

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

Relazione Idrologica-Idraulica

Progetto definitivo

Impianto eolico di "Castellana Sicula"

Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)

Località "Cozzo Bagianello"

N. REV. DESCRIZIONE
a Emissione

ELABORATO
Sicilwind srl

CONTROLLATO
Asja
Castellana Polizzi srl

APPROVATO
Sicilwind srl

IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RS/106-a
24/10/2022
Via Ivrea, 70 - Rivoli (TO) Italia
T +39 011.9579211
F +39 011.9579241
info@asja.energy

asja | Castellana
Polizzi



INDICE

	PAGINA
1. PREMESSA.....	3
1.1 Descrizione del progetto	3
1.2 Scopo dello studio e riferimenti normativi adottati.....	3
1.3 Metodologie di studio	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
3. ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGRAFICA PRELIMINARE	6
3.1 Inquadramento idrografico generale	7
3.2 Analisi idrografica dell'area di progetto.....	8
4. STUDIO IDROLOGICO	18
4.1 definizione idrografica dei sottobacini imbriferi di interesse	18
4.2 Metodologia dell'analisi idrologica	18
4.3 Stima del tempo di corrivazione (t_c).....	19
4.4 Stima del flusso idrico globale	21
4.5 Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso.....	30
4.6 Stima delle Portate di Massima Piena	36
5. ANALISI IDRAULICA	37
5.1 metodologia dell'analisi idraulica.....	37
5.2 parametri di input e risultati delle modellazioni	38
6. Analisi sull'invarianza idraulica del progetto.....	44
6.1 Metodologia di calcolo dei volumi di invarianza	45
6.2 Calcolo dei volumi di laminazione/infiltrazione.....	47
6.2.1 Calcolo areale Torre CS_01	48
6.2.2 Calcolo areale Torre CS_02	49
6.2.3 Calcolo areale Torre CS_03	50
6.2.4 Calcolo areale Torre CS_04	51
6.2.5 Calcolo areale Torre CS_05	52
6.2.6 Calcolo areale Torre CS_06	53
6.2.7 Calcolo areale Torre CS_07	54
6.3 Smaltimento delle acque di Invarianza	55
7. CONCLUSIONI	61

1. PREMESSA

La Società Asja Castellana Polizzi s.r.l., con sede legale a Torino in Corso Vittorio Emanuele II n. 6, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

Come da STMG formalizzata da Terna S.p.A., l'impianto eolico sarà collegato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante un cavidotto a 36 kV il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa alla RTN presso la Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta". Il collegamento tra la CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve tratto di cavidotto interrato.

1.1 Descrizione del progetto

L'insieme delle opere in progetto è sinteticamente descritto a seguire:

- *Impianto Eolico* composto da n. 7 aerogeneratori, aventi potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW; 4 dei 7 aerogeneratori identificati con le sigle CS_01, CS_02, CS03 e CS_04 ricadono nel comune di Polizzi Generosa mentre i restanti, identificati con le sigle CS_05, CS_06 e CS_07 nel territorio comunale di Castellana Sicula.

- *Elettrodotto in cavo interrato* per il vettoriamento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori verso la stazione di rete RTN; l'elettrodotto si svilupperà quasi esclusivamente su una viabilità già esistente, per circa 20.4 km di cui 11.0 km sul territorio di Polizzi Generosa, 6.71 km Castellana Sicula e i restanti 2.7 km Villalba.

- *Cabina di consegna utente (CCU)* per il collegamento alla sezione a 36 kV della stazione elettrica (SE) di Terna 380/150/36 kV denominata "Caltanissetta" nel comune di Villalba (CL).

1.2 Scopo dello studio e riferimenti normativi adottati

Il presente studio prevede una iniziale analisi morfologica ed idrografica degli areali di interesse, al fine di individuare eventuali interferenze tra il reticolo idrografico superficiale ed i manufatti in progetto, con particolare riferimento agli elementi idrografici (impluvi naturali o

artificiali, laghi, ecc.) identificati sulle cartografie C.T.R. 2012-2013 della Regione Sicilia o comunque ad impluvi che sebbene non riportati nelle C.T.R. presentino tuttavia una significativa valenza idraulica.

Nello specifico l'analisi preliminare ha evidenziato le aree di interferenza sia tra il reticolo idrografico e la viabilità di nuova realizzazione (o soggetta ad adeguamento), sia con il cavidotto e le piazzole degli aerogeneratori, ai fini di un corretto dimensionamento del tombini stradali nonché, per la determinazione delle eventuali fasce di pertinenza fluviale di cui agli art. 93, 94 e 96 lettera f, del R.D. 523/1904.

La definizione delle fasce di pertinenza fluviale, laddove necessaria, verrà effettuata ai sensi della recente "Direttiva Alvei" emanata dal Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia, con *D.S.G. 119/2022*, mentre relativamente ad eventuali interferenze con la viabilità di nuova realizzazione verrà fatto riferimento al *D.S.G. 71/2022* (Direttive Tecniche per la verifica di Compatibilità Idraulica di Ponti ed Attraversamenti) nonché alle *NTC-2018* (D.M. 17/01/2018).

Per gli aspetti di invarianza idraulica, infine, è stato fatto riferimento agli indirizzi applicativi di cui alla direttiva prot. n. 6834 dell'11/10/2019 e al successivo D.D.G. n.102 DRU/AdB del 23/6/2021 emanate dall'AdB della Regione Siciliana.

1.3 Metodologie di studio

Lo studio è stato svolto in 2 fasi:

- 1a fase

La prima fase ha visto un iniziale ricerca di tipo bibliografico con l'acquisizione di tutto quanto è stato possibile reperire in termini di dati esistenti quali, cartografie, ortofoto, modelli digitali del terreno (DTM), studi precedenti, con particolare riferimento alla Relazione Geologica redatta per lo stesso progetto ed all'analisi idrografica ed idrologica contenuta nella Relazione di Bacino del P.A.I. n. 072 relativa al "Bacino Idrografico del Fiume Imera Meridionale", all'interno del quale ricade il l'Impianto Eolico ed il tratto iniziale dell'elettrodotta, mentre il resto dell'elettrodotta e la Cabina di Consegna Utente interessano il Bacino identificato nel P.A.I. al n. 063 e relativo al Fiume Platani.

Successivamente sono stati disposti dei sopralluoghi al fine di effettuare una valutazione in situ delle caratteristiche morfologiche e litologiche dell'area di progetto nonché verificare la corrispondenza tra il materiale cartografico disponibile ed il reale stato dei luoghi, con particolare riferimento alla morfologia degli impluvi.

- 2a fase

La seconda fase ha visto una iniziale elaborazione dei dati acquisiti, effettuata in ambiente GIS, propedeutica alle analisi idrologiche ed idrauliche, resesi necessarie.

L'analisi idrologica, in accordo con le metodologie richiamate al Capitolo 7 della Relazione Generale del P.A.I. Sicilia, è stata effettuata attraverso simulazioni numeriche utilizzando i codici di calcolo dell'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers, contenuti nel software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System).

I risultati delle simulazioni idrologiche hanno permesso di determinare le portate di massima piena, per i tempi di ritorno considerati, utilizzate poi nelle successive analisi idrauliche, laddove necessarie.

Le analisi idrauliche sono state effettuate mediante l'ausilio del codice di calcolo HEC-RAS anch'esso distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto eolico, in senso stretto, costituito dai 7 aerogeneratori in progetto, circonda un'area di circa 260 ettari posta, come già accennato, tra i territori comunali di Polizzi Generosa e Castellana Sicula, circa 7 km a S.E. dal centro abitato di Castellana, mentre le opere di connessione vanno ad interessare anche il territorio di Villalba (Tavola 01 - 107a_ECASI_PDF_C_CT_107_a).

Dal punto di vista cartografico l'Impianto Eolico, ricade interamente all'interno della tavoletta I.G.M.I, in scala 1:25.000, denominata "Resuttano" (Fog. 260, Quadr. III, Orient. S.O.) mentre il cavidotto va ad interessare anche le tavolette 259-II-S.E. (Valllunga Pratameno) e 267-I-N.E. (Villalba).

Con riferimento alla cartografia C.T.R., in scala 1:10.000, l'Impianto eolico va ad interessare le tavole 622050 "Ferrarello" e 621080 "Monte Catuso" mentre il cavidotto anche le tavole 621120 "Tudia", 621110 "Tudia" e 621150 "Polizzello".

Le coordinate geografiche degli aerogeneratori, infine, risultano essere (WGS-84 Fuso 33-S):

CS_01: 410.435 Est; 4.177.139 Nord;

CS_02: 411.071 Est; 4.177.184 Nord;

CS_03: 411.830 Est; 4.176.591 Nord;

CS_04: 410.801 Est; 4.175.932 Nord;

CS_05: 411.889 Est; 4.175.326 Nord;

CS_06: 412.448 Est; 4.174.946 Nord;

CS_07: 412.145 Est; 4.174.507 Nord;

3. ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGRAFICA PRELIMINARE

Dal punto di vista morfologico generale l'area di progetto si inquadra in un contesto sostanzialmente montuoso a quote mediamente superiori ai 600 metri s.l.m., con rilievi di natura prevalente argillosa e pertanto interessati da vallate con forma a "V" poco profonde, tipiche delle incisioni torrentizie su tali tipologie di terreni e con versanti caratterizzati da pendenze generalmente comprese tra i 10 ed i 20 gradi ma localmente anche più accentuate; rare ed arealmente poco estese risultano le aree sub-pianeggianti presenti solo in corrispondenza delle zone fondovalle dei corsi d'acqua più importanti.

Con specifico riferimento all'areale dell'Impianto Eolico gli aerogeneratori sono ubicati prevalentemente in corrispondenza o comunque in prossimità di aree di crinale a quote tra i 700 e gli 800 metri s.l.m. (Tavv. 02 e 03 - 107a_ECASI_PDF_C_CT_107_a).

Alla luce della configurazione morfologica sopra descritta i fenomeni di dissesto appaiono piuttosto diffusi ed in linea generale con caratteristiche tipiche di versanti argillo-siltosi ad elevata pendenza.

Con riferimento ai manufatti in progetto, nessuno degli areali interessati dagli aerogeneratori risulta interferire con aree in dissesto identificate sulla cartografia del P.A.I. – Sicilia. Il cavidotto di collegamento tra le torri eoliche, al contrario, risulta interessato da un'ampia area classificata nelle carte del P.A.I. a Pericolosità P2 per *fenomeni di Franosità Diffusa* in stato "attivo" e in misura minore da un'area a Pericolosità P1 per *fenomeni di colamento lento* classificati tuttavia in uno stato di "quiescenza"; in entrambi i casi si evidenzia tuttavia che il cavidotto si snoderà su una viabilità già esistente e pertanto sostanzialmente non andrà ad incidere sullo sviluppo stesso del dissesto (Tavv. 04a e 04b - 107a_ECASI_PDF_C_CT_107_a).

Per quanto riguarda l'elettrodotta di collegamento alla RTN, lungo gli oltre 20 km di sviluppo, interesserà solamente 2 aree a pericolosità P.A.I., entrambe localizzate in località C.da Susafa, ad ovest del Monte Catuso, ed entrambe riferite a dissesti per fenomeni di erosione accelerata classificate rispettivamente a Pericolosità P2 (dissesto attivo) e P1 (dissesto inattivo) (Tavv. 04a e 04b - 107a_ECASI_PDF_C_CT_107_a); in entrambi i casi il cavidotto interessa una viabilità esistente. Per maggiori dettagli sulla caratteristiche

geomorfologiche dei terreni interessati si rimanda comunque alla Relazione Geologica redatta a supporto del progetto.

3.1 Inquadramento idrografico generale

Dal punto di vista idrografico generale, l'impianto eolico ricade in prossimità della linea di spartiacque principale tra i due più importanti bacini idrografici della Sicilia centro-meridionale, nella fattispecie tutti gli aerogeneratori e una modesta porzione dell'elettrodotto ricadono all'interno del bacino idrografico del *Fiume Imera Meridionale*, mentre la restante porzione dell'elettrodotto e la stazione elettrica interessa il Bacino idrografico del *Fiume Platani* (Tav. 05 - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a).

Più nel dettaglio, gli aerogeneratori CS01, CS02 CS03 e CS04 ricadono all'interno del sottobacino idrografico del *Torrente Alberi*, affluente in destra idraulica dell'Imera Meridionale, nel quale confluisce circa 2,7 km ad est dell'Impianto Eolico, mentre le restanti torri CS05, CS06 e CS07 interessano il sottobacino del *Vallone Casale*, anch'esso affluente in destra idraulica del Fiume Imera Meridionale.

Relativamente all'elettrodotto di connessione, dato il notevole sviluppo lineare esso interessa svariati corsi d'acqua che tuttavia ricado all'interno di tre sottobacini identificabili come:

- Sottobacino Idrografico del *Torrente Alberi* (e del suo affluente *Fosso S. Giacinto*) per il tratto ricadente all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Imera;
- Sottobacini Idrografici del *Vallone Vicaretto* a nord e del *Vallone Vicaretto-Chibbò* a sud, per il tratto ricadente all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Platani; entrambi i suddetti corsi d'acqua, in prossimità dell'area della stazione RTN confluiscono nel *Torrente Belici* a sua volta affluente del Fiume Salito e quindi del Platani.

In funzione di tale conformazione idrografica, come meglio specificato nel paragrafo successivo, i manufatti in progetto andranno essenzialmente ad interferire con incisioni idrografiche assai modeste rappresentate per lo più dai rami di testa di ordine 1 dei torrenti sopra citati, tutti pertanto caratterizzati da un regime idrologico spiccatamente torrentizio, con lunghi periodi di secca alternati a brevissimi periodi di deflusso in corrispondenza di eventi piovosi significativamente lunghi o particolarmente intensi.

3.2 Analisi idrografica dell'area di progetto

In questo paragrafo verranno evidenziate le interferenze esistenti tra i manufatti in progetto (essenzialmente cavidotto, piazzali aerogeneratori e strade di nuova realizzazione) ed il reticolo idrografico, con particolare riferimento al reticolo rappresentato nelle C.T.R. 2012-2013.

1) Aree di interferenza elettrodotta

L'analisi idrografica di dettaglio, relativamente alla dorsale, evidenzia la presenza di n. 45 aree di interferenza, ciascuna identificata con una sigla univoca e riportate nella Tavola 06_b - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a); la tavola riporta unicamente le interferenze di una qualche rilevanza idrologica, seppur minima, rappresentate o meno sulla C.T.R. che non rappresentino un mero tombino di raccolta delle acque di piattaforma stradale.

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica delle interferenze con l'indicazione della modalità di risoluzione prevista; per i dettagli si rimanda allo specifico elaborato di progetto. La classificazione idrografica dei corsi d'acqua è stata effettuata secondo lo schema di gerarchizzazione proposto da Horton (1945) e Strahler (1952, 1964).

-INT_01: Lat. 37°43'25.35" N - Long. 13°58'37.61" E; incisione idrografica di ordine 1 (classificazione Horton-Strahler), costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un attraversamento in tombino. L'interferenza verrà risolta con passaggio al di sotto del tombino mediante TOC.

-INT_02: Lat. 37°43'26.08"N - Long. 13°58'32.46"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un attraversamento in tombino. L'interferenza verrà risolta con passaggio al di sotto del tombino mediante TOC.

-INT_03: Lat. 37°43'26.37"N - Long. 13°58'30.35"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un attraversamento in tombino. L'interferenza verrà risolta con passaggio al di sotto del tombino mediante TOC.

-INT_04.2: Lat. 37°43'24.99"N - Long. 13°58'15.62"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* rappresentata sulle CTR 2012-2013;

l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un attraversamento in tombino delle acque di raccolta di una canaletta in calcestruzzo. L'interferenza verrà risolta con passaggio al di sotto del tombino mediante TOC.

-INT_04.3: Lat. 37°43'22.17"N - Long. 13°58'12.87"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_04.4: Lat. 37°43'19.42"N - Long. 13°58'10.17"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_04.5: Lat. 37°43'15.06"N - Long. 13°58'5.19"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_04.6: Lat. 37°43'11.59"N - Long. 13°58'0.06"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_04.7: Lat. 37°43'8.29"N - Long. 13°57'56.38"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_05: Lat. 37°43'5.68"N - Long. 13°57'43.49"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_06: Lat. 37°43'2.42"N - Long. 13°57'38.98"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_06.2: Lat. 37°43'2.55"N - Long. 13°57'29.61"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Fosso S. Giacinto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_08: Lat. 37°43'8.93"N - Long. 13°57'7.08"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_09: Lat. 37°43'6.81"N - Long. 13°57'6.74"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_10: Lat. 37°42'53.87"N - Long. 13°57'7.87"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_11: Lat. 37°42'47.13"N - Long. 13°57'4.46"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_12: Lat. 37°42'45.90"N - Long. 13°56'57.91"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_13: Lat. 37°42'41.73"N - Long. 13°56'51.55"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_15: Lat. 37°42'12.43"N - Long. 13°55'54.55"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Susafa* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_16: Lat. 37°41'45.79"N - Long. 13°55'39.07"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente priva di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_17: Lat. 37°41'43.15"N - Long. 13°55'40.16"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente priva di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_18: Lat. 37°41'27.41"N - Long. 13°56'4.11"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente, in cattivo stato, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_19: Lat. 37°41'27.38"N - Long. 13°56'13.01"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente, in cattivo stato, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con staffaggio sul manufatto esistente.

-INT_19.3: Lat. 37°41'15.24"N - Long. 13°56'16.85"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente, in cattivo stato, con

presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_20: Lat. 37°41'13.73"N - Long. 13°56'16.63"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente, in cattivo stato, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_21: Lat. 37°41'2.76"N - Long. 13°56'14.45"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente, in cattivo stato, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con staffaggio sul manufatto esistente.

-INT_21.2: Lat. 37°40'43.98"N - Long. 13°56'5.59"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_22: Lat. 37°40'27.70"N - Long. 13°56'4.46"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Vallone Vicaretto-Chibbò* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente, in cattivo stato, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_23: Lat. 37°40'3.14"N - Long. 13°55'47.30"E; incisione idrografica di ordine 2 identificata come *Vallone Vicaretto-Chibbò* rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, rappresentata dalla S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_24: Lat. 37°39'56.88"N - Long. 13°55'1.30"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Ogliaro*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_25: Lat. 37°39'57.66"N - Long. 13°54'40.53"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Ogliaro*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_26: Lat. 37°39'57.16"N - Long. 13°54'38.23"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Ogliaro*, non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_27: Lat. 37°39'55.38"N - Long. 13°54'31.42"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Ogliaro*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_28: Lat. 37°39'40.06"N - Long. 13°53'56.65"E; incisione idrografica di ordine 3 identificata come *Torrente Ogliaro*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, rappresentata dalla S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con staffaggio sul manufatto esistente.

