

Forearth S.r.l.

Impianto agro-fotovoltaico "Aquila-Duccotto" da 51,03 MWp con sistema di accumulo di 20 MW ed opere connesse.

Comuni di Monreale (PA) e Piana degli Albanesi (PA)

Progetto Definitivo

ALL. C.07b - Relazione Idrologica/Idraulica relativa alle Opere di Utenza e Sistema di Accumulo



Professionisti incaricati:

Ing. Daniele Cavallo Ordine Ingegneri Provincia di Brindisi n. 1220

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

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

Rev. 0 - Agosto 2022

Indice

1.	PREMESSA.....	3
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3.	VALUTAZIONE VOLUMI E TRATTAMENTO ACQUE PRIMA PIOGGIA.....	5
3.1	Cenni sulla normativa di riferimento.....	5
3.2	Calcolo dei volumi delle acque di prima pioggia	6
3.3	Trattamento acque di prima pioggia	7
3.4	Smaltimento acque di prima pioggia.....	8
3.5	Sistema smaltimento delle acque reflue domestiche	8
4.	STUDIO IDROLOGICO DEL CORPO IDRICO RECETTORE.....	9
4.1	Cenni sulle caratteristiche idrografiche e morfologiche dell'area	9
4.2	Metodologia dell'analisi idrologica	9
4.3	Stima del Tempo di corrivazione (t_c)	10
4.4	Stima del flusso idrico globale.....	12
4.5	Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso	20
4.6	Stima delle Portate di Massima Piena.....	26
5.	STUDIO IDRAULICO DEL CORPO IDRICO RECETTORE	27
5.1	Metodologia di Analisi	27
5.2	Risultati delle simulazioni	29
6.	CONCLUSIONI	34

1. PREMESSA

La società Forearth S.r.l. intende realizzare nel comune di Monreale (PA), in località Contrada Aquila e Contrada Ducotto, un impianto per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica ad inseguimento monoassiale con accumulo combinato con l'attività di coltivazione agricola. L'impianto ha una potenza complessiva installata di 51.030 kWp e 20.000 MW (24.000 kVA) di accumulo e l'energia prodotta sarà interamente immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Le opere progettuali dell'impianto agro-fotovoltaico sono interamente ubicate nel territorio del Comune di Monreale (PA), ad esclusione dell'ultimo tratto dei raccordi linea a 220 kV ricadente nel Comune di Piana degli Albanesi. Le opere progettuali si possono così sintetizzare:

1. Impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale, della potenza complessiva installata di 51.030 kWp;
2. dorsali di collegamento interrate a 36 kV per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto verso la cabina 36 kV "Cabina Utente" di interfaccia con la sezione 36 kV della futura stazione RTN 220/36 kV;
3. Sistema di accumulo (SdA) avente una potenza nominale di 20000 kW (24000 kVA);
4. Cabina Utente 36 kV che connette le dorsali del parco fotovoltaico e l'impianto di accumulo alla sezione 36 kV nell'Ampliamento della stazione RTN ("Opere di Utenza").
5. Elettrodotta in cavo interrato a 36 kV per il collegamento alla stallo produttore nella sezione 36kV della stazione elettrica "SE" RTN ("Opere di Utenza");
6. Opere RTN progettate dalla Società Tre Rinnovabili s.r.l. nell'ambito del progetto eolico "Guisina" da 29,9 MW in quanto Capofila per Terna, costituite da:
 - Nuova stazione RTN di smistamento a 220 kV in doppia sbarra "Monreale 3", inclusiva dello stallo di arrivo produttore della Società Tre Rinnovabili s.r.l.,
 - Nuovi raccordi linea a 220 kV della RTN, necessari per il collegamento in entrata-esce della nuova stazione RTN "Monreale 3" alla linea esistente a 220 kV della RTN "Partinico-Ciminna". I raccordi linea hanno una lunghezza di circa 4 km ciascuno e ricadono in parte nel Comune di Monreale (PA) e parzialmente nel Comune di Piana degli Albanesi (PA).
7. Ampliamento della nuova stazione elettrica 220 kV RTN "Monreale 3" ("Ampliamento SE RTN"), in adiacenza a quest'ultima, con la realizzazione di:

- Estensione della sezione 220kV con nuovi stalli per alimentazione trasformatori 230/36 kV;
- Inserimento n. 3 Trasformatori 230/36 kV;
- Inserimento nuova sezione 36 kV con stallo/i arrivo produttore.

La presente Relazione espone i risultati di uno studio idrologico ed idraulico realizzato con specifico riferimento alle opere di cui ai precedenti punti (3) e (4) ovvero le opere connesse alla realizzazione del Sistema di Accumulo e delle Opere di Utenza a 36 kV.

Per tale area è infatti prevista l'installazione di n.1 impianto per il trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia (raccolte dalle aree pavimentate interne) prima che queste vengano immesse nella rete idrografica naturale o nel suolo, allo scopo di ridurre l'impatto ambientale delle stesse.

Lo studio è stato articolato in 3 parti come di seguito indicato:

- PARTE I: Analisi idraulica riguardante la valutazione ed il trattamento delle *acque di prima pioggia* provenienti dalle aree pavimentate;
- PARTE II: Analisi idrografica ed idrologica dell'area, al fine di individuare il sistema di smaltimento delle acque di prima pioggia chiarificate più idoneo, ovvero corpo idrico superficiale, suolo o primo sottosuolo e le relative modalità di smaltimento.
- PARTE III: Analisi idraulica riguardante la valutazione dell'incidenza degli scarichi delle acque di prima pioggia sul corpo idrico recettore.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le opere oggetto di studio ricadono interamente all'interno del territorio comunale di Monreale (PA), in località *C.da Aquila e C.da Duccotto*, e distano, all'incirca 10 Km rispettivamente a nord e a sud dai centri abitati di Corleone (PA) e Piana degli Albanesi (Tav. 01). Dal punto di vista cartografico le opere in progetto ricadono nella porzione nord-orientale della tavoletta I.G.M.I, in scala 1:25.000, denominata "*Rocche di Rao*" (Fog. 258, Quadr. I, Orient. S.O.), mentre in riferimento alla cartografia C.T.R., in scala 1:10.000, l'areale ricade nella porzione meridionale delle tavola 607080 "La Montagnola".

3. VALUTAZIONE VOLUMI E TRATTAMENTO ACQUE PRIMA PIOGGIA

3.1 Cenni sulla normativa di riferimento

La Normativa italiana in materia di tutela delle acque non definisce in modo univoco le acque di dilavamento di superfici stradali o comunque impermeabili e, in generale, possibili fonti di inquinamento. IL D. Lgs. n.152 del 3 aprile 2006 "Codice dell'Ambiente" nella Parte terza, (Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche) precisa tuttavia che *"le acque meteoriche restituite al reticolo idrografico devono rispettare determinati limiti qualitativi e comunque non devono determinare situazioni tali da peggiorare la qualità dei corpi idrici recettori"*; in particolare per talune attività, come nel caso di piazzali di attività produttive, è espressamente richiesto dalla Normativa il rispetto della Tabella 3 – All. 5 Parte III D.L. 152/06 relativamente allo scarico in acque superficiali e della Tabella 4 se lo scarico è sul suolo. Nello specifico l'Art.113 "Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia" del D.L. 152/06 stabilisce che:

1. *Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, disciplinano e attuano:*

a) *le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*

b) *i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.*

2. *Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma precedente non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.*

3. *Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari ipotesi nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento dalle superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*

4. *È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.*

Spetta quindi alle singole Regioni il compito di disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne siano canalizzate ed opportunamente trattate e la definizione stessa dei parametri tecnici per la valutazione e quantificazione delle acque di prima pioggia.

Poiché, allo stato attuale, la Regione Sicilia non risulta avere ancora emanato una specifica *Direttiva* concernente le acque di prima pioggia, tenuto conto che comunque la Società prevede di dotare tutti gli impianti previsti in progetto di un sistema di raccolta, trattamento e smaltimento di tali acque, è stato fatto riferimento a regolamenti già emanati da altre regioni italiane nello specifico:

- Regione Lazio: PTAR con D.C.R. n. 42 del 27/09/07, aggiornato con D.G.R. n. 819 del 28/12/2016
- Regione Emilia-Romagna - Delib. n.2184 27-12-2007 – Delibera 1860/2006 – Delibera 286/2005
- Regione Lombardia: Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne. Regolamento Regionale 24 marzo 2006, N. 4
- Regione Puglia: Regolamento Regionale n.26 del 09-12-2013 “Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia”.

Nei regolamenti consultati risulta una notevole uniformità riguardo alla definizione di “acque di prima pioggia”, ossia: *sono da intendersi come acque meteoriche di prima pioggia le acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio, ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti con un coefficiente di afflusso pari a 1.*

3.2 Calcolo dei volumi delle acque di prima pioggia

Con riferimento alla definizione sopra riportata, conosciuta la superficie scolante totale dell'infrastruttura (dove per superficie scolante si intende l'insieme di strade, piazzali, aree di carico e scarico e di ogni altra superficie scoperta resa impermeabile) è possibile calcolare il volume totale delle acque di prima pioggia da trattare.

In relazione alle aree in esame, i dati di progetto, per l'area della SdA e delle Opere di Utenza (vedi Tavola di Progetto allegata in calce), indicano:

Superficie totale interna scolante di 3482 m² di cui:

- 2500 m² per aree interne pavimentate; acque raccolte ed avviate al trattamento.
- 982 m² per copertura e marciapiedi edifici; acque raccolte ed avviate al trattamento.

Pertanto il volume totale di acque da trattare risulta $V = 17,41 \text{ m}^3$ ($5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 3482 \text{ m}^2$).

Tale volume verrà preventivamente trattato dal sistema di chiarificazione e poi smaltito, nell'arco di 48 ore, successivamente all'evento meteorologico, con una portata media, che pertanto risulta:

$$Q = 17,41/48 = 0.363 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ ossia pari a:}$$

$$Q = 1.01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (0,101 litri/s)}.$$

3.3 Trattamento acque di prima pioggia

In relazione ai volumi calcolati ed alla tipologia di inquinanti potenziali previsti (essenzialmente polveri, oli minerali e residui di erosione di superfici di rivestimento quali materiali plastici, vernici ecc., il tutto in quantità estremamente ridotte) per il trattamento delle acque di prima pioggia verrà utilizzato un impianto modulare che, nella sua forma completa, oltre ad una vasca di raccolta delle acque di prima pioggia, prevede l'uso di un disoleatore esterno (dettagli vedi tavola di progetto allegata).

In tali sistemi le acque di prima pioggia provenienti dalle superfici scolanti, opportunamente raccolte da un sistema di canalette interne alle aree di impianto, verranno convogliate in un pozzetto scolmatore; questo manufatto separerà fisicamente le acque di prima pioggia, potenzialmente inquinate, da quelle di seconda pioggia, pulite e non contaminate e quindi pronte per essere convogliate direttamente al recettore finale.

Le acque di prima pioggia provenienti dallo scolmatore vengono quindi accumulate temporaneamente in una vasca prefabbricata, dove avviene la sedimentazione delle sabbie e dei residui pesanti in generale; la separazione delle acque di prima e di seconda pioggia viene garantita da una valvola antiriflusso a galleggiante in acciaio inox installata all'ingresso della vasca di accumulo. Successivamente, normalmente dopo 48-72 ore, per mezzo di una elettropompa sommersa a portata costante, le acque vengono avviate al disoleatore per separazione dei liquidi leggeri e infine, se con caratteristiche conformi ai limiti di legge, verranno avviate per lo smaltimento, direttamente al recettore finale (corso d'acqua, suolo o primo sottosuolo). A valle del

sistema verrà installato un pozzetto di dimensioni idonee per i prelievi di campioni delle acque trattate.

Le acque chiarificate, se con caratteristiche conformi ai limiti di legge, verranno avviate allo smaltimento.

3.4 Smaltimento acque di prima pioggia

Per quanto riguarda la tipologia di smaltimento delle acque trattate, i regolamenti regionali consultati indicano come possibile:

- scarico in corpi idrici superficiali (corsi d'acqua anche episodici, bacini idrici, etc).
- scarico sul suolo
- scarico negli strati superficiali del sottosuolo

Il regolamento della Regione Emilia Romagna, indica come preferibili le ultime 2 soluzioni (ovviamente nell'eventualità di terreni permeabili idonei) mentre il regolamento della Regione Puglia indica come preferibile lo scarico in bacini idrici, altri regolamenti (Lazio e Lombardia) non evidenziano preferenze.

Nel presente progetto considerati i volumi da trattare, assolutamente irrisori, nonché la tipologia del terreno di substrato a scarsa permeabilità è stata preferita la prima tipologia di scarico, ovvero lo scarico su corpo idrico superficiale, ovvero un corso d'acqua episodico (impluvio Duccotto) posizionato circa 150 metri ad est delle aree di progetto (Tavv. 03 e 04).

3.5 Sistema smaltimento delle acque reflue domestiche

Per quanto riguarda, infine, le acque reflue di natura domestica provenienti da eventuali w.c. presenti nell'edificio della stazione di trasformazione, così come per le acque di pulizia dei locali, data la modesta quantità legata all'uso occasionale, si precisa che il refluo chiarificato, preventivamente trattato con fossa Imhoff, verrà accumulato in una vasca interrata a tenuta stagna realizzata in prefabbricato in c.a. (o in vetroresina) e gestito unitamente ai rifiuti speciali di trattamento delle acque di prima pioggia, e pertanto, non si produrrà alcuno scarico diretto, né in superficie né in sottosuolo di acque reflue di natura domestica.

4. STUDIO IDROLOGICO DEL CORPO IDRICO RECETTORE

In questa seconda parte verrà effettuato uno studio idrologico del corpo idrico recettore individuato in precedenza, al fine di ottenere una valutazione sul suo regime idrologico.

4.1 Cenni sulle caratteristiche idrografiche e morfologiche dell'area

Dal punto di vista idrografico, con riferimento alla C.T.R. 2012-2013, il corso d'acqua individuato rappresenta un impluvio di ordine 1 (secondo la metodologia di Horton-Strahler), ossia un ramo di testa, del *Fiume Belice Sinistro*, il quale fiume, con uno sviluppo dell'asta principale di oltre 57 km e con un bacino idrografico di circa 407 km² rappresenta, unitamente al Belice Destro, il principale affluente del Fiume Belice.

