

0	03/2022	PRIMA EMISSIONE	AM	AM	AM
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO

# Volta Gestione Energie

**REGIONE SARDEGNA**  
**Provincia di Oristano**  
**COMUNI DI MOGORELLA E VILLA SANT'ANTONIO**



PROGETTO:

## PARCO EOLICO MOGORELLA - SANT'ANTONIO PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

**VGest**

**Volta Gestione Energie S.r.l.**

Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)  
 Codice Fiscale e Partita IVA 02650940220  
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101  
 PEC volta-gestioneenergie@legalmail.it

**gae | studio**  
 geology architecture engineering

dott. geol. Alessandro Mascitti  
 Sede Operativa: Via Turati, 9 - 63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy  
 Sede Fiscale: Via Fileni, 78 - 63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy  
 piva: 01853540442 | Mob: +39 349 7545962  
 email: gaestudio.it@gmail.com | pec: alessandromascitti@epap.sicurezza postale.it  
 http://gaestudio.altervista.org



OGGETTO DELL'ELABORATO:

## RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

N° ELABORATO	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODIFICA COMMITTENTE
<b>MOG-CE-R15</b>	-	-	A4-A3	-

ID ELABORATO : MOG-CE-R15-Relazione Idrologica e Idraulica\_REV00

Questo elaborato è di proprietà di VGest ed è protetto a termini di legge

**VGest**

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO ED UBICAZIONE .....	2
3. OGGETTO E OBIETTIVI DELLO STUDIO.....	3
4. STUDIO IDROLOGICO.....	8
4.1 ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE – MODELLO PROBABILISTICO TCEV .....	9
4.2 Tempo di Corrivazione .....	13
4.3 Altezza di pioggia ragguagliata (hr).....	20
4.4 PIENA MEDIA ANNUA, PORTATA AL COLMO .....	20
4.5 Calcolo dell'altezza di pioggia puntuale lorda.....	21
5. REPORT ANALISI.....	23

## 1. PREMESSA

Volta Gestione Energie, con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, operante nel settore dello sviluppo di nuovi progetti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, nasce da un'operazione di scissione di Volta Green Energy e si avvale dell'esperienza più che decennale di professionisti, con oltre 500 MW di parchi eolici e 100 MW di impianti fotovoltaici sviluppati, costruiti e gestiti.

Volta Green Energy ha recentemente completato i lavori di una delle prime installazioni eoliche in Italia che, da aprile 2020 con successo, è operativa su base merchant, e cioè si sostiene economicamente senza il ricorso a produzione incentivata.

Si tratta di due ampliamenti di un parco eolico già in esercizio da 48 MW con una potenza aggiuntiva di 18 MW. Tutte le altre attività di realizzazione dei due impianti (ingegneria, permitting, lavori civili ed elettrici, acquisti, consulenze, ecc), le attività di collaudo, nonché gestione, coordinamento e armonizzazione tra tutti i diversi soggetti coinvolti e le rispettive attività, sono state svolte da Volta Green Energy, le cui professionalità avevano portato avanti anche lo sviluppo delle iniziative.

Oggi, Volta Gestione Energie, insieme ad un partner di primaria importanza nel settore delle energie rinnovabili, sta realizzando un impianto eolico della potenza di circa 44 MW, costituito da 9 aerogeneratori e sta per iniziare i lavori di un altro impianto eolico da 30 MW, entrambi in Sicilia. Lo sviluppo delle iniziative è stato portato avanti dal team di Volta Green Energy.

Volta Gestione Energie (di seguito anche la "Società"), ha in progetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l'installazione di 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6,3 MW, per una potenza complessiva di 37,8 MW, nei territori Comunali di Mogorella e di Villa Sant'Antonio, in provincia di Oristano (di seguito anche "Parco Eolico Mogorella - Sant'Antonio" o solamente "Parco Eolico").

Secondo quanto previsto dal preventivo di connessione prot. n. 51717, Codice Pratica 202001093, rilasciato da Terna S.p.A. in data 18/08/2020, e trasmesso da Terna S.p.A. in data 18/08/2020, poi accettato dalla Società in data 15/12/2020, l'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una stazione utente di trasformazione e consegna ("SSEU") da collegare in antenna a 220 kV su un nuovo stallo a 220 kV dell'esistente Stazione Elettrica ("SE") di smistamento della RTN a 220 kV di "Mogorella".

Il modello di aerogeneratore ("WTC") scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è Siemens Gamesa SG170 da 6,3 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell'impianto.

L'area interessata dal Parco Eolico ricade su una superficie prevalentemente agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l'impianto sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un'orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine hanno all'incirca un'altitudine media s.l.m. di 300 m. L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata alla SSEU prevista nel Comune di Mogorella (OR), nella particella 5 del foglio 2, per la trasformazione e la consegna dell'energia elettrica alla Rete di Trasmissione Nazionale.

La sottostazione AT/MT del Parco Eolico Mogorella - Sant'Antonio prevede la condivisione di alcune opere utente con la sottostazione elettrica di un altro impianto eolico in progetto proposto da un altro operatore; entrambe le sottostazioni, nell'ottica di razionalizzazione delle opere di rete, saranno quindi collegate al medesimo stallo a 220 kV della esistente SE RTN "Mogorella".

Il presente studio analizzerà gli aspetti idrologico-idraulici del progetto ed in dettaglio le interferenze delle opere in progetto con il reticolo idrografico minore al fine di individuare le opportune soluzioni tecniche da adottare nella progettazione esecutiva secondo le NTA del PAI regionale.

## 2. INQUADRAMENTO ED UBICAZIONE

L'area di intervento è ubicata tra i centri urbani di Mogorella ad Ovest e Villa Sant'Antonio ad Est. Ricade sul foglio I.G.M. in scala 1:25'000 n.529 Il "Usellus".

Sulla Carta Tecnica Regionale edita dalla Regione Sardegna in scala 1:10.000 l'area ricade nella sezione 529110 "Mogorella".

In particolare, l'ubicazione del parco eolico e delle opere di connessione interessa un'area collinare con quote variabili tra 260 (zona sud presso i toponimi Funt.na Ines e Crobintus) e 380m s.l.m. circa (zona

nord M.Ruina Serra) articolata e caratterizzata morfologicamente dalla presenza di incisioni vallive di corpi idrici secondari con un reticolo idraulico gerarchizzato di tipo dentritico.

### 3. OGGETTO E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Dall'analisi del PTA Piano di Tutela delle Acque della Regione Sardegna, l'area in studio rientra nella Unità Idrografica Omogenea del f.Tirso.

L'U.I.O. del Tirso ha un'estensione di circa 3365,78 Km<sup>2</sup> ed è costituita solo dall'omonimo bacino idrografico. La U.I.O. è caratterizzata da un'intensa idrografia con sviluppo prevalentemente dentritico dovuto alle varie tipologie rocciose attraversate lungo la parte centrale ed è delimitata a Ovest dal massiccio del Montiferru, a Nord-Ovest dalle Catene del Marghine e del Goceano, a Nord dall'altopiano di Buddusò, a Est dal massiccio del Gennargentu, a Sud dall'altopiano della Giara di Gesturi e dal Monte Arci. L'altimetria è notevolmente varia: all'interno di questa U.I.O. sono presenti aree pianeggianti, collinari, e montuose che culminano con le vette del versante settentrionale del Gennargentu (Brunco Spina 1829 m s.l.m.).

In particolare il reticolo idrografico secondario presente sull'area di intervento fa capo al Riu Mannu affluente del f.Tirso nel suo tratto terminale, il quale nei tratti a monte della confluenza prende i nomi di Rio S.Crispu, Rio Narampusa e Rio Carradori quest'ultimo in territorio comunale di Mogorella.

La forma e la densità dei corsi d'acqua sono strettamente collegati alla morfologia, alle caratteristiche dei depositi affioranti in posto, all'assetto geologico e geotettonico, alle condizioni climatiche, alla copertura vegetale e, in molti casi, agli interventi antropici.