-INT_28.2: Lat. 37°39'43.24"N - Long. 13°53'45.08"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, rappresentata dalla S.P. 112, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_30: Lat. 37°39'30.23"N - Long. 13°53'42.57"E; interferenza con l'asta principale del *Torrente Belici*; l'interferenza interessa una viabilità esistente rappresentata dalla S.S. 121, con presenza di un ponte. L'interferenza verrà risolta, presumibilmente mediante staffaggio sul manufatto esistente.

-INT_31: Lat. 37°39'5.77"N - Long. 13°53'47.33"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_32: Lat. 37°39'1.19"N - Long. 13°53'48.20"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_33: Lat. 37°38'54.38"N - Long. 13°53'49.28"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_34.2: Lat. 37°38'45.80"N - Long. 13°53'51.21"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_35 Lat. 37°38'40.98"N - Long. 13°53'52.02"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, non rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_37 Lat. 37°38'32.78"N - Long. 13°53'51.14"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_38 Lat. 37°38'31.11"N - Long. 13°53'50.97"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_39 Lat. 37°38'29.19"N - Long. 13°53'50.72"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_41 Lat. 37°38'20.64"N - Long. 13°53'49.93"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Belici*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità esistente, identificata come S.S. 121, con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

II) Aree di interferenza Cavidotti - Impianto Eolico

Relativamente ai cavidotti di collegamento nell'area dell'Impianto Eolico, l'analisi idrografica ha evidenziato n. 7 aree di interferenza, anche in questo caso ciascuna identificata con una sigla univoca e riportate nella Tavola 06_a - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a).

-INT_P1 Lat. 37°43'38.66"N - Long. 13°59'0.50"E; incisione idrografica di ordine 2 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_P2 Lat. 37°43'21.40"N - Long. 13°59'5.45"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_P3 Lat. 37°43'15.78"N - Long. 13°59'6.90"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_P4 Lat. 37°43'9.77"N - Long. 13°59'6.84"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_P5 Lat. 37°43'1.31"N - Long. 13°59'7.75"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_P6 Lat. 37°42'57.38"N - Long. 13°59'24.09"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

-INT_P7 Lat. 37°43'36.62"N - Long. 14° 0'4.93"E; incisione idrografica di ordine 1 costituente un ramo di testa del *Torrente Alberi*, rappresentata sulle CTR 2012-2013; l'interferenza interessa una viabilità secondaria esistente con presenza di un tombino di attraversamento che tuttavia sarà oggetto di adeguamento con realizzazione di una nuova sede viaria. L'interferenza verrà risolta con passaggio in TOC.

Per tutte le interferenze individuate, ai sensi del D.S.G. n. 119/2022, non si è proceduto con uno di studio idrologico-idraulico analitico poiché le interferenze saranno risolte mediante passaggio in sub-alveo con tecnologia T.O.C., e come per "tutte le opere che per loro stessa natura devono raggiungere il limite del corso d'acqua stesso e attraversarlo", il suddetto D.S.G., di fatto, non prevede alcuna fascia di rispetto specifica.

In ogni caso, per ogni interferenza, in via cautelativa, verrà predisposta una Fascia di rispetto (fascia di pertinenza fluviale) minima di 10 m calcolata dalla presunta sponda dell'elemento idrografico, avendo cura che il passaggio avvenga comunque ad una profondità non inferiore ai 2,50 m dal fondo dell'alveo o del manufatto di attraversamento.

III) Aree di interferenza Strade di nuova realizzazione

L'analisi idrografica relativamente alle strade di nuova realizzazione (o di adeguamento) come vie d'accesso agli aerogeneratori, ha evidenziato una sola interferenza in corrispondenza dell'area identificata in precedenza come INT_P7.

Poiché per tale viabilità si prevede la realizzazione di un tombino, al fine di consentire l'attraversamento sotto strada dell'impluvio interferente, è stato predisposto uno studio idrologico-idraulico di approfondimento, effettuato ai sensi del D.S.G. 71/2022 "Direttive tecniche per la verifica di compatibilità idraulica di ponti e attraversamenti" emanato dall'AdB Sicilia, il quale recepisce ed amplia le prescrizioni di cui alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" relative al D.M. 17/01/2018, le quali al cap. 5 disciplinano gli studi idraulici per la realizzazione di ponti/tombini, ovvero valutando la *Portata di Picco Massima* per eventi di piena con Tempo di Ritorno pari a 200 anni.

IV) Aree di interferenza Piazzole Aerogeneratori

L'analisi idrografica non ha evidenziato interferenze tra le piazzole di pertinenza degli aerogeneratori ed il reticolo idrografico rappresentato sulle CTR 2012-2013 o comunque con impluvi che sebbene non riportati nella cartografia ufficiale presentino comunque rilevanza idraulica.

4. STUDIO IDROLOGICO

Come indicato al paragrafo precedente relativamente all'area di interferenza INT.P7 è stato condotto uno studio idrologico di dettaglio propedeutico all'analisi idraulica. Lo studio è stato eseguito con metodologia conforme a quella contenuta nel capitolo 7 della Relazione Generale del P.A.I. - Sicilia, avvalendosi di analisi con Sistemi Informativi Geografici (GIS) e del modello di calcolo HEC-HMS. Con riferimento all'Allegato B della Relazione Generale del P.A.I., si riscontra che sia le aree di impianto che un loro significativo intorno, non ricadono all'interno di siti indicati nella cartografia ufficiale del P.A.I. a *pericolosità idraulica* (Tav. 04c - 107a_ECASI_PDF_C_CT_107_a).

4.1 definizione idrografica dei sottobacini imbriferi di interesse

In relazione alla sezione di chiusura, posizionata immediatamente a valle della nuova viabilità interessata dall'attraversamento in progetto, è stato definito il limite del sottobacino idrografico sotteso (Tav.06_a - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a). Come quasi tutte le incisioni idrografiche di testa dei corsi d'acqua siciliani, anche con dimensioni dei bacini idrografici ben superiori, l'incisione idrografica oggetto di studio presenta un regime idrologico torrentizio restando di norma sempre in secca, tranne che in occasione di eventi meteorici di una certa intensità o durata.

4.2 Metodologia dell'analisi idrologica

Scopo dell'analisi idrologica è stato quello di determinare le portate di massima piena da utilizzare per le successive valutazioni idrauliche.

La valutazione della portata di massima piena attesa, per un dato tempo di ritorno, in una data sezione di un corso d'acqua naturale o di un canale artificiale può essere essenzialmente schematizzata in 2 fasi:

- 1) Stima dell'afflusso idrico globale all'interno del bacino idrografico di interesse.
- 2) Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso.

Fondamentale è, in ogni caso, la conoscenza preliminare del parametro temporale di riferimento che governa le 2 fasi.

La stima del flusso idrico globale all'interno di un bacino si deduce infatti, a partire dalle *Curve di Probabilità Pluviometrica* (vedi oltre), in corrispondenza di una determinata durata temporale t ; le stesse caratteristiche della portata di piena (portata massima, tempo di picco,

volume di deflusso, idrogramma di piena, ecc.) dipendono dal medesimo valore temporale t noto come tempo di corrivazione (t_c).

4.3 Stima del tempo di corrivazione (t_c)

Il tempo di corrivazione t_c , è definibile come "il tempo richiesto ad una singola particella d'acqua per raggiungere, dal punto più distante, la sezione di chiusura del bacino"; sostanzialmente esso indica l'istante nel quale tutto il bacino sotteso dalla sezione di riferimento contribuirà, contemporaneamente, alla formazione del deflusso; se infatti la durata della pioggia t risulta inferiore a t_c le porzioni più distanti del bacino, alla fine della precipitazione (istante t), non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di chiusura e quando questo avverrà, le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno già smesso di contribuire.

Il calcolo del tempo di corrivazione è intrinsecamente oggetto di incertezza e in letteratura sono disponibili numerose formulazioni, tutte empiriche, ricavate da modelli basati su bacini reali, che tuttavia restituiscono valori anche significativamente diversi per lo stesso bacino. L'applicazione di una formula piuttosto che un'altra è quindi legata, qualora possibile, alla ricerca di una somiglianza tra il bacino in esame e il modello utilizzato. Nello studio qui condotto sono state considerate le principali formulazioni comunemente utilizzate in Italia (vedi Appendice A).

Tutte le formulazioni proposte richiedono la valutazione di alcuni parametri morfometrici, caratteristici del bacino stesso, tali analisi morfometriche preliminari sono state effettuata in ambiente GIS mediante diversi algoritmi di calcolo implementati nel software Q-Gis ed usando come base di elaborazione il Modello Digitale del Terreno (DTM) a passo 2 metri della Regione Sicilia (dati LIDAR, volo ATA 2012-2013).

Di seguito vengono riportati i risultati dell'analisi sia in termini di caratteristiche morfometriche, sia di stima finale del tempo di corrivazione.

- Sottobacino SB_INT.P7

ANALISI MORFOMETRICA		
Superficie Totale Bacino	0.673	Km ²
Altezza Massima Bacino	910.6	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	788.3	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	2.189	km
Quota Sezione Di Chiusura	692.3	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	10.77	%
Pendenza Media Bacino	23.36	%
Curve Number	88.6	---

Utilizzando i suddetti parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori del **t_c**:

	Tempo di corrivazione T _c (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	0.838		esclusa
Formula Viparelli	0.405	V = 1,5 m/s	
Formula Ventura	0.318		
Formula Pasini	0.374		
Formula Aronica e Paltrinieri	0.584	M= 0,500; d=1,270	
Formula Pezzoli	0.367		
Formula di Kirpich	0.295		
Formula SCS	0.394	CN = 88,6	
Formula Turazza	0.890		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra riportati, escludendo dal calcolo le formule di Giandotti e Turazza specificatamente tarate su bacini idrografici di grandi dimensioni, pertanto risulta:

t_c = 0.391 ore (pari a 23,46 minuti).

4.4 Stima del flusso idrico globale

Nella progettazione di opere idrauliche orientate al controllo ed allontanamento delle acque meteoriche o nelle valutazioni del rischio idraulico legato ad esondazioni di un corso d'acqua, è prioritariamente indispensabile procedere ad una stima della portata massima di piena che si verificherà in una determinata sezione del corso d'acqua, generalmente in corrispondenza del manufatto di interesse.

La piena, salvo casi eccezionali, è generata dalle precipitazioni meteoriche e la sua entità dipenderà da numerose variabili, che vanno dalla distribuzione stessa della pioggia, nel tempo e nello spazio, alle caratteristiche morfologiche del bacino e della rete idrografica. In siffatte condizioni è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico, bisognerà quindi affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici.

La portata di piena va quindi considerata come una variabile casuale, la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile ricondurre l'analisi a due tipologie di studio, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

- a) stima della portata di piena di progetto dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;
- b) stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi.

L'analisi che seguirà si occupa del secondo caso, quello cioè riguardante il caso più comune di piccoli bacini idrografici non monitorati e di non eccessive dimensioni (al massimo qualche decina di km²), per i quali si dispone solo delle precipitazioni meteoriche al più in alcuni punti prossimi al bacino. La portata sarà stimata simulando, attraverso modelli matematici, l'afflusso meteorico nel bacino e successivamente il processo di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

- Metodo TCEV Sicilia

Volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno, assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento; in altre parole bisogna definire la *curva di probabilità pluviometrica*, indicata spesso con l'acronimo c.p.p., per la cui definizione è stato qui utilizzato il metodo TCEV.

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. (Progetto per la Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del *Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche*, che ha avuto come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale).

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo *Gumbel*. La prima, denominata *componente base*, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (*componente straordinaria*) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto. Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà riferimento alla procedura descritta nel *Progetto VA.PI. Sicilia* (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni valori statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. A questo livello la Sicilia viene pertanto ritenuta una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri di forma della *funzione di probabilità cumulata* $F_y(y)$, $\Theta^* = 2.24$ e $\Lambda^* = 0.71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

$$F_y(y) = \exp \left[\exp(-y) - \Lambda^* \exp \left(-\frac{y}{\Theta^*} \right) \right] \text{ con } y \geq 0$$

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è stata inizialmente suddivisa in sei sottozone pluviometriche omogenee ridotte poi a cinque dato che i valori del parametro Λ_1 delle zone Z0 e Z5 erano praticamente identici:

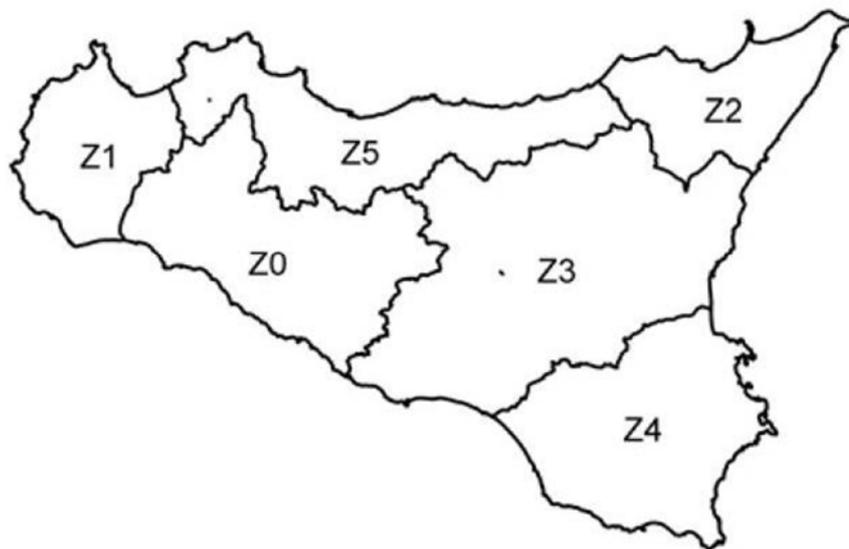


Fig. 1: Iniziale suddivisione in sei sottozone pluviometriche omogenee (Lo conti et al.2007)

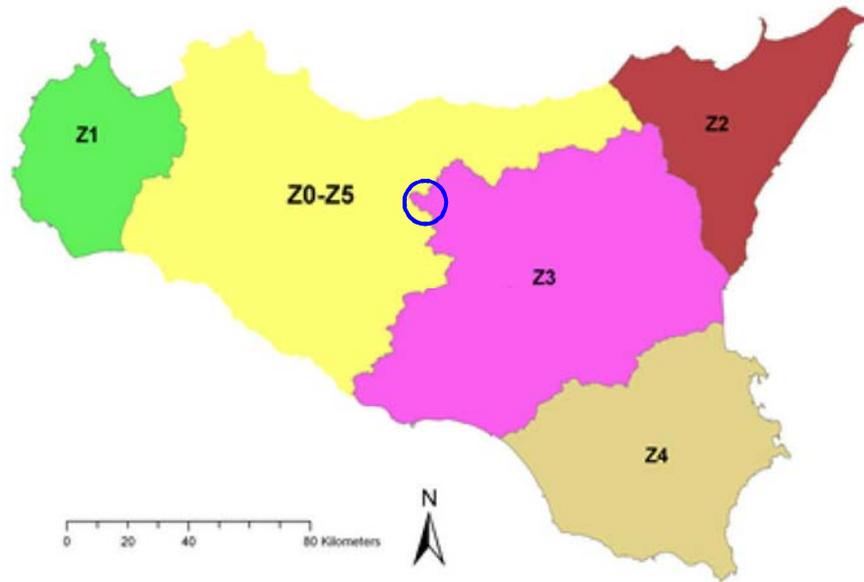


Fig. 2 Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

A ciascuna sottozona è stato attribuito un valore costante del parametro che nella TCEV rappresenta il numero medio di eventi della componente base, indicato con il simbolo Λ_1 in tabella:

	Sottozona					
	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Λ_1	24,429	19,579	17,669	14,517	15,397	24,402

In ogni sottozona la variabile adimensionale K_T , definito *fattore di crescita* che misura la variabilità degli eventi estremi alle diverse frequenze (tempi di ritorno) assume la seguente espressione:

$$K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

dove i coefficienti a e b sono definiti in funzione della sottozona di riferimento come da tabella:

	Sottozona				
	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze, prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico), relative al sito di misura; pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

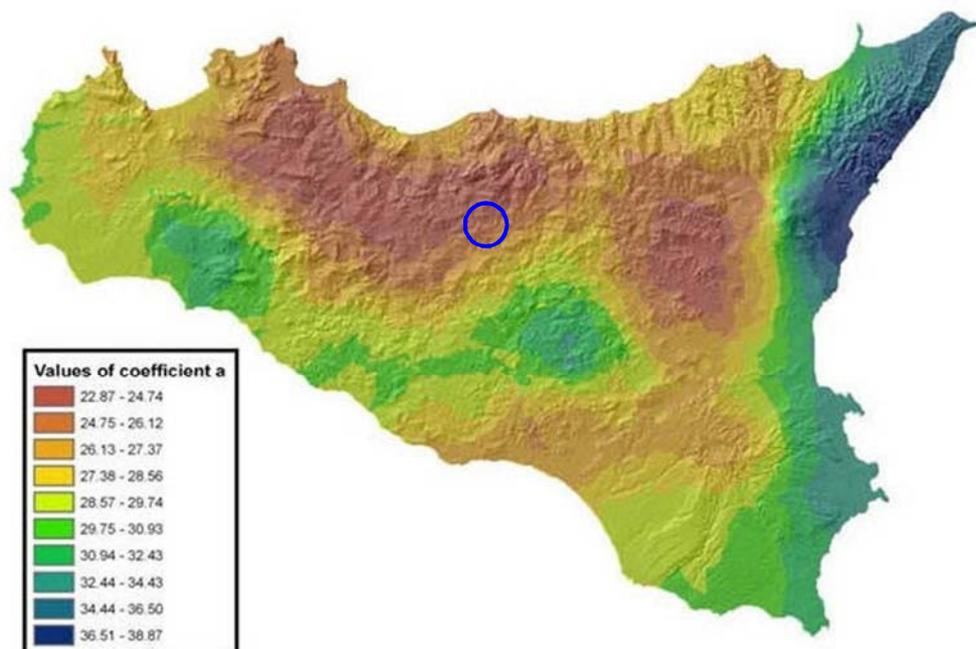
$$h_{t/T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui $h_{t/T}$ rappresenta l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T .