Il Fiume Belice, come tutti i corsi d'acqua siciliani nei rami di testa presenta sempre un carattere spiccatamente torrentizio con prolungati periodi completamente asciutti alternati a brevissimi periodi di piena a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi e/o prolungati, con i maggiori volumi di deflusso concentrati nel semestre Novembre-Aprile; il sottobacino idrografico sotteso dall'impluvio recettore ricade proprio in corrispondenza della linea di spartiacque principale tra il Belice Sinistro e il Belice Destro (Tav.02).

Poiché l'impluvio recettore non risulta indicato nelle Mappe Catastali e non presenta una denominazione specifica nella cartografia consultata (C.T.R. 10.000 e I.G.M. 25.000), per chiarezza di esposizione da ora in poi verrà identificato come "*Impluvio Duccotto*" dal nome della contrada.

Dal punto di vista morfologico l'area presenta caratteristiche tipicamente alto collinari con quote mediamente comprese tra i 500 ed i 600 metri s.l.m. e pendenze prevalentemente comprese tra il 10% ed il 20%, con ampie aree a pendenze più elevate e rare aree sub-pianeggianti.

4.2 Metodologia dell'analisi idrologica

Il limite del sottobacino idrografico sotteso dall'impluvio recettore è stato definito in relazione ad una sezione di chiusura, posizionata circa 400 metri a valle del punto di scarico, (Tav.03). Scopo dell'analisi idrologica è stato quello di determinare la portata di massima piena da utilizzare per la successiva valutazione idraulica.

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, tale analisi morfometrica preliminare è stata 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 viene riportato il risultato dell'analisi, per il sottobacino di interesse sia in termini di caratteristiche morfometriche, sia di stima finale del tempo di corrivazione.

- *Sottobacino Impluvio Duccotto*

ANALISI MORFOMETRICA		
superficie totale bacino	1.283	Km ²
altezza massima bacino	678.1	metri (s.l.m.)
altezza media bacino	607.6	metri (s.l.m.)
lunghezza asta principale	2.080	km
quota sezione di chiusura	556.8	metri (s.l.m.)
pendenza media asta principale	4.84	%
pendenza media bacino	13.04	%
curve number	80.2	---

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

	Tempo di corrivazione t_c (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	1.342		esclusa
Formula Viparelli	0.578	$V = 1,0 \text{ m/s}$	
Formula Ventura	0.655		
Formula Pasini	0.681		
Formula Aronica e Paltrinieri	1.528	$M = 0.250; d = 0.810$	esclusa
Formula Pezzoli	0.520		
Formula di Kirpich	0.348		
Formula SCS	0.677	$CN = 80.2$	
Formula Turazza	1.229		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra esposti, escludendo dal calcolo le formule che portavano a velocità medie del deflusso irrealisticamente basse, pertanto risulta:

$t_c = 0.577 \text{ ore}$ (pari a 34.59 minuti).

4.4 Stima del flusso idrico globale

La portata di massima piena relativa ad un determinato areale, 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, ovviamente, rientra nel secondo caso.

- Metodo TCEV Sicilia

Volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna innanzitutto 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 ed 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 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 (Figg. 1 e 2).

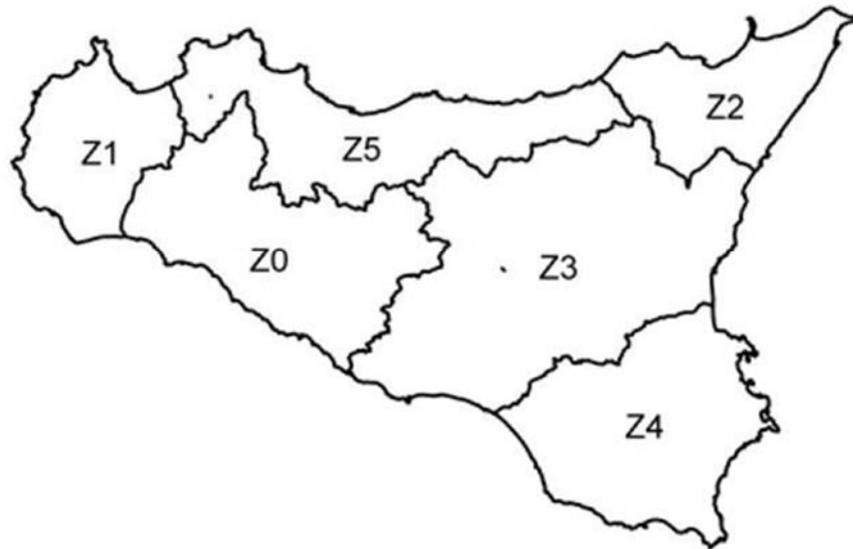


Fig. 1: Iniziale suddivisione in sei sottozone pluviometriche omogenee (Lo conti et al.2007)

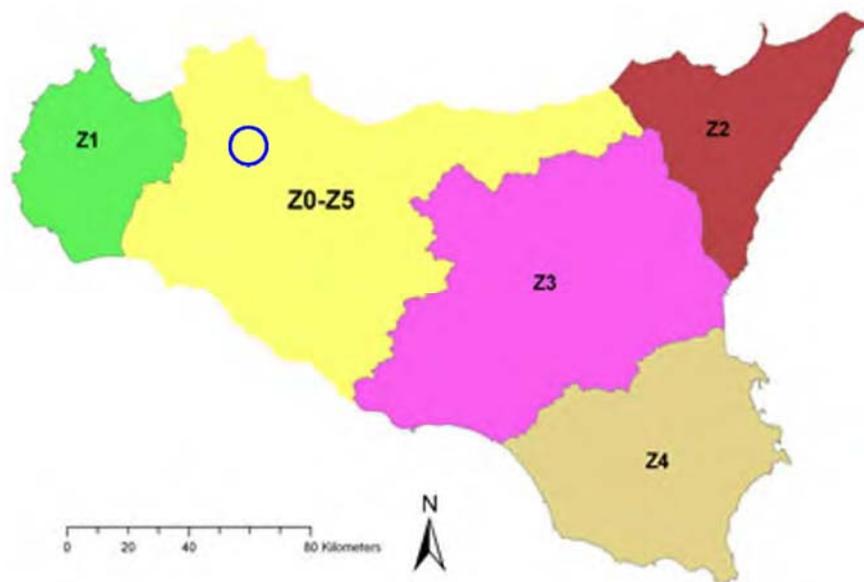


Fig. 2: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

A ciascuna sottozona è stato attribuito un valore costante del parametro Λ_1 (parametro della TCEV che 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 , denominata *fattore di crescita*, misura la variabilità degli eventi estremi alle diverse frequenze T (tempi di ritorno) ed 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 di regressione del tipo:

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

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti **a** ed **n** sono tabellati. Per i bacini idrografici 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.

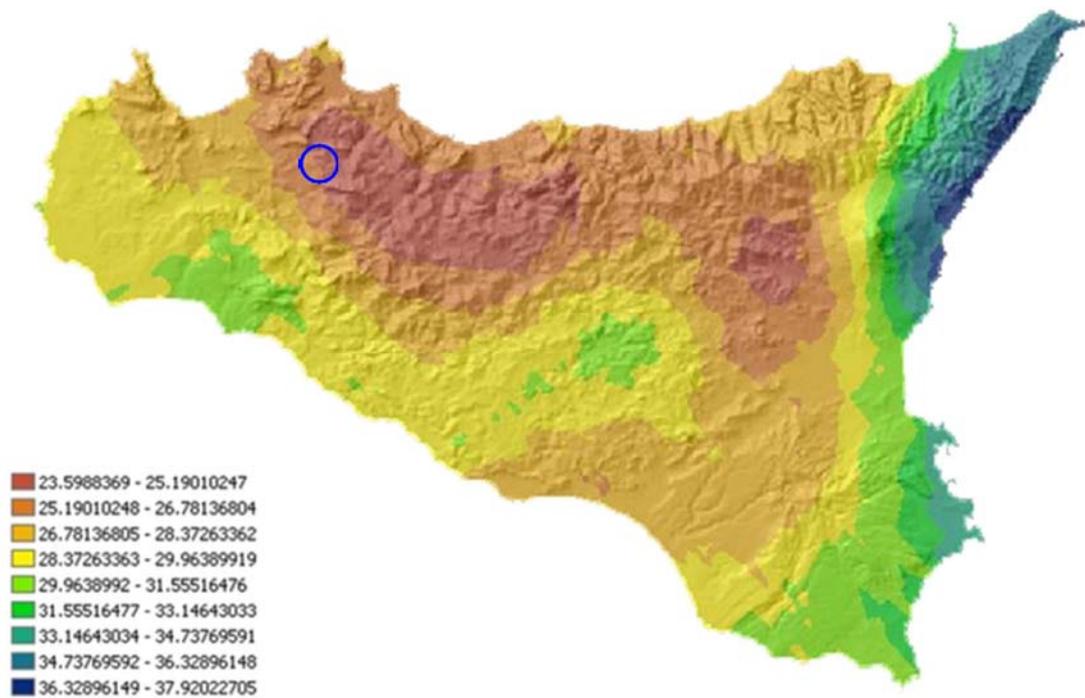


Fig. 3: Carta di distribuzione spaziale del parametro "a" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

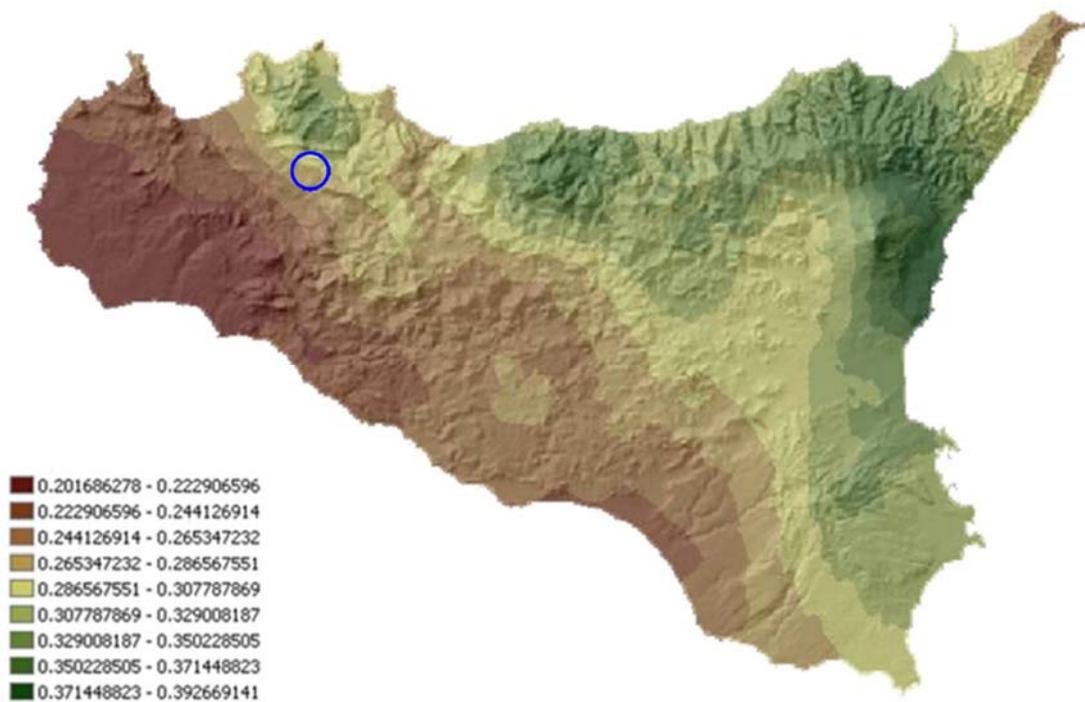


Fig. 4: Carta di distribuzione spaziale del parametro "n" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

- 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:

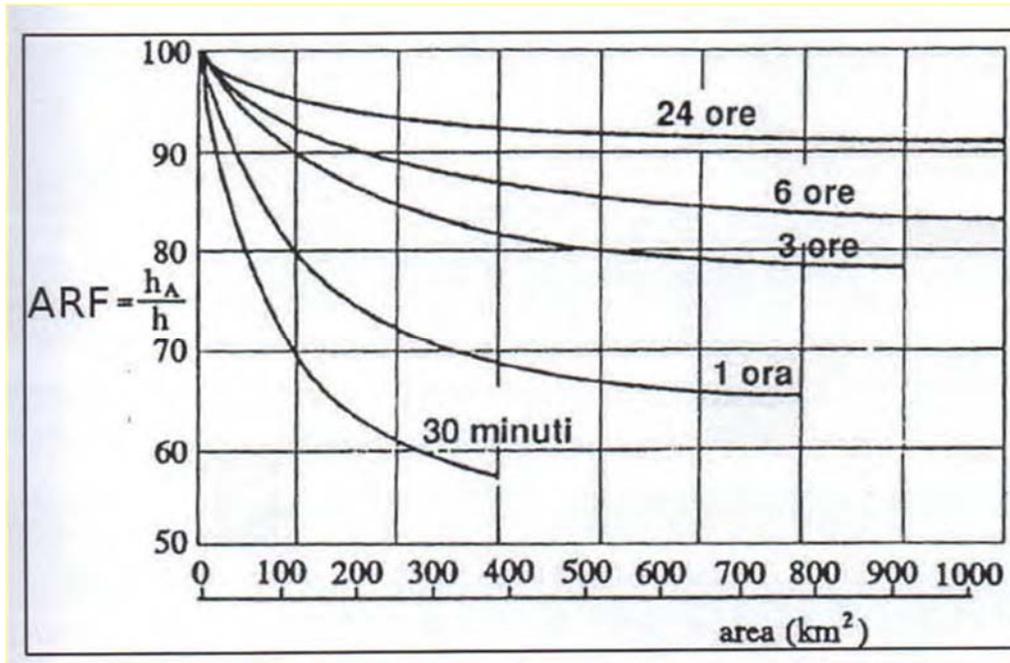


Fig. 5: Correlazione tra il coefficiente ARF e l'area del Bacino (VA.PI.)