Sulla forma dei reticoli idrografici ed i bacini sottesi, sono stati individuati due tipi di pattern, il primo meandriforme, di deposito, riscontrabile nelle pianure alluvionali principali quale quella del f.Tirso ed il secondo subdentritico, di erosione, rilevato nei bacini idrografici dei corsi d'acqua secondari, tributari dei del Tirso sopra menzionato.

Per quanto riguarda il regime idraulico si ha un genere un carattere intermittente con vere e proprie stasi estive così come in maniera più marcata fasi effimere per gli stessi corpi idrici secondari.

Dall'analisi del reticolo idrografico, l'impianto, così come progettato e sviluppato, non comporterà una significativa alterazione dell'idrogeologia dell'area in oggetto; si evidenziano n.4 interferenze che interessano il reticolo idrografico e che riguardano soltanto l'elettrodotto in Media Tensione interrato lungo la viabilità esistente con il reticolo idrografico secondario e con il reticolo dei fossi e scoli naturali esistenti sui fondi agricoli analizzati. Alle quattro sopra menzionate interferenze se ne aggiungeranno altre 6 individuate lungo i percorsi stradali esistenti in corrispondenza di opere idrauliche esistenti; per la loro descrizione e risoluzione si rimanda all'elaborato di progetto MOG-CE-R01-Relazione tecnica descrittiva\_REV00. Tali intersezioni saranno valutate nel dettaglio nell'elaborato specialistico idraulico sulla base dei manufatti esistenti in loco al fine di definire l'opera più idonea alla situazione specifica, facendo comunque riferimento a soluzioni tipo bypass o staffatura su opera di attraversamento esistente o linea interrata su sede stradale.

Più in dettaglio si ha una interferenza relativa alla linea dell'elettrodotto interrato in MT (int.01) tra gli aerogeneratori V03 e V05 in loc. Villa Sant'Antonio (S.Antonio Ruinas) lungo la sede stradale esistente Strada Com.le Pilosu con opera idraulica in corrispondenza del corpo idrico secondario affluente a valle in sinistra idrografica del Riu Spei. Nella fase attuale di progettazione definitiva vengono riportate tre soluzioni possibili, rimandando alla fase esecutiva la scelta della soluzione idonea: 1) Staffatura od ancoraggio aereo della passerella porta cavi al manufatto esistente; 2) Attraversamento su strada al di sopra del manufatto la dove la profondità dallo stesso sia almeno di 1,5m; 3) esecuzione di una T.O.C.

La seconda interferenza (int.02) relativa alla linea dell'elettrodotto interrato in MT presso l'aerogeneratore M01 è localizzabile lungo la SP Sant'Antonio 37 in corrispondenza di un impluvio naturale del reticolo idrografico secondario afferente a valle al Flumini Imbessu che risulta intubato al di sotto della sede stradale. Nella fase attuale di progettazione definitiva vengono riportate tre soluzioni possibili, rimandando alla fase esecutiva la scelta della soluzione idonea: 1) Staffatura od ancoraggio aereo della passerella porta cavi al manufatto esistente; 2) Attraversamento su strada al di sopra del manufatto la dove la profondità dallo stesso sia almeno di 1,5m; 3) esecuzione di una T.O.C.



Con lo stesso impluvio e corpo idrico procedendo con la linea di elettrodotto in MT interrata si ha una ulteriore interferenza (int.03) su alveo naturale poco ad Est della SP 37 in direzione dell'aerogeneratore M01. In tal caso si ipotizza una soluzione dell'interferenza mediante scatolare o tombino idraulico.

La quarta interferenza è relativa al tratto in cavidotto MT tra la V04 e V06 relativamente ad un impluvio naturale afferente al toponimo Funt.na Ides in destra idrografica del Riu Spei più a valle alla quota di circa 225m slm. In tal caso si ipotizza una soluzione dell'interferenza mediante scatolare o tombino idraulico

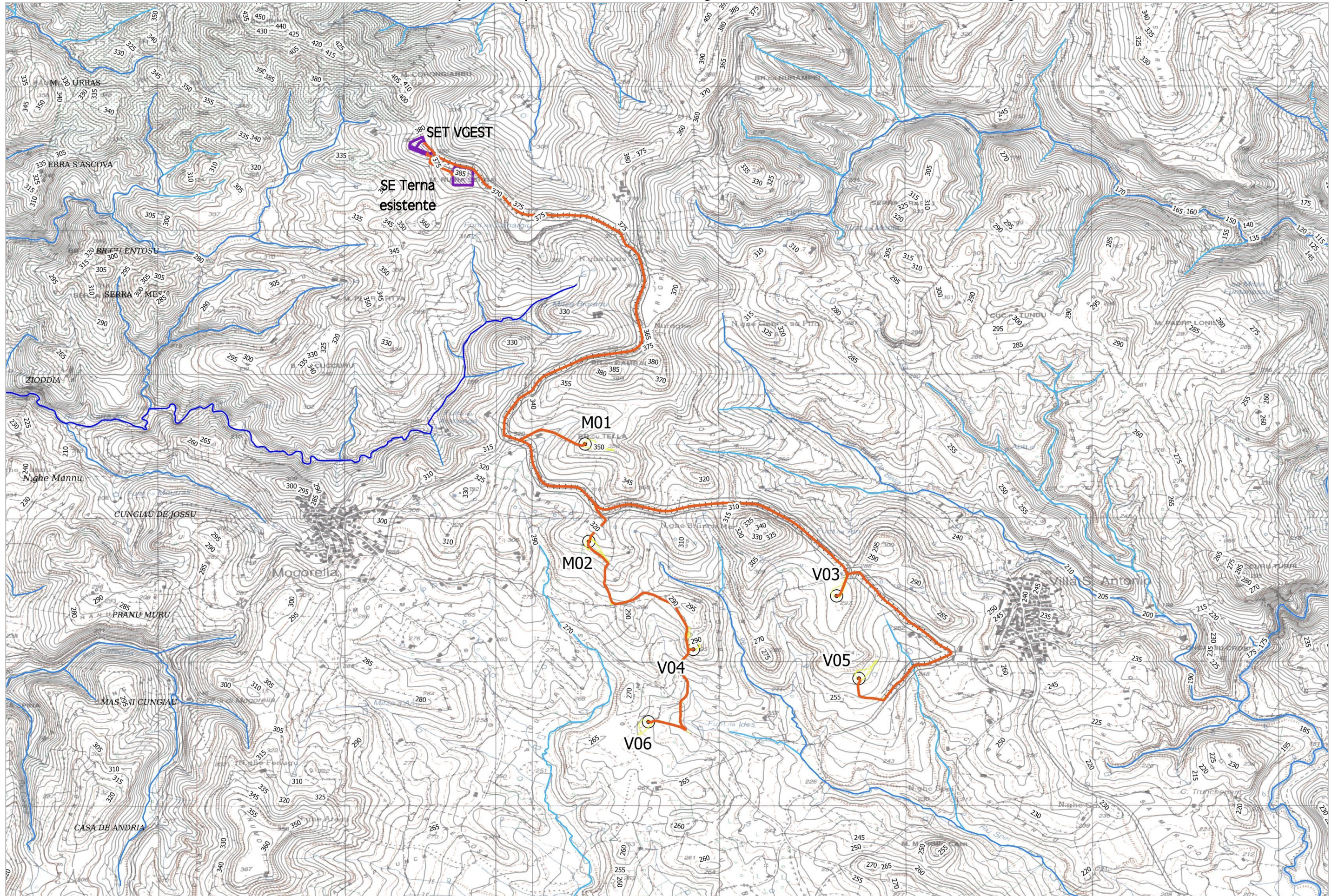
Si riporta di seguito il dettaglio delle interferenze con il reticolo idrografico riscontrate lungo le sedi stradali in esercizio su cui si svilupperà prevalentemente il collegamento in elettrodotto interrato in MT fino alla SE o su area naturale nel caso dell'int. 03 con i riferimenti cartografici e le viste dei punti di interferenza.

