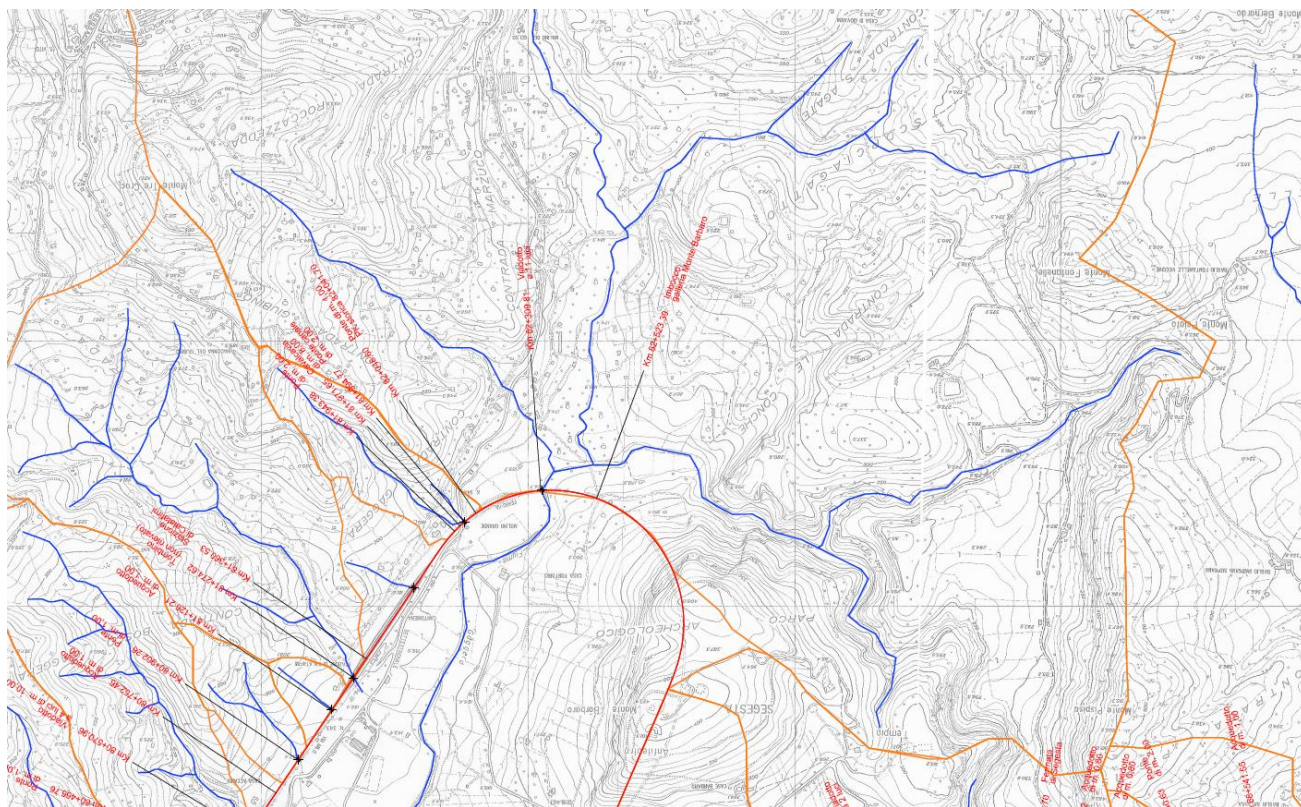


Figura 3.2 –individuazione del tracciato su rappresentazione satellitare Google Earth



<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>Area</i>	<i>Lunghezza</i> <i>a</i>	<i>H max</i>	<i>H min</i>	<i>pendenza</i> <i>%</i>
				[km ²]	[km]	[m]	[m]	[m/m]
TRATTA 1	1	Tombino 74+283,72	op. min.	0.101	0.47	123	47	16%
TRATTA 1	2	Viadotto 74+659,28	op. magg.	0.624	1.68	183	50	8%
TRATTA1	3	Tombino 74+990,19	op. min.	0.087	0.49	130	56	15%
TRATTA1	4	Tombino 75+098,13	op. min.	0.081	0.45	120	58	14%
TRATTA1	5	Tombino 75+279,13	op. min.	0.125	0.96	183.1	68	12%
TRATTA1	6	Tombino 75+792,20	op. min.	0.870	1.52	200	69	9%
TRATTA1	7	Tombino 76+891,87	op. min.	0.127	0.46	90	70	4%
TRATTA1	8	Tombino 77+042,54	op. min.	1.393	2.38	650	90.5	23%
TRATTA1	9	Tombino 77+425,90	op. min.	0.206	0.43	140	94	11%
TRATTA1	10	Tombino 77+927,20	op. min.	0.464	1.17	330	106	19%
TRATTA1	11	Ponte 78+888,83	op. min.	1.119	1.94	320	120	10%
TRATTA1	12	Tombino 78+926,42	cavalcavia	0.005	0.12	140	135	4%
TRATTA1	13	Tombino 79+044,05	op. min.	0.027	0.05	127	125	5%
TRATTA1	14	Tombino 79+134,11	op. min.	0.071	0.05	127	125	4%
TRATTA 1	15	Tombino 79+277,48	op. min.	0.002	0.02	136	135	5%
TRATTA1	16	Tombino 79+438,30	op. min.	0.092	0.53	250	130	23%
TRATTA1	17	Tombino 79+537,57	op. min.	0.154	0.68	280	132	22%
TRATTA1	19	Tombino 79+953,70	op. min.	0.702	1.18	410	139	23%
TRATTA 1	21	Tombino 80+189,83	op. min.	0.057	0.04	161	146	37%
TRATTA1	22	Tombino 80+342,76	op. min.	0.057	0.35	290	150	40%
TRATTA1	23	Tombino 80+466,70	op. min.	0.032	0.06	177	151	43%
TRATTA1	24	Viadotto 80+570,96	op. magg.	0.806	1.51	350	140	14%
TRATTA1	25	Tombino 80+752,46	op. min.	0.039	0.05	163	159	8%
TRATTA1	26	Tombino 80+902,26	op. min.	0.133	0.47	260	159	22%
TRATTA1	27	Tombino 81+126,21	op. min.	0.053	0.26	210	160	19%
TRATTA1	28	Tombino 81+274,62	op. min. (non rilevata)	1.389	1.95	308	161	8%
TRATTA1	30	Tombino 82+048,60	op. min.	0.361	0.95	350	161	20%
TRATTA1	31	Viadotto 82+309,81	op. magg.	20.572	6.98	487	156	5%
TRATTA1	32	Viadotto 84+306,13	op. magg.	0.768	0.53	250	96	29%
TRATTA1	33	Viadotto 84+776,61	op. magg.	0.139	0.22	230	197	15%
TRATTA1	34	Viadotto 85+187,63	op. magg.	0.199	0.15	209	197	8%
TRATTA1	35	Viadotto 85+785,43	op. magg.	0.072	0.08	220	216	5%
TRATTA1	36	Tombino 86+035,23	op. min.	0.102	0.48	280	218	13%