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 (in via cautelativa) non è stata considerata alcuna correzione areale.

- Curva di Probabilità Pluviometrica

Utilizzando la metodologia descritta in precedenza, sono state calcolate le *Curve di Probabilità Pluviometrica* per l'area in esame; per il calcolo delle C.P.P. è stato innanzitutto computato il valore del fattore di crescita K_T per come precedentemente definito.

Considerando che il sottobacino ricade all'interno della zona Z0-Z5, in funzione dei relativi parametri a e b assegnati a tale zona, l'espressione per il calcolo del fattore di crescita assume la seguente forma: $K_T = 0,4485 \cdot \ln(T) + 0.5117$

Che per i tempi di ritorno "T" considerati fornisce i seguenti valori:

T (anni)	K_T
5	1.234
30	2.037

Come tempi di ritorno, in funzione della natura dello studio sono stati utilizzati i valori relativi alle più recenti indicazioni dell'AdB relativamente a valutazioni sulle fasce di pertinenza fluviale (Tr 5 anni - piena ordinaria) ed a valutazione sull'Invarianza Idraulica (Tr 30 anni); dovendo valutare "l'incidenza" delle portate di scarico rispetto

alla portata di piena dell'impluvio recettore la scelta di bassi valore del tempo di ritorno appare cautelativa.

Per quanto riguarda i valori di a ed n da utilizzare nella equazione $\mu(t) = a \cdot t^n$ sono stati usati i valori desunti dalle figg. 3 e 4, nello specifico:

$$a=25.08 \quad \text{ed} \quad n=0.286$$

Utilizzando quindi la già definita equazione $h_{t/T} = K_T \cdot \mu(t)$ è stato possibile ricostruire le C.P.P. per le canoniche durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore; alle curve canoniche sono stati aggiunti i valori delle precipitazioni attese con durata inferiore ad 1 ora, secondo la già definita equazione di Ferreri-Ferro:

I) C.P.P. con $Tr=5$ anni

t (ore)	H_{t/T} (mm)
1	30.94
3	42.36
6	51.65
12	62.97
24	76.77

t (minuti)	H_{t/T} (mm)
5	11.86
10	15.49
15	18.12
30	23.67
40	26.45
50	28.83

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

t (ore)	H_{t/T} (mm)
1	51.09
3	69.59
6	85.29
12	103.99
24	126.79

t (minuti)	H_{t/T} (mm)
5	19.58
10	25.58
15	29.92
30	39.10
40	43.69
50	47.62

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.

- **Statistici:** 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, per 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 (C.P.P.).

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 $Q = 0.278 \cdot \frac{c \cdot H_{\text{cm}} \cdot S}{t_c}$ o su formule similari, si assume l'ipotesi di una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione e 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 (in via cautelativa) è stata sempre superiore al tempo di corrivazione.

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

La metodologia SCN-CN, sviluppata dall'Ente statunitense Soil Conservation Service a partire dal 1972 è, ad oggi, 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 dalla:

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

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, al tipo di copertura vegetale e di fatto rappresenta un affidabile indice sulla capacità di deflusso 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 simili, 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 riferimenti ufficiali della Regione Sicilia sono stati utilizzati i valori di riferimento proposti dal *Dipartimento Geologico dell'Agencia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS)* (Carta del Curve Number Regionale), integralmente riportati in calce (Appendice B), in considerazione di una tipologia di copertura vegetale praticamente identica a quella siciliana. Nello stesso estratto dell'Appendice B sono riportate anche le tabelle di riferimento originali dello USDA.

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

- la *Carta Uso del Suolo, Corine Land Cover*, disponibile tramite il servizio WMS SITR -Regione Sicilia (Tavola 05).

- *Carta Litologica della Sicilia* disponibile sul Portale della Protezione Civile della Regione Sicilia all'indirizzo: www.protezioneciviliesicilia.it (Tavole 06).

Di seguito 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 del sottobacino, che della tipologia di copertura.

Nello specifico e con riferimento alla Tav. 06 sono stati identificati:

- suoli di tipo A (*materiale incoerente ad elementi lapidei eterogenei ed eterometrici spigolosi, a-a*)

- suoli di tipo B (*depositi eluvio-colluviali con ghiaie, sabbie, limi spesso pedogenizzati, b2*)

- suoli di tipo C (*accumuli gravitativi caotici con elementi eterogenei ed eterometrici in matrice da argillosa a sabbiosa, a1*)

- suoli di tipo D (*alternanza di argille nerastre, argille brune e quarzareniti, FYN; argille siltoso-marnose, SIC; marne e peliti grigio-verdastre, TAV*).

Per quanto riguarda invece la tipologia di copertura il sottobacino, allo stato attuale, risulta caratterizzato da terreni principalmente ad uso agricolo con varie tipologie di copertura del suolo principalmente seminativi semplici (CLC 21121) ed in subordine vigneti (CLC 221), frutteti (CLC 222) e oliveti (CLC 223).

SOTTOBACINO Impluvio Duccotto				
Uso del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
<i>Seminativo Semplice E/O Colture Erbacee Estensive</i>	A	3.59	63	2.3
	B	17.38	73	12.7
	C	6.94	80	5.6
	D	61.18	83	50.9
<i>Frutteti</i>	B	0.08	71	0.1
	D	6.47	81	5.3
<i>Oliveti</i>	D	1.25	81	1.0
<i>Vigneti</i>	B	0.23	74	0.2
	D	1.09	82	0.9
<i>Zona Residenziale A Tessuto Discontinuo</i>	D	0.62	87	0.5
<i>Borghi E Fabbricati Rurali</i>	D	0.86	86	0.7
<i>Aree Assimilabili Ad Impermeabili</i>	---	0.31	100	---
<i>Totale</i>		100		80.2

Nel calcolo del *CN totale* non sono state 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"; nella modellazione, poiché all'interno del sottobacino sono presenti invasi artificiali, a tale parametro è stato assegnato un valore del 0,31%.

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.

4.6 Stima delle Portate di Massima Piena

In questo paragrafo vengono riportati i risultati della simulazione idrologica eseguite con la metodologia esposta nel paragrafo precedente.

- Analisi idrologica Sottobacino Impluvio Duccotto

La sezione di chiusura, ubicata a valle dell'area impianto, sottende un sottobacino idrografico (Tav. 03) avente un'estensione areale di 1.283 km² ed una lunghezza dell'asta principale che drena il sottobacino di 2.080 km. Per la modellazione, oltre alle C.P.P. sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

Sottobacino idrografico	Durata Evento meteo (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata Massima Intensità (minuti)	Picco di pioggia	Curve Number	Impervious (%)	Lag Time (minuti)
Impluvio Duccotto	1.0 *	6.0	5.0	1/3 durata	80.2	0.31	20.76

* 1,74 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

Tempo di ritorno 5 anni	
1.8	Portata di picco in m³/s
5.5	Deflusso totale 1000*m ³

Tempo di ritorno 30 anni	
6.7	Portata di picco in m³/s
19.0	Deflusso totale 1000*m ³

Come descritto in precedenza Hec-HMS permette le 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.

PARTE III

5. STUDIO IDRAULICO DEL CORPO IDRICO RECETTORE

In questa ultima parte dello studio verranno analizzati gli effetti, dal punto di vista idraulico, che lo scarico delle acque di prima pioggia, calcolate al par. 3.2, ormai chiarificate, comporterà sul corpo idrico recettore, l'Impluvio Duccotto, dal punto di vista del regime idraulico e dei tiranti idraulici naturali dell'impluvio.

Poiché le acque di prima pioggia, pur se trattate con due sistemi di chiarificazione indipendenti, verranno smaltite mediante la stessa condotta utilizzata per la vicina area della *Stazione RTN*, le analisi idrauliche sono state effettuate nell'ipotesi più cautelativa, ovvero di scarico contemporaneo dei due sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia.

Essendo a conoscenza del volume di acque trattato per la suddetta area della Stazione RTN, per un volume pari a $49,79 \text{ m}^3$, il volume totale da scaricare risulterà pari a $V_T = 67,20 \text{ m}^3$ dato dalla somma dei due volumi calcolati separatamente ($49.79+17.41$).

Dovendo tale volume essere smaltito in non più di 48 ore (e comunque ad evento di pioggia terminato); nell'ipotesi di un rilascio a portata costante la portata media di rilascio risulterà pertanto pari a $1.4 \text{ m}^3/\text{ora}$ ovvero $3.89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ (0.39 litri/s).

5.1 Metodologia di Analisi

Per la modellazione idraulica, sono stati utilizzati i codici di calcolo implementati del software HEC-RAS distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/). Il software, qui utilizzato nella sua versione 5.0.7, consente il calcolo dei profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano. HEC-RAS 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. In funzione delle finalità dello studio, orientato a valutazioni comparative di portata ex-ante ed ex-post, è stata effettuata un'analisi monodimensionale in Moto Permanente.

In questa sede si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle equazioni utilizzate nel software per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, liberamente scaricabili all'indirizzo web sopra riportato nella sezione "Documentation", limitandosi ad evidenziare i soli parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- Geometrie dell'area di simulazione
- Coefficienti di scabrezza del canale
- Condizioni a contorno

- Geometria

I dati geometrici di input relativi al terreno, di base, derivano dal *Modello Digitale del Terreno* (DTM) a passo 2 metri della Regione Sicilia (dati LIDAR, volo ATA 2012), integrati da un rilievo diretto di campagna, seppur speditivo; in tutto sono state considerate 17 sezioni di analisi, equidistanti 40 metri per uno sviluppo complessivo di circa 650 metri (Fig. 07).

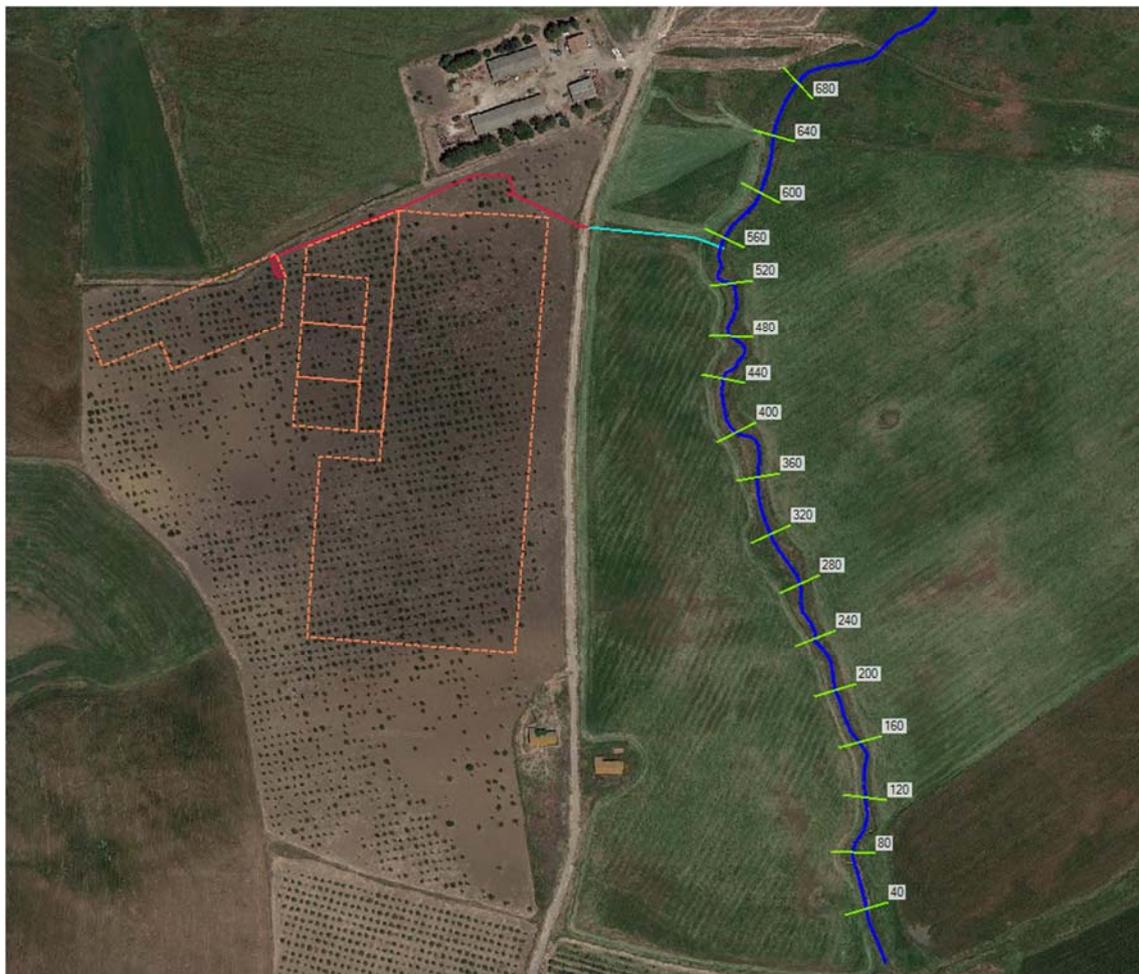


Fig. 07: Schema modellazione idraulica Impluvio Duccotto

- 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, pari a $0,030 \text{ s/m}^{1/3}$ per il canale centrale e di $0,040 \text{ s/m}^{1/3}$ 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 (lento o veloce) all'occorrenza.

Le prime analisi sono state condotte in condizione ex-ante, ossia allo stato attuale, utilizzando le portate calcolate in precedenza e quindi relativamente a tempi di ritorno pari a 5 anni e 30 anni.

Successivamente, per entrambi i tempi di ritorno sono state calcolate le condizioni ex-post ossia considerando la portata di piena maggiorata dallo scarico dell'acqua in corrispondenza dell'evento di massima piena, evento comunque alquanto improbabile; considerata inoltre l'entità dell'immissione della portata di scarico di appena $3,89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ossia, un valore del tutto trascurabile rispetto alle portate di piena calcolate in precedenza, ($1,8$ e $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente) non erano attese significative variazioni nelle altezze dei tiranti idraulici né, tantomeno, delle velocità di deflusso.

5.2 Risultati delle simulazioni

Di seguito verranno esposte, in forma comparativa, i risultati delle simulazioni, per i due tempi di ritorno considerati confrontando le condizioni ex-ante con le condizioni ex-post.