Per ciascuna delle 172 stazioni siciliane considerate nel progetto VA.PI., che vantano almeno 10 anni di funzionamento, tra la media campionaria dei valori ed il tempo è stata riconosciuta una legge monomiale del tipo:

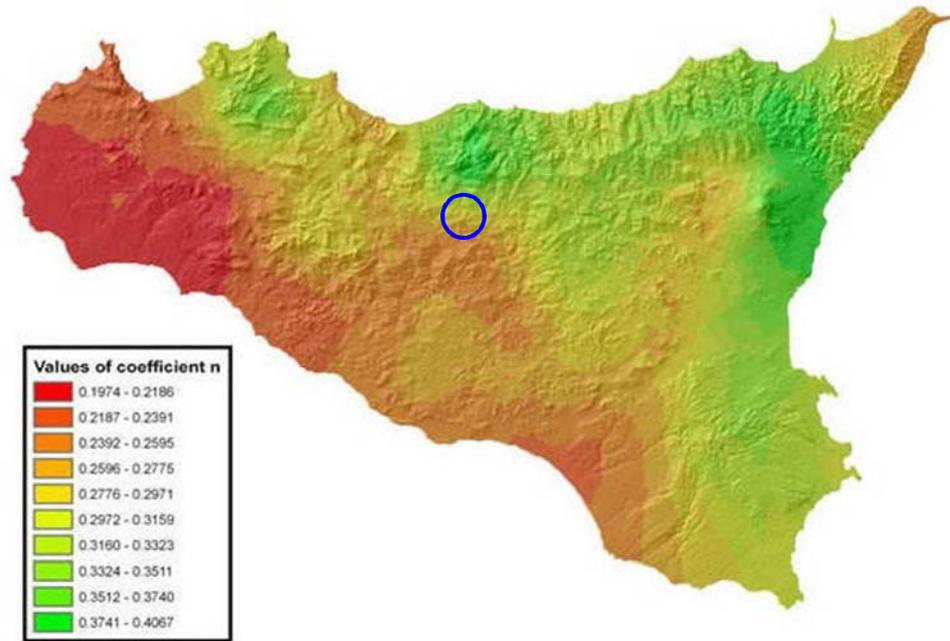
$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura, i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle *iso-a* e delle *iso-n* di seguito presentate.



Iso- a spatial distribution.

Fig. 3 Carta di distribuzione spaziale del parametro "a" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)



Iso-*n* spatial distribution.

Fig. 4: Carta di distribuzione spaziale del parametro "n" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

- Considerazioni sulle Piogge Brevi

Relativamente alla ricostruzione delle *Curve di Probabilità Pluviometrica* è opportuno osservare che l'analisi degli eventi di pioggia brevi e di quelli lunghi mette in evidenza che essi seguono dinamiche meteorologiche differenti, sicché dai campioni di altezze h_t aventi durata $1 \leq t \leq 24$ ore non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi di durata inferiore ad 1 ora. La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora.

È stato tuttavia dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il valore del rapporto, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso utilizzando la formula di Ferreri-Ferro:

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

opportunamente calibrata da Ferro e Bagarello ("Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996). Nell'ambito del presente studio, laddove sarà necessario valutare altezze critiche di pioggia per intervalli di durata inferiore ad 1 ora, verrà utilizzata l'equazione sopra esposta.

- Coefficiente di distribuzione areale della Pioggia (ARF)

Le altezze di pioggia che derivano dalle C.P.P. sono chiaramente altezze puntuali in quanto derivate da un'analisi statistica puntuale delle stazioni pluviometriche. Poiché dall'analisi dei dati di pioggia si è potuto verificare che la sua distribuzione spaziale non è mai del tutto uniforme per potere derivare a partire da queste altezze di pioggia puntuali una precipitazione distribuita su una certa superficie, pari a quella del bacino investito dall'evento e di una certa durata si può utilizzare un coefficiente areale di riduzione denominata ARF (Areal Reduction Factor).

In letteratura esistono varie espressioni per la valutazione del coefficiente ARF e apposite analisi per la sua determinazione sono state effettuate nell'ambito del già citato progetto VA.PI. riassumibili nella figura seguente:

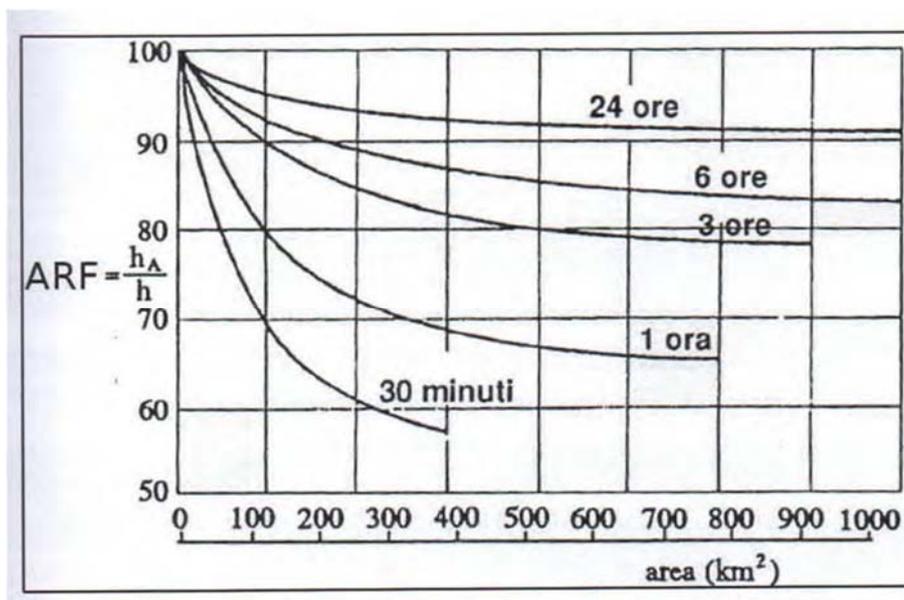


Fig. 5: Correlazione tra il coefficiente ARF e l'area del Bacino (VA.PI.)

Il grafico evidenzia come per bacini di ridotte dimensioni ($S < 20 \text{ km}^2$) il valore del coefficiente di riduzione ARF sia prossimo a 1, pertanto nel presente lavoro (comunque in via cautelativa) non è stata considerata alcuna correzione areale.

- Calcolo delle Curve di Probabilità Pluviometrica

Per il calcolo delle C.P.P. sono stati innanzitutto computati i valori del *fattore di crescita* K_T come precedentemente definito, considerando che il sottobacino di interesse ricade nella sottozona Z3, pertanto: $K_T = 0,5011 \cdot \ln(T) + 0,4545$ che per i vari tempi di ritorno considerati restituisce i seguenti valori:

Tr (anni)	K_T
50	2.415
100	2.762
200	3.109
300	3.313

Per quanto riguarda i valori di a ed n da utilizzare nell'equazione $\mu(t) = a \cdot t^n$ con riferimento alle figure 3 e 4, sono stati individuati i seguenti valori:

a = 25,190; n = 0,297

Utilizzando pertanto la già citata equazione $h_{t/T} = K_T \cdot a \cdot t^n$ è stato possibile ricostruire le relative C.P.P., per le canoniche durate di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore; alle curve canoniche sono stati aggiunte le precipitazioni attese con durata inferiore ad 1 ora per la cui definizione è stata utilizzata la citata equazione di Ferreri-Ferro:

I) C.P.P. con $Tr = 50$ anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)	t (minuti)	$H_{t/T}$ (mm)
1	60.83	5	23.31
2	74.73	10	30.46
3	84.30	15	35.62
6	103.57	30	46.55
12	127.24	40	52.02
24	156.33	50	56.70

II) C.P.P. con $Tr = 100$ anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)	t (minuti)	$H_{t/T}$ (mm)
1	69.58	5	26.66
2	85.48	10	34.84
3	96.42	15	40.75
6	118.46	30	53.24
12	145.54	40	59.50
24	178.81	50	64.85

III) C.P.P. con $Tr = 200$ anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)	t (minuti)	$H_{t/T}$ (mm)
1	78.33	5	30.02
2	96.23	10	39.22
3	108.55	15	45.87
6	133.36	30	59.94
12	163.85	40	66.98
24	201.30	50	73.01

IV) C.P.P. con $Tr = 300$ anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)	t (minuti)	$H_{t/T}$ (mm)
1	83.45	5	31.98
2	102.52	10	41.79
3	115.64	15	48.87
6	142.07	30	63.86
12	174.55	40	71.36
24	214.45	50	77.78

4.5 Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso

Il fenomeno della trasformazione dell'afflusso idrico meteorico in deflusso superficiale, all'interno di un bacino idrografico investito da un evento meteorico, può essere studiato con vari metodi, in funzione dei dati disponibili e del grado di dettaglio che si intende ottenere. I vari metodi sono essenzialmente riconducibili a 3 tipologie:

- Concettuali: il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti, per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella singola componente.
- Statistiche: consistono in una mera analisi statistica dei deflussi ossia delle portate di piena del bacino (che debbono essere note), che vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche dalle caratteristiche morfologiche del bacino stesso (ad esempio i metodi di regionalizzazione delle piene usato nel progetto Va.Pi.).
- Formule empiriche: le portate massime vengono calcolate sulla base di relazioni matematiche tarate su dati sperimentali.

La scelta di una tipologia piuttosto che un'altra viene fatta, ovviamente, sulla base dei dati disponibili ma anche in funzione dei risultati che si intende ottenere, infatti:

Le *Formule Empiriche* forniscono la portata massima e il tempo di picco;

I *Metodi statistici* forniscono la portata massima, tempo di picco e volumi;

I *Metodi concettuali* forniscono tutte le caratteristiche complete della piena;

Nel presente studio il problema è stato trattato con l'utilizzo del *codice di calcolo HEC-HMS* il quale si basa esclusivamente sull'utilizzo di metodi concettuali, come sopra definiti.

- Descrizione del codice di calcolo HEC-HMS

Il software HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un programma informatico rilasciato gratuitamente dall'*Hydrologic Engineering Center* dell'USACE (US Army Corps of Engineers) per l'esecuzione di modellazioni idrologiche di bacini idrografici, di qualsivoglia natura, anche in ambito urbano.

Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione, del volume di deflusso e per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base nonché la propagazione dell'onda di piena nei canali, il contributo di invasi naturali o artificiali ecc.

Il software, in definitiva, permette di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti. I passaggi procedurali della modellazione sono:

- Separazione delle piogge
- Formazione della piena
- Propagazione della piena
- Eventuale contributo del Deflusso di base.

Il software permette di usare una notevole moltitudine di metodi per ciascuna delle quattro componenti base della modellazione; senza entrare nel dettaglio delle basi teoriche che portano agli algoritmi matematici, per le singole componenti verranno di seguito esposti sinteticamente i passaggi necessari per la modellizzazione, gli input utilizzati, i metodi di calcolo usati e infine verranno presentati i risultati finali delle simulazioni.

I) Modellizzazione del Bacino idrografico;

La modellizzazione del bacino idrografico in Hec-HMS consiste in un mero inserimento dei vari elementi idrografici quali eventuali sottobacini, giunzioni tra impluvi, pozzi, sorgenti, serbatoi ecc.

II) Predisposizione del modello Meteorologico

Consiste nella definizione delle condizioni pluviometriche da utilizzare nella modellazione; tra i vari metodi implementati nel software è stato utilizzato quello della *Curva di Probabilità Pluviometrica* (Frequency Storm), per come già definite nel paragrafo precedente.

Un parametro di particolare importanza, richiesto in tale tipologia di simulazione, è la durata dell'evento di pioggia; le varie simulazioni effettuate, indicano infatti che la modellazione risultata sensibile alla variazione di tale parametro; nelle semplici formule empiriche per la valutazione della portata al colmo, che in genere si basano sulla nota formula razionale o su formule similari, si assume l'ipotesi di una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione con intensità costante nel tempo.

L'utilizzo di una durata temporale dell'evento pari al tempo di corrivazione, in linea di massima appare congruo con la finalità del presente studio, il quale mira alla definizione di portate non in relazione a manufatti da costruire in aree urbane, densamente abitate, che possono richiedere, in via cautelativa, l'utilizzato di un evento piovoso di maggior durata; in

tutte le simulazioni qui effettuate, in ogni caso, la durata dell'evento di pioggia considerato è stata sempre superiore al tempo di corrivazione.

III) Inserimento del metodo per il calcolo della pioggia netta (metodologia SCS-CN)

Per il calcolo della pioggia netta è stata utilizzata la metodologia SCN-CN; tale metodologia è stata sviluppata dall'Ente statunitense *Soil Conservation Service* a partire dal 1972 e, ad oggi, risulta una delle metodologie più diffuse per il calcolo della pioggia netta e delle portate di piena negli studi idrologici.

Il metodo infatti, seppur con un approccio semplificato, non solo permette di considerare un tasso di infiltrazione variabile nel tempo ma tiene conto anche della natura litologica del suolo, della tipologia di copertura (uso del suolo) ed eventualmente delle condizioni di umidità del suolo precedenti all'evento meteorico.

La relazione fondamentale del metodo CN è data dall'equazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (I)$$

dove

P_{net} = precipitazione netta cumulata (Altezza di pioggia effettiva al tempo t_c)

P = precipitazione totale cumulata (ossia H critica)

S = massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione

I_a = perdita iniziale

Dalle analisi dei risultati ottenuti dall'SCS su numerosi piccoli bacini sperimentali è stata ottenuta la correlazione empirica $I_a = 0.2 \cdot S$, in funzione della quale la (I) assume la forma:

$$P_{net} = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \quad (II)$$

Dove, a sua volta il valore S viene ottenuto attraverso l'utilizzo di un parametro intermedio, denominato appunto **Curve Number** (CN) secondo la relazione:

$$S = \frac{25400 - 254 \cdot CN}{CN} \quad (III)$$

Il CN è di fatto un numero adimensionale che varia da 100 per corpi perfettamente impermeabili a circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione, esso quindi è

legato alla natura del terreno ed al tipo di copertura vegetale e di fatto rappresenta un affidabile indice sulla permeabilità di un areale.

- Natura del terreno

Per quanto riguarda la natura del terreno l'SCS ha individuato quattro tipologie di suolo:

GRUPPO A	Suoli con scarsa potenzialità di deflusso; sabbie o ghiaie profonde con pochissimo limo e/o argilla. Capacità di infiltrazione molto elevata
GRUPPO B	Suoli con moderata potenzialità di deflusso; la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi del gruppo A e con un'aliquota di argilla e limo maggiore. Elevata capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C	Suoli con potenzialità di deflusso medio-alta; suoli con elevate quantità di argilla e limo. Scarsa capacità di infiltrazione.
GRUPPO D	Suoli con potenzialità di deflusso molto elevata; argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in prossimità della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione

- Tipo di copertura

In funzione della natura del terreno e del tipo di copertura, derivante dall'uso del suolo, è possibile ottenere il valore del parametro CN, in genere da tabelle basate su studi regionali o di bacino, strutturate come quella della tabella seguente:

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
<u>TERRENO COLTIVATO</u>				
Coltivazioni non curate	72	81	88	91
Coltivazioni ben curate	.....	.....	.....	....
<u>TERRENO DA PASCOLO</u>				
Cattive condizioni	.....	.....	.....	....
Buone condizioni	.....	.....	.....	....
<u>PRATERIE</u> , Buone condizioni.....	.....	.....	.....	....

Fig. 06: Struttura tipo delle tabelle per la determinazione del CN(II)

Nella letteratura di riferimento sono presenti varie versioni della tabella di Fig. 06, con valori relativamente a voci similari, non sempre univoci. In effetti le originali tabelle dello USDA (United States Department of Agriculture) sono state spesso adattate in funzione di specificità locali (colture agrarie o litologie specifiche).

Nel presente studio, non avendo riscontrato indicazioni ufficiali della Regione Sicilia sono stati utilizzati i valori di riferimento proposti dal *Dipartimento della Protezione Civile – Regione Siciliana contenuti nel P.O.- FESR 2007-2013* integralmente riportati in calce (Appendice B); nello stesso estratto dell'Appendice B sono riportate anche le tabelle di riferimento originali dello USDA (fonte *Dipartimento Geologico dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna - ARPAS*).

Per quanto riguarda la definizione del tipo di copertura (uso del suolo) e della natura litologica del terreno sono state utilizzate rispettivamente:

- la *Carta Uso del Suolo*, Corine Land Cover, disponibile tramite il servizio WMS SITR - Regione Sicilia (Tavola 07 - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a).
- *Carta Litologica della Sicilia* disponibile sul Portale della Protezione Civile della Regione Sicilia all'indirizzo: www.protezioneciviliesicilia.it (Tavola 08 - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a).

Nella tabella seguente vengono riportati i dettagli per il calcolo del CN globale del sottobacino oggetto di studio, ottenuto mediante *somma aritmetica ponderale* dei valori riportati nell'appendice B, tenendo conto sia delle varie litologie presenti all'interno dei sottobacini, che della tipologia di copertura.

Nello specifico e con riferimento alle litologie individuate nella Tav. 08 (108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a) sono stati identificate le seguenti tipologie di suolo:

- *Argille siltoso-marnose* con intercalazioni di siltiti e arenarie (SIC) classificate come - *suoli di tipo C*;
- *Alternanza di argilliti, argille e quarzareniti* (FYN) classificate come - *suoli di tipo D*;

Relativamente alla tipologia di copertura del suolo (Tav.07 - 108a_ECASI_PDF_C_CT_108_a) circa l'86% del sottobacino risulta interessata da seminativo semplice e la restante porzione prevalentemente ad aree naturali incolte.

Sottobacino SB_Int.P7				
Usa del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
Seminativo semplice e/o colture erbacee (211)	C	60.18	88	53.0
	D	25.71	91	23.4
Incolto (<i>Rif. Valori tabelle USDA</i>)	C	1.49	91	1.4
Praterie aride calcaree (<i>assimilata a classe CLC 321</i>)	C	4.75	86	4.1
	D	5.35	89	4.8
Bosco di latifoglie (311)	D	1.04	83	0.9
Ginestreti (assimilata a classe CLC 322)	C	1.49	79	1.2
Aree assimilabili ad impermeabili	----	0.00	----	----
Totale		100		88.6

Nel calcolo del *CN totale* non vengono considerate eventuali aree assimilabili a superfici perfettamente impermeabili (CN = 100) quali, laghi, paludi stagni, ecc., poiché tale valore, con il metodo per il calcolo della pioggia netta SCS Curve Number, qui utilizzato, è considerato specificatamente. Tale metodo, infatti, oltre al valore del CN richiede la valutazione di un secondo parametro denominato "Impervious", relativo alla porzione di bacino ritenuta appunto "impermeabile".

IV) Metodo per la trasformazione degli afflussi idrici netti in deflussi

Per la trasformazione dell'afflusso in onda di piena tra i vari metodi proposti è stato utilizzato l'*SCS Unit Hydrograph Method* (Metodo dell'Idrogramma Unitario del Soil Conservation Service); tutti i metodi implementati nel software sono comunque riconducibili alla Teoria dell'Idrogramma Unitario. L'*SCS Unit Hydrograph Method* come unico parametro richiede l'inserimento del Tempo di Ritardo di inizio formazione della piena (Lag Time) ricavabile dal tempo di corrivazione mediante l'espressione: $T_L = 0.6 \cdot t_c$

V) Eventuale inserimento del metodo per la valutazione di un deflusso di base

Consiste nell'inserimento di eventuali flussi non riconducibili ad eventi meteorici quali, sorgenti, emissari di invasi naturali o artificiali, ecc. Nel presente studio, non è stato rilevato alcun deflusso di base per nessuno dei sottobacini studiati.