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	Area	Lunghezza a	H max	H min	pendenza %
				[km ²]	[km]	[m]	[m]	[m/m]
TRATTA1	37	Tombino 86+232,14	op. min.	0.026	0.06	230	225	8%
TRATTA1	38	Tombino 86+345,54	op. min.	0.119	0.15	250	227	15%
TRATTA1	39	Tombino 86+741,29	op. min.	0.124	0.22	260	233	12%
TRATTA1	40	Tombino 86+880,50	op. min.	0.056	0.15	250	235	10%
TRATTA1	41	Viadotto 87+167,90	op. magg.	1.245	1.15	280	240	3%
TRATTA1	42	Tombino 87+584,19	op. min. stralciata					
TRATTA1	43	Tombino 87+707,05	op. min.	0.046	0.06	252	247	8%
TRATTA1	44	Tombino 87+880,00	op. min.	0.236	0.26	254	245	3%
TRATTA1	45	Tombino 87+898,53	op. min. stralciata					
TRATTA1	46	Tombino 88+119,13	op. min.	0.166	0.15	260	245	10%
TRATTA1	47	Tombino 88+340,63	op. min.	0.078	0.28	260	251	3%
TRATTA2	48	Tombino 88+541,55	op. min.	0.426	0.67	340	253	13%
TRATTA2	49	Tombino 88+896,55	op. min.	0.064	0.04	268	260	20%
TRATTA2	50	Ponte 89+223,09	op. min.	13.687	4.88	405	260	3%
TRATTA2	51	Ponte 89+820,71	op. min.	6.601	3.85	430	267	4%
TRATTA2	52	Tombino 90+334,69	op. min.	7.632	4.76	290	276	0%
TRATTA2	53	Tombino 92+072,01	op. min.	0.168	0.22	285	275	5%
TRATTA2	54	Tombino 92+412,00	op. min.	1.087	1.60	420	266	10%
TRATTA2	55	Tombino 92+474,86	op. min.	0.068	0.30	292	264	9%
TRATTA2	56	Tombino 92+760,40	op. min.	0.118	0.14	278	264	10%
TRATTA2	57	Tombino 93+097,68	op. min.	0.071	0.06	266	260	10%
TRATTA2	58	Tombino 93+533,64	op. min.	0.168	0.06	253	249	7%
TRATTA2	59	Tombino 94+045,74	op. min.	0.083	0.03	243	240	10%
TRATTA2	60	Ponte 94+736,60	op. min.	4.408	3.24	370	224	5%
TRATTA2	61	Tombino 95+038,71	op. min.	1.837	3.07	340	228	4%
TRATTA3	62	Tombino 95+310,65	op. min.	0.010	0.06	232	227	9%
TRATTA2	63	Tombino 95+667,38	op. min.	0.108	0.14	240	230	7%
TRATTA2	64	Tombino 96+254,37	op. min.	0.134	0.32	230	210	6%
TRATTA2	65	Tombino 96+460,45	op. min.	0.170	0.08	218	211	9%
TRATTA2	66	Tombino 96+881,30	op. min.	0.107	0.30	240	203	13%
TRATTA2	67	Viadotto 97+249,44	op. magg.	0.314	0.47	230	200	6%
TRATTA2	68	Viadotto 97+485,96	op. magg.	0.188	0.54	240	185	10%

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>Area</i>	<i>Lunghezza a</i>	<i>H max</i>	<i>H min</i>	<i>pendenza %</i>
				[km ²]	[km]	[m]	[m]	[m/m]
TRATTA2	69	Tombino 97+738,01	op. min.	0.040	0.12	210	188	19%
TRATTA2	70	Tombino 97+918,25	op. min.	0.019	0.05	195	188	14%
TRATTA2	71	Tombino 98+577,05	op. min.	0.112	0.11	180	170	9%
TRATTA2	72	Viadotto 99+175,20	op. magg.	23.472	6.15	462.2	154	5%
TRATTA2	73	Tombino 99+457,96	op. min.	2.805	3.27	401	158	7%