Nello specifico viene rappresentato:

- Confronto longitudinale ex-ante / ex-post tirante idraulico
- Confronto longitudinale ex-ante / ex-post della velocità del flusso idrico
- Tabella analitica dei principali parametri idrologici per le varie sezioni.

I) Confronto simulazioni Tr 5 anni

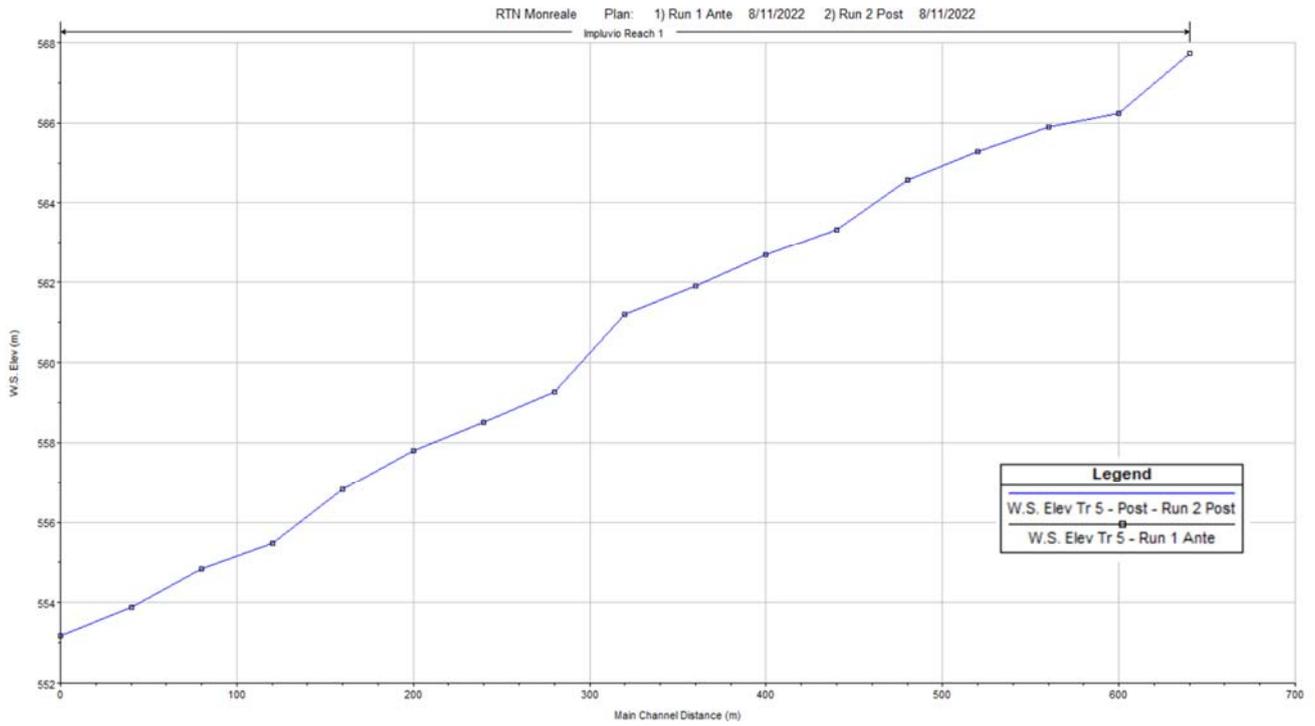


Fig. 08: Confronto longitudinale tirante idraulico ex ante / ex post; Tr 5 anni

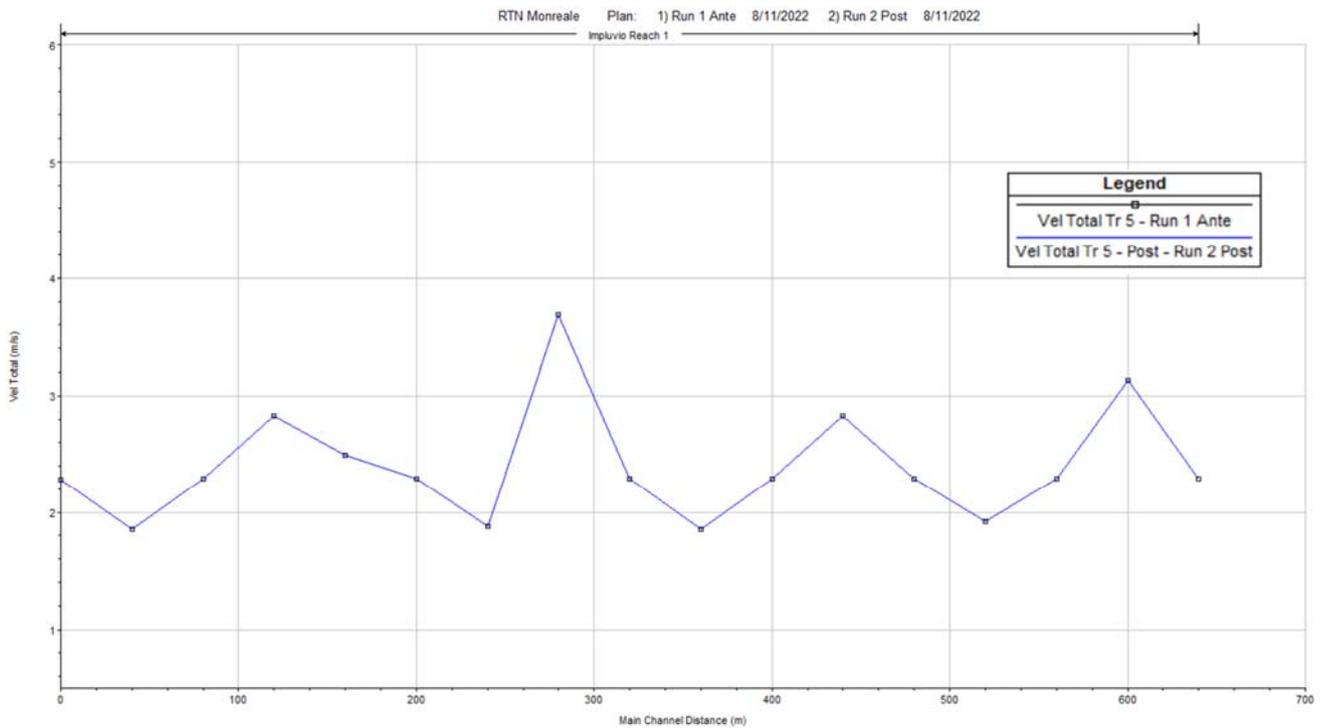


Fig. 09: Confronto longitudinale velocità flusso, ex ante / ex post; Tr 5 anni

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	680	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	567.13	567.73	567.73	567.99	0.020711	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	680	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	567.13	567.73	567.73	567.99	0.020740	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	640	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	565.80	566.25	566.40	566.75	0.049294	3.13	0.57	1.42	1.57
Reach 1	640	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	565.80	566.25	566.40	566.75	0.049379	3.13	0.57	1.42	1.57
Reach 1	600	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	565.30	565.90	565.90	566.16	0.020749	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	600	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	565.30	565.90	565.90	566.16	0.020722	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	560	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	564.60	565.30	565.20	565.48	0.012859	1.92	0.94	1.54	0.79
Reach 1	560	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	564.60	565.30	565.20	565.48	0.012881	1.92	0.94	1.54	0.79
Reach 1	520	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	563.97	564.57	564.57	564.83	0.020705	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	520	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	563.97	564.57	564.57	564.83	0.020742	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	480	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	562.83	563.32	563.43	563.73	0.037188	2.83	0.64	1.44	1.36
Reach 1	480	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	562.83	563.32	563.43	563.73	0.037126	2.83	0.64	1.44	1.36
Reach 1	440	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	562.10	562.70	562.70	562.96	0.020745	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	440	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	562.10	562.70	562.70	562.96	0.020710	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	400	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	561.19	561.91	561.79	562.08	0.011715	1.85	0.97	1.55	0.75
Reach 1	400	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	561.19	561.91	561.79	562.08	0.011690	1.85	0.97	1.55	0.75
Reach 1	360	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	560.60	561.20	561.20	561.46	0.020697	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	360	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	560.60	561.20	561.20	561.46	0.020766	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	320	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	558.89	559.28	559.49	559.97	0.078338	3.69	0.49	1.39	1.99
Reach 1	320	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	558.89	559.28	559.49	559.97	0.078348	3.69	0.49	1.39	1.99
Reach 1	280	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	557.81	558.52	558.41	558.70	0.012184	1.88	0.96	1.55	0.76
Reach 1	280	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	557.81	558.52	558.41	558.70	0.012184	1.88	0.96	1.55	0.76
Reach 1	240	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	557.20	557.80	557.80	558.06	0.020734	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	240	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	557.20	557.80	557.80	558.06	0.020735	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	200	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	556.26	556.81	556.86	557.13	0.026143	2.49	0.72	1.47	1.13
Reach 1	200	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	556.26	556.81	556.86	557.13	0.026154	2.49	0.72	1.47	1.13
Reach 1	160	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	554.98	555.47	555.58	555.88	0.037138	2.83	0.64	1.44	1.36
Reach 1	160	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	554.98	555.47	555.58	555.88	0.037119	2.83	0.64	1.44	1.36
Reach 1	120	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	554.25	554.85	554.85	555.11	0.020777	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	120	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	554.25	554.85	554.85	555.11	0.020750	2.29	0.79	1.49	1.01
Reach 1	80	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	553.17	553.89	553.77	554.06	0.011662	1.85	0.97	1.55	0.75
Reach 1	80	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	553.17	553.89	553.77	554.06	0.011683	1.85	0.97	1.55	0.75
Reach 1	40	Tr 5	Run 1 Ante	1.80	552.58	553.18	553.18	553.44	0.020649	2.29	0.79	1.49	1.00
Reach 1	40	Tr 5 - Post	Run 2 Post	1.80	552.58	553.18	553.18	553.44	0.020603	2.28	0.79	1.49	1.00

