



CITTA' DI FRANCOFONTE

REGIONE SICILIA

IMPIANTO AGROVOLTAICO "DAFNE"

della potenza di 29,313 MW in DC
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



DAFNE SOLE srl
Via Cardinale Agostino Ciasca, 9
70124 Bari
VAT: 08245440725
Tel: 0039 3406832848

PROGETTAZIONE:



TEKNE srl
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:
dott. Renato Mansi

CONSULENTE:
ing. Emanuele Barbieri



PD

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Tavola: RE02.1

Filename:

Data 1°emissione:
Maggio 2022

Redatto:
NEW DEV

Verificato:
G.PERTOSO

Approvato:
R.PERTOSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione

1
2
3
4

TKA644

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. AREA DI INTERVENTO	2
3. INTERVENTI IN PROGETTO	3
4. STATO DI FATTO	3
4.1. SOVRAPPOSIZIONE CON CARTOGRAFIA PAI.....	5
5. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO.....	5
5.1. INTERFERENZE CON IL CAVIDOTTO MT/AT	6
6. ANALISI IDROLOGICA.....	9
6.1. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE	9
6.1.1. IL SECONDO LIVELLO TCEV	11
6.1.2. MODELLO TCEV DI PRIMO LIVELLO	15
6.1.1. CPP DI RIFERIMENTO	17
6.1.2. CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA.....	17
6.2. BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO	18
6.2.1. ALTITUDINE MEDIA, MASSIMA E MINIMA DEI BACINI	19
6.2.2. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	20
6.2.3. STIMA DELLE PORTATE: LA FORMULA RAZIONALE	21
7. RISULTATI E CONCLUSIONI	23

1. PREMESSA

Il seguente studio idrologico e idraulico è parte integrante del Progetto Definitivo inerente la realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato “Dafne”, sito nel territorio comunale di Francofonte (SR). Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti nello studio idrologico e idraulico, redatto in fase di progettazione definitiva. Più in particolare, previo inquadramento dell’area oggetto di intervento, verranno mostrate le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che, a partire da un’analisi probabilistica delle precipitazioni, hanno consentito di stimare le portate ad assegnato tempo di ritorno.

2. AREA DI INTERVENTO

L’ intervento ricade a Est del comune di Francofonte, all’interno della perimetrazione del bacino idrografico del Fiume San Leonardo (Lentini), ubicato nel versante orientale della Sicilia e che si estende per circa 500 Km² dai centri abitati di Vizzini e Buccheri sino al mare Ionio, presso il Villaggio San Leonardo, al confine tra i territori di Augusta e Carlentini.

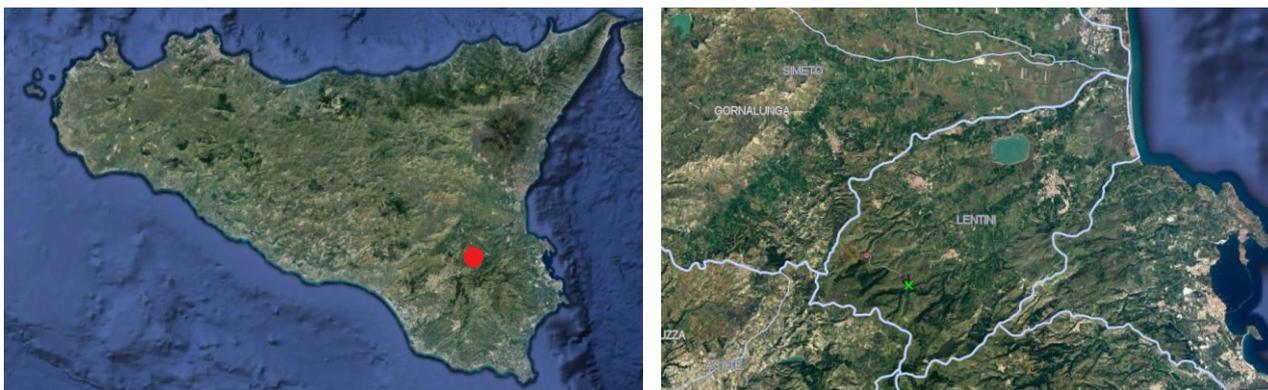


Figura 2-1- Inquadramento area di intervento

Il Bacino del Fiume San Leonardo (Lentini) presenta una variabilità morfologica costituita da zone collinari (a sud / Sud-est e ad est dei centri abitati di Lentini e Carlentini) e depressioni (nella parte ad est degli ex pantani di Lentini ed immediatamente a nord di Lentini).



Figura 2-2- Bacino del Fiume San Leonardo

3. INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di una centrale fotovoltaica combinata al pascolo di ovini e bovini. Le strutture fotovoltaiche di tipo fisso produrranno energia elettrica per mezzo dell'installazione di un generatore fotovoltaico per complessivi **29,31 MWp**, come somma delle potenze in condizioni standard dei moduli fotovoltaici. La potenza attiva massima che verrà immessa nella Rete di Trasmissione elettrica Nazionale sarà pari a **25 MW**.

Oltre alla centrale agrovoltaica, sono oggetto della presente richiesta di PUA ai sensi dell'Art. 27 del D.lgs. 152/06 e s.m.i. anche tutte le opere di connessione alla RTN ovvero:

- Il cavidotto di connessione in Media Tensione 30 kV tra l'impianto fotovoltaico e lo stallo di utenza ubicato nella stazione di elevazione MT/AT 30/150 kV da realizzare in località "*Masseria Monforte*" nel Comune di Francofonte (SR);
- la stazione di elevazione MT/AT 30/150 kV in località "*Masseria Monforte*" (Fg 21 p.lle 174-175-179) nel Comune di Francofonte (SR);
- Il cavidotto AT 150 kV per il collegamento della stazione 30/150 kV allo stallo nella nuova SE Terna "*Vizzini*" nel Comune di Vizzini (CT);
- La nuova SE Terna "*Vizzini*" che al momento è in fase di istruttoria presso il MITE da parte di Terna Rete Elettrica Nazionale S.p.A. (Codice procedura (ID_VIP/ID_MATTM): 6280).

La sottostazione elettrica 30/150kV, il cavidotto AT 150kV e lo stallo nella nuova SE Terna "*Vizzini*" sono in condivisione con le iniziative della società Green Wave s.r.l. e della società Solar Edge s.r.l

4. STATO DI FATTO

Il sito di intervento si presenta geomorfologicamente come un pianoro posto a circa 450 m di altezza s.l.m., caratterizzato per lo più da un'alternanza di aree pianeggianti





Tabella 1 - Area oggetto di intervento

Da un punto di vista idraulico, sono presenti una serie di corsi d'acqua minori che con andamento Est Ovest si immettono nel Fiume San Leonardo.

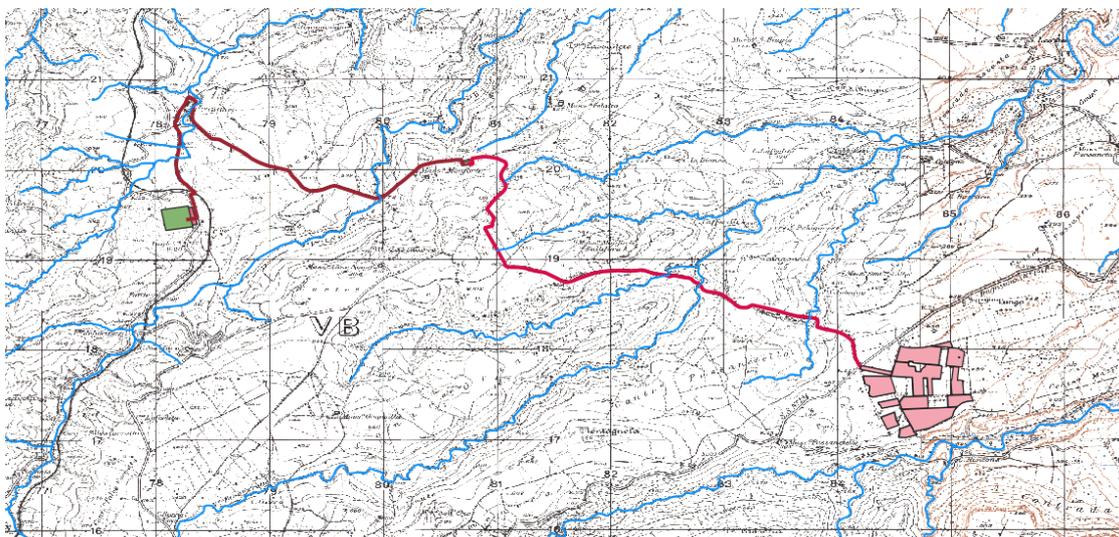


Figura 4-1- Reticolo idrografico esistente

4.1. SOVRAPPOSIZIONE CON CARTOGRAFIA PAI

Le aree di intervento ricadono nel territorio di competenza dell’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia. L’eventuale interferenza con le aree a rischio idraulico è stata verificata, previa consultazione delle cartografie messe a disposizione dal SITR Regionale. Dalla Figura 4-2 si evidenzia come le aree oggetto di intervento, non interferiscono con le perimetrazioni della pericolosità e del rischio idraulico.