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>Area</i>	<i>Lunghezza</i>	<i>H max</i>	<i>H min</i>	<i>pendenza %</i>
				[km ²]	[km]	[m]	[m]	[m/m]
TRATTA3	74	Tombino 100+089.67	op. min.	0.197	0.200	160	158	1%
TRATTA3	75	Ponte 100+392.42	op. min.	4.863	5.130	452	154	6%
TRATTA3	76	Tombino 100+871.38	op. min.	1.074	1.900	260	160	5%
TRATTA3	77	Ponte 101+835.34	op. min.	0.546	0.922	200	155	5%
TRATTA3	78	Tombino 102+442.46	op. min.	0.260	0.544	180	159	4%
TRATTA3	79	Ponte 102+664.05	op. min.	8.248	5.860	362	165	3%
TRATTA3	80	Tombino 102+739.72	op. min.	0.657	2.026	248	156	5%
TRATTA3	81	Tombino 103+205.74	op. min.	0.146	0.263	176	160	6%
TRATTA3	82	Tombino 103+777.38	op. min.	0.394	0.812	191	165	3%
TRATTA3	83	Tombino 104+486.92	op. min.	0.078	0.050	161	158	6%
TRATTA3	84	Ponte 104+684.86	op. min.	0.034	0.143	170	157	9%
TRATTA3	85	Tombino 104+973.87	op. min.	0.071	0.183	170	151	10%
TRATTA3	86	Tombino 105+148.18	op. min.	0.394	0.667	240	146	14%
TRATTA3	87	Tombino 105+318.58	op. min.	0.549	1.288	255	147	8%
TRATTA3	88	Tombino 105+552.55	op. min.	0.112	0.310	190	147	14%
TRATTA3	89	Tombino 105+778.78	op. min.	0.024	0.080	160	144	20%
TRATTA3	90	Tombino 105+884.94	op. min.	0.059	0.105	160	141	18%
TRATTA3	91	Tombino 106+146.19	op. min.	0.130	0.172	157	134	13%
TRATTA3	92	Tombino 106+444.77	op. min.	1.133	1.590	250	130	8%
TRATTA3	93	Tombino 106+798.91	op. min.	0.142	0.060	140	137	5%
TRATTA3	94	Tombino 107+914.12	op. min.	0.171	0.390	126	114	3%
TRATTA3	95	Tombino 108+142.73	op. min.	0.040	0.060	120	112	13%
TRATTA3	96	Tombino 108+197.27	op. min.	0.023	0.060	113	110	5%

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	Area	Lunghezza	H max	H min	pendenza %
				[km ²]	[km]	[m]	[m]	[m/m]
TRATTA3	97	Tombino 108+421.14	op. min.	0.066	0.114	130	112	16%
TRATTA3	98	Tombino 108+632.56	op. min.	0.056	0.068	114	108	9%
TRATTA3	99	Tombino 108+776.14	op. min.	0.121	0.263	130	104	10%
TRATTA3	100	Tombino 109+202.84	op. min.	0.119	0.107	112	99	12%
TRATTA3	101	Tombino 109+354.00	op. min.	0.018	0.036	101.5	101.36	0%
TRATTA3	102	Tombino 109+658.66	op. min.	0.094	0.312	100	83.2	5%
TRATTA3	103	Tombino 110+107.55	op. min.	0.266	0.381	120	74	12%
TRATTA3	104	Tombino 110+621.70	op. min.	0.121	0.150	100	69	21%
TRATTA4	105	Tombino 110+913.62	op. min.	0.017	0.047	78	70	17%
TRATTA4	106	Tombino 111+032.15	op. min.	0.079	0.250	102	65	15%
TRATTA4	107	Tombino 111+128.22	op. min.	0.001	0.010	68	67	10%
TRATTA4	108	Tombino 111+283.92	op. min.	0.122	0.308	120	67	17%
TRATTA4	109	Tombino 111+444.31	op. min.	0.040	0.030	68	64	13%
TRATTA4	110	Tombino 112+226.42	op. min.	2.012	1.534	98	41	4%
TRATTA4	111	Tombino 112+659.37	op. min.	0.034	0.036	49	45	11%
TRATTA4	112	Tombino 112+850.87	op. min.	0.047	0.054	47.6	40	14%
TRATTA4	113	Tombino 113+112.73	op. min.	0.055	0.030	36	34	7%
TRATTA4	114	Tombino 113+374.10	op. min.	0.073	0.078	40	29	14%
TRATTA4	115	Tombino 113+585.57	op. min.	0.000	0.000	0	0	0%
TRATTA4	116	Tombino 114+011.60	op. min.	0.367	0.624	47	23	4%
TRATTA4	117	Tombino 114+371.16	op. min.	0.019	0.153	26	22	3%
TRATTA4	118	Tombino 114+531.39	op. min.	0.000	0.000	0	0	0%
TRATTA4	119	Tombino 114+794.24	op. min.	0.035	0.050	20	18	4%
TRATTA4	120	Tombino 114+897.20	op. min.	3.005	1.982	50	18	2%
TRATTA4	121	Tombino 116+265.86	op. min.	0.144	0.070	10.2	8.9	2%
TRATTA4	122	Tombino 116+576.82	op. min.	0.112	0.060	9	8.5	1%
TRATTA4	123	Tombino 116+693.11	op. min.	0.005	0.107	7.4	7.2	0%
TRATTA4	124	Tombino 116+798.90	op. min.	0.001	0.020	7.1	7	0%
TRATTA4	125	Tombino 117+182.72	op. min.	0.064	0.080	5	3.62	2%
TRATTA4	126	Tombino 117+883.12	op. min.	0.655	2.670	21	3	1%
TRATTA4	127	Tombino 117+992.93	op. min.	0.017	0.100	2.7	1.2	2%
TRATTA4	128	Tombino 118+639.06	op. min.	0.002	0.010	2.24	2	2%
TRATTA4	129	Tombino 118+677.26	op. min.	0.002	0.010	2	1.9	1%
TRATTA4	130	Tombino 119+063.77	op. min.	0.005	0.010	1.45	1.4	1%

3.3 Valutazione del tempo di concentrazione del bacino

La durata critica del bacino è stata ottenuta come valore medio tra i valori derivanti dalle quattro seguenti formule:

- Kirpich: $= 0.000325 \cdot 15^{0.77} / (M5^{0.385})$

$$T_c^{Kirpich} = 0.000325 L \cdot \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Dove:

$T_c^{Kirpich}$ [ore] = tempo di corrivazione del bacino secondo la formulazione di Kirpich;

L [km] = lunghezza dell'asta;

i [m/m] = pendenza media del bacino.