Sez. Int.	Opera	Int. Fascia di rispetto	Int. Reticolo idrografico	Bacino sotteso alla sezione kmq	Presenza di manufatti	Tipologia cavidotto	Sezioni di Posa
n.							
1	cavidotto V05-V03	NO	SI	0.2700	SI	int. MT	ASF
2	cavidotto presso M01, da M02 verso SSE	NO	SI	0.2730	SI	int. MT	ASF
3	cavidotto verso M01 e viabilità interna	NO	SI	0.2200	NO	int. MT	CAMP
4	cavidotto V04-V06 e viabilità interna	NO	SI	0.1560	NO	int. MT	CAMP

**Tabella 1** – Tabella di sintesi interferenze individuate con il reticolo idrografico minore

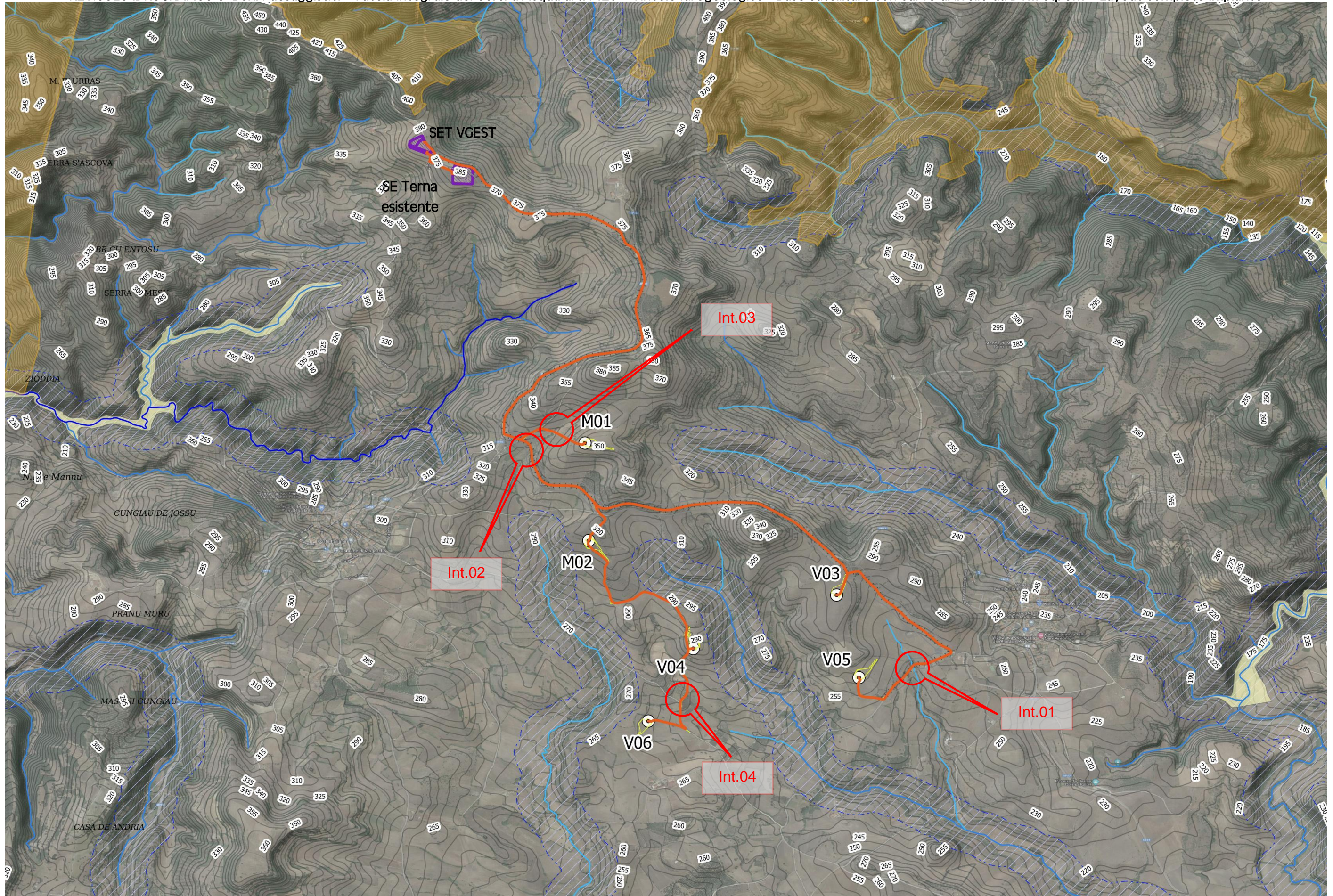


STRALCIO CARTA IGM – Layout complessivo Parco Eolico "Mogorella" con individuazione del reticolo idrografico

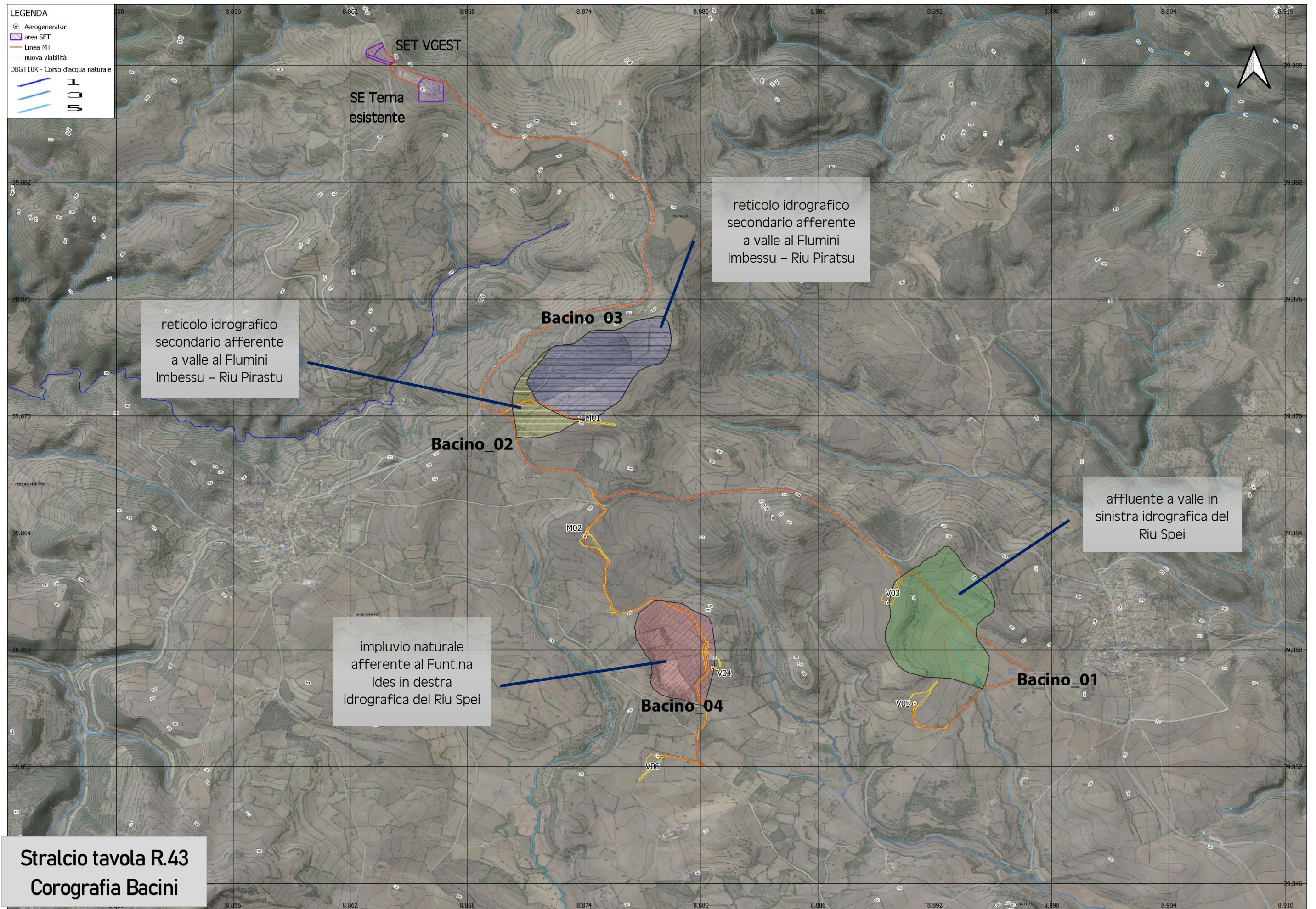




RETICOLO IDROGRAFICO e Beni Paesaggistici - Tutela Integrale dei Corsi d'Acqua art.142c - Vincolo Idrogeologico - Base Satellitare con curve di livello da DTM eq. 5m - Layout completo impianto