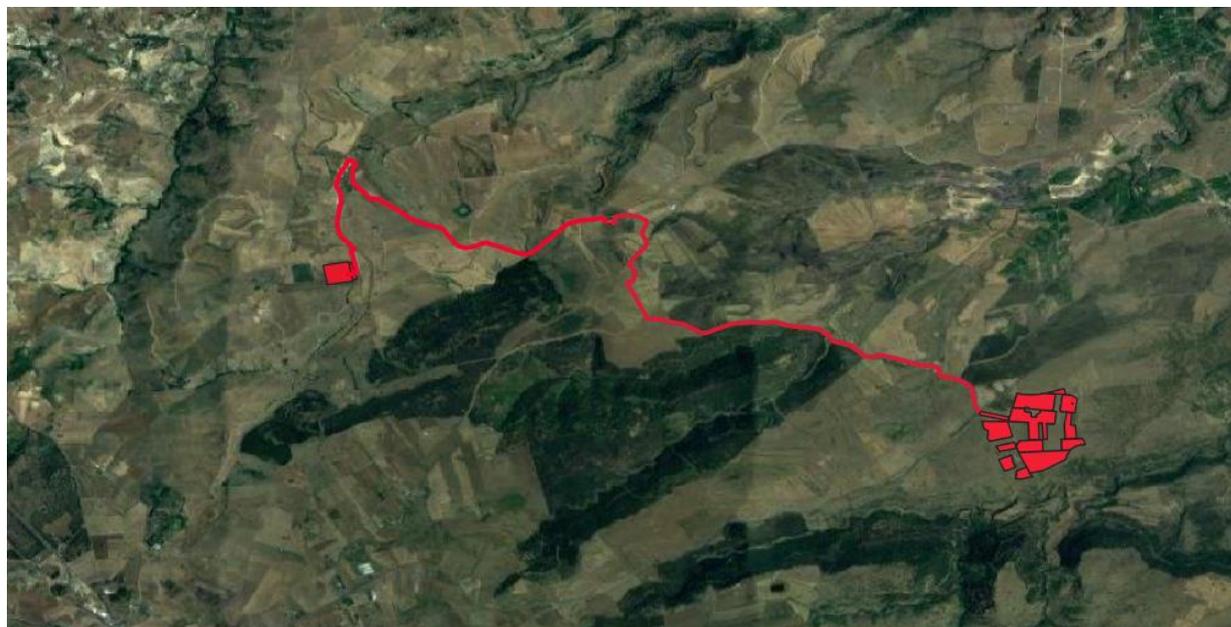


Figura 4-2 – Sovrapposizione con aree PAI a rischio Idraulico. In rosso le opere oggetto di intervento

5. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

Seppur le aree di impianto non ricadono in aree a pericolosità/rischio idraulico, si procederà ad uno studio di idrologico di dettaglio, mirato alla determinazione delle caratteristiche pluviometriche dell’area, da usare per la successiva stima delle portate a differente tempo di ritorno.

5.1. INTERFERENZE CON IL CAVIDOTTO MT/AT

Dalla Cabina di Consegna ubicata all'interno dell'impianto partirà una linea in MT che si conetterà alla Stazione di Utenza MT/AT ubicata all'interno dell'impianto di Green Wave, e condivisa da più produttori, per poi trasferire l'energia in AT allo stallo riservato nella SE.

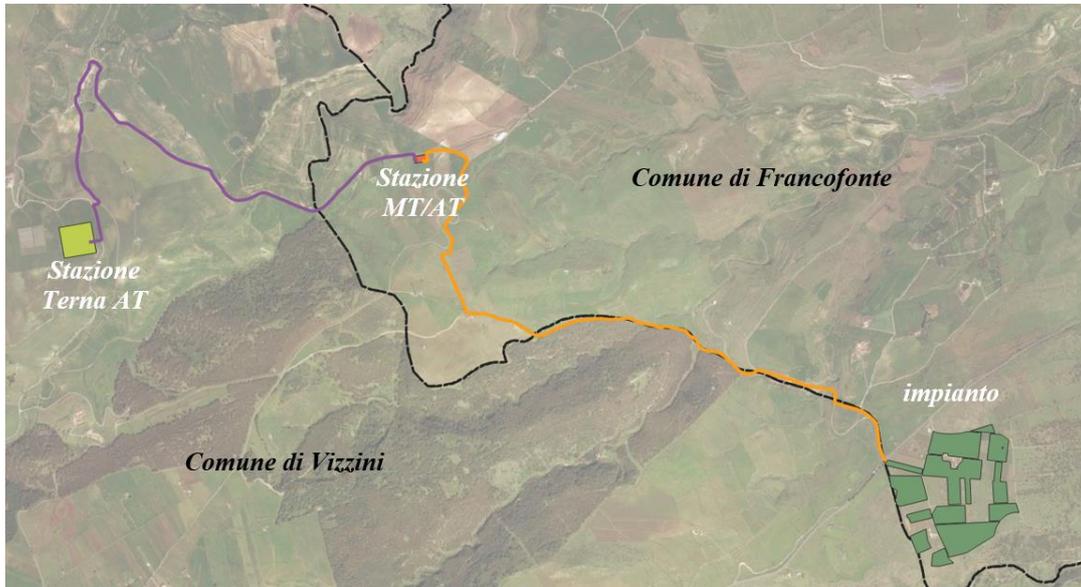


Figura 5-1- Tracciato del cavidotto

Il percorso cavidotto prevede l'interramento di tre terne di cavi MT lungo i seguenti tratti:

ANALISI DEL PERCORSO CAVIDOTTO MT 30 kV				
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)	
A-B'	Tratto entro area impianto	-	315	
B'-C'	Attraversamento Strada sterrata	-	5	
C'-A	Tratto entro area impianto	-	275	
A-B	Tratto in TOC	-	30	
B-C	Tratto su Strada asfaltata	Comunale	930	
C-D	Tratto in TOC	-	180	
D-E	Tratto su Strada asfaltata	Comunale	925	
E-F	Tratto in TOC	-	175	
F-G	Tratto su Strada asfaltata	Comunale	170	
G-H	Tratto in TOC	-	160	
H-I	Tratto su Strada asfaltata	Comunale	1465	
I-L	Tratto entro terreno agricolo	-	75	
L-M	Tratto in TOC	-	165	
M-N	Tratto entro terreno agricolo	-	270	
N-O	Tratto su Strada asfaltata	Strada Comunale Contrada Gran Villa	1680	
O-P	Tratto entro terreno agricolo	-	45	
Totale percorso cavidotto MT			6865	

Tabella 2- Analisi del percorso del cavidotto MT

Tale elemento presenterà le seguenti sezioni tipo di scavo:

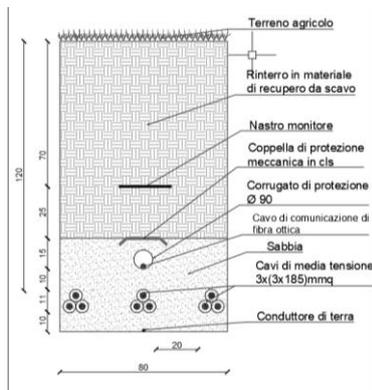


Figura 5-2- Sezione tipo cavidotto su terreno agricolo

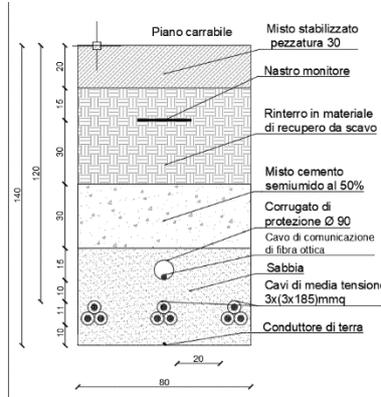


Figura 5-3 – Sezione tipo cavidotto su viabilità esistente non asfaltata

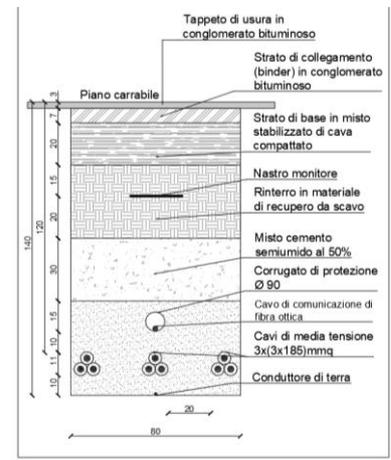


Figura 5-4- Sezione tipo cavidotto su viabilità esistente asfaltata

Il percorso cavidotto AT invece, prevede l'interramento di una terna di cavi AT lungo i seguenti tratti:

ANALISI DEL PERCORSO CAVIDOTTO AT 150 KV			
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)
Q-R	Tratto entro terreno agricolo	-	60
R-S	Tratto su Strada asfaltata	Comunale	785
S-T	Tratto in TOC	-	165
T-U	Tratto su Strada asfaltata	-	1980
U-V	Tratto in TOC	-	165
V-Z	Tratto su Strada asfaltata	-	605
Z-X	Tratto in TOC	-	280
X-W	Tratto su Strada sterrata	-	350
W-Y	Tratto in TOC	-	20
Y-K	Tratto entro terreno agricolo	-	40
K-J	Tratto su Strada asfaltata	Strada Provinciale SP28ii	275
J-J'	Tratto entro terreno agricolo	-	85
Totale percorso cavidotto AT			4810

Tabella 3- Analisi del percorso del cavidotto AT

e presenterà le seguenti sezioni tipo:

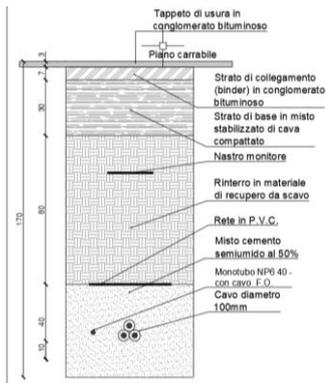


Figura 5-5- Sezione tipo cavidotto su terreno agricolo

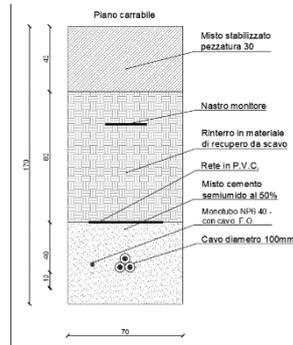


Figura 5-6 – Sezione tipo cavidotto su viabilità esistente non asfaltata

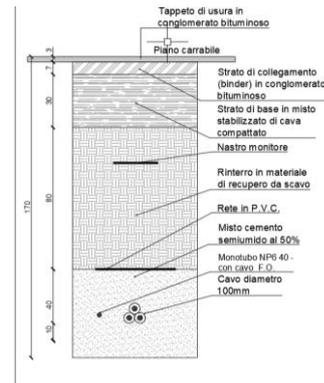


Figura 5-7- Sezione tipo cavidotto su viabilità esistente asfaltata

Per quanto riguarda il percorso del cavidotto per il collegamento del parco agrovoltatico con la cabina di trasformazione, è stata posta particolare attenzione, al fine di individuare il tracciato che minimizzasse le interferenze ed i punti d'intersezione con il reticolo idrografico individuato in sito. Nel dettaglio, alcuni tratti del cavidotto interrato ricadono in prossimità, costeggiano e attraversano il reticolo idrografico.

Di fatto, la costruzione del cavidotto non comporterà alcuna modifica delle livellette e delle opere idrauliche presenti sia per la scelta del percorso (prevalentemente all'interno della viabilità esistente), sia per le modeste dimensioni di scavo (massimo 140 cm di profondità e circa 80 cm di larghezza) a realizzarsi con escavatore a benna stretta.

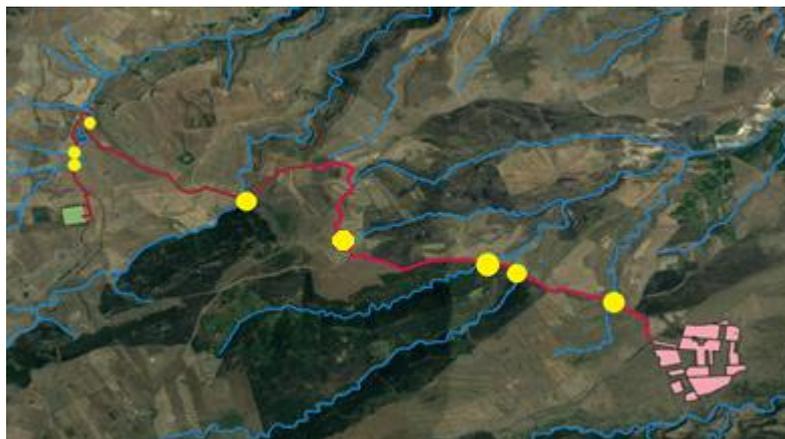
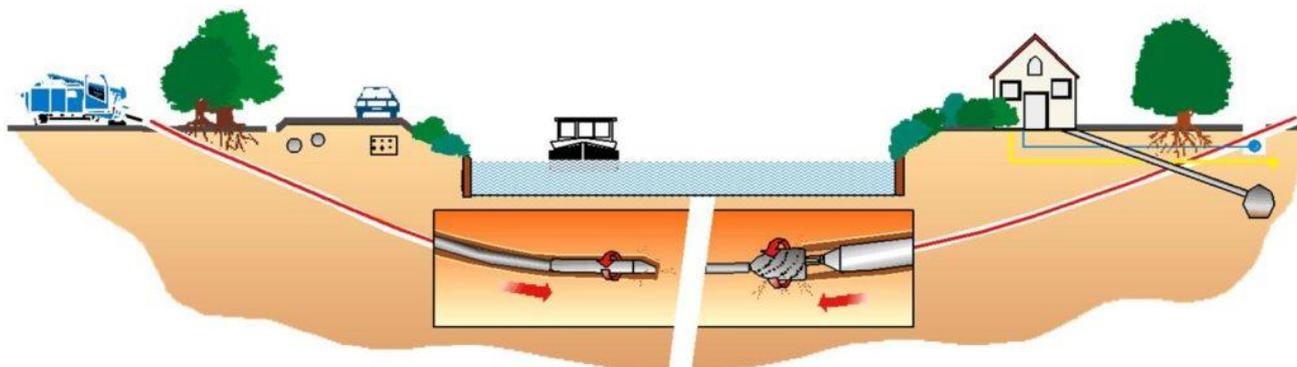


Figura 5-8- Punti di interferenza tra reticolo idrografico principale e cavidotto; in giallo i punti di interferenza;

Inoltre, laddove il cavidotto attraversa il reticolo idrografico, l'interferenza sarà risolta con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (TOC), al di sotto del fondo alveo, in maniera da non interferire in alcun modo con i deflussi superficiali e con gli eventuali scorrimenti in subalvea, ed in maniera tale che il punto di

ingresso/uscita della perforazione sia ad una distanza tale da ricadere al di fuori dell'area inondabile¹.



In definitiva, la realizzazione del cavidotto interrato, sia se realizzato su strade esistenti sia se posto in opera in terreni agricoli, consentirà di proteggere il collegamento elettrico da potenziali effetti delle azioni di trascinamento della corrente idraulica e non comporterà alcuna riduzione della sezione utile per il deflusso idrico. A fine lavori, si provvederà al ripristino della situazione ante operam delle carreggiate stradali e della morfologia dei terreni attraversati, per cui gli interventi previsti per il cavidotto non determineranno alcuna modifica territoriale né modifiche dello stato fisico dei luoghi.

Tutte le interferenze tra le opere di progetto e i sottoservizi esistenti sono state riportate all'interno dell'elaborato grafico **AR08**.

6. ANALISI IDROLOGICA

Le analisi idrologiche, di seguito mostrate, sono state eseguite attraverso metodi di stima indiretta che, a partire dalla definizione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP), esprimenti la relazione fra le altezze di precipitazione h e la loro durata t , e dalla perimetrazione dei bacini, hanno consentito la stima delle portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno. Nei paragrafi a seguire verranno descritte nel dettaglio le varie fasi dello studio idrologico.

6.1. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE

Lo studio probabilistico delle piogge, necessario per la definizione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP), è stato effettuato sull'analisi delle curve di frequenza cumulata (CDF), costruite per le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1,3,6,12,24 ore. Come modello è stato applicato il modello

¹ Per la definizione delle fasi operative e ad integrazione delle analisi idrologiche ed idrauliche effettuate nei successivi capitoli, si procederà, nei livelli successivi di progettazione, ad effettuare uno studio idraulico di maggior dettaglio dell'area, mirato a ottimizzare la gestione del cantiere e, qualora necessario, definire eventuali misure e/o opere di mitigazione temporanee per la sicurezza delle maestranze e mezzi impiegati nelle lavorazioni.

probabilistico TCEV (Two Component Extreme Value), la cui funzione di probabilità è del tipo

$$F_x(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-x/\theta_2)\} \quad x \geq 0$$

in cui è possibile distinguere una componente base (pedice 1), relativa agli eventi normali e più frequenti, ed una componente straordinaria (pedice 2), relativa ad eventi più gravosi e rari. La legge risulta essere funzione di 4 parametri $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2, \theta_2$, esprimenti il numero medio di eventi indipendenti superiori ad una soglia delle due popolazioni (Λ_1 e Λ_2) e il loro valore medio (θ_1 e θ_2).