4.6 Stima delle Portate di Massima Piena

In questo paragrafo vengono riportati i risultati delle simulazioni idrologiche, eseguite con la metodologia esposta nel paragrafo precedente, per i vari tempi di ritorno considerati.

Per la modellazione, oltre alle C.P.P. definite in precedenza sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

<i>Sottobacino idrografico</i>	<i>Durata Evento meteo (ore)</i>	<i>Passo Temporale Analisi (minuti)</i>	<i>Durata Massima Intensità (minuti)</i>	<i>Picco di pioggia</i>	<i>Curve Number</i>	<i>Impervious (%)</i>	<i>Lag Time (minuti)</i>
SB_INT.P7	1.0*	5.0	5.0	33%	88.6	0.00	14.08

* 2,6 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

<i>Interferenza</i>	<i>Tempo di Ritorno</i>	<i>Portata di Picco (m³/s)</i>	<i>Deflusso (1000*m³)</i>
<i>IMPLUVIO INT.P7</i>	50	10.6	22.8
	100	13.1	27.9
	200	15.7	33.2
	300	17.2	36.3

Come descritto in precedenza Hec-HMS permette la valutazioni di molteplici parametri ed in particolare consente di valutare l'andamento del deflusso idrico nel tempo, anche dopo il termine dell'evento, andando di fatto a ricostruire un idrogramma del flusso idrico. I risultati di dettaglio delle simulazioni, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

5. ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica dell'interferenza è stata effettuata mediante *modellazione numerica* utilizzando i codici di calcolo del software HEC-RAS (qui utilizzato nella versione 5.0.7), distribuito gratuitamente dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center e liberamente scaricabile all'indirizzo web: www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras.

HEC-RAS permette il calcolo di profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano. Il software allo stato attuale presenta numerose caratteristiche che lo rendono estremamente affidabile, prima fra tutte la possibilità di effettuare modellazioni sia monodimensionali che bidimensionali, in regime di moto permanente o di moto vario e anche la possibilità di effettuare modellazioni combinate 1D-2D; nelle simulazioni è inoltre possibile inserire attraversamenti (ponti o tombini) sia a pelo libero che in pressione.

In funzione delle finalità dello studio (dimensionamento di tombini e valutazione del franco idraulico) è stata ritenuta idonea una *modellazione monodimensionale* in regime di *Moto Permanente* utilizzando come portata in ingresso i valori delle portate di massima piena ottenute in precedenza e considerando come portata di verifica la piena con Tr a 200 anni, secondo i criteri di compatibilità idraulica espressi nella Circolare Esplicativa NTC-2018 del 21 gennaio 2019 (Par. C5.1.2.3), valutando pertanto la portata con Tr 300 anni come *analisi del rischio residuo*.

5.1 metodologia dell'analisi idraulica

In questa sede si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle molteplici possibilità di modellazione, in termini di equazioni, messe a disposizione dal software, per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, liberamente scaricabili all'indirizzo web sopra riportato nella sezione "Documentation", limitandosi ad evidenziare unicamente i parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- *Geometrie dell'area di simulazione*
- *Geometria del Tombino e relativi parametri idraulici*
- *Coefficienti di scabrezza (del canale e dei tombini)*
- *Condizioni a contorno*

- *Geometria*

L'areale di simulazione è stato esteso per circa 15 metri a monte ed a valle dal manufatto in progetto; i dati geometrici relativi al terreno sono stati ricavati mediante una interpolazione lineare, con passo a 1 metro, del Modello Digitale del Terreno (DTM) effettuata in ambiente GIS integrata, per l'immediato intorno dell'area di intervento, da un rilievo manuale di campagna.

Per quanto riguarda il tombino di attraversamento, da intendersi come da norme NTC 2018, ovvero *un manufatto totalmente rivestito in sezione in grado di condurre portate fino a 50 m³/s*, è stata considerata una geometria rettangolare.

- Coefficienti di scabrezza del suolo

I coefficienti di scabrezza del suolo (coefficienti di Manning) sono stati fissati in funzione della natura del substrato e della copertura vegetale rispettivamente, in 0,030 s*m^{1/3} per il canale centrale e di 0,040 s*m^{1/3} per le zone golenali.

- Condizioni a contorno e portate di Piena

Per quanto riguarda le condizioni a contorno (Boundary Conditions), necessarie per la simulazione, sia monte che a valle è stata utilizzata la condizione di *Critical Depth*, con un regime di flusso "Misto"; HEC-RAS modifica automaticamente il regime di flusso all'occorrenza.

Per quanto riguarda i parametri relativi alle tolleranze ed ai settaggi da considerare nei calcoli sono stati lasciati quelli di default previsti dal software.

5.2 parametri di input e risultati delle modellazioni

In questo paragrafo vengono riportati gli input utilizzati nella modellazione nonché i risultati, sia in forma grafica che tabellare; nello specifico verranno restituiti:

- Modello 3D con inserimento del manufatto e tiranti idrici;
- Confronto longitudinale ex-ante/ex-post dei principali parametri idraulici della simulazione;
- Valutazioni quantitative sul franco idraulico

Analisi idraulica interferenza INT.P7

Parametri di input		
		<i>note</i>
n° sezioni di analisi	4	
Sviluppo lineare simulazione	30	metri
Geometria area di simulazione	-----	Fig. 7
Geometria e parametri idraulici tombino	-----	Fig. 7 e Fig. 13
Condizione al contorno di monte	-----	Critical Depth (Upstream)
Condizione al contorno di monte	-----	Critical Depth (Downstream)
Regime di moto	Permanente	a pelo libero (Low Flow Methods)
Regime di flusso	Misto	(mixed)
Portata di progetto (Tr 50)	10.6	m ³ /s
Portata di progetto (Tr 100)	13.1	m ³ /s
Portata di progetto (Tr 200)	15.7	m ³ /s
Portata di progetto (Tr 300)	17.2	m ³ /s

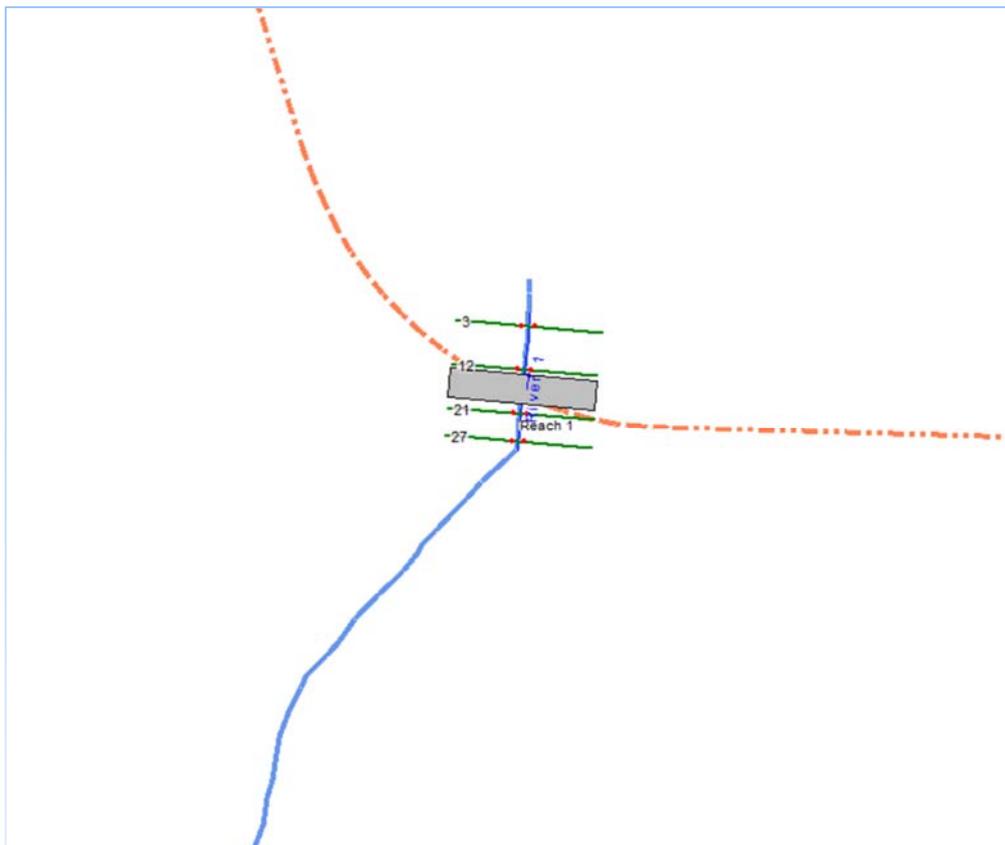


Fig 07: Planimetria modellazione Impluvio INT.P7

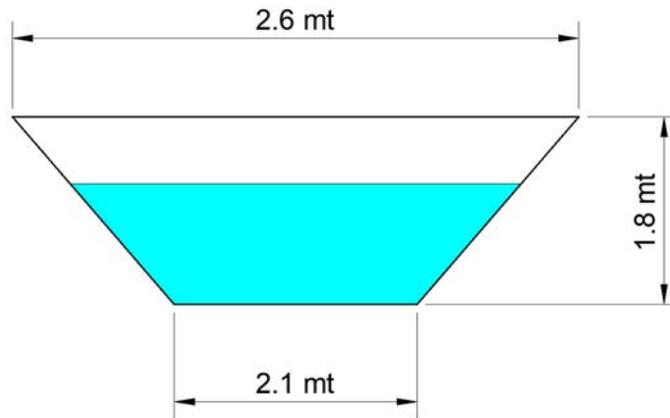


Fig. 08: Sezione rimodellazione impluvio

Culvert Data Editor

Add ... Copy Delete ... Culvert Group: Culvert #1

Solution Criteria: Computed Flow Co Rename ...

Shape: Box Span: 3 Rise: 2

Chart #: 8 - flared wingwalls

Scale #: 1 - Wingwall flared 30 to 75 deg.

Distance to Upstrm XS: 1

Culvert Length: 7.5

Entrance Loss Coeff: 0.5

Exit Loss Coeff: 1

Manning's n for Top: 0.011

Manning's n for Bottom: 0.013

Depth to use Bottom n: 0

Depth Blocked: 0

Upstream Invert Elev: 678.25

Downstream Invert Elev: 677.9

Culvert Barrel Data

Barrel Centerline Stations	# Barrels :		
Barrel Name	US Sta	DS Sta	
1 Tonbino INT_ST01	15	15	
2			
3			
4			
5			

Barrel GIS Data: Tonbino INT_ST01
Length: 0

X	Y
1	
2	
3	
4	
5	

Individual Barrel Centerlines ... Show on Map OK Cancel Help

Select culvert to edit

Fig. 09: Parametri idraulici tombino (culvert) INT.P7

- Risultati della simulazione (Tr 200 anni)

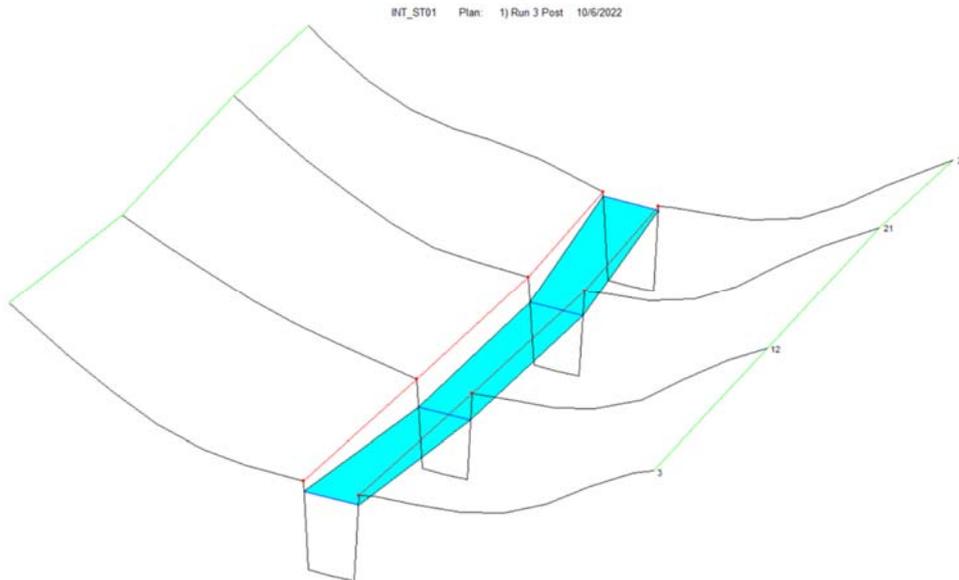


Fig. 10: Geometria 3D INT.P7; condizione ex ante (Tr 200 anni)

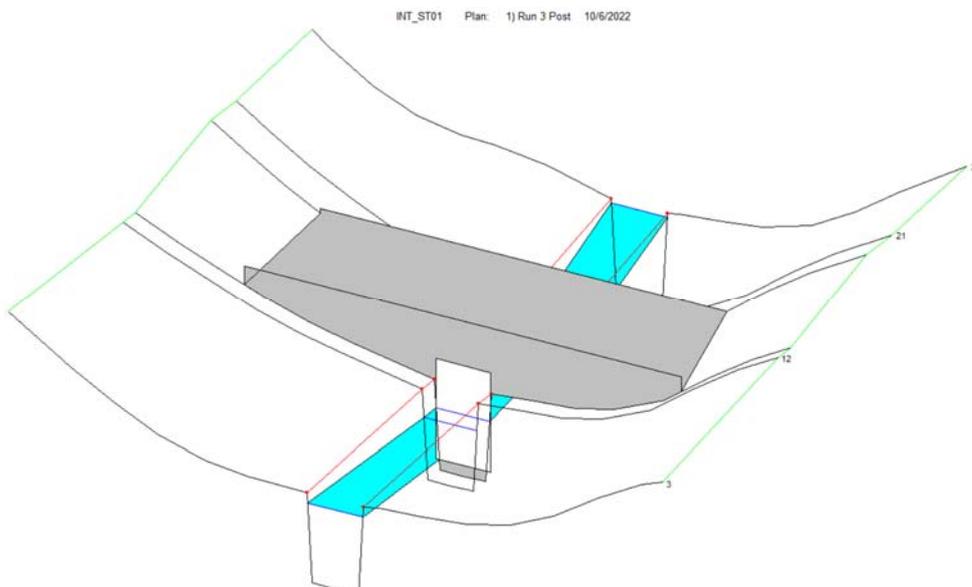


Fig. 11: Geometria 3D INT.P7; condizione ex post (Tr 200 anni)

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	27	Tr 50	Run 2 Ante	10.60	680.15	680.15	680.77	3.49	3.04	2.47	1.01
Reach 1	27	Tr 50	Run 3 Post	10.60	680.15	680.15	680.77	3.49	3.04	2.47	1.01
Reach 1	27	Tr 100	Run 2 Ante	13.10	680.34	680.34	681.05	3.72	3.52	2.53	1.01
Reach 1	27	Tr 100	Run 3 Post	13.10	680.34	680.34	681.05	3.72	3.52	2.53	1.01
Reach 1	27	Tr 200	Run 2 Ante	15.70	680.53	680.53	681.32	3.92	4.01	2.58	1.00
Reach 1	27	Tr 200	Run 3 Post	15.70	680.53	680.53	681.32	3.92	4.01	2.58	1.00
Reach 1	27	Tr 300	Run 2 Ante	17.20	681.02	681.02	681.40	2.89	7.50	12.71	0.65
Reach 1	27	Tr 300	Run 3 Post	17.20	681.02	681.02	681.40	2.89	7.50	12.71	0.65
Reach 1	21	Tr 50	Run 2 Ante	10.60	679.19	679.57	680.46	4.98	2.13	2.37	1.68
Reach 1	21	Tr 50	Run 3 Post	10.60	679.19	679.57	680.46	4.98	2.13	2.37	1.68
Reach 1	21	Tr 100	Run 2 Ante	13.10	679.36	679.76	680.73	5.19	2.52	2.41	1.62
Reach 1	21	Tr 100	Run 3 Post	13.10	679.36	679.76	680.73	5.19	2.52	2.41	1.62
Reach 1	21	Tr 200	Run 2 Ante	15.70	679.52	679.95	681.00	5.38	2.92	2.46	1.57
Reach 1	21	Tr 200	Run 3 Post	15.70	679.52	679.95	681.00	5.38	2.92	2.46	1.57
Reach 1	21	Tr 300	Run 2 Ante	17.20	679.60	680.43	681.15	5.51	3.12	2.48	1.57
Reach 1	21	Tr 300	Run 3 Post	17.20	679.60	680.43	681.15	5.51	3.12	2.48	1.57
Reach 1	12	Tr 50	Run 2 Ante	10.60	679.06	679.21	679.86	3.97	2.67	2.43	1.21
Reach 1	12	Tr 50	Run 3 Post	10.60	678.84	679.21	680.09	4.95	2.14	2.37	1.66
Reach 1	12	Tr 100	Run 2 Ante	13.10	679.25	679.40	680.14	4.18	3.14	2.48	1.19
Reach 1	12	Tr 100	Run 3 Post	13.10	678.98	679.40	680.41	5.30	2.47	2.41	1.67
Reach 1	12	Tr 200	Run 2 Ante	15.70	679.44	679.59	680.40	4.34	3.62	2.54	1.16
Reach 1	12	Tr 200	Run 3 Post	15.70	679.11	679.59	680.71	5.60	2.80	2.44	1.67
Reach 1	12	Tr 300	Run 2 Ante	17.20	679.54	680.09	680.55	4.43	3.88	2.56	1.15
Reach 1	12	Tr 300	Run 3 Post	17.20	679.19	680.09	680.88	5.76	2.98	2.46	1.67
Reach 1	3	Tr 50	Run 2 Ante	10.60	678.77	678.88	679.52	3.84	2.76	2.44	1.15
Reach 1	3	Tr 50	Run 3 Post	10.60	678.79	678.88	679.51	3.78	2.81	2.44	1.13
Reach 1	3	Tr 100	Run 2 Ante	13.10	678.97	679.08	679.79	4.03	3.25	2.49	1.13
Reach 1	3	Tr 100	Run 3 Post	13.10	678.96	679.08	679.80	4.04	3.24	2.49	1.13
Reach 1	3	Tr 200	Run 2 Ante	15.70	679.16	679.26	680.06	4.21	3.73	2.55	1.11
Reach 1	3	Tr 200	Run 3 Post	15.70	679.13	679.26	680.07	4.27	3.67	2.54	1.13
Reach 1	3	Tr 300	Run 2 Ante	17.20	679.27	679.75	680.20	4.28	4.02	2.58	1.09
Reach 1	3	Tr 300	Run 3 Post	17.20	679.23	679.75	680.21	4.39	3.92	2.57	1.13

Fig. 12: Confronto parametri idraulici ex ante / ex post

Nella tabella sono riportati i risultati della simulazione in relazione ai parametri idraulici più indicativi; nello specifico con riferimento ai due parametri più significativi, ovvero al *tirante idrico* (W.S. Elevation) ed al valore di *velocità totale* (vel chnl) la simulazione indica che l’inserimento del tombino non provoca alcuna alterazione a monte del tombino ed aumenti del tirante idraulico assai modesti e nell’ordine massimo di 35 centimetri che vanno a normalizzarsi rapidamente nell’arco di una decina di metri a valle del tombino; per quanto riguarda la velocità anche in questo caso l’aumento è contenuto in circa 1,3 m/s ed anche in questo caso tende a normalizzarsi rapidamente. Relativamente alla valutazione del rischio residuo il tombino risulta in grado di contenere anche una portata di piena con tempo di ritorno a 300 anni.