#### 4. STUDIO IDROLOGICO

Relativamente agli aspetti prettamente idraulici ed idrogeologici, il territorio comunale di Mogorella ed il limitrofo di Villa Sant'Antonio, ricadono all'interno del sub bacino n. 2 del fiume Tirso che generalmente presenta un reticolo idrografico ad andamento dendritico tipico di litologie prevalentemente impermeabili, in cui le aste fluviali principali presentano per lo più un regime idrico di tipo torrentizio; in alcune zone può diventare sub-dendritico a causa di un certo controllo tettonico. In generale siamo in prevalenza di un basamento impermeabile che passa da poco a mediamente permeabile per porosità e fratturazione.

I corsi d'acqua principali non presentano portate di rilievo, essendo influenzati dalle variabili e ingenerose condizioni climatiche che ne determinano un regime di tipo torrentizio a carattere stagionale con portate variabili ed incostanti. L'andamento del reticolo è in generale sinuoso intervallato da andamenti pseudo rettilinei; gli alvei sono a V dove le rocce oppongono una certa resistenza all'azione dell'acqua, settore nord-occidentale dove prevalgono le litologie del basamento paleozoico, mentre nella restante parte del territorio ritroviamo delle forme piatte o sub-piatte (a U).

Il principale corso d'acqua è il "Rio Carradori", nella parte settentrionale del territorio, è impostato su litologie metamorfiche con andamento sinuoso e valle a V; gli altri corsi d'acqua sono il "Rio Funtana", "Rio Perda Fitta", "Rio Scanargiu" ect. Nella porzione meridionale si ha il "Rio Piratsu" ed in territorio di Sant'Antonio il principale corpo idrico è il "Rio Spei".

La determinazione delle portate di massima piena in Sardegna, data la necessità di stimare i valori in sezioni non osservate e come nel caso in esame, riferite al reticolo idrografico superficiale secondario, si deve basare sulla comparazione critica dei risultati ottenuti dalle diverse metodologie di calcolo disponibili e dal raffronto con i dati osservati, qualora disponibili.

Le metodologie di calcolo possono essere inquadrare in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti, la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate calcolati, ovvero indirettamente tramite trasformazione afflussi- deflussi.

I metodi diretti hanno applicabilità per bacini di estensione superiore a 60 Km<sup>2</sup>.

Nel caso in esame, viste le ridotte dimensioni dei bacini da analizzare, l'unico metodo che appare utilizzabile è il metodo indiretto basato sulla formula razionale.

Nel Metodo Razionale la portata di piena è espressa nella sua forma generale come prodotto tra l'intensità di precipitazione,  $i$ , di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T$ , il coefficiente di assorbimento  $\Phi$ , la superficie del bacino  $A$  il coefficiente di laminazione  $\varepsilon(t)$ :

$$Q = i[t, T, r(t, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(t)$$

dove con  $t$  si è indicato il valore di durata critica, mentre  $r(t, A)$ , rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata,  $t$ , e della superficie del bacino  $A$ .

In base a tale metodo, la portata massima che affluisce alla sezione di chiusura di un bacino, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica sul bacino sia pari al tempo di corrivazione, è data dalla seguente espressione :

$$Q = \frac{\varphi \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c}$$

$Q$  = portata di piena [mc/s]

$\varphi$  = coefficiente di afflusso,

$h_c$  = altezza di pioggia [mm];

$t_c$  = tempo di corrivazione [ore]

Per l'applicazione corretta del metodo è necessario pertanto valutare accuratamente tutte le grandezze descritte ed in primo luogo l'altezza di pioggia, attraverso le curva di possibilità pluviometrica.

#### 4.1 ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE – MODELLO PROBABILISTICO TCEV

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale". Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica. La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura. Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri che sono noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson, 1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al. 1984). Questa ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro.

Ciò comporta che il fatto che in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

Il progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha proposto una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. Tale progetto fornisce uno strumento atto a comprendere i fenomeni coinvolti nella produzione delle portate di piena naturali e ad effettuare previsioni sui valori futuri delle piene in una sezione di un bacino naturale con il minimo possibile di incertezza. Il progetto VAPI della regione Basilicata rivolge particolare attenzione all'analisi regionale delle precipitazioni estreme e delle portate al colmo di piena. La distribuzione utilizzata per l'analisi regionale delle piogge, rispettando una certa omogeneità di procedura per tutti i rapporti regionali VAPI, è la TCEV. Questa procedura ha mostrato una buona adattabilità alle serie storiche delle massime altezze di pioggia di durata variabile, anche in altre regioni meridionali, quali la Puglia (Vito Antonio Copertino e Mauro Fiorentino, 1994), la Campania (Rossi e Villani, 1994), la Calabria (Versace, Ferrari, Gabriele e Rossi, 1989) e la Sicilia (Cannarozzo e Ferro, 1991).

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

L'intensità di precipitazione,  $h(t, T)$ , che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione,  $d$ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno  $T$ . Tale curva ha solitamente la seguente notazione:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si è utilizzato il modello probabilistico TCEV, infatti recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria dimensionale così definita:

$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata,  $d$ , normalizzato rispetto alla media  $\bar{h}$  e successivamente sul calcolo  $\bar{h}(d)$  della per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno  $T$ :

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

dove i parametri della curva, a(T) ed n(T), vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