Ponendo

$$\theta_* = \theta_2/\theta_1 \text{ e } \Lambda_* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta_*}$$

la funzione di probabilità diventa

$$F_x(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp[-x/(\theta_*\theta_1)]\} \quad x \geq 0$$

e il valore della variabile casuale x , corrispondente al periodo di ritorno T , dipendente dai 4 parametri

$$\Lambda_* \theta_* \Lambda_1 \theta_1$$

la cui stima può essere effettuata con il metodo del massimo verosimiglianza o dei momenti.

Più in particolare è stato adottato il metodo indice che, in luogo della variabile casuale x_T adopera la variabile adimensionale $x'_T = x_T/\mu$, dove μ (fattore indice) viene assunto pari al valore medio. Con tale approccio la stima di x si ottiene con due passi distinti:

- 1) Stima del fattore di crescita x'_T relativo al tempo di ritorno T , per cui è necessario conoscere i parametri $\Lambda_* \theta_* \Lambda_1 \theta_1$;
- 2) Stima del valore indice μ , direttamente dai dati campionari o da regressioni empiriche locali.

Per ridurre l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili, si utilizzano delle tecniche di analisi regionale che si basano sull'individuazione di vaste aree, indicate come zone o sottozone omogenee, all'interno delle quali è possibile assumere la costanza di alcuni parametri.

- Al 1° livello di regionalizzazione, i parametri θ^* e Λ^* del modello assumono un valore costante all'interno di ampie zone omogenee.

- Al 2° livello di regionalizzazione, oltre alle zone omogenee vengono identificate anche delle sottozone omogenee, per cui oltre ai valori costanti di θ^* e Λ^* si può ritenere costante anche il parametro di scala Λ_1 .
- Al 3° livello di regionalizzazione si persegue in modo regionale anche alla stima del 4° parametro, che, in dipendenza dal metodo che si vuole adottare, può essere θ_1 o μ , quest'ultimo definito valore indice e rappresentante un valore caratteristico della distribuzione.

Le analisi idrologiche presentate all'interno del seguente studio verranno condotte adoperando il secondo livello di regionalizzazione.

6.1.1. IL SECONDO LIVELLO TCEV

Al secondo livello di regionalizzazione si considera la Regione Sicilia suddivisa in tre sottozone omogenee (A, B e C), all'interno delle quali, per una fissata durata, risulta costante il valore del parametro Λ_1

SOTTOZONA A : $\Lambda_1 : 14.55 t^{0.2419}$

SOTTOZONA B: $\Lambda_1 : 12.40 t^{0.1802}$

SOTTOZONA C : $\Lambda_1 : 11.96 t^{0.0960}$

e risultano individuate le curve di crescita, in funzione della durata "d":

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

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

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

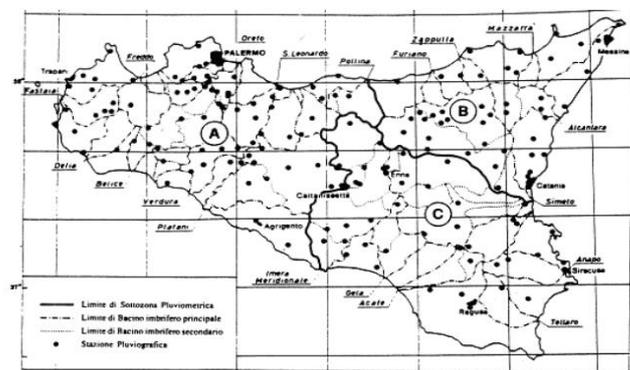


Figura 6-1 – Suddivisione in sottozone omogenee

Per quanto riguarda il calcolo della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia, su una fissata durata d , si è fatto riferimento alle seguenti leggi di probabilità pluviometrica:

$$m[h(d)] = ad^n \text{ per } d > 1 \text{ h}$$

in cui d è espresso in ore e i parametri a e n sono stati valutati in tutte le 155 stazioni di misura pluviografiche mediante regressione ai minimi quadrati in campo logaritmico e desumibili da mappe isoparametriche.

$$m [h (d)] = 0.208 m [h(60)] d^{0.386} \text{ per } d < 1 \text{ h in cui } d \text{ è espresso in min}$$

Tale espressione è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità, che costituiscono un complesso di 191 stazioni con 354 dati.

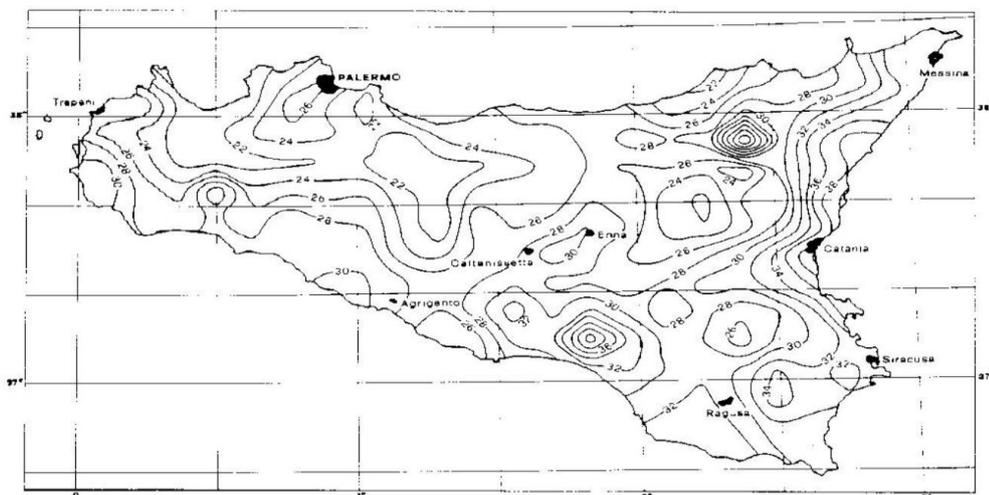


Figura 6-2 - Mappa isoparametrica del parametro a

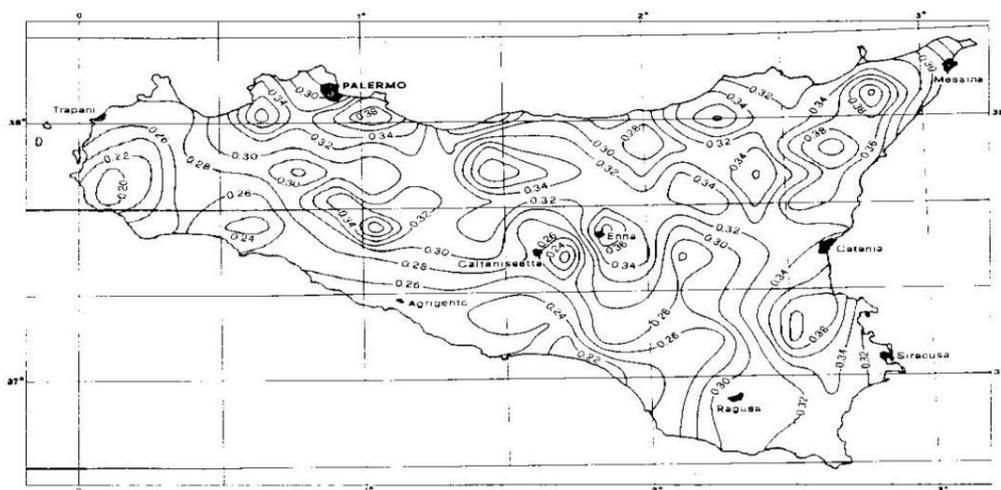


Figura 6-3- Mappa isoparametrica del parametro n

Facendo riferimento alle figure 6-2 e 6-3 e ai parametri della zona C i risultati sono stati i seguenti:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Parametri	
a	28.00
n	0.32

Tabella 4- Parametri a e n per l'area oggetto di intervento

T [anni]	t =1 h	t =3 h	t =6 h	t =12 h	t =24 h
5	2.13	2.13	2.14	2.19	2.43
10	2.83	2.83	2.85	2.94	3.29
30	3.94	3.95	3.98	4.12	4.66
50	4.45	4.47	4.51	4.67	5.30
100	5.16	5.17	5.22	5.41	6.17
200	5.86	5.88	5.94	6.16	7.03
300	6.27	6.29	6.35	6.60	7.54