- Valutazioni sul franco idraulico del tombino

In figura 13 sono riportate rispettivamente le sezioni di monte e valle del tombino con indicata l'altezza del tirante idrico.

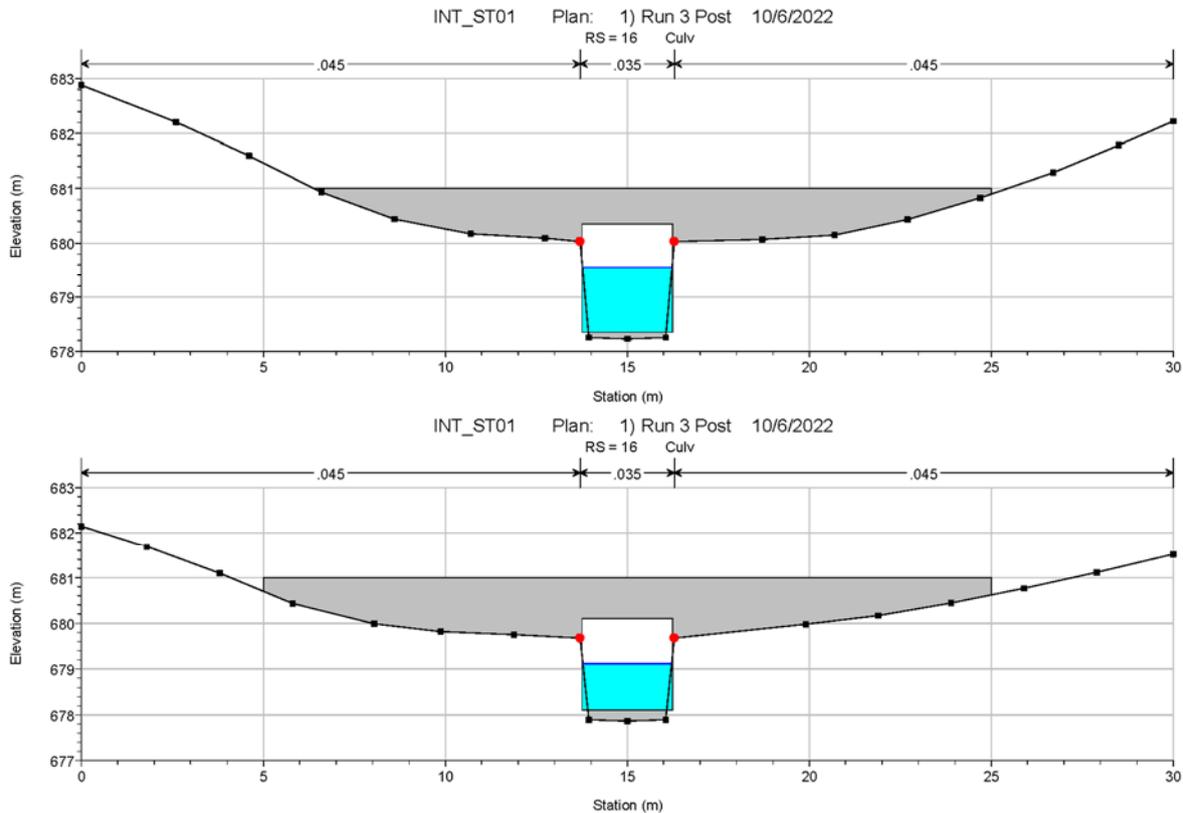


Fig. 13: Sezioni tombino INT.P7 (scala altezza esagerata); Tirante idrico Tr 200 anni

La modellazione indica:

Tempo di Ritorno 200 anni	Altezza Tirante Idrico (metri)	Franco Netto (metri)
Sezione di Monte	1.30	0.70
Sezione di Valle	1.21	0.79

Pertanto considerando un tombino di progetto di forma rettangolare (Fig. 09), con **dimensioni minime** di larghezza pari a 3.0 metri e di altezza 2.0 metri, la simulazione indica una verifica positiva, ovvero *con un tirante idrico inferiore ai 2/3 dell'altezza del tombino* (1,33 metri) e garantendo un *franco netto minimo* superiore ai 0.5 metri come previsto nelle NTC 2018 per gli attraversamenti con tombino (Par. C5.1.2.3 - Compatibilità Idraulica).

6. Analisi sull'invarianza idraulica del progetto

Poiché le opere in progetto vanno a produrre delle modifiche, seppur modeste, nella copertura del suolo, sono state effettuate le considerazioni di merito relativamente alla valutazione degli incrementi delle portate e dei volumi di deflusso meteorico, che si andranno a generare (Invarianza Idraulica ed Idrologica).

Con riferimento all'art. 5 delle Norme di Attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Dipartimento Territorio e Ambiente della Regione Sicilia, richiamate anche nella *Direttiva AdB-Sicilia prot. 6834 del 11/10/2019*, per Invarianza Idraulica ed Idrologica si definiscono rispettivamente:

- Invarianza idraulica

Principio in base al quale le *portate di deflusso* meteorico scaricate dalle aree urbanizzate o di nuova urbanizzazione nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

- Invarianza idrologica

Principio in base al quale *sia le portate sia i volumi di deflusso* meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Lo scopo principale dell'analisi è stato pertanto una valutazione quantitativa delle portate di deflusso da laminare/infiltrare nonché degli interventi di mitigazione più opportuni da mettere in essere, tra quelli suggeriti nelle "*Linee Guida*" contenute nel D.D.G. n. 102 dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia del 23/06/2021, ai fini del rispetto del suddetto *Principio di Invarianza Idraulica ed Idrologica*.

Le aree oggetto di trasformazione nell'uso del suolo risultano unicamente relegate alle piazzole realizzate in corrispondenza delle torri ed alle relative stradelle di raccordo con la viabilità esistente. Le superfici totali oggetto di trasformazione sono di seguito riportate per ogni singolo areale di intervento:

Sito di intervento	Area Piazzola m ²	Viabilità ex novo m ²	Area Totale m ²
CS_01	1100	690	1790
CS_02	1100	2700	3800
CS_03	1100	800	1900
CS_04	1100	1900	3000
CS_05	1100	460	1560
CS_06	1100	890	1990
CS_07	1100	815	1915

La nuova copertura, in tutti i casi, verrà realizzata con materiali drenanti e non comporterà la posa di asfalto o di altri materiali altamente impermeabilizzanti.

6.1 Metodologia di calcolo dei volumi di invarianza

In relazione alle indicazioni del citato D.D.G. n. 102/2021 ai fini di individuare la procedura di calcolo più idonea è stato innanzitutto valutato il *Coefficiente di deflusso medio ponderale Post-Opera*, Φ_t , per la cui determinazione sono stati utilizzati i valori parziali proposti nell'Allegato 2 del D.D.G. 102/2021 ovvero:

- *Superfici Impermeabili*: 1.0;
- *Pavimentazioni semipermeabili* (viabilità non asfaltata): 0.7;
- *Aree permeabili* (trasformate non pavimentate): 0.3;
- *Incolto e uso agricolo (aree a verde)*: 0.0;

In tabella sono riportati i dettagli del calcolo, globali:

Tipologia di copertura	Area (m ²)	Area (%)	Valore ϕ	Valore pesato del CN
Superfici Impermeabili (<i>corpi di fabbrica, pertinenze, strade asfaltate</i>)	0	0	1.0	0.0
Pavimentazioni semipermeabili (<i>Autobloccanti, misto stabilizzato o ghiaia</i>)	15955	100.00	0.7	0.700
Aree permeabili (<i>brecciolino su terreno non compattato</i>)	0	0	0.3	0.0
Incolto (area a verde)	0	0	0.0	0.0
TOTALI	2248,82	100		0.700

Valutazione Valore ϕ_t post operam

Gli interventi in progetto, pertanto, presentano un coefficiente di deflusso medio ponderale (post opera) valutato in $\phi_t = 0.700$, ovvero maggiore dello 0.5 indicato nel DDG 102/2021 pertanto le tipologie di trasformazioni vanno ascritte a "trasformazioni con alto coefficiente di

deflusso medio ponderale'; per tali tipologie di trasformazione il D.D.G. reputa non idoneo il *Metodo semplificato delle piogge (o delle Sole Piogge)* e chiede di adottare metodi di maggior dettaglio.

Metodologia SCS-CN

Per le valutazioni idrologiche dei volumi di acqua meteorica da laminare/infiltrare è stato pertanto utilizzato un modello numerico basato sulla stessa metodologia SCS-CN già esaurientemente descritta al *paragrafo 4.5* ed espressamente prevista nel D.D.G. n. 102/2021.

Per quanto riguarda la definizione del valore del Curve Number da utilizzare nei calcoli, sono state adottate le tabelle di riferimento dello USDA (Appendice B); in funzione delle litologie di substrato esistenti sono stati pertanto adottati i seguenti valori:

- Torri CS01 e CS02 ricadenti su marne ed argille, ascrivibili a suolo di *tipo C*, CN=**89**;
- Torri CS03 e CS07 ricadenti su argille e marne, ascrivibili a suolo di *tipo D*, CN=**91**;
- Torre CS04 ricadente su conglomerati e sabbie, ascrivibili a suolo di *tipo B*, CN=**85**;
- Torri CS05 e CS06 ricadenti su argilliti e quarzareniti, ascrivibili a suolo di *tipo C*, CN=**89**;

Nei paragrafi a seguire vengono riportati i dettagli del calcolo dei volumi di laminazione/infiltrazione, per le singole aree di interesse, riferita a deflussi meteorici con *Tempo di Ritorno* pari a 30 anni, per come indicato nel D.D.G. 102/2021.

Valutazioni Idrologiche

La metodologia del SCS-CN, così come anche il Metodo delle Piogge Semplificato, richiedono la definizione dei parametri idrologici della *Curva di Possibilità Pluviometrica* per il tempo di ritorno considerato, ovvero i valori dei coefficienti **a** ed **n** della curva a 2 parametri $\mu(t) = a \cdot t^n$ già definita.

Utilizzando gli stessi valori considerati in precedenza, ovvero $a = 25,190$ ed $n=0,297$ e considerando il relativo fattore di crescita **K_T** riferito ad un tempo di ritorno pari a 30 anni ($K_T=2.159$), con la stessa metodologia descritta al paragrafo 4.5 è stato possibile ricostruire la C.P.P. di seguito riportata:

C.P.P. con $Tr = 30$ anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)	t (minuti)	$H_{t/T}$ (mm)
1	54.38	5	20.84
2	66.81	10	27.23
3	75.36	15	31.85
6	92.59	20	35.59
12	113.75	30	41.62
24	139.76	40	46.50
-----	-----	50	50.69

6.2 Calcolo dei volumi di laminazione/infiltrazione

Nelle tabelle seguenti per ogni singola area di progetto (areali degli aerogeneratori) sono stati considerati i volumi di laminazione in funzione di:

- Curva di possibilità pluviometrica con Tr 30 anni;
- Portata imposta allo scarico $Q_{U, lim}$ considerando il coefficiente udometrico imposto dal DDG 102/2021 pari a 20 l/s/ettaro
- Valore del CN post-operam
- Superficie scolante m^2 .

6.2.1 *Calcolo areale Torre CS 01*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	1790	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	3.58	l/s
Curve Number	CN	89	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m³)
5	0.107	20.84	4.61	4.506	8.1
10	0.215	27.23	8.39	8.173	14.6
15	0.322	31.85	11.48	11.154	20.0
20	0.430	35.59	14.15	13.721	24.6
30	0.644	41.62	18.71	18.068	32.3
40	0.859	46.50	22.59	21.733	38.9
50	1.074	50.69	26.02	24.941	44.6
60	1.289	54.38	29.11	27.818	49.8
120	2.578	66.81	39.86	37.283	66.7
180	3.866	75.36	47.50	43.632	78.1
360	7.733	92.59	63.29	55.557	99.4
720	15.466	113.75	83.18	67.713	121.2
1440	30.931	139.76	108.06	77.131	138.1

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il massimo volume da laminare è stato ottenuto per una pioggia di durata 1440 minuti (24 ore) e risulta pari a **138.1** m³.

6.2.2 *Calcolo areale Torre CS 02*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	3800	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	7.60	l/s
Curve Number	CN	89	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m ³)
5	0.228	20.84	4.61	4.386	16.7
10	0.456	27.23	8.39	7.931	30.1
15	0.684	31.85	11.48	10.792	41.0
20	0.912	35.59	14.15	13.238	50.3
30	1.368	41.62	18.71	17.344	65.9
40	1.824	46.50	22.59	20.768	78.9
50	2.280	50.69	26.02	23.735	90.2
60	2.736	54.38	29.11	26.371	100.2
120	5.472	66.81	39.86	34.389	130.7
180	8.208	75.36	47.50	39.291	149.3
360	16.416	92.59	63.29	46.874	178.1
720	32.832	113.75	83.18	50.347	191.3
1440	65.664	139.76	108.06	42.398	161.1

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il massimo volume da laminare è stato ottenuto per una pioggia di durata 720 minuti (12 ore) e risulta pari a **191.3** m³.

6.2.3 *Calcolo areale Torre CS 03*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	1900	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	3.80	l/s
Curve Number	CN	91	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m³)
5	0.114	20.84	6.11	5.996	11.4
10	0.228	27.23	10.42	10.193	19.4
15	0.342	31.85	13.85	13.508	25.7
20	0.456	35.59	16.77	16.318	31.0
30	0.684	41.62	21.70	21.012	39.9
40	0.912	46.50	25.83	24.921	47.3
50	1.140	50.69	29.46	28.316	53.8
60	1.368	54.38	32.71	31.341	59.5
120	2.736	66.81	43.93	41.192	78.3
180	4.104	75.36	51.83	47.724	90.7
360	8.208	92.59	68.04	59.836	113.7
720	16.416	113.75	88.32	71.907	136.6
1440	32.832	139.76	113.56	80.727	153.4

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il calcolo indica un volume da laminare massimo, pari a **153.4 m³** ottenuto per una pioggia di durata 1440 minuti (24 ore).

6.2.4 *Calcolo areale Torre CS 04*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	3000	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	6.00	l/s
Curve Number	CN	85	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m³)
5	0.180	20.84	2.49	2.307	6.9
10	0.360	27.23	5.29	4.929	14.8
15	0.540	31.85	7.73	7.193	21.6
20	0.720	35.59	9.92	9.199	27.6
30	1.080	41.62	13.76	12.680	38.0
40	1.440	46.50	17.11	15.669	47.0
50	1.800	50.69	20.11	18.313	54.9
60	2.160	54.38	22.86	20.697	62.1
120	4.320	66.81	32.59	28.273	84.8
180	6.480	75.36	39.64	33.158	99.5
360	12.960	92.59	54.44	41.483	124.4
720	25.920	113.75	73.39	47.474	142.4
1440	51.840	139.76	97.41	45.569	136.7

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il calcolo indica un volume da laminare massimo, pari a **142.4** m³ ottenuto per una pioggia di durata 720 minuti (12 ore).

6.2.5 *Calcolo areale Torre CS 05*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	1560	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	3.12	l/s
Curve Number	CN	89	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m³)
5	0.094	20.84	4.61	4.520	7.1
10	0.187	27.23	8.39	8.200	12.8
15	0.281	31.85	11.48	11.195	17.5
20	0.374	35.59	14.15	13.776	21.5
30	0.562	41.62	18.71	18.151	28.3
40	0.749	46.50	22.59	21.843	34.1
50	0.936	50.69	26.02	25.079	39.1
60	1.123	54.38	29.11	27.983	43.7
120	2.246	66.81	39.86	37.615	58.7
180	3.370	75.36	47.50	44.129	68.8
360	6.739	92.59	63.29	56.551	88.2
720	13.478	113.75	83.18	69.700	108.7
1440	26.957	139.76	108.06	81.105	126.5

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il calcolo indica un volume da laminare massimo, pari a **126.5 m³** ottenuto per una pioggia di durata 1440 minuti (24 ore).

6.2.6 *Calcolo areale Torre CS 06*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	1990	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	3.98	l/s
Curve Number	CN	89	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m ³)
5	0.119	20.84	4.61	4.494	8.9
10	0.239	27.23	8.39	8.149	16.2
15	0.358	31.85	11.48	11.118	22.1
20	0.478	35.59	14.15	13.673	27.2
30	0.716	41.62	18.71	17.996	35.8
40	0.955	46.50	22.59	21.637	43.1
50	1.194	50.69	26.02	24.821	49.4
60	1.433	54.38	29.11	27.674	55.1
120	2.866	66.81	39.86	36.995	73.6
180	4.298	75.36	47.50	43.200	86.0
360	8.597	92.59	63.29	54.693	108.8
720	17.194	113.75	83.18	65.985	131.3
1440	34.387	139.76	108.06	73.675	146.6

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il calcolo indica un volume da laminare massimo, pari a **146.6** m³ ottenuto per una pioggia di durata 1440 minuti (24 ore).

6.2.7 *Calcolo areale Torre CS 07*

Parametri di Calcolo			
Superficie Scolante	S	1915	m ²
Coefficiente di deflusso	φ	0.700	---
Coefficiente Udometrico	C_{UDO}	20	l/s/Ha
Portata imposta allo scarico	Q_{u, lim}	3.83	l/s
Curve Number	CN	91	---

Tabella di Calcolo					
Tempo (minuti)	h_u (mm)	h_{crit} (mm)	H_{net} (mm)	Δ (mm)	V_{LAM} (m³)
5	0.115	20.84	6.11	5.995	11.5
10	0.230	27.23	10.42	10.191	19.5
15	0.345	31.85	13.85	13.505	25.9
20	0.460	35.59	16.77	16.315	31.2
30	0.689	41.62	21.70	21.007	40.2
40	0.919	46.50	25.83	24.914	47.7
50	1.149	50.69	29.46	28.307	54.2
60	1.379	54.38	32.71	31.330	60.0
120	2.758	66.81	43.93	41.171	78.8
180	4.136	75.36	51.83	47.692	91.3
360	8.273	92.59	68.04	59.771	114.5
720	16.546	113.75	88.32	71.778	137.5
1440	33.091	139.76	113.56	80.468	154.1

dove:

h_u = volume in uscita per unità di superficie

h_{crit} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

h_{net} = altezza di pioggia netta calcolata con il metodo Curve Number

Δ = Differenza volume in ingresso e volume in uscita

V_{LAM} = volume da laminare/infiltrare (in funzione della superficie scolante)

Il calcolo indica un volume da laminare massimo, pari a **154.1** m³ ottenuto per una pioggia di durata 1440 minuti (24 ore).