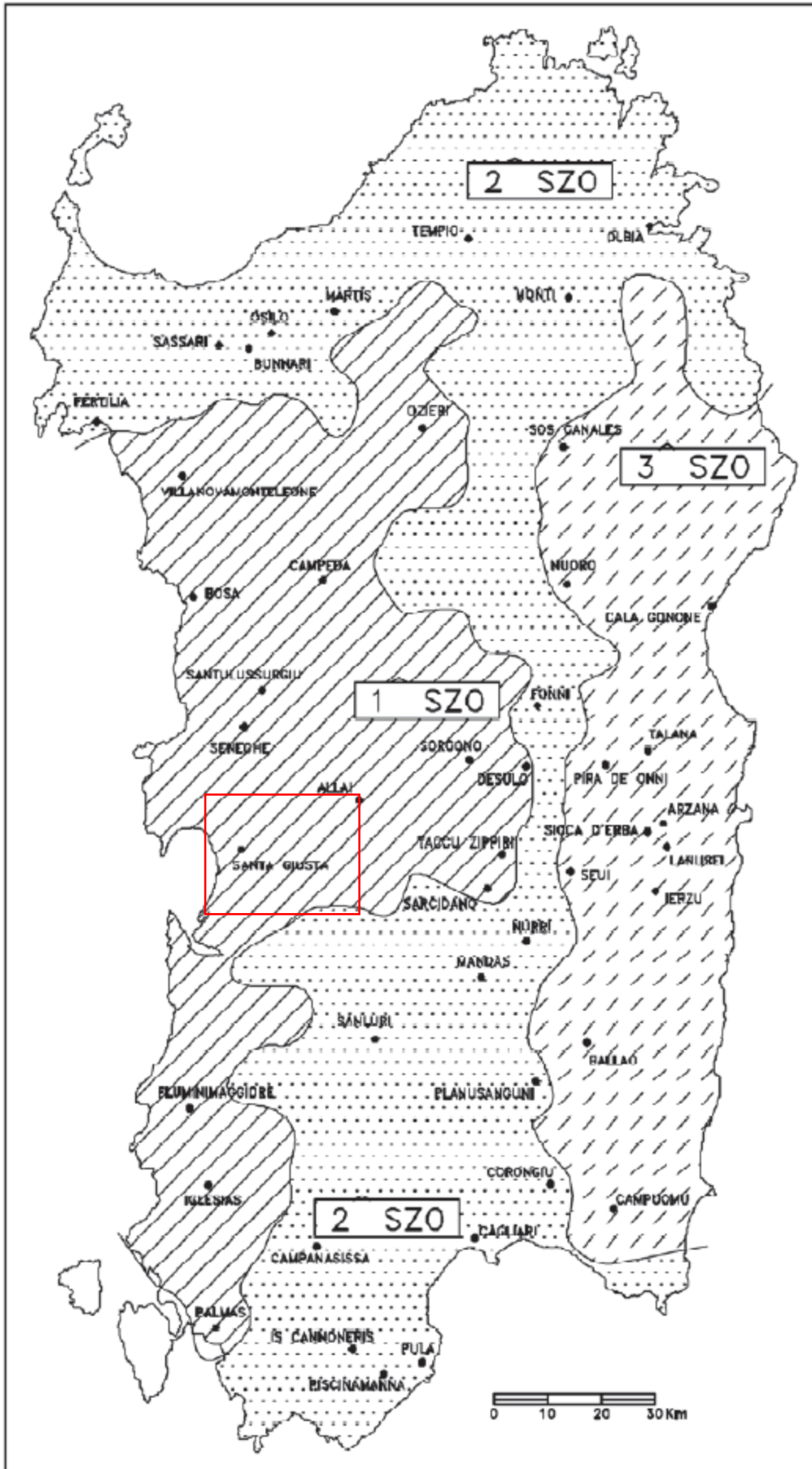
L'altezza di pioggia giornaliera hT con assegnato tempo di ritorno T in anni è data da :

**SZO 1**  $h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.69319 + 0.72015 \text{Log}_{10}T + 3.1364 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}T)^2]$   
**SZO 2**  $h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.60937 + 0.91699 \text{Log}_{10}T + 3.9932 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}T)^2]$   
**SZO 3**  $h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.47839 + 1.22460 \text{Log}_{10}T + 5.3321 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}T)^2]$

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)- 3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3} \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)- 3.36305 *10^{-2} * \text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3} * \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)- 3.8969 *10^{-2} * \text{Log}^2(T)$	$n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3} * \text{Log}(T)$

**Tabella 2 - Parametri della curva di possibilità climatica**

Il territorio di intervento rientra nella sottozona 1 (SZO 1). (Fig. 9)



**Figura 1** - Divisione delle sottozone omogenee SZO della Regione Sardegna

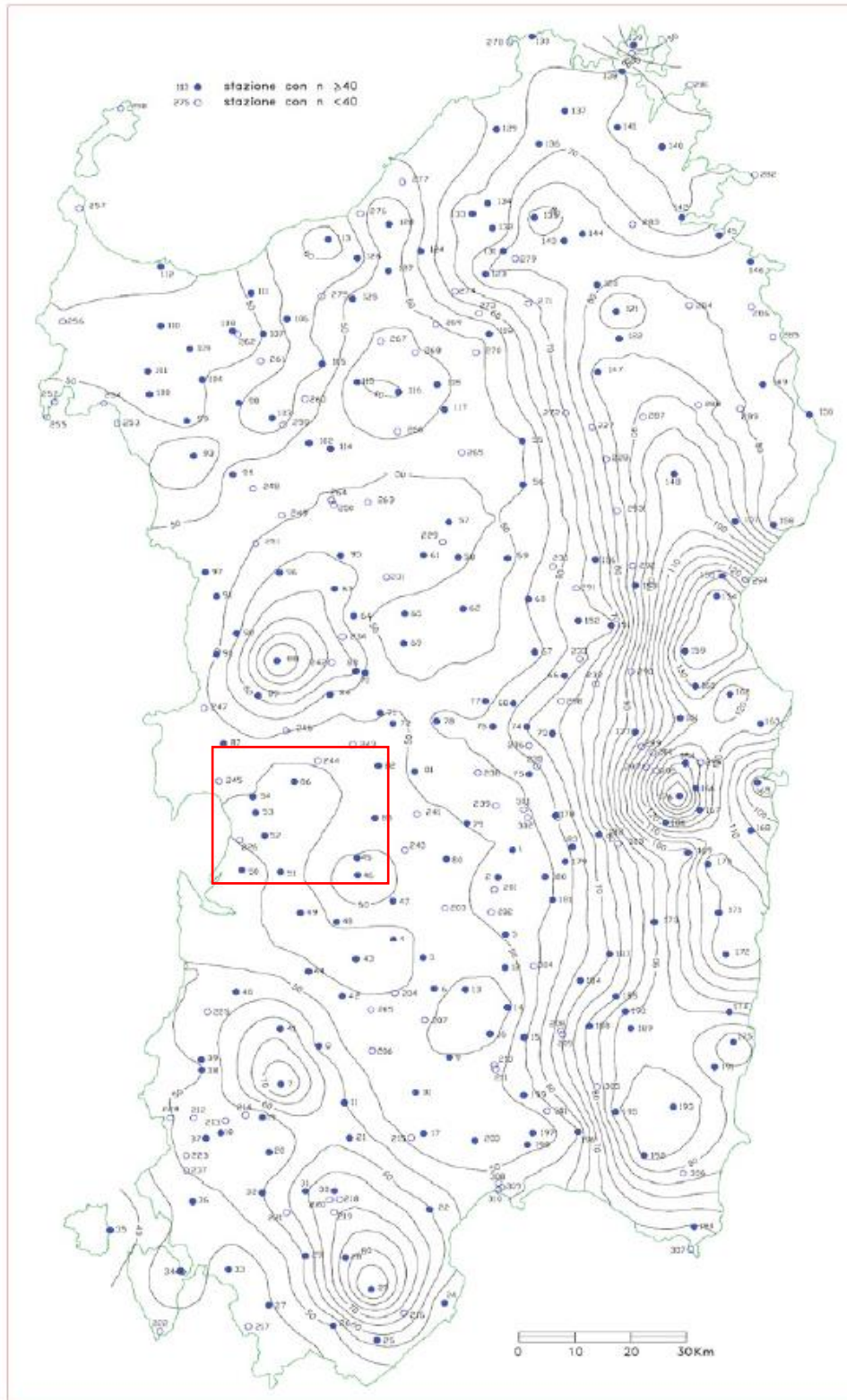
La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice,  $hm(d)$ , è funzione della pioggia



media giornaliera  $h_g$  secondo l'espressione:

$$h_m(d) = \frac{h_g}{0.886 \cdot 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(h_g))}} d^{(-0.493+0.476 \text{Log}(h_g))} \quad (7)$$

dove  $h_g$  si ricava dalla distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera sull'intera Sardegna (Figura 4). Per il caso in esame si può adottare il valore medio di 53.



**Figura 2** - Distribuzione spaziale della altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

#### 4.2 Tempo di Corrivazione

La scelta della formula per il calcolo del tempo di corrivazione è uno dei momenti critici della procedura qui descritta. Infatti, questo parametro è di tipo soggettivo e quindi la sua definizione è legata all'esperienza del progettista, che potrà avvalersi anche di quanto presente in letteratura o raccomandato dall'Autorità di Bacino, tenendo presente che una sottostima del tempo di corrivazione tenderà a fornire delle portate di maggior valore e viceversa.