- Pezzoli:

$$T_c^{Pezzoli} = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$$

Dove:

$T_c^{Pezzoli}$ [ore] = tempo di corrivazione del bacino secondo la formulazione di Pezzoli;

L [km] = lunghezza dell'asta;

i [m/m] = pendenza media del bacino.

- Ventura

$$T_c^{Ventura} = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Dove:

$T_c^{Ventura}$ [ore] = tempo di corrivazione del bacino secondo la formulazione di Ventura;

S [km²] = superficie del bacino scolante;

i [m/m] = pendenza media del bacino.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Relazione idrologica

- Pasini

$$T_c^{Pasini} = 0.108 \cdot \frac{(S \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i}}$$

Dove:

T_c^{Pasini} [ore] = tempo di corrivazione del bacino secondo la formulazione di Pasini;

S [km²] = superficie del bacino scolante;

L [km] = lunghezza dell'asta;

i [m/m] = pendenza media del bacino.

Si è ritenuto di escludere la formula di Giandotti in quanto i bacini considerati nella presente relazione sono esclusi dal campo di applicazione della predetta formula, ricavata per bacini superiori ai 100 km².

Delle diverse formule adottate, i risultati più cautelativi sono in genere forniti dalla formula di Kirpich, che è di utilizzo diffuso in diversi paesi ma che è stata ricavata su bacini agricoli molto piccoli e prevalentemente pianeggianti. Il trasferimento a bacini acclivi (quali quelli che parzialmente caratterizzano l'intervento di progetto) conduce in genere ad una sottostima del tempo di concentrazione effettivo, e quindi ad una sovrastima delle portate al colmo. Per tenere conto di questo, e in considerazione del fatto che la generazione del deflusso di piena in occasione di eventi estremi (tempo di ritorno di 100- 200 anni) su terreni non completamente urbanizzati necessita di un tempo di saturazione del terreno dal basso, si è imposto un valore minimo del tempo di concentrazione pari a 20 minuti (0,33 ore).

Il coefficiente udometrico corrispondente all'assunzione della predetta durata è pari a 11,5 m³/s/km² per un tempo di ritorno di 100 anni e 14,2 m³/s/km² per un tempo di ritorno di 200 anni.

Per i soli bacini 31, 50 e 72 (la cui verifica idraulica esula tuttavia dagli obiettivi dalla presente relazione) è stata applicata la formula di Giandotti in quanto le relative aree sono superiori a 10 km².

I valori dei tempi di concentrazione calcolati e adottati sono riportati nelle seguenti tabelle per i diversi lotti

N°	Tombino	Tipo di opera	Kirpich	Pezzoli	Ventura	Pasini	valore finale tauc
			[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
1	Tombino 74+283,72	op. min.	0.08	0.09	0.12	0.11	0.33
2	Viadotto 74+659,28	op. magg.	0.26	0.45	0.41	0.43	0.33
3	Tombino 74+990,19	op. min.	0.08	0.09	0.11	0.11	0.33
4	Tombino 75+098,13	op. min.	0.08	0.09	0.11	0.11	0.33
5	Tombino 75+279,13	op. min.	0.14	0.21	0.15	0.17	0.33
6	Tombino 75+792,20	op. min.	0.23	0.39	0.46	0.45	0.33
7	Tombino 76+891,87	op. min.	0.12	0.16	0.25	0.22	0.33
8	Tombino 77+042,54	op. min.	0.23	0.37	0.36	0.37	0.33
9	Tombino 77+425,90	op. min.	0.08	0.10	0.20	0.16	0.33
10	Tombino 77+927,20	op. min.	0.14	0.20	0.23	0.22	0.33
11	Ponte 78+888,83	op. min.	0.27	0.45	0.48	0.48	0.33
12	Tombino 78+926,42	cavalcavia	0.04	0.04	0.05	0.05	0.33
13	Tombino 79+044,05	op. min.	0.02	0.02	0.11	0.06	0.33
14	Tombino 79+134,11	op. min.	0.02	0.02	0.19	0.09	0.33
15	Tombino 79+277,48	op. min.	0.01	0.01	0.03	0.02	0.33
16	Tombino 79+438,30	op. min.	0.07	0.08	0.09	0.09	0.33
17	Tombino 79+537,57	op. min.	0.09	0.11	0.12	0.12	0.33
19	Tombino 79+953,70	op. min.	0.13	0.19	0.26	0.24	0.33
21	Tombino 80+189,83	op. min.	0.02	0.01	0.08	0.04	0.33
22	Tombino 80+342,76	op. min.	0.04	0.04	0.05	0.05	0.33
23	Tombino 80+466,70	op. min.	0.01	0.01	0.04	0.02	0.33
24	Viadotto 80+570,96	op. magg.	0.19	0.30	0.35	0.34	0.33
25	Tombino 80+752,46	op. min.	0.02	0.01	0.10	0.05	0.33
26	Tombino 80+902,26	op. min.	0.07	0.08	0.11	0.10	0.33
27	Tombino 81+126,21	op. min.	0.04	0.04	0.08	0.06	0.33
28	Tombino 81+274,62	op. min. (non rilevata)	-	-	-	-	-
30	Tombino 82+048,60	op. min.	0.12	0.16	0.19	0.19	0.33
31	Viadotto 82+309,81	op. magg.	-	-	-	-	2.78 (Giandotti)
32	Viadotto 84+306,13	op. magg.	0.07	0.07	0.24	0.17	0.33
33	Viadotto 84+776,61	op. magg.	0.04	0.04	0.14	0.10	0.33
34	Viadotto 85+187,63	op. magg.	0.04	0.04	0.23	0.13	0.33
35	Viadotto 85+785,43	op. magg.	0.03	0.02	0.17	0.09	0.33
36	Tombino 86+035,23	op. min.	0.08	0.10	0.13	0.12	0.33