Fig. 10: Tabella comparativa risultati simulazione Tr 5 anni

II) Confronto simulazioni Tr 30 anni

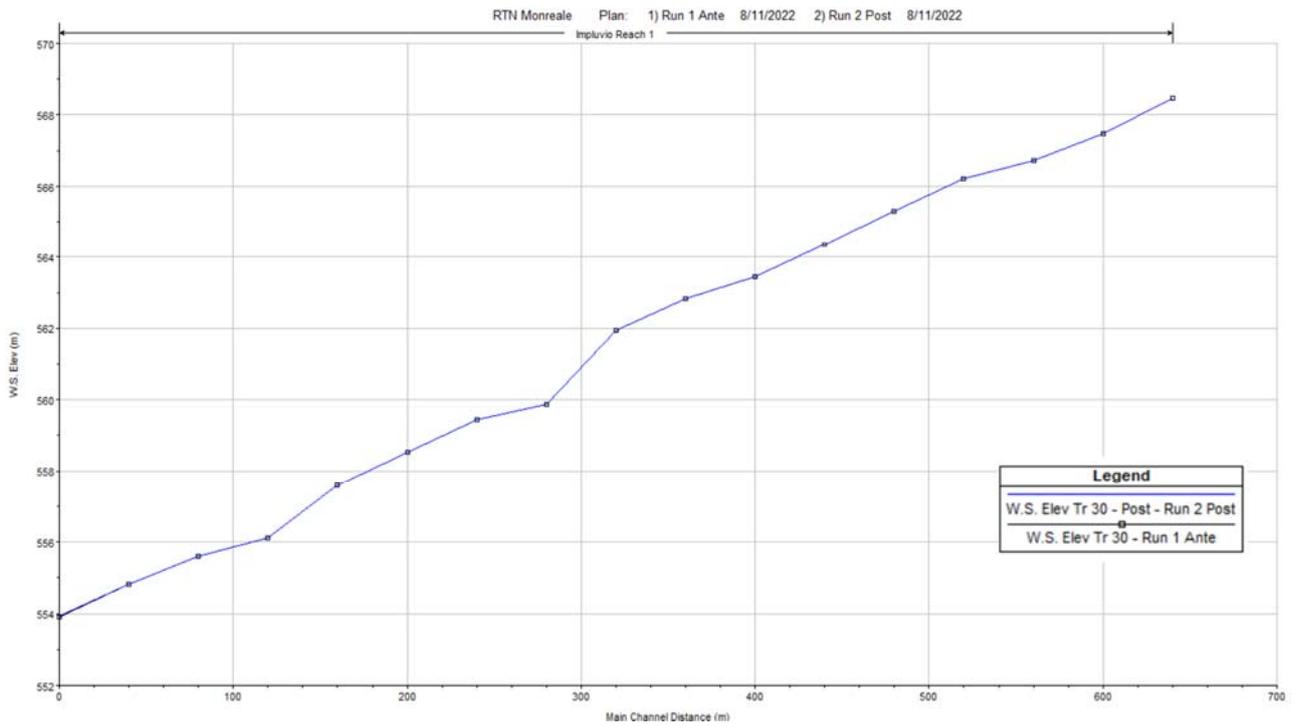


Fig. 11: Confronto longitudinale tirante idraulico ex ante / ex post; Tr 30 anni

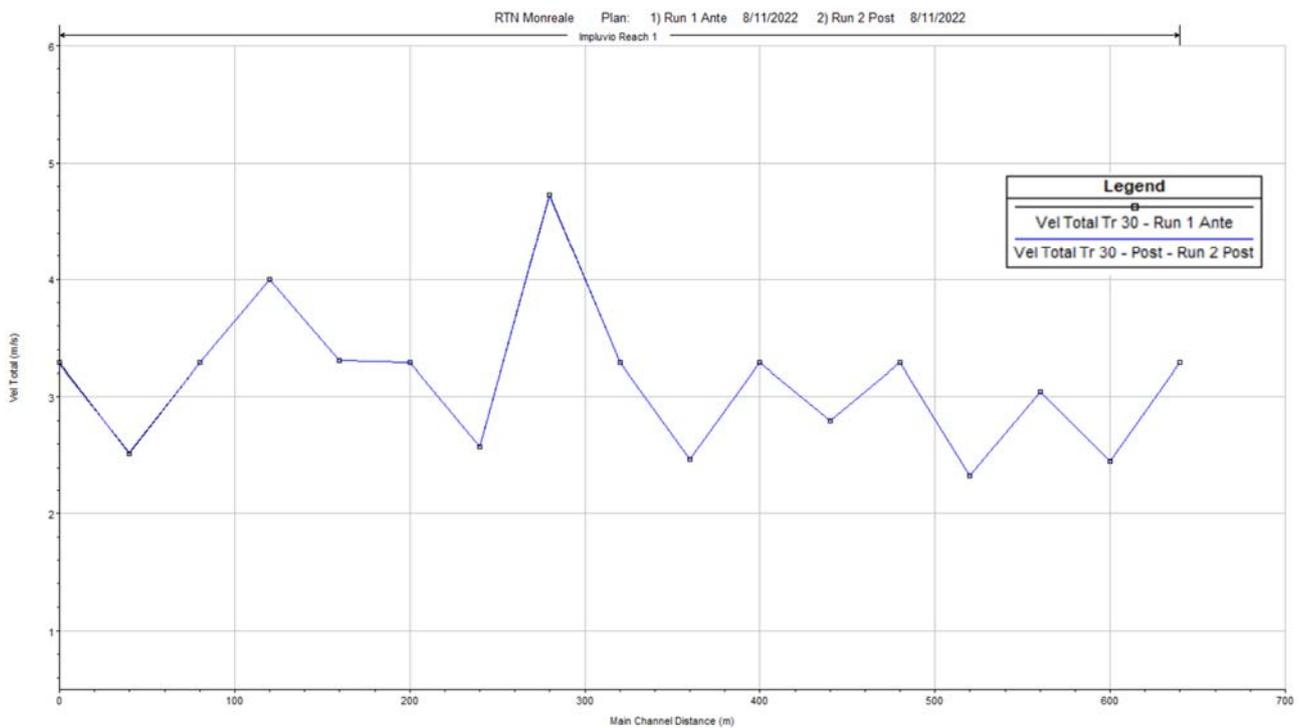


Fig. 12: Confronto longitudinale velocità flusso, ex ante / ex post; Tr 30 anni

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	680	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	567.13	568.47	568.47	569.02	0.023340	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	680	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	567.13	568.47	568.47	569.02	0.023339	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	640	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	565.80	567.48	567.14	567.79	0.011215	2.48	2.73	2.85	0.70
Reach 1	640	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	565.80	567.48	567.14	567.79	0.011215	2.48	2.73	2.85	0.70
Reach 1	600	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	565.30	566.73	566.64	567.20	0.019179	3.05	2.20	1.91	0.91
Reach 1	600	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	565.30	566.73	566.64	567.20	0.019178	3.05	2.20	1.91	0.91
Reach 1	560	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	564.60	566.21	565.94	566.55	0.012409	2.57	2.88	10.52	0.72
Reach 1	560	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	564.60	566.21	565.94	566.55	0.012412	2.57	2.88	10.52	0.72
Reach 1	520	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	563.97	565.31	565.31	565.86	0.023326	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	520	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	563.97	565.31	565.31	565.86	0.023319	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	480	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	562.83	564.36	564.17	564.76	0.015383	2.80	2.40	1.96	0.81
Reach 1	480	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	562.83	564.36	564.17	564.76	0.015374	2.79	2.40	1.96	0.81
Reach 1	440	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	562.10	563.44	563.44	563.99	0.023310	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	440	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	562.10	563.44	563.44	563.99	0.023331	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	400	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	561.19	562.83	562.53	563.16	0.011858	2.55	2.71	5.28	0.71
Reach 1	400	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	561.19	562.83	562.53	563.16	0.011862	2.55	2.71	5.27	0.71
Reach 1	360	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	560.60	561.94	561.94	562.49	0.023333	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	360	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	560.60	561.94	561.94	562.49	0.023319	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	320	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	558.89	559.88	560.23	561.02	0.059606	4.72	1.42	1.69	1.65
Reach 1	320	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	558.89	559.88	560.23	561.02	0.059571	4.72	1.42	1.69	1.65
Reach 1	280	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	557.81	559.44	559.15	559.78	0.012419	2.59	2.60	2.43	0.73
Reach 1	280	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	557.81	559.44	559.15	559.78	0.012414	2.59	2.60	2.43	0.73
Reach 1	240	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	557.20	558.54	558.54	559.09	0.023326	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	240	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	557.20	558.54	558.54	559.09	0.023337	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	200	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	556.26	557.59	557.60	558.15	0.023709	3.31	2.02	1.86	1.01
Reach 1	200	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	556.26	557.60	557.60	558.15	0.023603	3.30	2.03	1.87	1.01
Reach 1	160	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	554.98	556.12	556.32	556.94	0.038484	3.99	1.68	1.77	1.31
Reach 1	160	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	554.98	556.12	556.32	556.94	0.038606	4.00	1.68	1.77	1.31
Reach 1	120	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	554.25	555.59	555.59	556.14	0.023323	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	120	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	554.25	555.59	555.59	556.14	0.023327	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	80	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	553.17	554.81	554.51	555.14	0.012000	2.55	2.66	3.29	0.71
Reach 1	80	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	553.17	554.81	554.51	555.14	0.012064	2.55	2.65	3.23	0.72
Reach 1	40	Tr 30	Run 1 Ante	6.70	552.58	553.92	553.92	554.47	0.023302	3.29	2.04	1.87	1.01
Reach 1	40	Tr 30 - Post	Run 2 Post	6.70	552.58	553.92	553.92	554.47	0.023098	3.28	2.05	1.87	1.00

Fig. 13: Tabella comparativa risultati simulazione Tr 30 anni

Il confronto non evidenzia, per entrambi i tempi di ritorno, alcuna variazione significativa né nell'altezza del tirante idraulico e neppure nella velocità totale di deflusso, ovvero dei 2 principali parametri idraulici nella valutazione della pericolosità idraulica.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto che prevede la realizzazione di un'area adibita alle Opere di Utenza a 36 kV ed al Sistema di accumulo a servizio dell'impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale da 51,03 MWp denominato "Aquila" è stato effettuato uno studio di natura idrologica ed idraulica di supporto alla progettazione.

Con riferimento alla normativa vigente, infatti, per l'infrastruttura è prevista l'installazione di un sistema di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia, provenienti dalle superfici interne, prima che queste vengano immesse nella rete idrografica naturale, allo scopo di ridurre l'impatto ambientale delle stesse; scopo dello studio era pertanto:

- Analisi idraulica riguardante la valutazione ed il trattamento delle acque di prima pioggia della stazione;
- Studio idrologico per l'individuazione del corpo idrico recettore delle acque di prima pioggia e del suo regime idraulico;
- Analisi idraulica riguardante la valutazione dell'incidenza dello scarico delle acque di prima pioggia sul corpo idrico recettore;

I risultati finali dello studio sono di seguito sinteticamente riepilogati:

- Analisi idraulica preliminare

L'analisi idraulica preliminare ha permesso di valutare il volume delle acque di prima pioggia e di dimensionare correttamente il sistema di trattamento e smaltimento, mediante l'individuazione di un corpo idrico recettore superficiale, qui identificato come *Impluvio Duccotto*.

- Studio Idrologico

Lo studio idrologico, a valle di un inquadramento geologico, morfologico ed idrogeologico dell'area, attraverso la definizione del sottobacino idrografico di interesse, ha permesso di valutare il regime idraulico del corpo idrico recettore nonché le portate di massima piena con tempi di ritorno di 5 e 30 anni; in funzione della natura dello studio, ovvero dovendo valutare "l'incidenza" delle portate di scarico rispetto alla portata di piena dell'impluvio recettore la scelta di bassi valore del tempo di ritorno, ovvero relative a piene ordinarie, appare cautelativa.

Le portate di colmo 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 mediante la 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.

- Studio Idraulico

Lo studio idraulico del corpo idrico recettore a permesso di valutare l'incidenza dello scarico delle acque di prima pioggia sulla sua portata di massima piena; l'analisi idraulica non ha rilevato alcuna variazione (alla seconda cifra decimale) nelle altezze dei tiranti idraulici né, tantomeno, delle velocità di deflusso.

L'analisi idraulica ha tenuto dei volumi scaricati anche dal sistema di smaltimento a servizio della vicina Stazione RTN, nell'ipotesi più cautelativa di scarico contemporaneo.

Agosto 2022

Ing. Daniele Cavallo

Ordine Ingegneri Provincia di
Brindisi n. 1220

Dott. Geol. Michele Ognibene

Ordine Regionale geologi di Sicilia
n. 3003

Dott. Geol. Rosario Fria

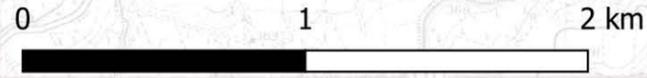
Ordine Regionale geologi di Sicilia
n. 1663



ELABORATI GRAFICI

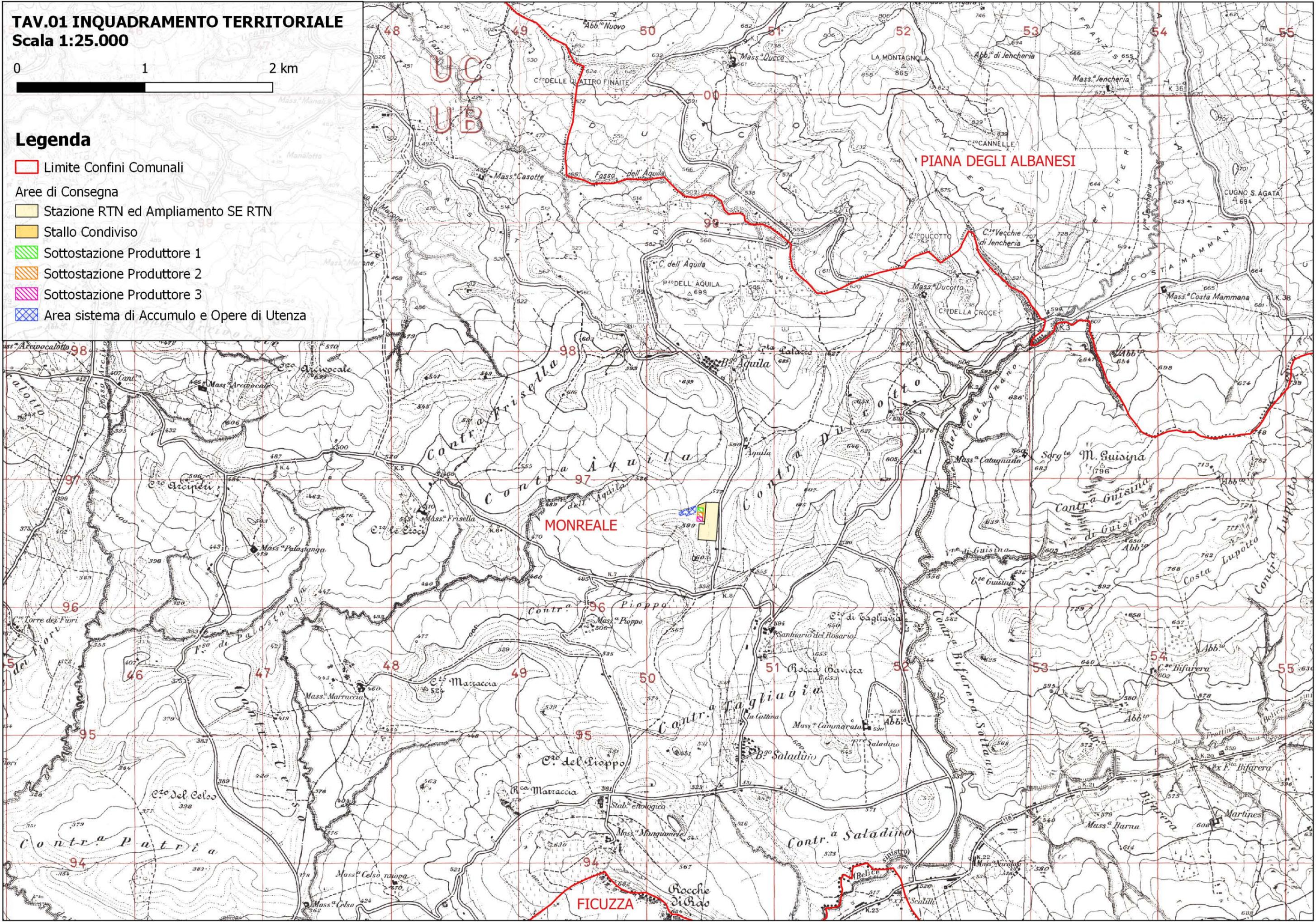
TAV.01 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:25.000



Legenda

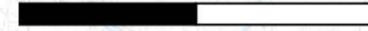
- Limite Confini Comunali
- Aree di Consegna
 - Stazione RTN ed Ampliamento SE RTN
 - Stallo Condiviso
 - Sottostazione Produttore 1
 - Sottostazione Produttore 2
 - Sottostazione Produttore 3
 - Area sistema di Accumulo e Opere di Utenza