Tabella 5- Calcolo dei coefficienti di crescita al variare della durata per la SZO C

T [anni]			5	10	30	50	100	200	300
t [h]	a	n	h[mm]						
1	28.00	0.320	59.53	79.16	110.27	124.74	144.37	164.00	175.48
3	28.00	0.320	84.64	112.68	157.13	177.79	205.83	233.87	250.27
6	28.00	0.320	106.19	141.64	197.83	223.96	259.42	294.87	315.61
12	28.00	0.320	135.87	182.12	255.42	289.50	335.75	382.00	409.05
24	28.00	0.320	187.89	254.90	361.12	410.51	477.52	544.53	583.73

Tabella 6- Calcolo delle altezze di pioggia con metodo VAPI e coefficiente di crescita di Tabella 5

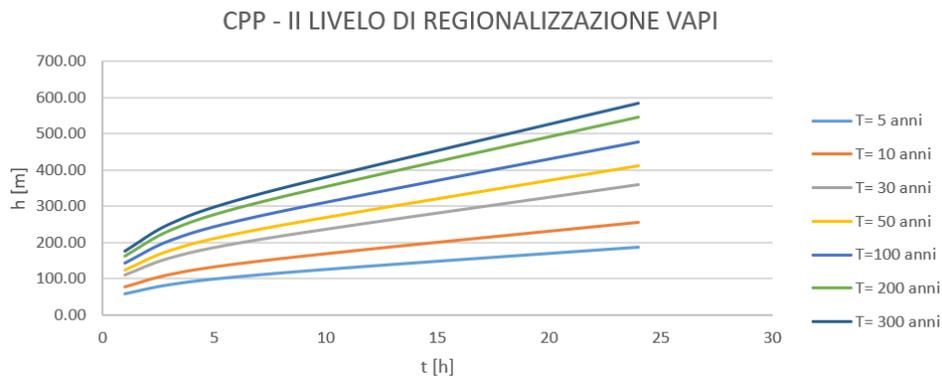


Figura 6-4- CPP ad assegnato tempo di ritorno

Il calcolo delle CPP è stato altresì effettuato facendo riferimento alla seguente espressione del coefficiente di crescita, riportata nella Relazione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e dipendente dal tempo di ritorno T e dal coefficiente di variazione della stazione CVS

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

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

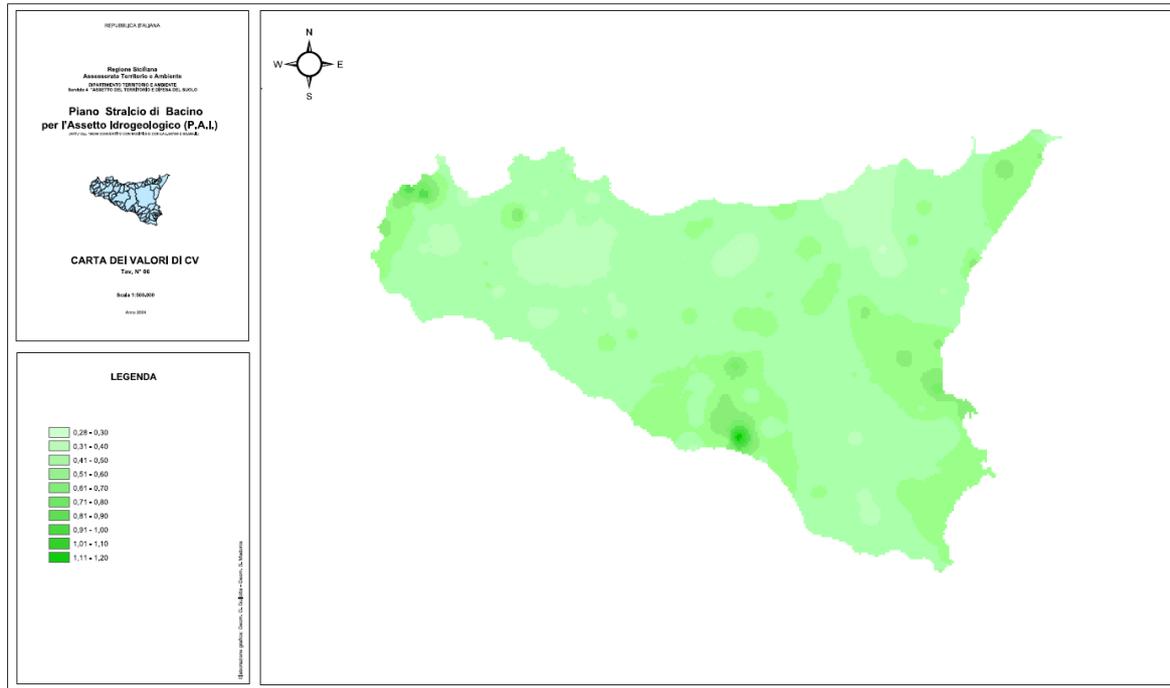


Figura 6-5- Tavola 6 PAI_Valori di CV

Il valore di CVS è stato estrapolato dalle tavole grafiche allegate alla Relazione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e assunto pari a 0.35 ottenendo i seguenti risultati:

T	CV	K
5	0.35	1.25
10	0.35	1.46
30	0.35	1.77
50	0.35	1.91
100	0.35	2.10
200	0.35	2.29
300	0.35	2.40

Tabella 7- Calcolo coefficiente di crescita con espressione dipendente da CV

T [anni]		5	10	30	50	100	200	300	
t [h]	a	n	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	
1	28.00	0.320	35.04	40.77	49.43	53.38	58.71	64.02	67.12
3	28.00	0.320	49.80	57.95	70.25	75.87	83.44	90.99	95.40
6	28.00	0.320	62.17	72.33	87.69	94.70	104.16	113.58	119.09
12	28.00	0.320	77.61	90.30	109.47	118.22	130.03	141.79	148.66
24	28.00	0.320	96.88	112.72	136.66	147.58	162.32	177.00	185.58

Tabella 8- Calcolo delle altezze di pioggia con metodo VAPI e coefficiente di crescita di Tabella 7

CPP - CON K_T DA RELAZIONE GENERALE
PAI

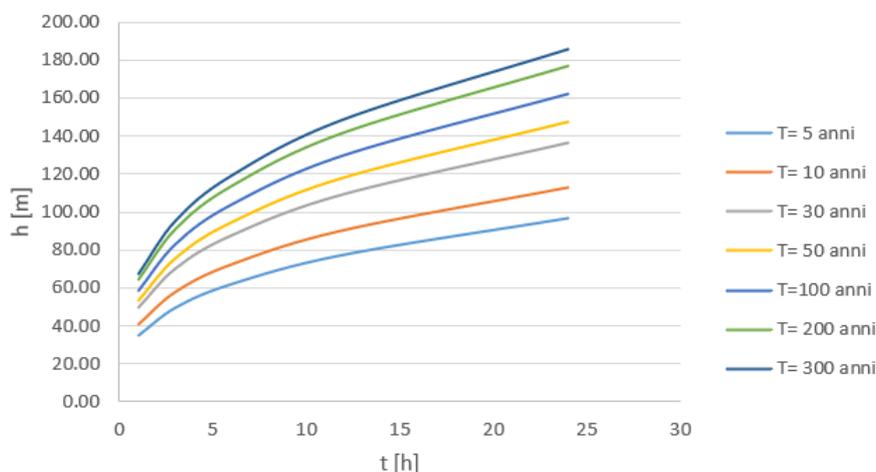


Figura 6-6 – Calcolo CPP con K_T di tabella 7

6.1.2. MODELLO TCEV DI PRIMO LIVELLO

Il modello TCEV di I livello è stato applicato anche sul campione di dati della stazione di MINEO, dalla quale sono stati estrapolati 35 anni di misurazioni dal 1970 al 2015.