N°	Tombino	Tipo di opera	Kirpich	Pezzoli	Ventura	Pasini	valore finale tauc
			[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
37	Tombino 86+232,14	op. min.	0.02	0.02	0.08	0.05	0.33
38	Tombino 86+345,54	op. min.	0.03	0.03	0.13	0.08	0.33
39	Tombino 86+741,29	op. min.	0.05	0.05	0.15	0.10	0.33
40	Tombino 86+880,50	op. min.	0.04	0.03	0.11	0.08	0.33
41	Viadotto 87+167,90	op. magg.	0.27	0.46	0.87	0.73	0.33
42	Tombino 87+584,19	op. min. stralciata					
43	Tombino 87+707,05	op. min.	0.02	0.02	0.11	0.06	0.33
44	Tombino 87+880,00	op. min.	0.09	0.10	0.38	0.25	0.33
45	Tombino 87+898,53	op. min. stralciata					
46	Tombino 88+119,13	op. min.	0.04	0.03	0.19	0.11	0.33
47	Tombino 88+340,63	op. min.	0.09	0.12	0.23	0.19	0.33
48	Tombino 88+541,55	op. min.	0.11	0.14	0.26	0.22	0.33
49	Tombino 88+896,55	op. min.	0.01	0.01	0.08	0.04	0.33
50	Ponte 89+223,09	op. min.	-	-	-	-	3.25
51	Ponte 89+820,71	op. min.	0.63	1.40	1.82	1.71	0.63
52	Tombino 90+334,69	op. min.	2.08	6.58	7.44	7.33	2.08
53	Tombino 92+072,01	op. min.	0.07	0.08	0.28	0.19	0.33
54	Tombino 92+412,00	op. min.	0.23	0.39	0.49	0.47	0.33
55	Tombino 92+474,86	op. min.	0.07	0.07	0.13	0.11	0.33
56	Tombino 92+760,40	op. min.	0.04	0.03	0.16	0.10	0.33
57	Tombino 93+097,68	op. min.	0.02	0.01	0.12	0.06	0.33
58	Tombino 93+533,64	op. min.	0.02	0.02	0.23	0.10	0.33
59	Tombino 94+045,74	op. min.	0.01	0.01	0.13	0.05	0.33
60	Ponte 94+736,60	op. min.	0.54	1.14	1.44	1.37	0.54
61	Tombino 95+038,71	op. min.	0.56	1.21	1.04	1.12	0.56
62	Tombino 95+310,65	op. min.	0.02	0.01	0.05	0.03	0.33
63	Tombino 95+667,38	op. min.	0.04	0.04	0.18	0.11	0.33
64	Tombino 96+254,37	op. min.	0.08	0.10	0.21	0.17	0.33
65	Tombino 96+460,45	op. min.	0.02	0.02	0.20	0.10	0.33
66	Tombino 96+881,30	op. min.	0.06	0.06	0.14	0.11	0.33
67	Viadotto 97+249,44	op. magg.	0.11	0.14	0.32	0.25	0.33
68	Viadotto 97+485,96	op. magg.	0.10	0.13	0.20	0.18	0.33

N°	Tombino	Tipo di opera	Kirpich	Pezzoli	Ventura	Pasini	valore finale tauc
			[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
69	Tombino 97+738,01	op. min.	0.02	0.02	0.07	0.05	0.33
70	Tombino 97+918,25	op. min.	0.01	0.01	0.05	0.03	0.33
71	Tombino 98+577,05	op. min.	0.03	0.03	0.16	0.09	0.33
72	Viadotto 99+175,20	op. magg.	-	-	-	-	2.88
73	Tombino 99+457,96	op. min.	0.45	0.90	0.90	0.92	0.45

N°	Tombino	Tipo di opera	Kirpich	Pezzoli	Ventura	Pasini	valore finale tauc
			[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
74	Tombino 100+089.67	op. min.	0.11	0.15	0.65	0.41	0.33
75	Ponte 100+392.42	op. min.	0.70	1.60	1.34	1.45	0.70
76	Tombino 100+871.38	op. min.	0.34	0.62	0.66	0.66	0.34
77	Ponte 101+835.34	op. min.	0.20	0.31	0.49	0.43	0.33
78	Tombino 102+442.46	op. min.	0.15	0.21	0.38	0.32	0.33
79	Ponte 102+664.05	op. min.	0.96	2.40	2.29	2.38	0.96
80	Tombino 102+739.72	op. min.	0.38	0.71	0.56	0.62	0.38
81	Tombino 103+205.74	op. min.	0.07	0.08	0.23	0.16	0.33
82	Tombino 103+777.38	op. min.	0.21	0.34	0.51	0.46	0.33
83	Tombino 104+486.92	op. min.	0.02	0.02	0.17	0.08	0.33
84	Ponte 104+684.86	op. min.	0.04	0.04	0.09	0.07	0.33
85	Tombino 104+973.87	op. min.	0.04	0.04	0.12	0.09	0.33
86	Tombino 105+148.18	op. min.	0.10	0.13	0.24	0.20	0.33
87	Tombino 105+318.58	op. min.	0.21	0.33	0.37	0.37	0.33
88	Tombino 105+552.55	op. min.	0.06	0.06	0.13	0.11	0.33
89	Tombino 105+778.78	op. min.	0.02	0.01	0.05	0.03	0.33
90	Tombino 105+884.94	op. min.	0.02	0.02	0.08	0.05	0.33
91	Tombino 106+146.19	op. min.	0.04	0.04	0.14	0.09	0.33
92	Tombino 106+444.77	op. min.	0.26	0.43	0.57	0.53	0.33
93	Tombino 106+798.91	op. min.	0.02	0.02	0.25	0.11	0.33
94	Tombino 107+914.12	op. min.	0.12	0.17	0.34	0.28	0.33
95	Tombino 108+142.73	op. min.	0.02	0.01	0.08	0.04	0.33