TAV.02 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

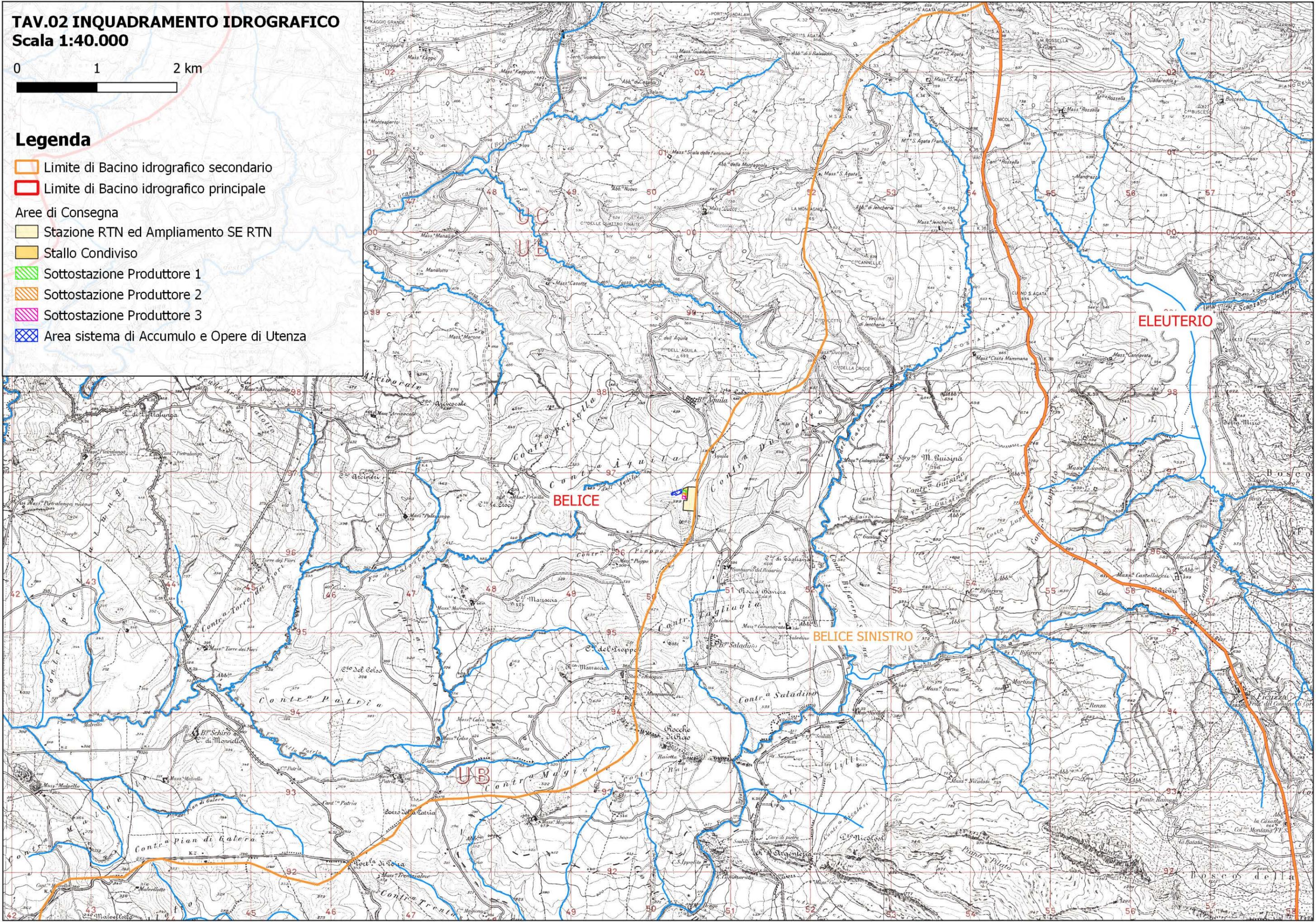
Scala 1:40.000

0 1 2 km

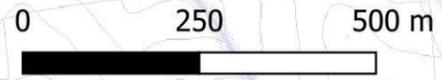


Legenda

- Limite di Bacino idrografico secondario
- Limite di Bacino idrografico principale
- Aree di Consegna
 - Stazione RTN ed Ampliamento SE RTN
 - Stallo Condiviso
 - Sottostazione Produttore 1
 - Sottostazione Produttore 2
 - Sottostazione Produttore 3
 - Area sistema di Accumulo e Opere di Utanza

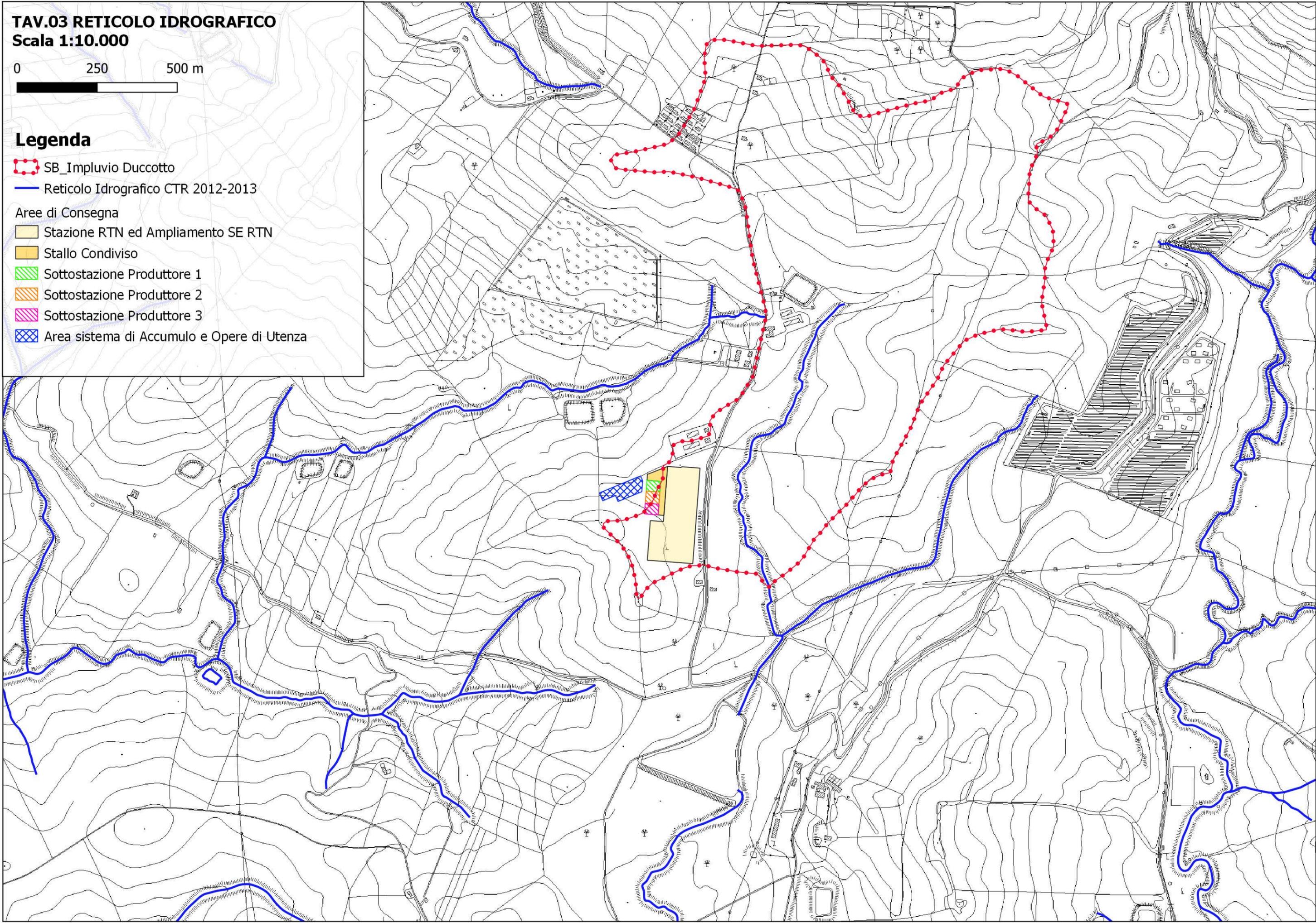


TAV.03 RETICOLO IDROGRAFICO
Scala 1:10.000

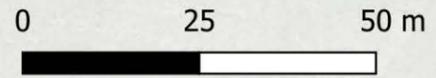


Legenda

-  SB_Impluvio Duccotto
-  Reticolo Idrografico CTR 2012-2013
- Aree di Consegna
 -  Stazione RTN ed Ampliamento SE RTN
 -  Stallo Condiviso
 -  Sottostazione Produttore 1
 -  Sottostazione Produttore 2
 -  Sottostazione Produttore 3
 -  Area sistema di Accumulo e Opere di Utenza



TAV.04 PLANIMETRIA AREA DI PROGETTO
Scala 1:10.000

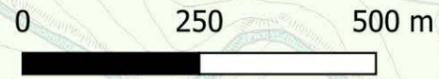


Legenda

-  Canale di Scarico
-  Tubazione Acque Prima Pioggia SdA
-  Tubazione Acque Prima Pioggia SdA + RTN
-  Area Vasca di Prima Pioggia SdA
-  Reticolo Idrografico CTR 2012-2013
- Aree di Consegna
 -  Stazione RTN ed Ampliamento SE RTN
 -  Stallo Condiviso
 -  Sottostazione Produttore 1
 -  Sottostazione Produttore 2
 -  Sottostazione Produttore 3
 -  Area sistema di Accumulo e Opere di Utenza

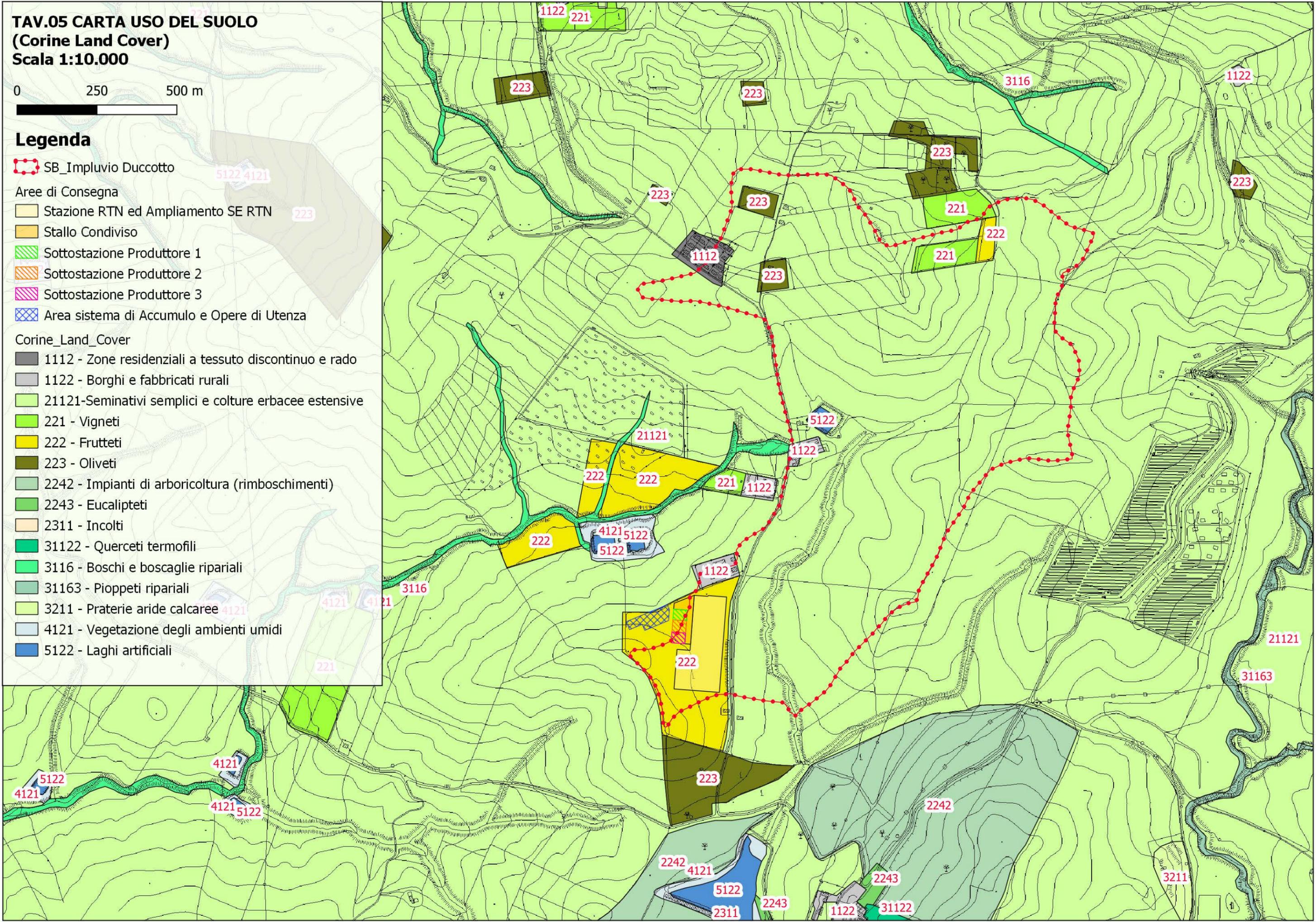


**TAV.05 CARTA USO DEL SUOLO
(Corine Land Cover)**
Scala 1:10.000



Legenda

- SB_Impluvio Duccotto
- Aree di Consegna**
- Stazione RTN ed Ampliamento SE RTN
- Stallo Condiviso
- Sottostazione Produttore 1
- Sottostazione Produttore 2
- Sottostazione Produttore 3
- Area sistema di Accumulo e Opere di Utenza
- Corine_Land_Cover**
- 1112 - Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
- 1122 - Borghi e fabbricati rurali
- 21121-Seminativi semplici e colture erbacee estensive
- 221 - Vigneti
- 222 - Frutteti
- 223 - Oliveti
- 2242 - Impianti di arboricoltura (rimboschimenti)
- 2243 - Eucalipteti
- 2311 - Incolti
- 31122 - Querceti termofili
- 3116 - Boschi e boscaglie ripariali
- 31163 - Pioppeti ripariali
- 3211 - Praterie aride calcaree
- 4121 - Vegetazione degli ambienti umidi
- 5122 - Laghi artificiali