Nell'ambito del presente studio, si è fatto riferimento a cinque diverse formulazioni, ciascuna riconosciuta affidabile per la stima del tempo di corrivazione di bacini idrografici di determinate estensioni.

Tutte le formulazioni risultano ampiamente documentate in letteratura e di consolidato uso nella pratica progettuale. Le formulazioni di Ventura, Pasini, Viparelli, SCS e Giandotti sono indicate nello studio VAPI come adatte ai bacini alla Sardegna.

Per bacini di superficie compresa tra 0.1 e 1 km<sup>2</sup> si può adottare la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.945 \left( \frac{L^3}{DH} \right)^{0.385} \quad (13)$$

dove:

$t_c$  è il tempo di corrivazione in ore;

$L$ , è la lunghezza dell'asta fluviale in km;

$DH$ , è il dislivello altimetrico tra gli estremi dell'asta, in metri.

Per bacini di superficie compresa tra 1 e 10 km<sup>2</sup> si può adottare la formula di Ventura:

$$t_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{i}} \quad (14)$$

dove:

$t_c$  è il tempo di corrivazione in ore;

$A$ , l'area del bacino in km<sup>2</sup>;

$i$ , è la pendenza media dell'asta fluviale in m/m.

Le Linee Guida del PAI ed il VAPI indicano come valida e particolarmente adatta per i piccoli bacini della Sardegna la formula di Pasini:

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{i}} \quad (15)$$

dove:

$t_c$  è il tempo di corrivazione in ore;

$A$ , l'area del bacino in km<sup>2</sup>;

$L$ , la lunghezza dell'asta fluviale in km;

$i$ , è la pendenza media del reticolo idrografico in m/m.

Secondo la formulazione del Viparelli il  $t_c$  è dato dalla seguente espressione:

$$t_c = \frac{L}{3.6V} \quad (16)$$

dove:

$L$ , è la lunghezza dell'asta fluviale in km;

$V$  = è la velocità media di scorrimento che si può porre pari a circa 1.5 m/s,

Per bacini con superfici superiori alla decina di km<sup>2</sup> si può adottare la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.5\sqrt{H_m - H_0}} \quad (17)$$

dove:

$t_c$  è il tempo di corrivazione in ore;

A, l'area del bacino in km<sup>2</sup>;

L, la lunghezza dell'asta fluviale in km;

$H_m$  l'altezza media del bacino in metri.

$H_0$  l'altezza del bacino alla sezione di chiusura in metri

Secondo la formulazione adottata dal Soil Conservation Service Il tempo di corrivazione ( $t_c$ ), espresso in ore, è definito da:

$$t_c = 1.67 \cdot 2.587 \frac{L^{0.8}}{1900\sqrt{S}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad (18)$$

dove

s = pendenza media del bacino (di versante, non dell'asta fluviale) [%];

L = lunghezza dell'asta [m]

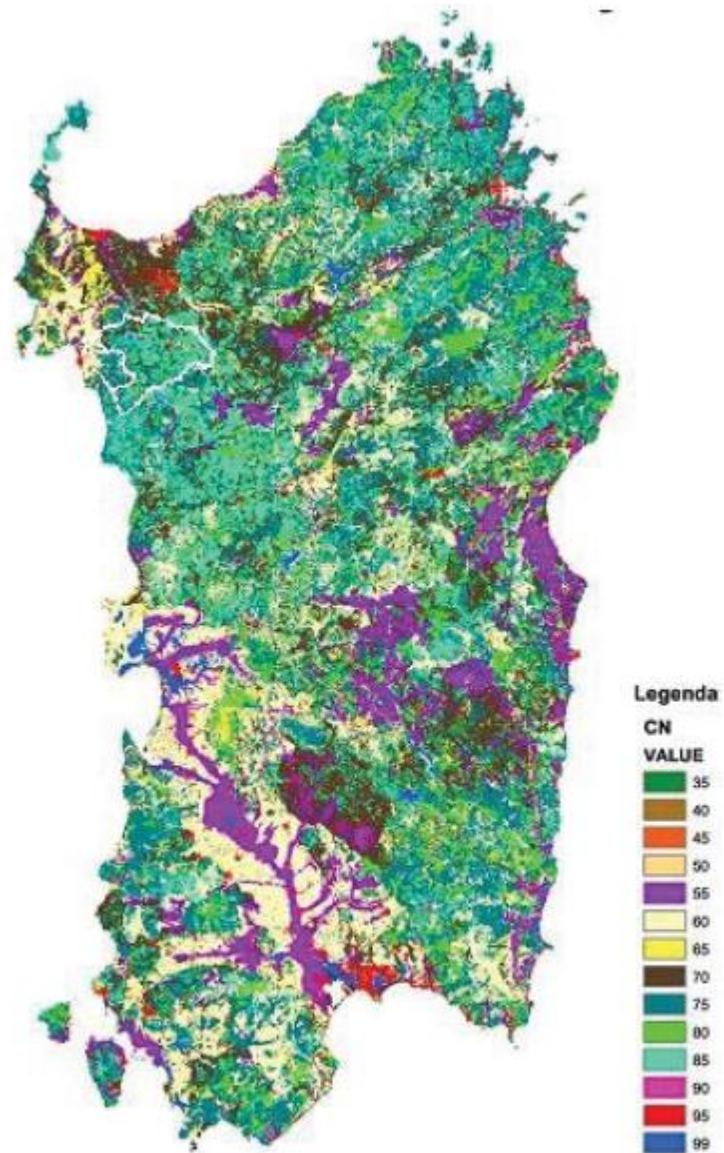
I valori del parametro di assorbimento CN sono stati ricavati secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale; tale attività è peraltro estesa su tutto il territorio nazionale.

La tavola dei fattori correttivi al Curve Number che si è infine desunta secondo la metodologia CIMA - Protezione Civile Nazionale, è riportata in forma completa nelle Tabelle seguenti:

DESCRIZIONE	ΔCN
Alternanza di metarenarie, quarziti e filladi (47b). Metarenarie e filladi a bt (47a). Successioni terrigene prevalentemente attribuite al Cambriano-Ordoviciano inf. e subordinatamente all'Ordoviciano sup. e al Devoniano-Carbonifero inf.)	5
Alternanza di quarziti, metarenarie, metapeliti e metasiltiti, metaconglomerati e breccie; olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana. (Carbonifero inf.)	10
Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalcalina, talora brecciati in colate, cupole di ristagno; lave andesitiche e dacitiche in cupole e filoni; andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalcalina a	10
Anfiboliti con relitti di paragenesi eclogitiche. (Precambriano)	15
Anfiboliti e anfiboliti ultramafiche con relitti di paragenesi granulitiche. (Precambriano)	15
Arenarie di San Vito e Formazione di Solanas: metarenarie micacee e quarziti alternate a metapeliti e rari metaconglomerati, con piste ed impronte di Meduse e Acritarchi; nella parte alta metapeliti viola, nere e verdastre, quarziti e metaconglomerati	10
Arenarie eoliche wurmiane (2c); Conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia (2b); Conglomerati, sabbie, argille più meno cementate (2a).	0
Arenarie marnose, siltiti, calcareniti sublitorali (9d). (Serravalliano med.- sup.)Marna e marna arenacee epibatiali	10
Argille rosso violacee, arenarie quarzoso-micacee e conglomerati di piana alluvionale, con intercalazioni di calcari silicizzati. (Permiano sup.- Trias medio p.p)Conglomerati, arenarie, breccie vulcaniche, calcari con selci lacustri e lenti di antra	10
Basalti alcalini e transizionali, trachibasalti, andesiti basaltiche e basalti subalcalini, intercalati, alla base, da depositi di tipo fluvio lacustri (5b). (Pliocene-Pleistocene)Trachiti, trachiti fonolitiche, fonoliti, fonoliti tefritiche e tefriti	10
Conglomerati a matrice argillosa e arenarie di derivazione alluvionale (8d).Calcarivacuolari e brecciati sopratidali e intertidali;	0
Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufiti, tufi pomiceo (10f). (Burdigagliano)Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali (10e)Calcar selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali con interca	0
Conglomerati, arenarie ed argille derivanti dallo smantellamento di sedimentimiocenici (Formazione di Samassi) (3b); Sabbie carbonatiche e siltiti argillose (3a).	0
Conglomerati, arenarie marnose, marna e calcareniti sublitorali (Plioc. inf.)	0
Dolomie, dolomie marnose e marna con gessi e argille. (Trias sup)Depositi carbonatici di piattaforma: calcari dolomitici e dolomie arenacee, calcari e calcari marnosi con rare intercalazioni gessose, circolitorali e transizionali. (Trias medio)	10
Filoni a composizione prevalentemente basaltica e comenditica. (Oligocene sup.- Miocene inf. medio)	10
Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaitica.(Pliocene-Pleistocene)	10
Filoni principali di porfidi granitici e ammassi di micrograniti, principali filoni aplitici e pegmatitiche.(Carbonifero sup.- Permiano)	10
Filoni principali di quarzo. (Carbonifero sup. Permiano)	10
Formazione di Cabitza: argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari, metasiltiti con rare lenti calcaree. (Cambriano inf.- Ordoviciano)	10
Formazione di Dorgali: dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici, da litorali a circa litorali; conglomerati, arenarie quarzose, siltiti ed argille fluvio-deltizi con livelli lignitiferi (Dogger-Malm)	5
Formazione di Gonnese (Metallifero Auct.): metacalcari e metadolomie; metadolomie e metacalcari stromatolitici. (Cambriano inf.)	5
Formazione di Nebida (Formazione delle Arenarie Auct.): metarenarie a cemento carbonatico, metadolomie, metacalcari oolitici e micritici, arenarie siltose con rare intercalazioni di calcari (63c). (Cambriano inf.)Filladi e metarenarie, talvolta con i	10
Formazione di Serra Tonnai: metavulcaniti intermedie o raramente basiche, metagrovacche vulcaniche; Formazione di Manixeddu: metaepiclastiti, metaconglomerati a prevalenti elementi di vulcaniti acide. Formazione di M.te Corte Cerbos: metarioliti, metac	5
Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale.	-5
Granitoidi a crd. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granitoidi foliati, principalmente granodioriti tonalitiche fino a tonaliti. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti tonalitiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti, monzogranitiche equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti, monzogranitiche inequigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Leucograniti a grt. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Leucograniti equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10



DESCRIZIONE	ΔCN
Marmi grigi, raramente dolomitici, con alternanze filladiche, localmente fossiliferi. (Devoniano)	5
Metacalcari nodulari. (Devoniano) Metacalcari a graptoliti. (Siluriano-Devoniano inf.)	10
Metacalcari nodulari; sottili alternanze di metacalcari e metasiltiti (49b). (Devoniano inf. medio-Tournaisiano inf.) Marmi talvolta dolomitici e calcescisti (49a). (Devoniano- Carbonifero inf.)	10
Metaconglomerati, metarosi, metesiltiti, metagrovacche, con intercalazioni di metabasiti alcaline;metacalcareniti e metacalcari fossiliferi spesso silicizzati. (Caradoc-Ashgill)	10
Metagabbri alcalini (45b). (Carbonifero inf.)Filladi scure carboniose, metasiltiti, quarziti nere con rare e sottili intercalazioni di marmi (45a). (Devoniano)	10
Metapeliti scure carboniose, nella parte inferiore livelli di quarziti nere a graptoliti, nelle partesuperiore metacalcari nodulari. (Siluriano inf.-Devoniano inf.)	5
Metapeliti scure carboniose; nella parte inferiore quarziti nere a graptoliti. (Siluriano inf.)	15
Metarenarie, quarziti, filladi, metaconglomerati ad elementi di liditi, olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana e ordoviciana, e metavulcaniti basiche alcaline, talora a pillow.(Carbonifero inf.)	10
Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; alla base sono presentiquarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti,metagrovacche. (Ordoviciano medio)	15
Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufi; metaconglomeraticon olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana daalluvionale a costiera. (Caradoc-Ashgill)	10
Metavulcaniti acide, intermedie e basiche e metaepiclastiti. (Ordoviciano medio)	10
Miscascisti e paragneiss a grt+/-oligoclasio. (Paleozoico)	10
Migmatiti leucocratiche, nebuliti, magmatiti, gneiss, talora con lenti a silcati di calcio. ( Precambriano)	10
Monzograniti equigranulari (28b). Monzograniti inequigranulari (28a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Ortogneiss granodioritici e granitici. ( Ordoviciano medio)	10
Ortogneiss granodioritici e monzogranitici. ( Precambriano)	10
Ortogneiss granodioritici. (Ordoviciano medio)	15
Paragneiss, miscascisti a grt+/-st+/-ky e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia, miloniti di variabile grado metamorfico tra la facies anfibolitica e quella degli scisti verdi. (Paleo-zoico)	10
Paragneiss, miscascisti e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia con sovraimprontadi alta temperatura. (Paleozoico)	10
Porfidi grigi: metariodaciti e metadaciti massive, spesso porfiriche, metatufi e metatufiti; metavulcanitiriolitiche metatufiti e metaepiclastiti; metaconglomerati poligenici grossolani, con clasti di metarioliti. (Ordoviciano medio)	15
Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica ad affinita calcalcalina e subordinatamente shoshonitica. (Carbonifero sup.- Permiano)	10
Rioliti e riolaciti in espandimenti ignimbrici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, breccieandesitiche, subordinati espandimenti dacitici; rioliti alcaline in espandimenti ignimbrici.(Carbonifero sup.-Permiano sup.- Trias inf.)	10
Rioliti e riolaciti, daciti porfiriche vetrose e bollose. (Pliocene)	15
Rioliti, riolaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole diristagno e rare colate a cui si associano prodotti freatomagmatici; talora livelli epiclastici intercalati. (Oligocene sup.-Miocene inf. medio)	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, calcari dolomitici,calcariolitici e calcari bioclastici, sublitorali;	5
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, marne e calcareniti glauconitiche sublitorali e localmente calcari lacustri (16b). (Cenomaniano-Campaniano)Sardegna orientale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari marnosi e	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: dolomie e calcari dolomitici, calcariolitici, calcari ad oncoidi, calcari selciferi, calcari micritici, calcari marnosi e marne; alla sommitadolomie e calcari dolomitici scuri lacustri (18b	5
Sardegna orientale: calcari, calcari maenosi e marne argillose sublitorali (14b).Arenarie e conglomerati poligenici piu o meno quarzosi fluvio-deltizi (14a). (Ypresiano-Lutezianoinf.)	10
Sieniti sodiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Sulcis e Trexenta: calcari litorali e transizionali, calcari marnosi, marne e argille continentali e paralico-transizionali con depositi di carbone; alla base sono presenti, arenarie e conglomerati di piana alluvionale. (Paleocene sup.-Eocene inf. m	0
Tonaliti (33b). Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (33a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10



**Figura 3** – Carta del parametro CN

Nel caso in esame si è assunto il valore di CN comprensivo del fattore correttivo litologico pari a 80.