N°	Tombino	Tipo di opera	Kirpich	Pezzoli	Ventura	Pasini	valore finale tau _c
			[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
96	Tombino 108+197.27	op. min.	0.02	0.02	0.10	0.06	0.33
97	Tombino 108+421.14	op. min.	0.03	0.02	0.09	0.06	0.33
98	Tombino 108+632.56	op. min.	0.02	0.02	0.12	0.06	0.33
99	Tombino 108+776.14	op. min.	0.06	0.06	0.16	0.12	0.33
100	Tombino 109+202.84	op. min.	0.03	0.02	0.14	0.08	0.33
101	Tombino 109+354.00	op. min.	0.04	0.04	0.32	0.17	0.33
102	Tombino 109+658.66	op. min.	0.08	0.10	0.19	0.16	0.33
103	Tombino 110+107.55	op. min.	0.07	0.08	0.22	0.16	0.33
104	Tombino 110+621.70	op. min.	0.03	0.02	0.11	0.07	0.33
105	Tombino 110+913.62	op. min.	0.01	0.01	0.05	0.03	0.33
106	Tombino 111+032.15	op. min.	0.05	0.05	0.11	0.08	0.33
107	Tombino 111+128.22	op. min.	0.00	0.00	0.01	0.01	0.33
108	Tombino 111+283.92	op. min.	0.05	0.06	0.12	0.10	0.33
109	Tombino 111+444.31	op. min.	0.01	0.01	0.08	0.03	0.33
110	Tombino 112+226.42	op. min.	0.33	0.60	1.07	0.91	0.33
111	Tombino 112+659.37	op. min.	0.01	0.01	0.08	0.04	0.33
112	Tombino 112+850.87	op. min.	0.01	0.01	0.08	0.04	0.33
113	Tombino 113+112.73	op. min.	0.01	0.01	0.13	0.05	0.33
114	Tombino 113+374.10	op. min.	0.02	0.02	0.11	0.06	0.33
115	Tombino 113+585.57	op. min.	0.04	0.04	0.07	0.05	0.33
116	Tombino 114+011.60	op. min.	0.16	0.24	0.45	0.37	0.33
117	Tombino 114+371.16	op. min.	0.06	0.07	0.12	0.11	0.33
118	Tombino 114+531.39	op. min.	0.04	0.04	0.44	0.20	0.33
119	Tombino 114+794.24	op. min.	0.02	0.02	0.14	0.07	0.33
120	Tombino 114+897.20	op. min.	0.55	1.17	1.99	1.71	0.55
121	Tombino 116+265.86	op. min.	0.04	0.04	0.41	0.19	0.33
122	Tombino 116+576.82	op. min.	0.05	0.05	0.53	0.25	0.33
123	Tombino 116+693.11	op. min.	0.13	0.19	0.25	0.23	0.33
124	Tombino 116+798.90	op. min.	0.03	0.02	0.07	0.05	0.33
125	Tombino 117+182.72	op. min.	0.05	0.05	0.28	0.16	0.33
126	Tombino 117+883.12	op. min.	0.97	2.44	1.44	1.76	0.97
127	Tombino 117+992.93	op. min.	0.06	0.06	0.16	0.12	0.33
128	Tombino 118+639.06	op. min.	0.01	0.00	0.04	0.02	0.33
129	Tombino 118+677.26	op. min.	0.01	0.01	0.06	0.03	0.33
130	Tombino 119+063.77	op. min.	0.01	0.01	0.14	0.06	0.33

3.4 Portate di progetto

Le portate di progetto individuate come nella metodologia sopra descritta sono riportati nelle seguenti tabelle per i diversi lotti

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	opera esistente/rilevata	Area	i200	Q 200
					[km ²]		
TRATTA 1	1	Tombino 74+283,72	op. min.	tombino ad arco b= 2.5 m	0.101	127	1.43
TRATTA 1	2	Viadotto 74+659,28	Viadotto	Viadotto a 4 luci di m. 15,00	0.624	127	8.83
TRATTA1	3	Tombino 74+990,19	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.087	127	1.23
TRATTA1	4	Tombino 75+098,13	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.081	127	1.14
TRATTA1	5	Tombino 75+279,13	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.125	127	1.77
TRATTA1	6	Tombino 75+792,20	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.870	127	12.33
TRATTA1	7	Tombino 76+891,87	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.127	127	1.80
TRATTA1	8	Tombino 77+042,54	op. min.	tombino ad arco b= 6 m	1.393	127	19.73
TRATTA1	9	Tombino 77+425,90	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	0.206	127	2.91
TRATTA1	10	Tombino 77+927,20	op. min.	Sottopasso di m. 6,00	0.464	127	6.57
TRATTA1	11	Ponte 78+888,83	op. min.	Ponte di m. 8,00	1.119	127	15.85
TRATTA1	12	Tombino 78+926,42	cavalcavia		0.005	127	0.07
TRATTA1	13	Tombino 79+044,05	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.027	127	0.38
TRATTA1	14	Tombino 79+134,11	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.071	127	1.00
TRATTA 1	15	Tombino 79+277,48	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.002	127	0.02
TRATTA1	16	Tombino 79+438,30	op. min.	Ponte-Sottopasso di m. 3,00	0.092	127	1.31
TRATTA1	17	Tombino 79+537,57	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.154	127	2.18
TRATTA1	19	Tombino 79+953,70	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.702	127	9.95
TRATTA 1	21	Tombino 80+189,83	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.057	127	0.81
TRATTA1	22	Tombino 80+342,76	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.057	127	0.81
TRATTA1	23	Tombino 80+466,70	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.032	127	0.46
TRATTA1	24	Viadotto 80+570,96	op. magg.	Viadotto a 4 luci di m. 10,00	0.806	127	11.41
TRATTA1	25	Tombino 80+752,46	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.039	127	0.55
TRATTA1	26	Tombino 80+902,26	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.133	127	1.88
TRATTA1	27	Tombino 81+126,21	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.053	127	0.74
TRATTA1	28	Tombino 81+274,62	op. min. (non ril.)		1.389	127	19.67