35 [Misurazioni]	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
ANNO	mm	mm	mm	mm	mm
1970	20	23.4	35	44.2	73.6
1971	41.6	72.6	87.6	111.8	118
1972	29	36.4	40.6	62	66.2
1973	29.4	37.4	60.2	72.8	99.2
1975	42	43.8	74	85.8	91
1976	35.4	49.6	58	104.2	134.2
1977	7.4	10	15.8	18.6	27.8
1978	23.6	23.6	23.6	25	25.4
1979	26.4	43.4	43.4	43.4	70.8
1980	27.2	34.8	34.8	41.2	56.2
1981	35.2	38.2	38.2	38.2	38.2
1983	38.2	58.4	69	78.4	87.8
1984	12.2	17.4	25.8	38.4	66.8
1985	20	41.6	51.6	996	154.2
1987	42.6	55	55	55	55
1989	30.2	32.2	32.2	32.2	45.2
1990	21.8	37.4	40.4	41	58
1991	28.6	32.6	41	60	89.9
1992	76.4	84.8	84.2	84.2	89

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

1993	33.6	37.4	39.2	58.4	109.4
1994	18	27.2	28	38.6	41.8
1995	23	23	23	29.8	33.2
1996	18	40	74	110.4	193.6
1997	47.8	53.8	54	54	54
1998	32.6	32.8	32.8	32.8	32.8
1999	31.8	47.4	87	98	107
2001	41.6	46.2	47.8	47.8	50.2
2002	52	58.4	58.4	58.4	58.4
2003	70	150	177.4	222	249.4
2008	47.6	51	60.2	70.2	72.6
2010	14	19	37.8	56	69.6
2011	39	81.2	84.6	86.4	87
2013	33	34.2	39.6	43	45.4
2014	18.2	23	39	50.4	58
2015	32.6	33	41	52	66.4

Applicando il I Livello di regionalizzazione sono stati ottenuti i seguenti risultati:

T [anni]	10		30		50		100		200		300	
t [h]	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
	56.87	0.290	79.51	0.294	90.68	0.295	106.04	0.296	121.48	0.297	130.51	0.298
1	56.87		79.51		90.68		106.04		121.48		130.51	
3	78.21		109.82		125.39		146.79		168.35		181.06	
6	95.62		134.65		153.84		180.22		206.83		222.60	
12	116.91		165.08		188.74		221.26		254.11		273.68	
24	142.94		202.40		231.57		271.65		312.20		336.47	

Tabella 9 – Calcolo CPP I Livello di regionalizzazione

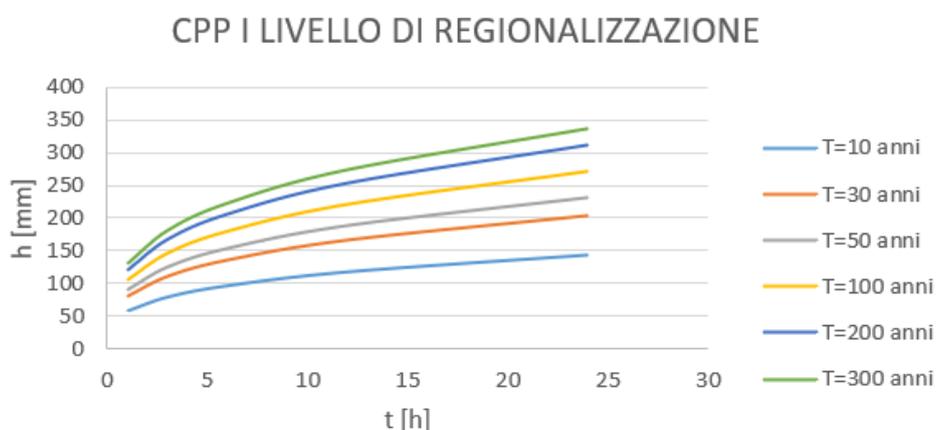


Figura 6-7 - CPP I Livello di regionalizzazione

6.1.1. CPP DI RIFERIMENTO

Le CPP di Figura 6-7 verranno prese come riferimento.

6.1.2. CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica, per gli eventi di durata inferiori all'ora, è stata effettuata mediante l'applicazione della formula di Bell (1969)

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54 * d^{0.25} - 0.5$$

dove

d è la durata dell'evento espressa in min;

T è il tempo di ritorno in anni;

h_{60T} è l'altezza di pioggia per un evento di pioggia di durata 60 min e tempo di ritorno T.

Facendo riferimento ai tempi di ritorno 30, 50,100, 200 e 300 anni sono stati ottenuti i seguenti risultati

d [min]	$h_{d,30}$ [mm]	$h_{d,50}$ [mm]	$h_{d,100}$ [mm]	$h_{d,200}$ [mm]	$h_{d,300}$ [mm]
5	24.45	27.88	32.61	37.35	40.13
10	36.60	41.74	48.81	55.91	60.07
15	44.74	51.03	59.67	68.36	73.44
20	51.04	58.21	68.07	77.99	83.78
30	60.73	69.26	80.99	92.78	99.68
60	79.74	90.94	106.35	121.83	130.89

Tabella 10 – Altezze di pioggia per eventi inferiori all'ora

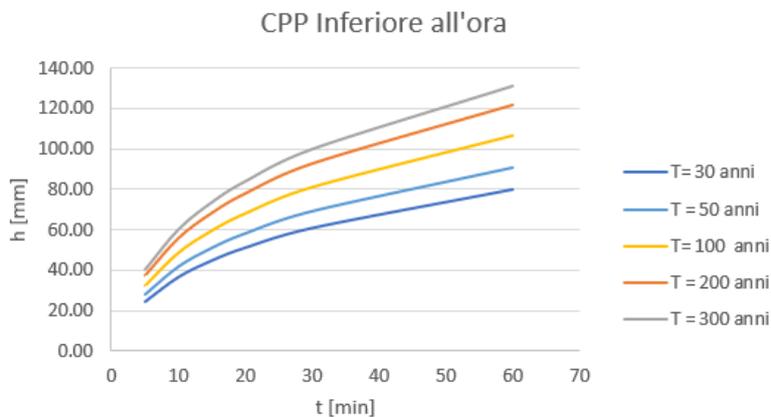


Figura 6-8 - CPP Inferiori all'ora

T	a	n
30	12.018	0.473
50	13.707	0.473
100	16.028	0.473
200	18.362	0.473
300	19.727	0.473

Tabella 11 – CPP per eventi inferiori all'ora

6.2. BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO

La delimitazione dei bacini idrografici è stata effettuata facendo riferimento alla carta IGM 25.000 e alle curve di livello estrapolate dal DTM 2x2, messo a disposizione dal geo portale della regione Sicilia. Nell'area oggetto di intervento sono stati individuati N. 10 bacini di seguito rappresentati:

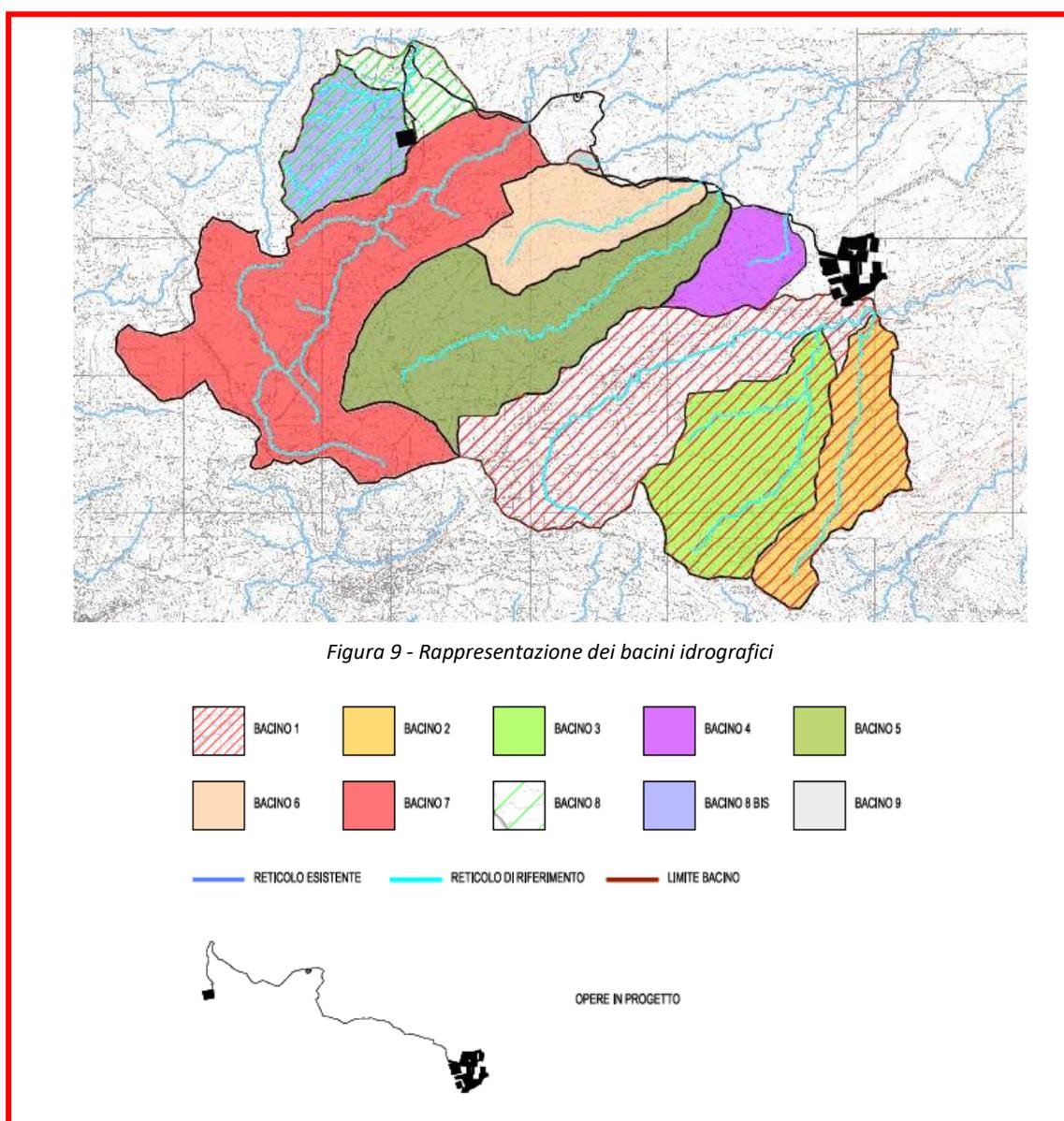


Figura 6-10 - Bacini idrografici di riferimento

BACINO	A [mq]	A [Kmq]
BACINO 1	18758288.00	18.76
BACINO 2	3708202.95	3.71
BACINO 3	5960588.14	5.96
BACINO 4	1929169.80	1.93
BACINO 5	8536843.18	8.54
BACINO 6	3407140.68	3.41
BACINO 7	13599995.69	13.60
BACINO 8	4120493.52	4.12
BACINO 8 BIS	2742062.02	2.74
BACINO 9	96971.5151	0.10

Tabella 12 - Superfici dei Bacini

Si riportano di seguito le caratteristiche plano altimetriche individuate per ciascun bacino, usate come riferimento per il calcolo delle portate ad assegnato tempo di ritorno.

6.2.1. ALTITUDINE MEDIA, MASSIMA E MINIMA DEI BACINI

Per poter meglio definire l'idrologia dell'area, mediante applicativo GIS, si è proceduti al calcolo dell'altitudine media, massima e minima dei bacini. I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

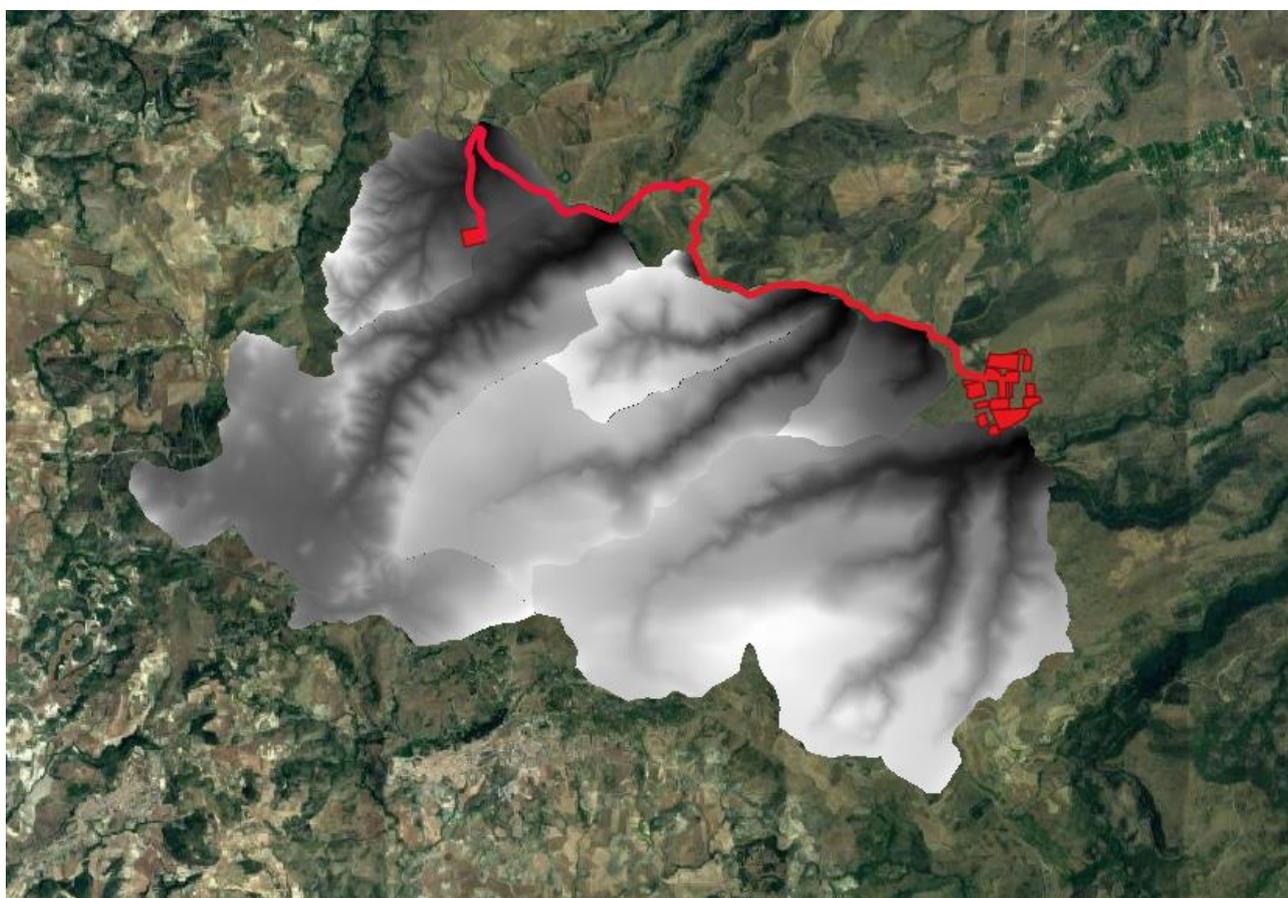


Figura 6-11 – Calcolo dell'altitudine media del bacino

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

BACINO	A [mq]	A [Kmq]	L[m]	L [Km]	H _{max} [m s.l.m]	H _{med} [m s.l.m]	H _{min} [m s.l.m]
BACINO 1	18758288.00	18.76	7802.362	7.80	780.37	619.95	342.90
BACINO 2	3708202.95	3.71	4767.574	4.77	744.04	605.45	344.19
BACINO 3	5960588.14	5.96	4639.405	4.64	780.02	637.83	372.77
BACINO 4	1929169.80	1.93	1273.994	1.27	664.30	494.70	393.06
BACINO 5	8536843.18	8.54	6966.038	6.97	740.61	608.31	395.69
BACINO 6	3407140.68	3.41	3843.964	3.84	675.35	579.80	402.49
BACINO 7	13599995.69	13.60	9435.903	9.44	740.24	593.19	469.04
BACINO 8	4120493.52	4.12	3679.866	3.68	677.86	561.90	486.84
BACINO 8 BIS	2742062.02	2.74	2864.413	2.86	677.86	576.26	508.81
BACINO 9	96971.5151	0.10	294.0092	0.29	658.43	628.30	599.89

Tabella 13- Calcolo dei parametri dei bacini

6.2.2. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per procedere al calcolo della portata di piena ad assegnato tempo di ritorno è necessario valutare il tempo di corrivazione, inteso come il tempo impiegato da una goccia d'acqua, caduta nel punto più sfavorito, per raggiungere la sezione di chiusura. Considerate le dimensioni dei bacini, la stima di tale parametro è stata effettuata facendo riferimento alla media dei valori ottenuti con la formula empirica di Kirpich, così espressa

$$t_c = 0.000325 * L^{0.77} * \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{-0.385}$$

e la formula di Puglisi

$$t_c = 6L^{\frac{2}{3}} * \Delta H^{-\frac{1}{3}}$$

in cui t_c è misurato in ore, L (lunghezza dell'asta principale) in m, ΔH è il dislivello del bacino.