6.3 Smaltimento delle acque di Invarianza

Relativamente alle modalità di smaltimento delle acque di invarianza è stata valutata la possibilità di infiltrazione nel suolo dei volume calcolati nel paragrafo precedente.

A tal fine è stata valutata la capacità di percolazione del terreno mediante delle prove di permeabilità realizzata in situ eseguite secondo le raccomandazioni del "Seminario di studi sulla legge 10/5/76 n°319." (Perugia 27/6/1977); in funzione della buona uniformità litologica della coltre di copertura superficiale delle aree di progetto sono state scavate n. 3 buche in corrispondenza delle Torri CS01, CS03 ed CS06 (vedi Appendice D), con un diametro di 15 cm e profonde circa 40 cm; sul fondo delle buche sono stati posti 5 cm di pietrisco minuto per evitare l'intasamento, dopo di ché sono stati versati 30 cm di acqua mantenendo tale livello per circa 1:00 ora (fase di saturazione).

Si è proceduto quindi alla misura dell'abbassamento del livello dell'acqua; la misura è stata effettuata ogni 30 minuti, aggiungendo acqua per riportare il livello sempre di 35 cm al di sopra della ghiaia; i risultati delle letture sono del tutto simili e nella tabella a seguire sono riportati i valori medi delle 3 letture.

Tempo (minuti)	Abbassamento medio (cm)
0.0	----
30.0	21.1
60.0	15.0
90.0	12.0
120.0	10.6
150.0	9.8
180.0	9.6

L'abbassamento finale medio risulta quindi essere 9.6 cm in 30 minuti; tale valore moltiplicato per 2 fornisce il *coefficiente di assorbimento del terreno* che, in questo caso, risulta essere pari a 19.2 cm/h. Il coefficiente di assorbimento trovato indica un terreno di copertura a media permeabilità, con un *coefficiente di permeabilità* $k = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$, comunque idoneo allo smaltimento per infiltrazione.

- Dimensionamento del Sistema di infiltrazione

Valutazioni di carattere logistico hanno individuato come sistema di smaltimento più idoneo l'infiltrazione nel sottosuolo. Tale sistema, espressamente previsto tra i *sistemi di drenaggio urbano sostenibile* (SUDS) richiamati nel D.D.G. 102/2021 (punto B.5 Allegato 2) consiste nel convogliare le acque di raccolta in un *sistema disperdente*, opportunamente dimensionato;

nello specifico, ai fini di una maggiore funzionalità del sistema è stato utilizzato un doppio sistema disperdente costituito da setto drenante e da una o più trincee drenanti, ubicata in corrispondenza della viabilità di accesso o delle piazzole degli aerogeneratori.

- Trincea Drenante

Tale sistema risulta costituito da una condotta (tubi drenanti) del diametro di 0.2 – 0.3 metri posizionati nel primo sottosuolo all'interno di una trincea drenante. La trincea di posa della condotta dovrà essere profonda almeno 0,9 - 1,0 mt, al fine di evitare impaludamenti superficiali; la parte inferiore dello scavo verrà quindi riempita da materiale drenante (sabbia grossolana o ghiaia fine) in mezzo al quale viene posata la condotta disperdente.

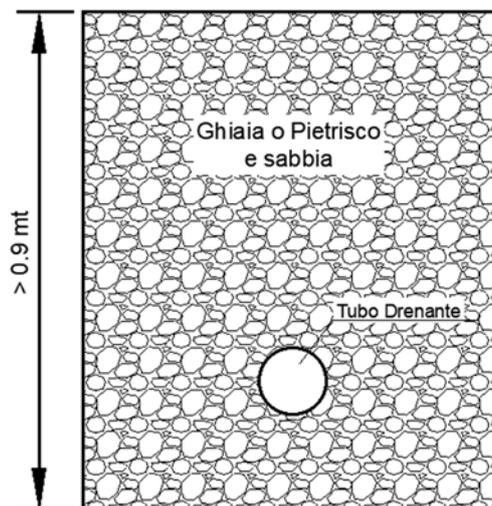


Fig. 14: Sezione schematica trincea drenante

La capacità di infiltrazione del sistema, è stata valutata sia considerando il volume interno vuoto della trincea drenante (Volume Utile, V_{Utile}) in grado di accumulare istantaneamente l'acqua di invarianza, sia la quantità di acqua infiltrata durante l'evento meteorico di riferimento.

Per la valutazione del V_{Utile} è stata innanzitutto considerata la *superficie utile della sezione*, ossia la superficie, per sezione unitaria, vuota e pertanto in grado di accumulare l'acqua da infiltrare; tale superficie utile è rappresentata dalla somma dell'area del tubo drenante e dei vuoti totali presenti tra il materiale grossolano di riempimento, ovvero

$$S_{Utile} = S_{Tubo} + S_{Vuoti}$$

$$S_{Tubo}$$

Considerando un tubo drenante con raggio pari a 0,1 metri si avrà:

$$S_{Tubo} = 0,0314 \text{ m}^2$$

S_{Vuoti}

Considerando una sezione di forma rettangolare con:

- Profondità totale = 1.5 m
- Larghezza = 1.2 m
- Riempita con materiale drenante per il suo intero sviluppo

Avremo una superficie drenante totale pari a 1,80 m², con una superficie residua (al netto dell'area occupata dal tubo drenante) pari a 1,769 m² (1,80 meno 0,0314)

Da cui stimando una percentuale di vuoto tra il materiale drenante (sabbie grossolane e pietrisco o ghiaia) pari al 35% si avrà:

$$S_{vuoti} = 0,619 \text{ m}^2 (1,769 * 0,35)$$

e pertanto

$$S_{Utile} = 0,0314 + 0,619 = \mathbf{0.650 \text{ m}^2}$$

Considerando pertanto uno sviluppo lineare pari a **20 metri**, risulterà:

- ***V_{Utile}*** = **13,01 m³** (20 m x 0.650 m²)
- ***Superficie Filtrante Totale*** pari a 84 m² (4,2 m perimetro sezione filtrante * 20 m)

Utilizzando i due parametri sopra riportati è stato quindi possibile determinare la capacità di smaltimento del sistema, in funzione della capacità di infiltrazione del terreno ed in riferimento alla durata degli *evento critici* ottenuti in precedenza (6-12 ore); i risultati del calcolo sono di seguito riepilogati:

Torre	Superficie filtrante (m ²)	Coefficiente di infiltrazione (m/min)	Volume interno vuoto (m ³)	Volume infiltrato 12 h (m ³)	Volume infiltrato 24 h (m ³)	Capacità Smaltimento (*) (m ³)
CS_01	84	0.0032	13.01	-----	400.08	413.09
CS_02	84	0.0032	13.01	206.54	-----	219.55
CS_03	84	0.0032	13.01	-----	400.08	413.09
CS_04	84	0.0032	13.01	206.54	-----	219.55
CS_05	84	0.0032	13.01	-----	400.08	413.09
CS_06	84	0.0032	13.01	-----	400.08	413.09
CS_07	84	0.0032	13.01	-----	400.08	413.09

(*) Capacità totale del Sistema data dalla somma del volume interno e del volume infiltrato durante l'evento critico

- Setto Drenante

Concettualmente il setto drenante si presenta del tutto simile alla trincea differenziandosi per una maggiore dimensione in sezione e un minore sviluppo lineare; proprio le ridotte dimensioni lineari rendono superfluo l'utilizzo di una condotta drenante interna per una migliore distribuzione delle acque.

Anche in questo caso la capacità di infiltrazione del sistema è stata calcolata sia considerando il volume interno vuoto del setto drenante (Volume Utile, V_{Utile}) sia la quantità di acqua infiltrata durante l'evento meteorico di riferimento.

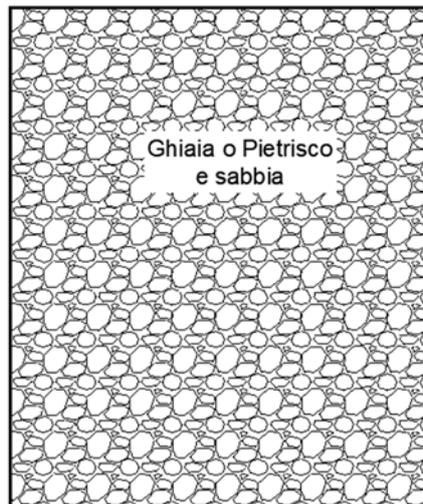


Fig. 15: Sezione Setto drenante

Per la valutazione del V_{Utile} è stata considerata la *superficie utile della sezione*, ossia la superficie, per sezione unitaria, vuota e pertanto in grado di accumulare l'acqua da infiltrare; tale superficie utile è rappresentata, in questo caso dalla sola componente legata ai vuoti

totali presenti tra il materiale grossolano di riempimento, considerando pertanto una sezione di forma rettangolare con:

- Profondità totale = 3.0 m
- Larghezza = 2.5 m
- Riempita con materiale drenante per il suo intero sviluppo

Avremo una superficie drenate totale pari a 7,50 m², da cui stimando una percentuale di vuoto tra il materiale drenante (sabbie grossolane e pietrisco o ghiaia) pari al 35% si avrà:

$$S_{vuoti} = 2,625 \text{ m}^2 (7,50 * 0,35)$$

Considerando quindi uno sviluppo lineare pari a **10 metri**, risulterà:

- **V_{Utile} = 26,25 m³** (10 m x 2.625 m²)
- **Superficie Filtrante Totale** pari a 85 m² (8,5 m perimetro sezione filtrante * 10 m)

Anche in questo caso utilizzando i due parametri sopra riportati ed in funzione della capacità di infiltrazione del terreno, è stato possibile determinare la capacità di smaltimento del sistema, in riferimento all'evento critico considerato ottenuto in precedenza (6-12 ore) comunque inferiore alle 48 ore previste dal D.D.G.102/2021 per il ripristino del sistema.

I risultati del calcolo sono di seguito riepilogati:

Torre	Superficie filtrante (m ²)	Coefficiente di infiltrazione (m/min)	Volume interno vuoto (m ³)	Volume infiltrato 12 h (m ³)	Volume infiltrato 24 h (m ³)	Capacità smaltimento (*) (m ³)
CS_01	85	0.0032	26.25	-----	417.93	444.18
CS_02	85	0.0032	26.25	222.09	-----	248.34
CS_03	85	0.0032	26.25	-----	417.93	444.18
CS_04	85	0.0032	26.25	222.09	-----	248.34
CS_05	85	0.0032	26.25	-----	417.93	444.18
CS_06	85	0.0032	26.25	-----	417.93	444.18
CS_07	85	0.0032	26.25	-----	417.93	444.18

(*) Capacità totale del Sistema data dalla somma del volume interno e del volume infiltrato durante l'evento critico

In definitiva la capacità di smaltimento del sistema risulta sempre significativamente superiore ai volumi di invarianza calcolati al paragrafo precedente, rispettivamente:

VALUTAZIONE DEL SISTEMA RIFERITO ALL'EVENTO CRITICO PARI A 12 ORE

Sito di studio	Volume da Laminare/infiltrare m ³	Capacità Trincea Drenante (m ³)	Capacità Setto drenante (m ³)	Capacità totale del Sistema (m ³)	Rapporto Capacità di infiltrazione (*)
CS_02	191.3	206.54	222.09	428.63	2.24
CS_04	142.4	206.54	222.09	428.63	3.01

(*) il valore deve risultare superiore all'unità

VALUTAZIONE DEL SISTEMA RIFERITO ALL'EVENTO CRITICO PARI A 24 ORE

Sito di studio	Volume da Laminare/infiltrare m ³	Capacità Trincea Drenante (m ³)	Capacità Setto drenante (m ³)	Capacità totale del Sistema (m ³)	Rapporto Capacità di infiltrazione (*)
CS_01	138.1	400.08	417.93	818.01	5.92
CS_03	153.4	400.08	417.93	818.01	5.33
CS_05	126.5	400.08	417.93	818.01	6.47
CS_06	146.6	400.08	417.93	818.01	5.58
CS_07	154.1	400.08	417.93	818.01	5.31

(*) il valore deve risultare superiore all'unità

Il sistema, per come descritto, risulta pertanto idoneo all'infiltrazione dei volume calcolati e appare in grado di smaltire le acque anche in caso di piogge con cariche reiterate, svuotandosi nel sottosuolo durante i transienti a bassa intensità di pioggia; disponendo inoltre di un volume utile interno (vuoto) di circa 40 m³ appare idoneo anche in caso di piogge molto intense ma brevi.

7. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), è stato eseguito uno studio di natura idrologica ed idraulica finalizzato sia all'analisi delle interferenze tra i manufatti in progetto ed il reticolo idrografico superficiale, sia per gli aspetti di invarianza idraulica.

Il presente documento, redatto su incarico della società proponente, riferisce sui risultati di tale studio, di seguito sinteticamente riepilogati:

- Analisi preliminare

L'analisi preliminare ha permesso di effettuare un inquadramento morfologico ed idrografico generale dell'area orientato alla definizione degli elementi idrografici che saranno interessati dalle opere in progetto; in tutto sono state individuate n. 1 aree di interferenza, con la viabilità di nuova realizzazione e n. 52 aree di interferenza con gli elettrodotti interni all'area dell'Impianto Eolico e di connessione tra l'Impianto Eolico e la Stazione Elettrica RTN.

La sezione idraulica interessata dalla viabilità futura, identificate nel presente studio con la sigla INT.P7 è stata oggetto di uno studio idrologico ed idraulico di dettaglio, ai sensi della Normativa vigente (NTC 2018 e D.S.G. 71/2022 AdB-Sicilia) e con metodologie conformi a quelle contenute nella Relazione Generale del P.A.I. – Sicilia.

- Studio Idrologico

Il sottobacino idrografico sotteso dall'unica sezione idrografica individuata nell'analisi preliminare è stato oggetto di uno studio idrologico ai fini della valutazione delle portate di picco per eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 50, 100, 200 e 300 anni.

Le portate di massima piena sono state valutate, attraverso modelli matematici, a partire dall'afflusso meteorico previsto per il sottobacino e alla successiva trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Gli afflussi meteorici sono stati valutati a partire dalla ricostruzione delle *Curve di Probabilità Pluviometrica* utilizzando la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. Per il processo di trasformazione degli afflussi in deflussi è stato utilizzato il Software dell'US Army Corps of Engineers, HEC-HMS.

I risultati finali delle portate di picco ottenute sono sintetizzati nella tabella seguente

Interferenza	Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m ³ /s)	Deflusso (1000*m ³)
<i>IMPLUVIO INT.P7</i>	50	10.6	22.8
	100	13.1	27.9
	200	15.7	33.2
	300	17.2	36.3

- Studio Idraulico

Sull'interferenza oggetto di studio idrologico è stata successivamente effettuata un'analisi idraulica ai fini di un corretto dimensionamento del tombino stradale previsto.

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando i codici di calcolo del software HEC-RAS distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center nella sua versione 5.0.7 con modellizzazione monodimensionale.

La simulazione indica che un tombino con le dimensioni riportate in tabella, risulta idoneo all'attraversamento dell'impluvio ai sensi della normativa vigente; i risultati finali della modellazione idraulica sono di seguito riepilogati:

Dimensionamento Tombini stradali	Larghezza (metri)	Altezza (metri)	Altezza media tirante idraulico (metri)	Franco Idraulico minimo (metri)
<i>INT.P7</i>	3.0	2.0	1.25	0.74

Relativamente alle interferenze tra gli elementi del reticolo idrografico ed gli elettrodotti interrati, ai sensi del D.S.G. n. 119/2022 dell'AdB Sicilia non si è proceduto con alcun tipo di studio idrologico-idraulico analitico poiché anche per le interferenze che saranno risolte mediante passaggio in sub-alveo con tecnologia T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata), il suddetto D.S.G. di fatto non prevede alcuna fascia di rispetto specifica; in via cautelativa, per ogni interferenza verrà comunque predisposta una Fascia di rispetto (fascia di pertinenza fluviale) pari a 10 metri calcolata dalla sponda dell'elemento idrografico, avendo cura che il passaggio avvenga comunque ad una profondità non inferiore ai 2,50 m dal fondo dell'alveo.

- Analisi Invarianza Idraulica

Ai fini delle valutazioni sulla Compatibilità Geomorfológica/Studio di Compatibilità Idraulica ai sensi e per gli effetti della L.R. n.19 del 13/08/2020 (art.22 comma 6d) e del D.A. n.117 del 07/07/2021 è stata effettuata una valutazione sull'Invarianza Idraulica-Idrologica del progetto con riferimento agli indirizzi applicativi di cui alla direttiva AdB prot. n. 6834 dell'11/10/2019 e al successivo D.D.G. n.102 DRU/AdB del 23/6/2021.

L'analisi idrologica, effettuata con la metodologia SCS - Curve Number ha permesso di definire i volumi di acqua meteorica da laminare/infiltrare per ogni singolo areale di interesse.

Per lo smaltimento di tali volumi è stata verificata, positivamente, la possibilità di infiltrazione delle acque nel primo sottosuolo, tramite un doppio sistema disperdente costituito da setto drenante e da una o più trincee drenanti, ubicate in corrispondenza della viabilità di accesso o delle piazzole degli aerogeneratori.

Il sistema è stato ideato per funzionare a gravità in continuo, pertanto appare in grado di smaltire le acque sia in caso di piogge con cariche reiterate, svuotandosi nel sottosuolo durante i transienti a bassa intensità di pioggia, sia in caso di piogge intense e brevi disponendo comunque di un volume utile interno vuoto pari a circa 40 m³.

Palermo, ottobre 2022

Dott. Geol. Michele Ognibene
Ordine Regionale geologi di Sicilia
n. 3003



Stampa circolare dell'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia. Al centro: Dott. Geol. OGNIBENE MICHELE n. 3003 Sez. A. A sinistra c'è una firma manoscritta.

Dott. Geol. Rosario Fria
Ordine Regionale geologi di Sicilia
n. 1663



Stampa circolare dell'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia. Al centro: Dott. Geol. FRIA ROSARIO N. 1663. Sotto c'è una firma manoscritta.