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	opera esistente/rilevata	Area	i200	Q 200
					[km ²]		
TRATTA1	30	Tombino 82+048,60	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.361	127	5.12
TRATTA1	31	Viadotto 82+309,81	op. magg.	Viadotto a 11 luci	20.572	49	114.01
TRATTA1	32	Viadotto 84+306,13	op. magg.	Viadotto a 6 luci di m. 15,00	0.768	127	10.87
TRATTA1	33	Viadotto 84+776,61	op. magg.	Viadotto a 5 luci	0.139	127	1.96
TRATTA1	34	Viadotto 85+187,63	op. magg.	Viadotto a 5 luci di m. 15,00	0.199	127	2.82
TRATTA1	35	Viadotto 85+785,43	op. magg.	Viadotto a 5 luci	0.072	127	1.03
TRATTA1	36	Tombino 86+035,23	op. min.	Ponte obliquo di m. 3,00	0.102	127	1.45
TRATTA1	37	Tombino 86+232,14	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	0.026	127	0.38
TRATTA1	38	Tombino 86+345,54	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	0.119	127	1.68
TRATTA1	39	Tombino 86+741,29	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.124	127	1.76
TRATTA1	40	Tombino 86+880,50	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.056	127	0.79
TRATTA1	41	Viadotto 87+167,90	op. magg.	Viadotto a 2 luci	1.245	127	17.64
TRATTA1	42	Tombino 87+584,19	op. min. stralc.	tombino ad arco b= 0.8			
TRATTA1	43	Tombino 87+707,05	op. min.	tombino ad arco b= 0.8	0.046	127	0.65
TRATTA1	44	Tombino 87+880,00	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	0.236	127	3.34
TRATTA1	45	Tombino 87+898,53	op. min. stralc.	tombino ad arco b= 2 m			
TRATTA1	46	Tombino 88+119,13	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	0.166	127	2.35
TRATTA1	47	Tombino 88+340,63	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	0.078	127	1.10
TRATTA2	48	Tombino 88+541.55	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.426	127	6.04
TRATTA2	49	Tombino 88+896,55	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.064	127	0.91
TRATTA2	50	Ponte 89+223,09	op. min.	Sottopasso (ponte) di m. 10,00	13.687	46	70.72
TRATTA2	51	Ponte 89+820,71	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 8,00	6.601	89	65.05
TRATTA2	52	Tombino 90+334,69	op. min.	Sottopasso di m. 3,00	7.632	45	38.35
TRATTA2	53	Tombino 92+072,01	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.168	127	2.38
TRATTA2	54	Tombino 92+412,00	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 3,00	1.087	127	15.40
TRATTA2	55	Tombino 92+474,86	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.068	127	0.97
TRATTA2	56	Tombino 92+760,40	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 3,00	0.118	127	1.68
TRATTA2	57	Tombino 93+097,68	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.071	127	1.00
TRATTA2	58	Tombino 93+533,64	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.168	127	2.38
TRATTA2	59	Tombino 94+045,74	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.083	127	1.18
TRATTA2	60	Ponte 94+736,60	op. min.	Sottopasso (ponte) di m. 10,00	4.408	97	47.46
TRATTA2	61	Tombino 95+038,71	op. min.	sottopasso (ponte) di m. 3,00	1.837	95	19.32
TRATTA3	62	Tombino 95+310,65	op. min.	tombino ad arco b= 0.8	0.010	127	0.14

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	opera esistente/rilevata	Area	i200	Q 200
					[km ²]		
TRATTA2	63	Tombino 95+667,38	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.108	127	1.53
TRATTA2	64	Tombino 96+254,37	op. min.	sottopasso (ponte)di m. 3,00	0.134	127	1.89
TRATTA2	65	Tombino 96+460,45	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.170	127	2.41
TRATTA2	66	Tombino 96+881,30	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.107	127	1.52
TRATTA2	67	Viadotto 97+249,44	op. magg.	Viadotto a 4 luci di m. 15,00	0.314	127	4.45
TRATTA2	68	Viadotto 97+485,96	op. magg.	Viadotto a 4 luci di m. 15,00	0.188	127	2.67
TRATTA2	69	Tombino 97+738,01	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.040	127	0.56
TRATTA2	70	Tombino 97+918,25	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.019	127	0.27
TRATTA2	71	Tombino 98+577,05	op. min.	sottopasso (ponte)di m. 3,00	0.112	127	1.59
TRATTA2	72	Viadotto 99+175,20	op. magg.	Viadotto a 12 luci	23.472	51	127.53
TRATTA2	73	Tombino 99+457,96	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	2.805	108	33.55