Sostituendo nelle formule precedenti i parametri di ciascun bacino, sono stati ottenuti i seguenti valori:

BACINO	t _c [h]		
	Kirpich	Puglisi	Media
BACINO 1	0.98	3.11	2.04
BACINO 2	0.57	2.31	1.44
BACINO 3	0.55	2.25	1.40
BACINO 4	0.15	1.09	0.62
BACINO 5	0.94	3.12	2.03
BACINO 6	0.52	2.27	1.39
BACINO 7	1.47	4.14	2.80
BACINO 8	0.57	2.48	1.52
BACINO 8 BIS	0.44	2.19	1.32
BACINO 9	0.05	0.68	0.37

Tabella 14 – Calcolo tempi di corrivazione

6.2.3. STIMA DELLE PORTATE: LA FORMULA RAZIONALE

La stima delle portate, ad assegnato tempo di ritorno, è stata effettuata mediante la formula razionale, il cui approccio si basa sull'utilizzo della curva di possibilità pluviometrica e sull'ipotesi che a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione.

$$Q = \frac{\Phi i_c A}{3.6}$$

in cui

- Φ è il coefficiente di deflusso, indicante il rapporto tra i deflussi e gli afflussi [ad]
- i_c è l'intensità di pioggia di un evento avente durata $d = t_c$ [mm/ora]
- A è la superficie del bacino (o area scolante) [Km²]
- Q è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata t_c e tempo di ritorno T [m³/s].

➤ COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Considerato lo stato di fatto dei luoghi e il futuro assetto di progetto, il valore del coefficiente di deflusso è stato definito a partire dai valori di riferimento riportati in tabella 15; in fase progettuale verrà assunto un valore pari a 0.60.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Tabella 15 - Coefficienti di deflusso da letteratura

➤ **RISULTATI**

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'applicazione della formula razionale

T = 30 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t_c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	18.76	79.51	0.29	2.04	47.98	0.6	150.01
BACINO 2	3.71	79.51	0.29	1.44	61.44	0.6	37.97
BACINO 3	5.96	79.51	0.29	1.40	62.63	0.6	62.21
BACINO 4	1.93	79.51	0.29	0.62	111.77	0.6	35.94
BACINO 5	8.54	79.51	0.29	2.03	48.20	0.6	68.59
BACINO 6	3.41	79.51	0.29	1.39	62.87	0.6	35.70
BACINO 7	13.60	79.51	0.29	2.80	38.40	0.6	87.04
BACINO 8	4.12	79.51	0.29	1.52	59.03	0.6	40.54
BACINO 8 BIS	2.74	79.51	0.29	1.32	65.48	0.6	29.92
BACINO 9	0.10	79.51	0.29	0.37	161.74	0.6	2.61

Tabella 16 - Stima delle portate con tempo di ritorno 30 anni

T = 50 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t_c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	18.76	90.68	0.30	2.04	54.76	0.6	171.21
BACINO 2	3.71	90.68	0.30	1.44	70.09	0.6	43.32
BACINO 3	5.96	90.68	0.30	1.40	71.45	0.6	70.98
BACINO 4	1.93	90.68	0.30	0.62	127.41	0.6	40.97
BACINO 5	8.54	90.68	0.30	2.03	55.02	0.6	78.28
BACINO 6	3.41	90.68	0.30	1.39	71.73	0.6	40.73
BACINO 7	13.60	90.68	0.30	2.80	43.84	0.6	99.37
BACINO 8	4.12	90.68	0.30	1.52	67.35	0.6	46.25
BACINO 8 BIS	2.74	90.68	0.30	1.32	74.70	0.6	34.14
BACINO 9	0.10	90.68	0.30	0.37	184.28	0.6	2.98

Tabella 17 - Stima delle portate con tempo di ritorno 50 anni

T = 100 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t_c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	18.76	106.04	0.30	2.04	64.09	0.6	200.35
BACINO 2	3.71	106.04	0.30	1.44	82.00	0.6	50.68
BACINO 3	5.96	106.04	0.30	1.40	83.58	0.6	83.03
BACINO 4	1.93	106.04	0.30	0.62	148.92	0.6	47.88
BACINO 5	8.54	106.04	0.30	2.03	64.38	0.6	91.60
BACINO 6	3.41	106.04	0.30	1.39	83.90	0.6	47.65
BACINO 7	13.60	106.04	0.30	2.80	51.32	0.6	116.32
BACINO 8	4.12	106.04	0.30	1.52	78.79	0.6	54.11
BACINO 8 BIS	2.74	106.04	0.30	1.32	87.38	0.6	39.93
BACINO 9	0.10	106.04	0.30	0.37	215.28	0.6	3.48

Tabella 18 - Stima delle portate con tempo di ritorno 100 anni

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

T = 200 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t _c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	18.76	121.48	0.30	2.04	73.47	0.6	229.69
BACINO 2	3.71	121.48	0.30	1.44	93.97	0.6	58.08
BACINO 3	5.96	121.48	0.30	1.40	95.78	0.6	95.15
BACINO 4	1.93	121.48	0.30	0.62	170.52	0.6	54.83
BACINO 5	8.54	121.48	0.30	2.03	73.81	0.6	105.01
BACINO 6	3.41	121.48	0.30	1.39	96.15	0.6	54.60
BACINO 7	13.60	121.48	0.30	2.80	58.85	0.6	133.40
BACINO 8	4.12	121.48	0.30	1.52	90.31	0.6	62.02
BACINO 8 BIS	2.74	121.48	0.30	1.32	100.13	0.6	45.76
BACINO 9	0.10	121.48	0.30	0.37	246.38	0.6	3.98

Tabella 19 - Stima delle portate con tempo di ritorno 200 anni

T = 300 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t _c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	18.76	130.51	0.30	2.04	78.99	0.6	246.94
BACINO 2	3.71	130.51	0.30	1.44	100.99	0.6	62.42
BACINO 3	5.96	130.51	0.30	1.40	102.93	0.6	102.26
BACINO 4	1.93	130.51	0.30	0.62	183.11	0.6	58.87
BACINO 5	8.54	130.51	0.30	2.03	79.35	0.6	112.90
BACINO 6	3.41	130.51	0.30	1.39	103.33	0.6	58.68
BACINO 7	13.60	130.51	0.30	2.80	63.29	0.6	143.46
BACINO 8	4.12	130.51	0.30	1.52	97.06	0.6	66.66
BACINO 8 BIS	2.74	130.51	0.30	1.32	107.60	0.6	49.17
BACINO 9	0.10	130.51	0.30	0.37	264.43	0.6	4.27

Tabella 20 - Stima delle portate con tempo di ritorno 300 anni

7. RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati dello studio idrologico, condotto su n. 10 bacini minori, sono riportati nelle tabelle 16,17,18,19 e 20. Per quanto riguarda le interferenze tra il reticolo idrografico esistente e le opere in progetto, non si evidenziano particolari criticità per le aree di impianto, in quanto ubicate su un pianoro posto a circa 450 m s.l.m. Per quanto riguarda invece il cavidotto interrato di MT e AT, solo alcuni tratti ricadono, costeggiano, attraversano elementi del reticolo. Considerato che detto cavidotto sarà posato a profondità di circa 1.00 m rispetto al piano campagna, lo stesso non interferirà direttamente con i corsi d'acqua. Inoltre, la costruzione del cavidotto non comporterà alcuna modifica delle livellette e delle opere idrauliche presenti, sia per la scelta del percorso (prevalentemente all'interno della viabilità esistente), sia per le modeste dimensioni di scavo (massimo 140 cm di profondità e circa 80 cm di larghezza) da realizzarsi con escavatore a benna stretta. Infine, in corrispondenza dei punti di attraversamento, l'interferenza sarà risolta mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC), posizionando i pozzetti di lancio e di arrivo ad idonea distanza dalle aree

inondabili e in modo da non interferire con i deflussi superficiali e con gli eventuali scorrimenti in subalveo. Per quanto attiene quest'ultimo aspetto, nei successivi livelli di progettazione si procederà ad effettuare uno studio idraulico di maggior dettaglio dell'interferenza, mirato a ottimizzare la gestione del cantiere e, qualora necessario, definire eventuali misure e/o opere di mitigazione temporanee per la sicurezza delle maestranze e mezzi impiegati nelle lavorazioni.

In definitiva, la realizzazione del cavidotto interrato, sia se realizzato su strade esistenti sia se posto in opera in terreni agricoli, consentirà di proteggere il collegamento elettrico da potenziali effetti delle azioni di trascinarsi della corrente idraulica e non comporterà alcuna riduzione della sezione utile per il deflusso idrico.

A fine lavori, si provvederà al ripristino della situazione ante operam delle carreggiate stradali e della morfologia dei terreni attraversati, per cui gli interventi previsti per il cavidotto non determineranno alcuna modifica territoriale né modifiche dello stato fisico dei luoghi.

In fase di progettazione esecutiva, a seguito di un rilievo topografico più accurato, si procederà a meglio dettagliare quanto già ipotizzato in fase di progetto definitivo. Qualora risultasse necessario procedere alla realizzazione di interventi, quali riprofilature delle sezioni idrauliche e/o inserimento di fossi e tombini nelle aree di impianto, gli stessi saranno dimensionati in modo da garantire il contenimento delle portate e il deflusso non in pressione negli attraversamenti ex novo.