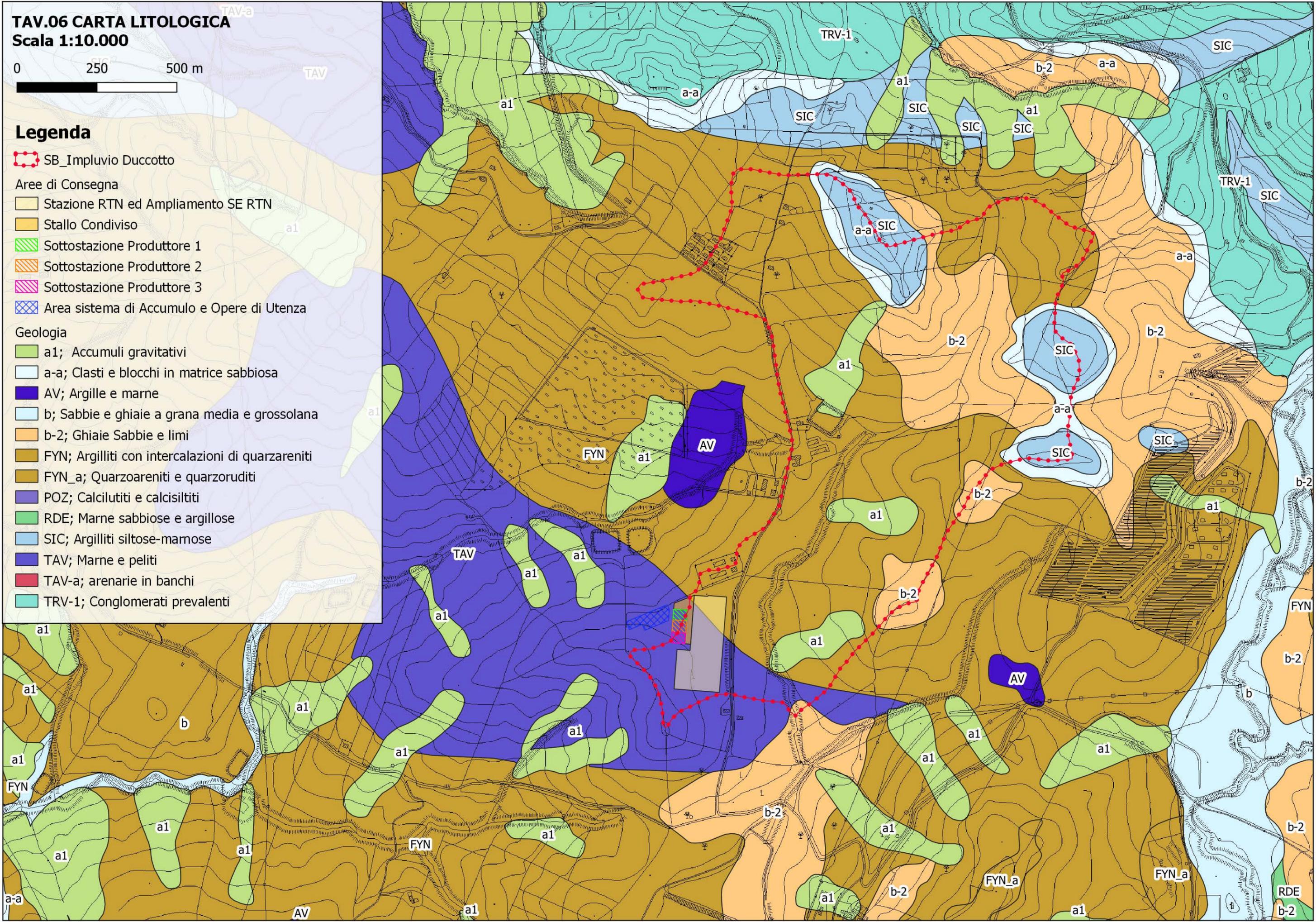


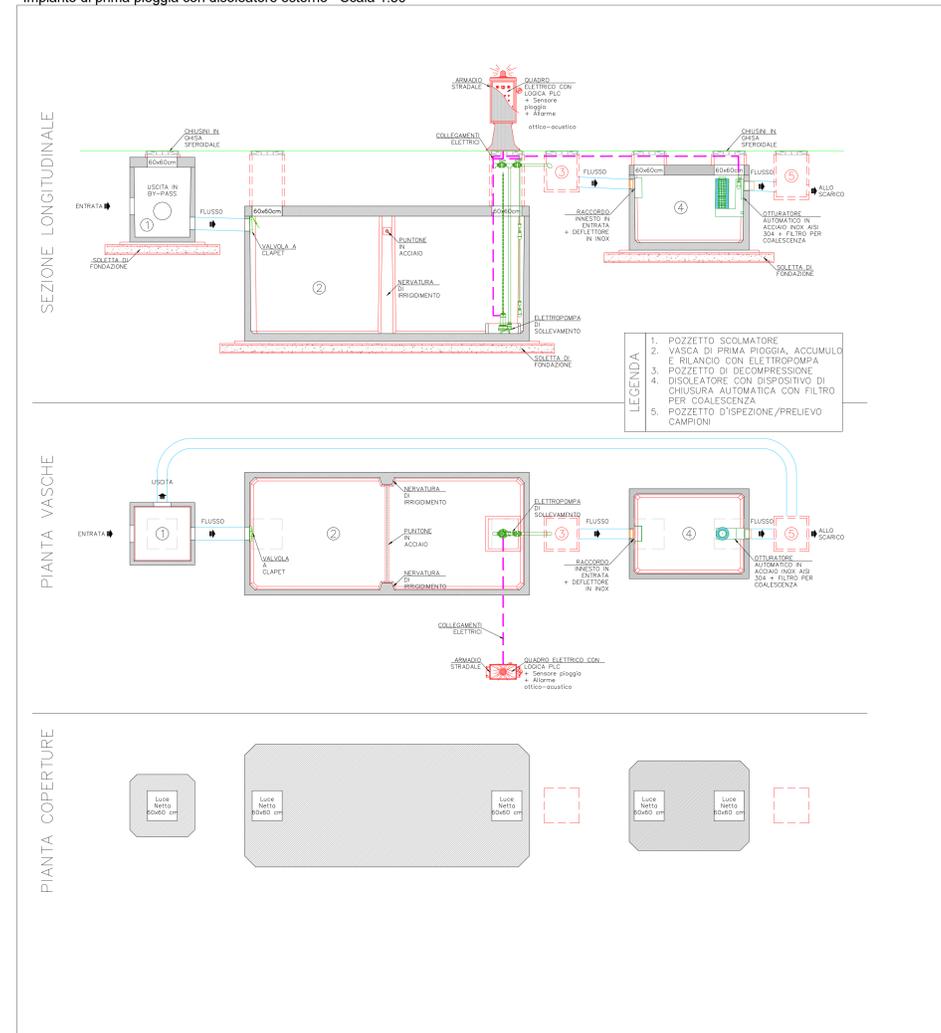
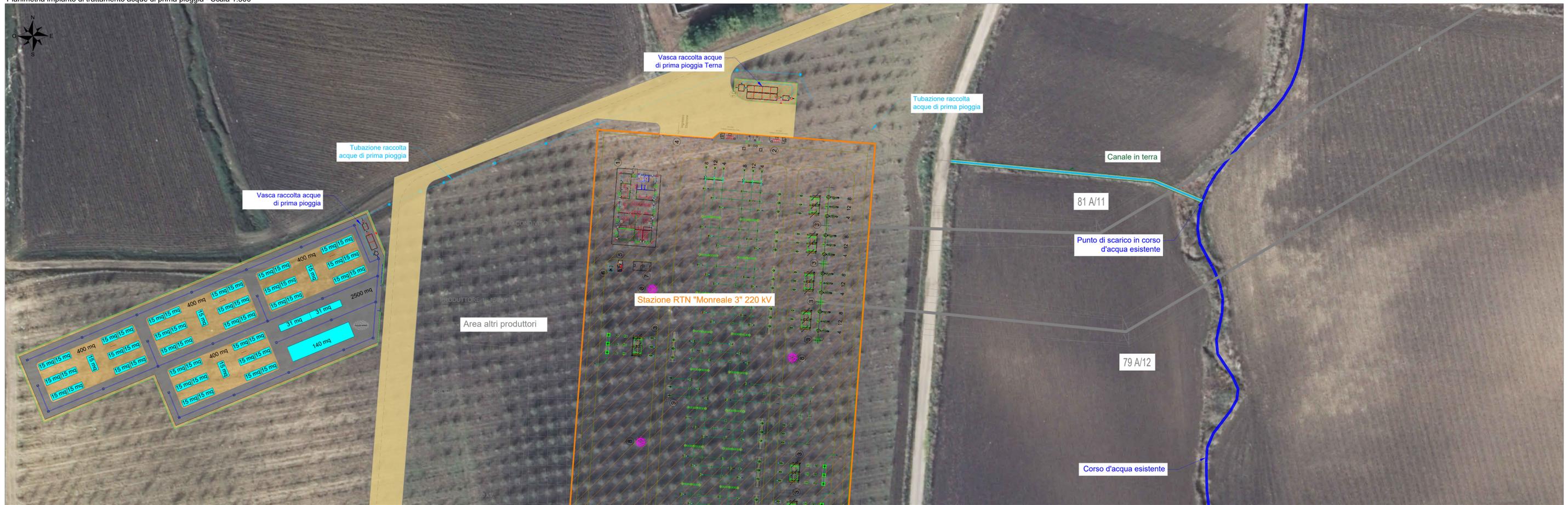
TAV.06 CARTA LITOLOGICA
Scala 1:10.000



Legenda

- SB_Impluvio Duccotto
- Aree di Consegna**
- Stazione RTN ed Ampliamento SE RTN
- Stallo Condiviso
- Sottostazione Produttore 1
- Sottostazione Produttore 2
- Sottostazione Produttore 3
- Area sistema di Accumulo e Opere di Utanza
- Geologia**
- a1; Accumuli gravitativi
- a-a; Clasti e blocchi in matrice sabbiosa
- AV; Argille e marne
- b; Sabbie e ghiaie a grana media e grossolana
- b-2; Ghiaie Sabbie e limi
- FYN; Argilliti con intercalazioni di quarzareniti
- FYN_a; Quarzoareniti e quarzoruditi
- POZ; Calciliti e calcisiltiti
- RDE; Marne sabbiose e argillose
- SIC; Argilliti siltose-marnose
- TAV; Marne e peliti
- TAV-a; arenarie in banchi
- TRV-1; Conglomerati prevalenti





- Area pavimentata - Acque confluiscono in vasca prima pioggia
- Coperture edifici - Acque confluiscono in vasca prima pioggia
- Area interne stazioni non pavimentate (ghiaia e/o aree a verde)
- Area esterne stazioni non pavimentate
- Pozzetto con caditoia
- Condotta di scarico idrico delle acque di prima pioggia
- Corso d'acqua esistente
- Canale in terra per convogliamento acque di prima pioggia in corso d'acqua esistente

COMITANTE		wood.		STUDIO DI PROGETTAZIONE	
Forearth S.r.l. Via Sebastiano Caboto,15 20094 Corsico (MI)					
REVISIONI					
0	Apr-22	EMESSO PER ITER AUTORIZZATIVO	DC	IP	AB
REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK	APP.
Impianto agro-fotovoltaico "Aquila - Duccotto" da 51,03 MWp con accumulo 20 MW e opere connesse Comuni di Monreale e Piana degli Albanesi (PA)			APPROVED FOR CONSTRUCTION		
PROGETTO DEFINITIVO SISTEMA DI ACCUMULO			SIGNATURE		
SUBJECT: Tav.13 Planimetria impianto di trattamento prima pioggia - Sistema di accumulo			ORDER N°		
OBJECT:			SUPPLIER		
SUBPROJECT CODE:			CONTRACT N° OBN1018A		
THIS DWG. SUPERSEDES BY:			SCALE		
This document is the property of Forearth S.r.l. and is disallowed from being used for any other purpose without the written consent of Forearth S.r.l.			REV.		
CAD FILE NAME:			SHEET		

ALLEGATI

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 h₀; 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 Mockus*

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{con} \quad t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

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

APPENDICE B

Estratto da "Carte del Curve Number Regionale" - ARPAS Sardegna

1. Creazione della carta regionale del Curve Number

Il presente documento, cogliendo l'occasione offerta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS con la redazione della carta delle permeabilità dei substrati della Regione Sardegna, propone l'adeguamento della carta regionale del Curve Number (CN) adottata nell'ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) della Regione Sardegna (adottato con delibera n° 2 del 17/12/2015) e che risale ai primi anni del 2000. In particolare, di seguito viene descritta la metodologia adottata per la creazione della carta del CN della Regione Sardegna in scala 1:25.000 in ambiente GIS in formato vettoriale e in formato raster. Per la creazione di tale mappa sono state utilizzate la mappa di uso del suolo Corine Land Cover 2008 in scala 1:25.000 relativa alla Sardegna e disponibile nel geoportale della Regione Sardegna (<http://www.sardegna.geoportale.it/index.php?xsl=2420&s=40&v=9&c=14480&es=6603&na=1&n=100&esp=1&tb=14401>), e la mappa delle permeabilità dei substrati (anche essa in scala 1:25.000) sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS.

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).

In Figura 1 viene riportata la carta dell'uso del suolo Corine Land Cover 2008 relativa al territorio regionale con in legenda i codici relativi a ciascuna classe di uso del suolo (il lettore può fare riferimento alle Tabelle 4a-b per associare a ciascun codice la classe di uso del suolo).

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN _{II}			
		A	B	C	D
1111	tessuto residenziale compatto e denso	77	85	90	92
1112	tessuto residenziale rado	61	75	83	87
1121	tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87
1122	fabbricati rurali	59	74	82	86
1211	insediamenti industriali-artigianali e commerciali e spazi annessi	89	92	94	95
1212	insediamenti di grandi impianti di servizi	81	88	91	93
1221	reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98
1222	reti ferroviarie e spazi annessi	98	98	98	98
1223	grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	98	98	98	98
1224	impianti a servizio delle reti di distribuzione	98	98	98	98
123	aree portuali	98	98	98	98
124	aree aereoportuali ed eliporti	98	98	98	98
131	aree estrattive	76	85	89	91
1321	Discariche	76	85	89	91
1322	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	76	85	89	91
133	Cantieri	76	85	89	91
141	aree verdi urbane	39	61	74	80
1421	aree ricreative e sportive	49	69	79	84
1422	aree archeologiche	68	79	86	89
143	Cimiteri	68	79	86	89
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
2112	prati artificiali	68	79	86	89
2121	seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	63	73	80	83
2122	Risaie	96	96	96	96
2123	Vivai	68	79	86	89
2124	colture in serra	68	79	86	89
221	Vigneti	66	74	80	82
222	frutteti e frutti minori	62	71	78	81
223	Oliveti	62	71	78	81
231	prati stabili	30	58	71	78
2411	colture temporanee associate all'olivo	62	71	78	81
2412	colture temporanee associate al vigneto	66	74	80	82
2413	colture temporanee associate ad altre colture permanenti	64	73	79	82
242	sistemi colturali e particellari complessi	64	73	79	82
243	aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	64	73	79	82
244	aree agroforestali	64	73	79	82
3111	boschi di latifoglie	36	60	73	79
31121	pioppetti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	36	60	73	79
31122	Sugherete	36	60	73	79
31123	castagneti da frutta	36	60	73	79
31124	altri tipi di latifoglio	36	60	73	79
3121	boschi di conifere	45	66	77	83
3122	arboricoltura con essenze forestali di conifere	45	66	77	83
313	boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79
321	aree a pascolo naturale	49	69	79	84
3221	cespuglieti e arbusteti	35	56	70	77
3222	formazioni di ripa non arborea	35	56	70	77
3231	macchia mediterranea	35	56	70	77
3232	Gariga	35	56	70	77
3241	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. naturale	43	65	76	82
3242	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. artificiale	43	65	76	82

Tabella 4a. Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN_{II} per i 4 tipi idrologici A-B-C-D (parte prima).



Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN _{II}			
		A	B	C	D
3311	spiagge di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3312	aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3313	aree dunali coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3315	letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	98	98	98	98
332	pareti rocciose e falesie	76	85	89	91
333	aree con vegetazione rada >5% e <40%	63	77	85	88
411	paludi interne	98	98	98	98
421	paludi salmastre	98	98	98	98
422	Saline	98	98	98	98
423	zone intertidali (zona del litorale che dipende dalle maree)	98	98	98	98
5111	fiumi, torrenti, fossi	98	98	98	98
5112	canali e idrovie	98	98	98	98
5121	bacini naturali	98	98	98	98
5122	bacini artificiali	98	98	98	98
5211	lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5212	acquacolture in lagune, laghi e stagni costieri	98	98	98	98
5213	estuari e delta	98	98	98	98
5231	aree marine a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5232	acquacolture in mare libero	98	98	98	98
523	Mare	98	98	98	98

Tabella 4b. Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN_{II} per i 4 tipi idrologici A-B-C-D (parte seconda).

Per determinare il tipo idrologico A-B-C-D è stata utilizzata la carta delle permeabilità dei substrati a scala regionale prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS (in attesa di pubblicazione). La Carta di unità delle terre e di capacità d'uso dei suoli a scala 1:50.000 del Progetto CUT prodotta dalle Agenzie Agris e Laore e dalle Università di Cagliari e Sassari è relativa soltanto a 4 aree pilota (Pula-Capoterra, Muravera-Castiadas, Arzana e Nurra) che coprono una piccolissima parte della regione Sardegna. Pertanto non è stato possibile utilizzarla in attesa di disporre di una carta a scala regionale.

La carta delle permeabilità dei substrati della Sardegna in scala 1:25.000, portata a termine agli inizi del 2018 dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS, è in parte derivata dalla carta litologica e in parte ottenuta dalle informazioni presenti nella cartografia geologica regionale ufficiale GeoPPR del 2008 (scala 1:25.000) integrando con le conoscenze geologiche e di campagna.

Si riassume di seguito brevemente come si è operato per ottenere la carta litologica: le rocce della Sardegna sono state suddivise in tre grandi classi: rocce magmatiche, rocce metamorfiche, rocce sedimentarie. Le tre classi sono state suddivise in otto sottoclassi (livello 1) di maggior dettaglio distinguendo al loro interno famiglie di rocce raggruppate per affinità (livello 2).

Il lavoro di assegnazione delle categorie di permeabilità è stato fatto sul livello di dettaglio 2 della carta litologica. Tuttavia, per quanto riguarda un gran numero di terreni, si è ripartiti dalle formazioni presenti nella cartografia ufficiale GeoPPR del 2008 reperibile su Sardegna Geoportale della Regione. Inoltre, poichè per la produzione della carta litologica sono stati integrati aggiornamenti successivi, derivati dal CARG (Cartografia Geologica e Geotematica, Ispra - Foglio 443 Tempio, in approvazione per la stampa) e dalla "Carta Graniti Nord Sardegna" del 2013 (Foglio 426 "Isola Rossa" e Foglio 427 "Luogosanto"), anche le litologie ricadenti in queste aree sono state trattate in dettaglio ripartendo dal dato geologico.

Per ottenere la carta delle permeabilità dei substrati, le rocce della Sardegna sono state suddivise in 5 classi di permeabilità: Alta permeabilità (AP), Medio Alta permeabilità (MAP), Media permeabilità (MP), Medio Bassa permeabilità (MBP), Bassa permeabilità (BP). All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte ulteriormente le tipologie di permeabilità per porosità, fatturazione e carsismo ottenendo 15 classi di permeabilità con le varie combinazioni dei dati.



APPENDICE C

Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)

1) Simulazione Tr = 5 anni

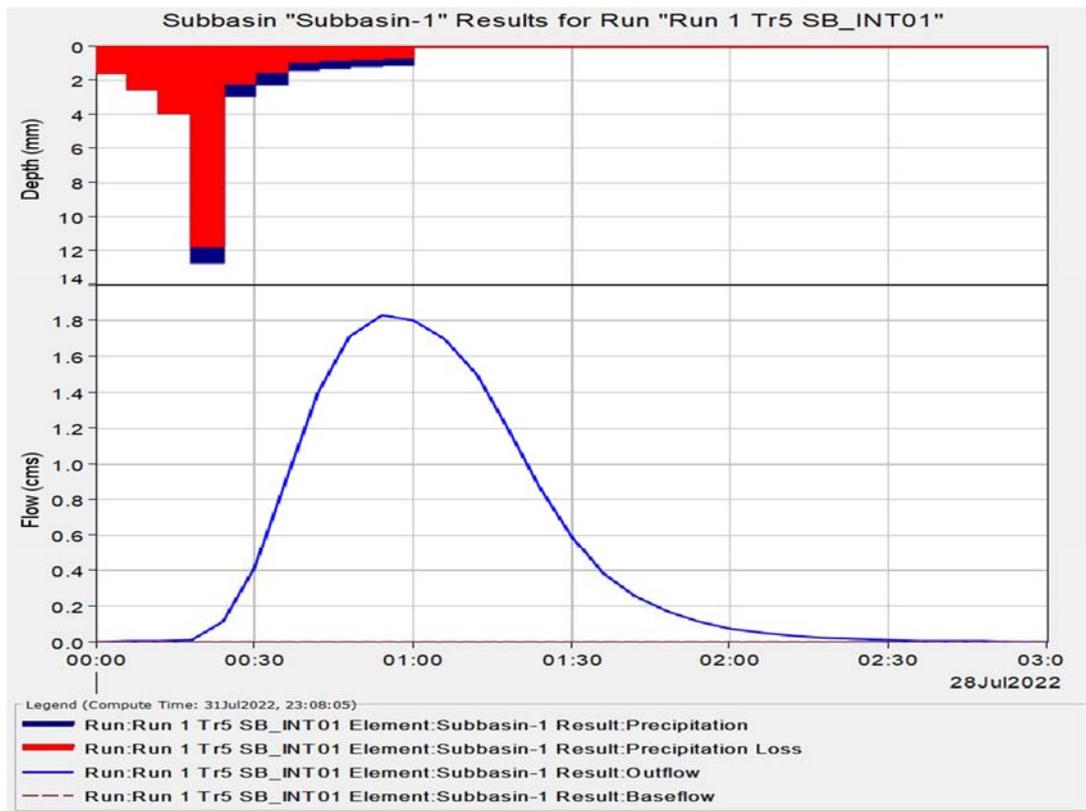


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m³/s, delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 5 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28-Jul-22	0:00				0	0	0
28-Jul-22	0:06	1.57	1.57	0	0	0	0
28-Jul-22	0:12	2.58	2.57	0.01	0	0	0
28-Jul-22	0:18	3.92	3.91	0.01	0	0	0
28-Jul-22	0:24	12.74	11.74	1	0.1	0	0.1
28-Jul-22	0:30	2.94	2.19	0.74	0.4	0	0.4
28-Jul-22	0:36	2.23	1.55	0.68	0.9	0	0.9
28-Jul-22	0:42	1.41	0.93	0.47	1.4	0	1.4
28-Jul-22	0:48	1.28	0.82	0.46	1.7	0	1.7
28-Jul-22	0:54	1.18	0.73	0.45	1.8	0	1.8
28-Jul-22	1:00	1.1	0.66	0.43	1.8	0	1.8
28-Jul-22	1:06	0	0	0	1.7	0	1.7
28-Jul-22	1:12	0	0	0	1.5	0	1.5
28-Jul-22	1:18	0	0	0	1.2	0	1.2
28-Jul-22	1:24	0	0	0	0.9	0	0.9
28-Jul-22	1:30	0	0	0	0.6	0	0.6
28-Jul-22	1:36	0	0	0	0.4	0	0.4
28-Jul-22	1:42	0	0	0	0.3	0	0.3
28-Jul-22	1:48	0	0	0	0.2	0	0.2
28-Jul-22	1:54	0	0	0	0.1	0	0.1
28-Jul-22	2:00	0	0	0	0.1	0	0.1
28-Jul-22	2:06	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:12	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:18	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:24	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:30	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:36	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:42	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:48	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	2:54	0	0	0	0	0	0
28-Jul-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 5 anni

2) Simulazione Tr = 30 anni

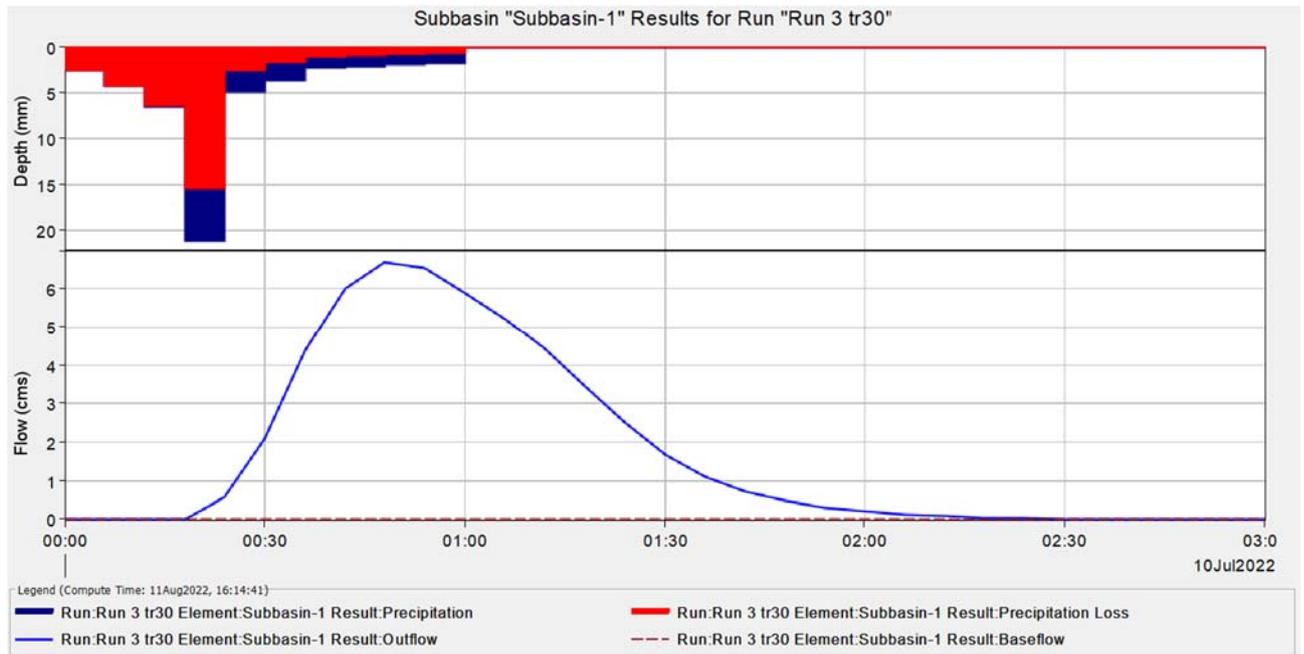


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 30 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
10-Jul-22	0:00				0	0	0
10-Jul-22	0:06	2.6	2.59	0.01	0	0	0
10-Jul-22	0:12	4.25	4.24	0.01	0	0	0
10-Jul-22	0:18	6.48	6.45	0.03	0	0	0
10-Jul-22	0:24	21.03	15.36	5.67	0.6	0	0.6
10-Jul-22	0:30	4.85	2.52	2.33	2.1	0	2.1
10-Jul-22	0:36	3.68	1.74	1.95	4.4	0	4.4
10-Jul-22	0:42	2.33	1.03	1.3	6	0	6
10-Jul-22	0:48	2.12	0.89	1.22	6.7	0	6.7
10-Jul-22	0:54	1.95	0.79	1.16	6.5	0	6.5
10-Jul-22	1:00	1.81	0.7	1.11	5.9	0	5.9
10-Jul-22	1:06	0	0	0	5.2	0	5.2
10-Jul-22	1:12	0	0	0	4.4	0	4.4
10-Jul-22	1:18	0	0	0	3.5	0	3.5
10-Jul-22	1:24	0	0	0	2.5	0	2.5
10-Jul-22	1:30	0	0	0	1.7	0	1.7
10-Jul-22	1:36	0	0	0	1.1	0	1.1
10-Jul-22	1:42	0	0	0	0.7	0	0.7
10-Jul-22	1:48	0	0	0	0.5	0	0.5
10-Jul-22	1:54	0	0	0	0.3	0	0.3
10-Jul-22	2:00	0	0	0	0.2	0	0.2
10-Jul-22	2:06	0	0	0	0.1	0	0.1
10-Jul-22	2:12	0	0	0	0.1	0	0.1

10-Jul-22	2:18	0	0	0	0.1	0	0.1
10-Jul-22	2:24	0	0	0	0	0	0
10-Jul-22	2:30	0	0	0	0	0	0
10-Jul-22	2:36	0	0	0	0	0	0
10-Jul-22	2:42	0	0	0	0	0	0
10-Jul-22	2:48	0	0	0	0	0	0
10-Jul-22	2:54	0	0	0	0	0	0
10-Jul-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 30 anni