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	opera esistente/rilevata	Area	i200	Q 200
					[km ²]	[mm/h]	[m ³ /s]
TRATTA3	74	Tombino 100+089.67	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.197	154	3.38
TRATTA3	75	Ponte 100+392.42	op. min.	Ponte di m. 5,00	4.863	101	54.71
TRATTA3	76	Tombino 100+871.38	op. min.	Ponte di m. 3,00	1.074	153	18.22
TRATTA3	77	Ponte 101+835.34	op. min.	Sottovia m. 6	0.546	154	9.33
TRATTA3	78	Tombino 102+442.46	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.260	154	4.45
TRATTA3	79	Ponte 102+664.05	op. min.	Ponte di m. 6,00	8.248	85	77.72
TRATTA3	80	Tombino 102+739.72	op. min.	Sottopasso m. 4	0.657	144	10.49
TRATTA3	81	Tombino 103+205.74	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.146	154	2.50
TRATTA3	82	Tombino 103+777.38	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.394	154	6.75
TRATTA3	83	Tombino 104+486.92	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.078	154	1.34
TRATTA3	84	Ponte 104+684.86	op. min.	Ponte di m. 6,00	0.034	154	0.58
TRATTA3	85	Tombino 104+973.87	op. min.	tombino scatolare b= 1 m	0.071	154	1.22
TRATTA3	86	Tombino 105+148.18	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.394	154	6.75
TRATTA3	87	Tombino 105+318.58	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.549	154	9.40
TRATTA3	88	Tombino 105+552.55	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.112	154	1.91
TRATTA3	89	Tombino 105+778.78	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.024	154	0.41
TRATTA3	90	Tombino 105+884.94	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.059	154	1.01
TRATTA3	91	Tombino 106+146.19	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.130	154	2.22
TRATTA3	92	Tombino 106+444.77	op. min.	tombino ad arco b= 2 m	1.133	154	19.39

Lotto	N°	Tombino	Tipo di opera	opera esistente/rilevata	Area	i200	Q 200
					[km ²]	[mm/h]	[m ³ /s]
TRATTA3	93	Tombino 106+798.91	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.142	154	2.44
TRATTA3	94	Tombino 107+914.12	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.171	154	2.93
TRATTA3	95	Tombino 108+142.73	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.040	154	0.68
TRATTA3	96	Tombino 108+197.27	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.023	154	0.40
TRATTA3	97	Tombino 108+421.14	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.066	154	1.12
TRATTA3	98	Tombino 108+632.56	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.056	154	0.96
TRATTA3	99	Tombino 108+776.14	op. min.	Ponte di m. 3,00	0.121	154	2.06
TRATTA3	100	Tombino 109+202.84	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.119	154	2.03
TRATTA3	101	Tombino 109+354.00	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.018	154	0.32
TRATTA3	102	Tombino 109+658.66	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.094	154	1.61
TRATTA3	103	Tombino 110+107.55	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.266	154	4.56
TRATTA3	104	Tombino 110+621.70	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.121	154	2.07
TRATTA4	105	Tombino 110+913.62	op. min.	nuova opera	0.017	154	0.29
TRATTA4	106	Tombino 111+032.15	op. min.	Ponte di m. 4,00	0.079	154	1.35
TRATTA4	107	Tombino 111+128.22	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.001	154	0.01
TRATTA4	108	Tombino 111+283.92	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.122	154	2.08
TRATTA4	109	Tombino 111+444.31	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.040	154	0.68
TRATTA4	110	Tombino 112+226.42	op. min.	Ponte di m. 3,00	2.012	154	34.41
TRATTA4	111	Tombino 112+659.37	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.034	154	0.59
TRATTA4	112	Tombino 112+850.87	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.047	154	0.80
TRATTA4	113	Tombino 113+112.73	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.055	154	0.94
TRATTA4	114	Tombino 113+374.10	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.073	154	1.25
TRATTA4	115	Tombino 113+585.57	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.016	154	0.28
TRATTA4	116	Tombino 114+011.60	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.367	154	6.29
TRATTA4	117	Tombino 114+371.16	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.019	154	0.32
TRATTA4	118	Tombino 114+531.39	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.222	154	3.80
TRATTA4	119	Tombino 114+794.24	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.035	154	0.61
TRATTA4	120	Tombino 114+897.20	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	3.005	116	38.70
TRATTA4	121	Tombino 116+265.86	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.144	154	2.47
TRATTA4	122	Tombino 116+576.82	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.112	154	1.91
TRATTA4	123	Tombino 116+693.11	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.005	154	0.16
TRATTA4	124	Tombino 116+798.90	op. min.	tombino ad arco b= 0.8 m	0.001	154	0.04
TRATTA4	125	Tombino 117+182.72	op. min.	tombino ad arco b= 1 m	0.064	154	1.93
TRATTA4	126	Tombino 117+883.12	op. min.	tombino b= 2 m	0.655	84	10.72
TRATTA4	127	Tombino 117+992.93	op. min.	tombino b= 0,6 m	0.017	154	0.52
TRATTA4	128	Tombino 118+639.06	op. min.	tombino	0.002	154	0.07
TRATTA4	129	Tombino 118+677.26	op. min.	tombino b= 0,6 m	0.002	154	0.05

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016
304817_S01_PD_TG- -_03_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione idrologica	

<i>Lotto</i>	<i>N°</i>	<i>Tombino</i>	<i>Tipo di opera</i>	<i>opera esistente/rilevata</i>	<i>Area</i>	<i>i200</i>	<i>Q 200</i>
					[km ²]	[mm/h]	[m ³ /s]
TRATTA4	130	Tombino 119+063.77	op. min.	tombino b= 0,6 m	0.005	154	0.14

NOTA: Per i bacini evidenziati in colore giallo con area maggiore di 10 kmq si è adottato un **tempo di ritorno di 300 anni**