APPENDICE A

Formule calcolo Tempo di Corrivazione

FORMULE UTILIZZATE PER LA VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

I) *Formula di Aronica & Paltrinieri* (Giandotti modificata per Piccoli Bacini)

$$t_c = \frac{1}{Md} \frac{\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m}} \quad \text{Aronica \& Paltrinieri}$$

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m}} \quad \text{Giandotti}$$

S = area bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura in km²

L = lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, in km

H_m = altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura h_o; in metri s.l.m.

M e d = costanti numeriche funzione del tipo di utilizzazione del suolo e della permeabilità

II) *Formula di Kirpick*

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ib [m/m] Pendenza media del bacino idrografico

III) *Formula SCS - CN*

$$t_c = 0.00227 \cdot L^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \cdot S^{-0.5} \quad \text{dove}$$

S = pendenza media del bacino in % (ossia compresa tra 0 e 1)

L = lunghezza asta principale in metri

CN = Curve Number del Soil Conservation Service

IV) *Formula di Pezzoli*

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

V) *Formula di Ventura*

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

A [Km2] Area del bacino idrografico

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VI) *Formula di Pasini*

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

A [Km2] Area del bacino idrografico

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VII) *Formula di Viparelli*

$$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

V Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra 1,0 e 1.5] m/s

VIII) *Formula di Turazza*

$$t_c = 1.085 \cdot \sqrt{S}$$

S [Km2] Area del bacino idrografico

APPENDICE B

Tabella Curve Number Regionale e USDA

1. Creazione della carta regionale del Curve Number

Il CN è un parametro dell'equazione del modello di formazione di deflusso superficiale SCS-CN (Soil Conservation Service - Curve Number) sviluppato dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) del Natural Resources Conservation Service. Il CN teoricamente può variare tra 0 e 100: valori alti del parametro CN rappresentano le caratteristiche di assorbimento di superfici poco permeabili, mentre valori bassi indicano terreni ad alta permeabilità. Il CN è funzione della tipologia di uso-copertura del suolo, della tipologia geo-pedologica del suolo e delle condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico. La procedura prevede che si determini dapprima un valore di Curve Number CN_{II} riferito alle condizioni medie di umidità del suolo, ovvero condizioni AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo II, che successivamente deve essere eventualmente incrementato o ridotto con formule ad hoc nel caso in cui il suolo sia inizialmente molto umido (AMC di tipo III) o asciutto (AMC di tipo I). La valutazione della condizione AMC viene effettuata confrontando la precipitazione avvenuta nei cinque giorni precedenti con dei valori soglia specifici per la stagione vegetativa e di riposo, per cui si rimanda alla bibliografia. Questo documento tratta e descrive la determinazione del CN_{II} per l'intero territorio della Regione Sardegna.

Per riprodurre la mappa del CN_{II} a scala regionale sono state utilizzate le tabelle dell'USDA che associano a ciascuna tipologia di uso del suolo (ossia copertura vegetale e grado di antropizzazione) i valori del CN_{II} funzione anche dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità del substrato (tipi idrologici A-B-C-D). Nelle Tabelle 1-3 si riportano i valori caratteristici di taratura del CN_{II} proposti dall'USDA (1986, 2004), il cui valore si ottiene per incrocio delle caratteristiche di uso prevalente del suolo e delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo i 4 tipi idrologici A-B-C-D a permeabilità decrescente.

Valori CN_{II} nelle zone urbanizzate					
Tipo di uso del suolo	Copertura	A	B	C	D
spazi aperti (parchi, cimiteri, campo da golf, prato all'inglese)	manto erboso <50%	68	79	86	89
	manto erboso tra 50 e 75 %	49	69	79	84
	manto erboso >75%	39	61	74	80
aree impermeabili: parcheggi, tetti, autostrade etc.	-	98	98	98	98
strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	-	98	98	98	98
strade asfaltate	-	83	89	92	93
strade con letto in ghiaia	-	76	85	89	91
strade battute in terra	-	72	82	87	89
deserti naturali permeabili in aree urbane	-	63	77	85	88
deserti artificiali impermeabili in aree urbane	-	96	96	96	96
zone commerciali e di business	area impermeabile 85%	89	92	94	95
zone industriali	area impermeabile 72%	81	88	91	93
zone residenziali, lotti fino a 500 m ²	area impermeabile 65%	77	85	90	92
zone residenziali, lotti di 500-1000 m ²	area impermeabile 38%	61	75	83	87
zone residenziali, lotti di 1000-1500 m ²	area impermeabile 30%	57	72	81	86
zone residenziali, lotti di 1500-2000 m ²	area impermeabile 25%	54	70	80	85
zone residenziali, lotti di 2000-5000 m ²	area impermeabile 20%	51	68	79	84
zone residenziali, lotti di 5000-10000 m ²	area impermeabile 12%	46	65	77	82
zona di nuova espansione urbana	-	77	86	91	94

Tabella 1. Valori caratteristici di CN_{II} nelle zone urbanizzate (USDA, 1986, 2004).

In particolare, il tipo idrologico A è relativo a suoli ad elevata infiltrazione, con strati da sabbiosi (o di loess profondi) a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm), il tipo idrologico B è relativo a suoli con infiltrazione moderata, tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi. Il tipo idrologico C è relativo a suoli con infiltrazione lenta, tessitura fine, come le argille limose con deboli strati di limo sabbioso; infine, il tipo idrologico D comprende argille plastiche e compatte con infiltrazione molto lenta.

Valori CN _{II} nelle zone rurali						
Tipologia di coltivazione	Trattamento	Condizioni idrologiche cattive/buone	A	B	C	D
incolto, a maggese, a riposo	maggese nudo o arato a rittochino	-	77	86	91	94
	maggese residuo (almeno il 5%) (CR)	cattive	76	85	90	93
		buone	74	83	88	90
filari di coltivazione	filari di coltivazioni a rittochino (SR)	cattive	72	81	88	91
		buone	67	78	85	89
	SR + CR	cattive	71	80	87	90
		buone	64	75	82	85
	filari di coltivazioni per traverso (C)	cattive	70	79	84	88
		buone	65	75	82	86
	C+CR	cattive	69	78	83	87
		buone	64	74	81	85
	filari di coltivazioni per traverso e terrazzati (C&T)	cattive	66	74	80	82
		buone	62	71	78	81
	C&T + CR	cattive	65	73	79	81
		buone	61	70	77	80
cereali	cereali a rittochino (SR)	cattive	65	76	84	88
		buone	63	75	83	87
	SR+CR	cattive	64	75	83	86
		buone	60	72	80	84
	cereali per traverso (C)	cattive	63	74	82	85
		buone	61	73	81	84
	C+CR	cattive	62	73	81	84
		buone	60	72	80	83
	cereali per traverso e terrazzati (C&T)	cattive	61	72	79	82
		buone	59	70	78	81
	C&T + CR	cattive	60	71	78	81
		buone	58	69	77	80
leguminose a semi ravvicinati o diffusi o prato a rotazione	leguminose o prato a rotazione a rittochino (SR)	cattive	66	77	85	89
		buone	58	72	81	85
	leguminose o prato a rotazione per traverso (C)	cattive	64	75	83	85
		buone	55	69	78	83
	leguminose o prato a rotazione per traverso e terrazzamento (C&T)	cattive	63	73	80	83
		buone	51	67	76	80

Tabella 2. Valori caratteristici di CN_{II} nelle zone rurali (USDA, 1986, 2004).

Valori CN _{II} in altre zone rurali					
Zone umide					
Copertura vegetale	Condizioni idrologiche cattive/discrete/buone	A	B	C	D
pascolo, prati, o foraggio continuo o ad intervalli per pascolo	cattive	68	79	86	89
	discrete	49	69	79	84
	buone	39	61	74	80
prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	-	30	58	71	78
sterpaglia	cattive	48	67	77	83
	discrete	35	56	70	77
	buone	30	48	65	73
combinazione di bosco e prato (es. frutteto)	cattive	57	73	82	86
	discrete	43	65	76	82
	buone	32	58	72	79
bosco	cattive	45	66	77	83
	discrete	36	60	73	79
	buone	30	55	70	77
proprietà agricola-edifici, stradine, viottoli d'accesso e lotti circostanti	-	59	74	82	86
Zone aride e semiaride					
manto erboso, erba infestante	cattive	-	80	87	93
	discrete	-	71	81	89
	buone	-	62	74	85
macchia boschiva: quercia, pioppo, mogano, acero	cattive	-	66	74	79
	discrete	-	48	57	63
	buone	-	30	41	48
ginepro, pino e sottobosco	cattive	-	75	85	89
	discrete	-	58	73	80
	buone	-	41	61	71
macchia arbustiva	cattive	-	67	80	85
	discrete	-	51	63	70
	buone	-	35	47	55
arbusti desertici	cattive	63	77	85	88
	discrete	55	72	81	86
	buone	49	68	79	84

Tabella 3. Valori caratteristici di CN_{II} in altre zone rurali (USDA, 1986, 2004).



CODICE CORINE	TIPO DI COPERTURA	CLASSE DI UMIDITA' II			
		CN (A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	tessuto urbano continuo	89	92	94	95
112	tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92
121	area industriale o commerciale	81	88	91	93
122	rete stradale e ferroviaria e spazi accessori	98	98	98	98
123	area portuale	98	98	98	98
124	aeroporto	98	98	98	98
131	area estrattiva	72	82	87	89
132	discarica	81	88	91	93
133	cantiere	77	86	91	94
141	area verde urbana	39	61	74	80
142	area sportiva e ricreativa	39	61	74	80
211	seminativo in area non irrigua	72	81	88	91
221	vigneto	72	81	88	91
222	frutteto e frutti minori	62	71	78	81
223	oliveto	72	81	88	91
231	prato stabile	30	58	71	78
241	coltura annuale associata a coltura permanente	30	58	71	78
242	sistema culturale e particellare complesso	68	79	86	89
243	area occupata da colture agrarie con presenza di spazi naturali	45	66	77	83
244	area agroforestale	45	66	77	83
311	bosco di latifoglie	45	66	77	83
312	bosco di conifere	36	60	73	79
313	bosco misto	25	55	70	77
321	area a pascolo naturale e prateria d'alta quota	68	79	86	89
322	brughiere e cespuglieti	49	69	79	84
323	area a vegetazione sclerofilla	39	61	74	80
324	area a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	36	60	73	79
331	spiaggia, dune, letti sassosi dei corsi d'acqua a regime torrentizio	80	85	90	95
332	roccia nuda, falesia, rupe, affioramento	72	82	87	89
333	area con vegetazione rada	30	58	71	78
334	area percorsa da incendi	30	58	71	78
411	palude interna	100	100	100	100
421	palude salmastra	100	100	100	100
422	salina	100	100	100	100
511	corso d'acqua, canale, idrovia (largh. min. 100 m)	100	100	100	100
512	bacino d'acqua	100	100	100	100
521	laguna	100	100	100	100

APPENDICE C

Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)

Risultati Elaborazione Idrologica HEC-HMS

1) Simulazione Tr = 50 anni (*Sottobacino Impluvio INT.P7*)

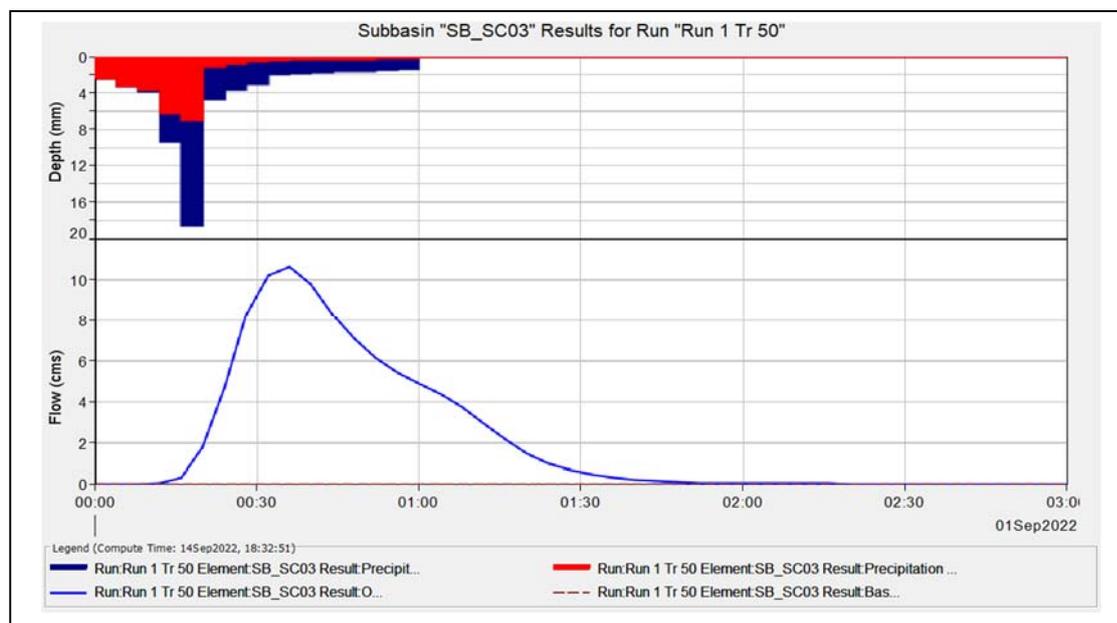


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 50 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
1-Sep-22	0:00				0	0	0
1-Sep-22	0:04	2.47	2.47	0	0	0	0
1-Sep-22	0:08	3.28	3.28	0	0	0	0
1-Sep-22	0:12	3.87	3.61	0.27	0	0	0
1-Sep-22	0:16	9.37	6.2	3.17	0.3	0	0.3
1-Sep-22	0:20	18.65	6.92	11.73	1.8	0	1.8
1-Sep-22	0:24	4.73	1.16	3.57	4.7	0	4.7
1-Sep-22	0:28	3.68	0.8	2.89	8.3	0	8.3
1-Sep-22	0:32	2.98	0.59	2.4	10.3	0	10.3
1-Sep-22	0:36	2.02	0.37	1.65	10.6	0	10.6
1-Sep-22	0:40	1.88	0.33	1.55	9.8	0	9.8
1-Sep-22	0:44	1.76	0.29	1.46	8.3	0	8.3
1-Sep-22	0:48	1.65	0.27	1.39	7.1	0	7.1
1-Sep-22	0:52	1.57	0.24	1.33	6.2	0	6.2
1-Sep-22	0:56	1.49	0.22	1.27	5.4	0	5.4
1-Sep-22	1:00	1.42	0.2	1.22	4.9	0	4.9
1-Sep-22	1:04	0	0	0	4.4	0	4.4
1-Sep-22	1:08	0	0	0	3.7	0	3.7
1-Sep-22	1:12	0	0	0	3	0	3
1-Sep-22	1:16	0	0	0	2.2	0	2.2
1-Sep-22	1:20	0	0	0	1.5	0	1.5
1-Sep-22	1:24	0	0	0	1	0	1
1-Sep-22	1:28	0	0	0	0.6	0	0.6

1-Sep-22	1:32	0	0	0	0.4	0	0.4
1-Sep-22	1:36	0	0	0	0.3	0	0.3
1-Sep-22	1:40	0	0	0	0.2	0	0.2
1-Sep-22	1:44	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:48	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:52	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	1:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:00	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:04	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:08	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:12	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:16	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:20	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:24	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:28	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:32	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:36	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:40	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:44	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:48	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:52	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 50 anni

2) Simulazione Tr = 100 anni (Sottobacino Impluvio INT.P7)

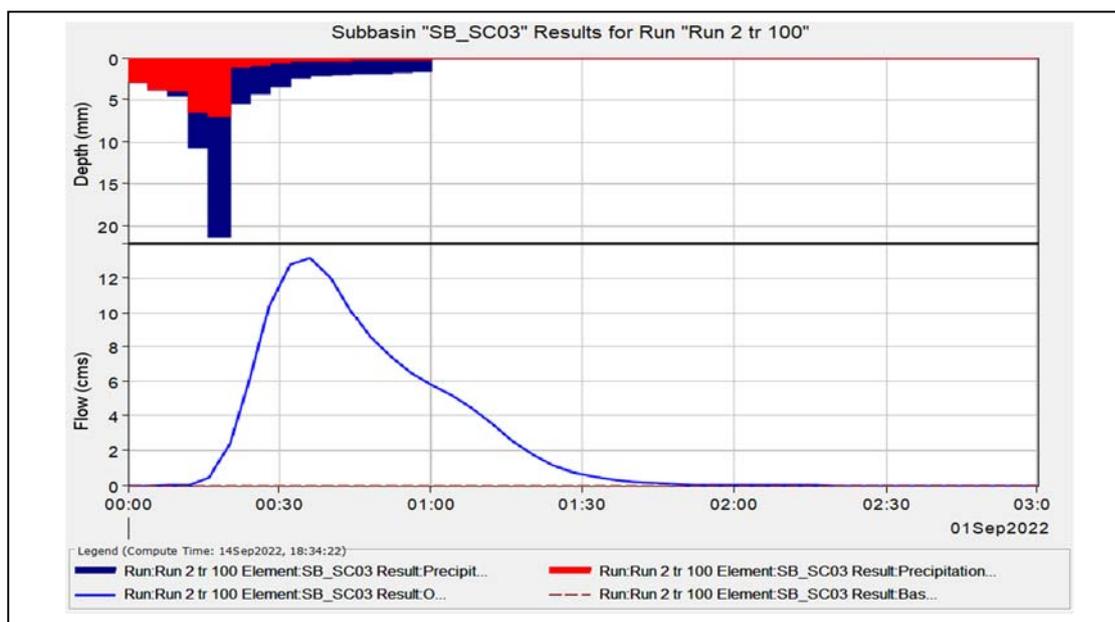


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 100 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
1-Sep-22	0:00				0	0	0
1-Sep-22	0:04	2.83	2.83	0	0	0	0
1-Sep-22	0:08	3.75	3.75	0	0	0	0
1-Sep-22	0:12	4.43	3.89	0.54	0	0	0
1-Sep-22	0:16	10.72	6.43	4.28	0.4	0	0.4
1-Sep-22	0:20	21.33	6.87	14.45	2.4	0	2.4
1-Sep-22	0:24	5.41	1.12	4.29	6.1	0	6.1
1-Sep-22	0:28	4.21	0.76	3.45	10.4	0	10.4
1-Sep-22	0:32	3.41	0.56	2.85	12.8	0	12.8
1-Sep-22	0:36	2.31	0.35	1.95	13.1	0	13.1
1-Sep-22	0:40	2.15	0.31	1.83	12	0	12
1-Sep-22	0:44	2.01	0.28	1.73	10.1	0	10.1
1-Sep-22	0:48	1.89	0.25	1.64	8.6	0	8.6
1-Sep-22	0:52	1.79	0.23	1.56	7.4	0	7.4
1-Sep-22	0:56	1.7	0.21	1.49	6.5	0	6.5
1-Sep-22	1:00	1.62	0.19	1.43	5.8	0	5.8
1-Sep-22	1:04	0	0	0	5.2	0	5.2
1-Sep-22	1:08	0	0	0	4.4	0	4.4
1-Sep-22	1:12	0	0	0	3.5	0	3.5
1-Sep-22	1:16	0	0	0	2.6	0	2.6
1-Sep-22	1:20	0	0	0	1.8	0	1.8
1-Sep-22	1:24	0	0	0	1.1	0	1.1
1-Sep-22	1:28	0	0	0	0.8	0	0.8

1-Sep-22	1:32	0	0	0	0.5	0	0.5
1-Sep-22	1:36	0	0	0	0.3	0	0.3
1-Sep-22	1:40	0	0	0	0.2	0	0.2
1-Sep-22	1:44	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:48	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:52	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:00	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:04	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:08	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:12	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:16	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:20	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:24	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:28	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:32	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:36	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:40	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:44	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:48	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:52	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 100 anni

3) Simulazione Tr = 200 anni (Sottobacino Impluvio INT.P7)

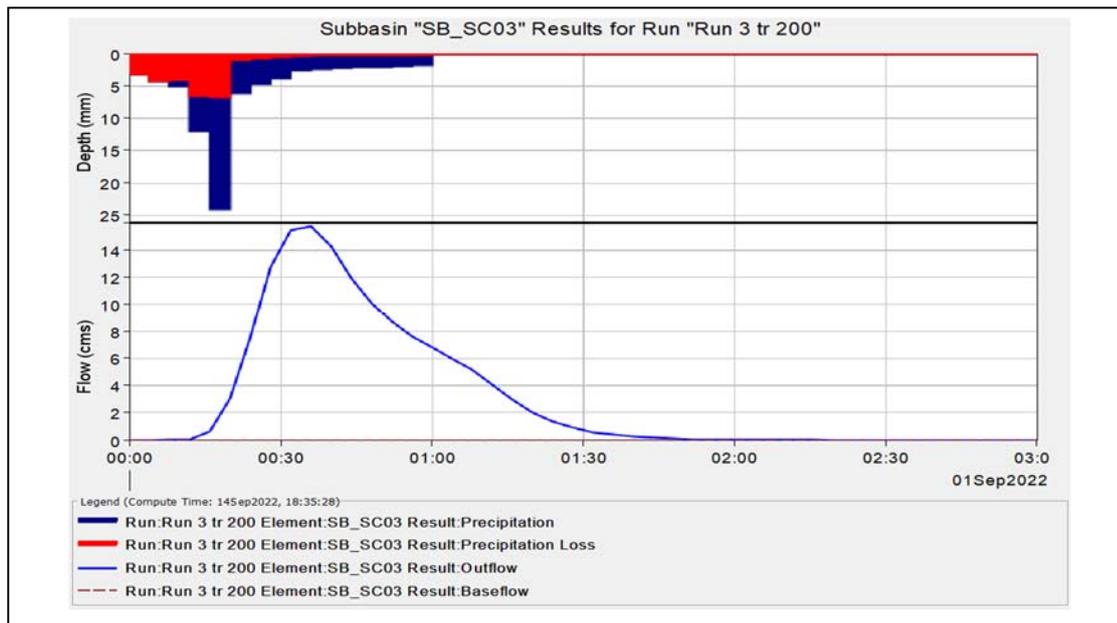


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 200 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
1-Sep-22	0:00				0	0	0
1-Sep-22	0:04	3.18	3.18	0	0	0	0
1-Sep-22	0:08	4.23	4.2	0.02	0	0	0
1-Sep-22	0:12	4.99	4.12	0.87	0.1	0	0.1
1-Sep-22	0:16	12.06	6.61	5.46	0.6	0	0.6
1-Sep-22	0:20	24.02	6.79	17.22	3	0	3
1-Sep-22	0:24	6.09	1.08	5.01	7.5	0	7.5
1-Sep-22	0:28	4.74	0.73	4.01	12.7	0	12.7
1-Sep-22	0:32	3.84	0.54	3.3	15.4	0	15.4
1-Sep-22	0:36	2.6	0.34	2.26	15.7	0	15.7
1-Sep-22	0:40	2.42	0.3	2.12	14.2	0	14.2
1-Sep-22	0:44	2.26	0.27	2	11.9	0	11.9
1-Sep-22	0:48	2.13	0.24	1.89	10.1	0	10.1
1-Sep-22	0:52	2.02	0.22	1.8	8.7	0	8.7
1-Sep-22	0:56	1.92	0.2	1.72	7.6	0	7.6
1-Sep-22	1:00	1.83	0.18	1.65	6.8	0	6.8
1-Sep-22	1:04	0	0	0	6	0	6
1-Sep-22	1:08	0	0	0	5.2	0	5.2
1-Sep-22	1:12	0	0	0	4.1	0	4.1
1-Sep-22	1:16	0	0	0	3	0	3
1-Sep-22	1:20	0	0	0	2	0	2
1-Sep-22	1:24	0	0	0	1.3	0	1.3
1-Sep-22	1:28	0	0	0	0.9	0	0.9

1-Sep-22	1:32	0	0	0	0.6	0	0.6
1-Sep-22	1:36	0	0	0	0.4	0	0.4
1-Sep-22	1:40	0	0	0	0.2	0	0.2
1-Sep-22	1:44	0	0	0	0.2	0	0.2
1-Sep-22	1:48	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:52	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:00	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:04	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:08	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:12	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:16	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:20	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:24	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:28	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:32	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:36	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:40	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:44	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:48	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:52	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 200 anni

4) Simulazione Tr = 300 anni (Sottobacino Impluvio INT.P7)

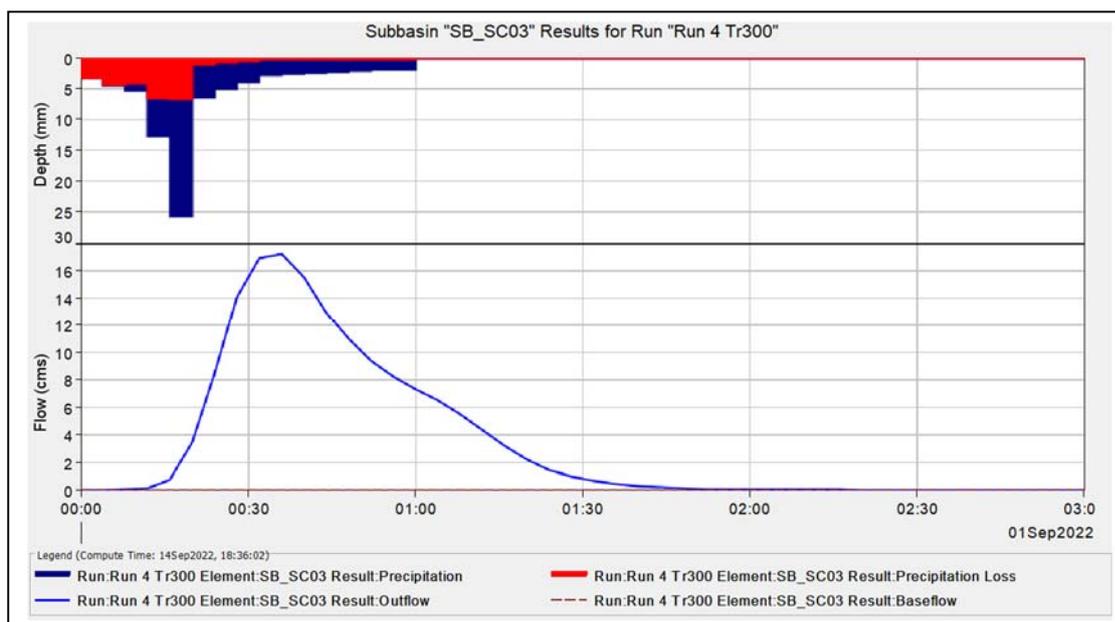


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 300 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
1-Sep-22	0:00				0	0	0
1-Sep-22	0:04	3.39	3.39	0	0	0	0
1-Sep-22	0:08	4.5	4.45	0.05	0	0	0
1-Sep-22	0:12	5.32	4.24	1.08	0.1	0	0.1
1-Sep-22	0:16	12.85	6.68	6.17	0.7	0	0.7
1-Sep-22	0:20	25.58	6.73	18.86	3.4	0	3.4
1-Sep-22	0:24	6.49	1.06	5.43	8.4	0	8.4
1-Sep-22	0:28	5.05	0.72	4.34	14.1	0	14.1
1-Sep-22	0:32	4.09	0.52	3.57	17	0	17
1-Sep-22	0:36	2.77	0.33	2.44	17.2	0	17.2
1-Sep-22	0:40	2.57	0.29	2.28	15.6	0	15.6
1-Sep-22	0:44	2.41	0.26	2.15	13	0	13
1-Sep-22	0:48	2.27	0.23	2.04	11	0	11
1-Sep-22	0:52	2.15	0.21	1.94	9.4	0	9.4
1-Sep-22	0:56	2.04	0.19	1.85	8.2	0	8.2
1-Sep-22	1:00	1.95	0.18	1.77	7.3	0	7.3
1-Sep-22	1:04	0	0	0	6.5	0	6.5
1-Sep-22	1:08	0	0	0	5.6	0	5.6
1-Sep-22	1:12	0	0	0	4.4	0	4.4
1-Sep-22	1:16	0	0	0	3.2	0	3.2
1-Sep-22	1:20	0	0	0	2.2	0	2.2
1-Sep-22	1:24	0	0	0	1.4	0	1.4
1-Sep-22	1:28	0	0	0	1	0	1

1-Sep-22	1:32	0	0	0	0.6	0	0.6
1-Sep-22	1:36	0	0	0	0.4	0	0.4
1-Sep-22	1:40	0	0	0	0.3	0	0.3
1-Sep-22	1:44	0	0	0	0.2	0	0.2
1-Sep-22	1:48	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:52	0	0	0	0.1	0	0.1
1-Sep-22	1:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:00	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:04	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:08	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:12	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:16	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:20	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:24	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:28	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:32	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:36	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:40	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:44	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:48	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:52	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	2:56	0	0	0	0	0	0
1-Sep-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 300 anni

APPENDICE D

Prove di Permeabilità

PROVE PERMEABILITA <i>(pozzetto superficiale)</i>		Id: CS_01
Oggetto: <i>Indagini Geognostiche Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica per una potenza complessiva di 49,0 MW denominato "Castellana Sicula".</i>		
Committente: Asja Ambiente Italia	DATI TECNICI	
Sito: località Cozzo Bagianello	Profondità foro (H _f):	40 cm
Lat: 37° 44' 14" N; Long: 13° 59' 00" E;	Diametro tratto prova (D):	15 cm
	Livello acqua da fondo filtrante (H _w):	35cm
Data esecuzione prove: 07/10/2022		
Tipologia di Prova: Pozzetto Superficiale		
Saturazione: Si		

Tempo (minuti)	Abbassamento (cm)
0.0	---
30.0	21.9
60.0	15.3
90.0	12.1
120.0	11.0
150.0	10.1
180.0	9.9



PROVE PERMEABILITA

(pozzetto superficiale)

Id:

CS_03

Oggetto: Indagini Geognostiche Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica per una potenza complessiva di 49,0 MW denominato "Castellana Sicula". Progetto Definitivo

Committente: Asja Ambiente Italia

DATI TECNICI

Sito: località Cozzo Bagianello

Profondità foro (H_f): 40 cm

Lat: 37° 43' 56" N; **Long:** 13° 59' 58" E;

Diametro tratto prova (D): 15 cm

Livello acqua da fondo filtrante (H_w): 35cm

Data esecuzione prove: 07/10/2022

Tipologia di Prova: Pozzetto Superficiale

Saturazione: Si

Tempo (minuti)	Abbassamento (cm)
0.0	---
30.0	19.9
60.0	15.9
90.0	13.1
120.0	10.9
150.0	10.0
180.0	9.7



PROVE PERMEABILITA

(pozzetto superficiale)

Id:

CS_06

Oggetto: Indagini Geognostiche Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica per una potenza complessiva di 49,0 MW denominato "Castellana Sicula". Progetto Definitivo

Committente: Asja Ambiente Italia

DATI TECNICI

Sito: località Cozzo Bagianello

Profondità foro (H_f):

40 cm

Lat: 37° 43' 03" N; **Long:** 14° 00' 24" E;

Diametro tratto prova (D):

15 cm

Livello acqua da fondo filtrante (H_w):

35cm

Data esecuzione prove: 07/10/2022

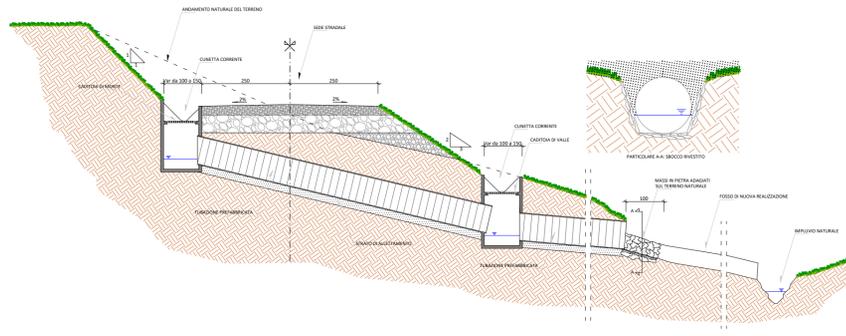
Tipologia di Prova: Pozzetto Superficiale

Saturazione: Si

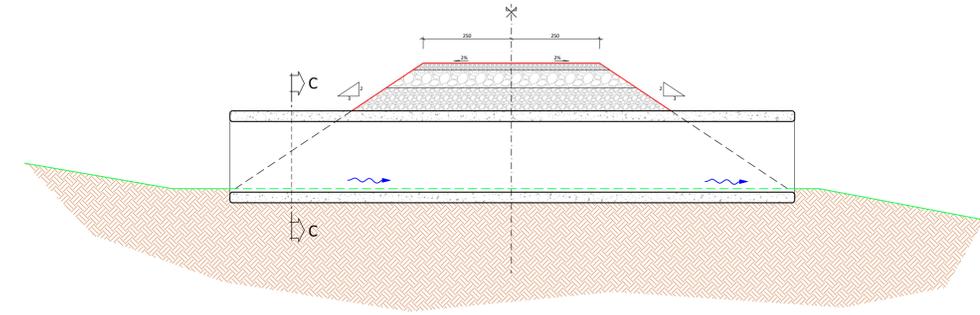
Tempo (minuti)	Abbassamento (cm)
0.0	---
30.0	21.6
60.0	13.9
90.0	10.9
120.0	10.0
150.0	9.3
180.0	9.1



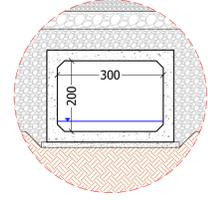
Sezione tipo A
Attraversamento idraulico con tubazione prefabbricata
scala 1:100



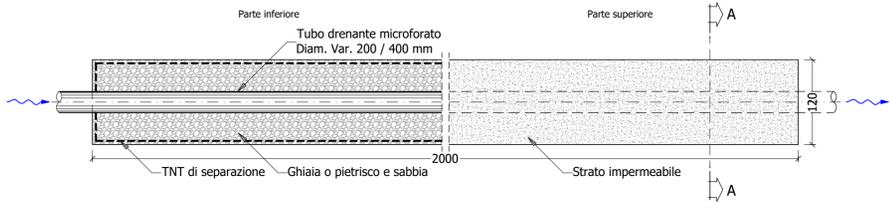
Sezione tipo B
Attraversamento idraulico con tombino scatolare
scala 1:100



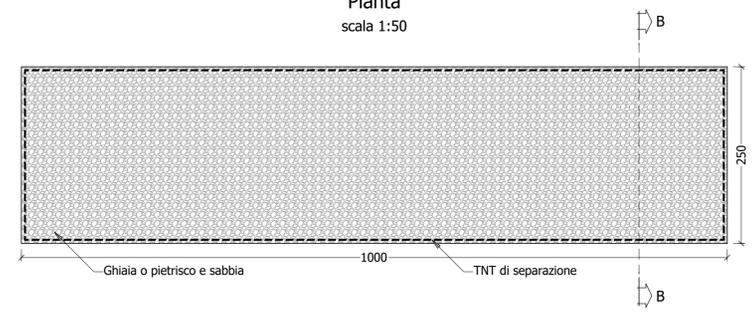
Sezione C-C
scala 1:100



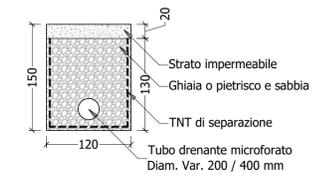
Trincea drenante
Pianta
scala 1:50



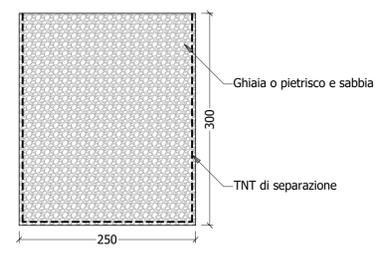
Setto drenante
Pianta
scala 1:50



Trincea drenante
Sezione trasversale A-A
scala 1:50



Setto drenante
Sezione trasversale B-B
scala 1:50



NOTE:

- Nel presente elaborato sono indicati i tipici delle opere idrauliche, per la loro ubicazione fare riferimento agli elaborati delle piazzole: CS01, CS02, CS03, CS04, CS05, CS06 e CS07.
- L'attraversamento idraulico con tombino scatolare è riportato in dettaglio negli elaborati della piazzola CS03.
- Il presente elaborato è da intendersi un tipico. Pertanto, le dimensioni ed i materiali presenti sono meramente indicativi e saranno oggetto di dettaglio.
- Le quote presenti sono espresse in cm.

Regione: Sicilia
Provincia: Palermo
Comune: Castellana Sicula - Polizzi Generosa
Località: Cozzo Bagianello

Castellana Sicula
Progetto Definitivo

Titolo: **Tipico opere idrauliche**

CODICE ELABORATO GRAFICO

IT / EOL / E-CASI / PDF / C / TP / 010 - a

Visti / Timbri:

Note:

REVISIONI				
Data	Rev.	Descrizione revisioni	Elaborato:	Approvato:
15/09/2022	a	Prima emissione	Serdea srl	Ajsa Ambiente Italia SpA Serdea srl

asja | Castellana Polizzi

SERDEA SRL
I - 24129 - Bergamo (BG) Via Monte Bastia, 3
T +39 035 52 95 593
email: info@serdea.it

Ajsa Castellana Polizzi s.r.l.
I - 10098 - Rivoli (To) Via Ivrea, 70
T +39 011 95 79 211
F +39 011 95 79 245