## Sintesi dei risultati per i bacini idrologici analizzati

### Bacino 01

Superficie S	0.270	Kmq	
Lunghezza L	0.113	Km	
Quota massima Hmax	299	m.s.l.m.	
Quota Sez Chius Ho	251	m.s.l.m.	
Altezza Media Hm	<b>267</b>	m.s.l.m.	
Pendenza Media asta fluviale Jm	42.478	%	
Tcorrivaz tc	0.052	ore	<b>PASINI</b>
Velocità media del flusso	0.606		
Pendenza Media versante iv	<b>0.425</b>		

### Tabella di sintesi Tc

Metodo di Giandotti	0.7025
Metodo di Ventura	0.3202
<b>Metodo di Pasini</b>	<b>0.0518</b>
Metodo di Viparelli	0.0314
Metodo di Pezzoli	0.0095
Metodo di Puglisi	0.007
Metodo di Kirpich	0.0174
Metodo Pratico	0.1864
Metodo di Tournon	0.6178
Metodo SCS	0.0367
Media esclusi estremi	0.229

### Bacino 02

Superficie S	0.273	Kmq	
Lunghezza L	0.788	Km	
Quota massima Hmax	384	m.s.l.m.	
Quota Sez Chius Ho	318	m.s.l.m.	
Altezza Media Hm	<b>341</b>	m.s.l.m.	
Pendenza Media asta fluviale Jm	8.376	%	
Tcorrivaz tc	0.224	ore	<b>PASINI</b>
Velocità media del flusso	0.979		
Pendenza Media versante iv	<b>0.084</b>		

### Tabella di sintesi Tc

Metodo di Giandotti	0.8528
Metodo di Ventura	0.7251
<b>Metodo di Pasini</b>	<b>0.2236</b>
Metodo di Viparelli	0.2189
Metodo di Pezzoli	0.1498
Metodo di Puglisi	0.3073
Metodo di Kirpich	0.0325
Metodo Pratico	0.805
Metodo di Tournon	0.5967
Metodo SCS	0.3907
Media esclusi estremi	0.451

### Bacino 03

Superficie S	0.220	Kmq	
Lunghezza L	0.554	Km	
Quota massima Hmax	384	m.s.l.m.	
Quota Sez Chius Ho	324	m.s.l.m.	
Altezza Media Hm	<b>346</b>	m.s.l.m.	
Pendenza Media asta fluviale Jm	10.830	%	
Tcorrivaz tc	0.163	ore	<b>PASINI</b>
Velocità media del flusso	0.946		
Pendenza Media versante iv	0.108		

#### Tabella di sintesi Tc

Metodo di Giandotti	0.7215
Metodo di Ventura	0.5724
<b>Metodo di Pasini</b>	<b>0.1627</b>
Metodo di Viparelli	0.1539
Metodo di Pezzoli	0.0926
Metodo di Puglisi	0.1568
Metodo di Kirpich	0.0294
Metodo Pratico	0.5858
Metodo di Tournon	0.5245
Metodo SCS	0.2592
Media esclusi estremi	0.343

### Bacino 04

Superficie S	0.156	Kmq	
Lunghezza L	0.484	Km	
Quota massima Hmax	300	m.s.l.m.	
Quota Sez Chius Ho	256	m.s.l.m.	
Altezza Media Hm	<b>278</b>	m.s.l.m.	
Pendenza Media asta fluviale Jm	9.091	%	
Tcorrivaz tc	0.151	ore	<b>PASINI</b>
Velocità media del flusso	0.888	m/s	
Pendenza Media versante iv	0.091		

#### Tabella di sintesi Tc

Metodo di Giandotti	0.6145
Metodo di Ventura	0.5261
<b>Metodo di Pasini</b>	<b>0.1514</b>
Metodo di Viparelli	0.1344
Metodo di Pezzoli	0.0883
Metodo di Puglisi	0.1327
Metodo di Kirpich	0.0315
Metodo Pratico	0.545
Metodo di Tournon	0.4744
Metodo SCS	0.2539
Media esclusi estremi	0.306



#### 4.3 Altezza di pioggia ragguagliata (hr)

Seguendo le indicazioni delle su citate Linee Guida del PAI, è stato valutato un coefficiente di ragguaglio delle piogge all'area, per tener conto della disuniformità delle precipitazioni sulle superfici interessate. Il coefficiente di ragguaglio  $r(d, A)$ , legato alla durata della precipitazione  $d$ , e alla superficie del bacino  $A$ , è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata nel VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report (Wallingford Institute UK, 1997).

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \Phi (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A))) \text{ per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \Phi (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(A))) \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

in cui  $\Phi$  è la durata della precipitazione ed  $A$  è la superficie del bacino (espressa in kmq).

**Nel caso in esame cautelativamente non si applicherà alcuna riduzione alla pioggia indice con valore di  $r=1.00$ .**

#### 4.4 PIENA MEDIA ANNUA, PORTATA AL COLMO

Per la stima delle portate al colmo dei bacini di superficie inferiore a 60 km<sup>2</sup>, si fa riferimento alla Formula Razionale, secondo le indicazioni contenute nelle Linee guida sopra citate, che si richiama nel seguito.

La portata di piena è espressa come prodotto tra l'intensità di precipitazione ( $i$ ), di assegnata durata e periodo di ritorno ( $T_r$ ), il coefficiente di assorbimento ( $\Phi$ ), la superficie del bacino ( $A$ ), il coefficiente di laminazione  $\varepsilon(t)$ :

$$Q = i[\Theta, T_r, r(\Theta, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\Theta) \quad (12)$$

dove con  $\Theta$  si è indicato il valore di durata critica, mentre  $r(\Theta, A)$ , rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata  $\Theta$  e della superficie del bacino  $A$ . Vengono nel seguito descritte le ipotesi e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

Il calcolo della portata al colmo deve essere determinato sulla base di una forma predefinita di idrogramma e quindi uguagliando l'apporto meteorico efficace al volume di deflusso. La forma dell'idrogramma qui proposta è quella del Ghirardelli, ossia il classico idrogramma triangolare, avente tempo di risalita e tempo di discesa pari al tempo di corrivazione. Pertanto il valore della portata al colmo risulta:

$$Q_T(\Theta) = \frac{i_{n,T}(\Theta) \cdot A \cdot \varepsilon}{3.6} \quad (23)$$

dove:

$Q_T$  è la portata al colmo

$i_n$  è l'intensità di pioggia netta

$\varepsilon$  il coefficiente di laminazione o di invaso

$A$  è la superficie del bacino

$\Theta$  è la durata critica posta pari al  $t_c + t_f$  equivalente al 40% del  $t_c$

In via cautelativa, in considerazione della modesta estensione dei bacini, è stato posto  $\varepsilon=0.80$  sulla base della natura litologica e copertura dei terreni analizzati.

	<b>t<sub>c</sub></b>	<b>t<sub>f</sub></b>	<b>O</b>
	ore	ore	ore
<b>Sez. int.01</b>	0.052	0.021	0.073
<b>Sez. int.02</b>	0.224	0.090	0.314
<b>Sez. int.03</b>	0.163	0.065	0.228
<b>Sez. int.04</b>	0.151	0.060	0.211

*Stima della durata critica per ogni sottobacino considerato*

#### 4.5 Calcolo dell'altezza di pioggia puntuale lorda

La stima degli afflussi meteorici sui bacini e conseguentemente il calcolo dell'altezza di pioggia puntuale di assegnato tempo di ritorno viene effettuato adottando la metodologia regionale studiata nell'ambito del VAPI Sardegna.

Tale scelta deriva dal fatto che le stazioni pluviometriche più prossime ai bacini in oggetto non risultano provviste di serie storiche di dati di estensione significativa per l'analisi probabilistica, mentre l'analisi regionalizzata può contare su campioni di dati molto più numerosi.

Data la scelta metodologica effettuata, per ovvie ragioni, i parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di possibilità pluviometrica adottate sono stati assunti costanti sui bacini ipotizzandone una distribuzione geografica uniforme sul territorio.

La pioggia indice  $\mu(\tau)$  di durata  $\tau$  (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata  $\tau$ ) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1} \quad (21)$$

dove i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu_g$ ,

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \cdot \text{Log}(\mu_g)$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  viene stimata sulla base della carta delle isoiete riportate in Figura 4.

**Nello studio in esame si è adottato per la pioggia indice giornaliera il valore di 53.**

L'altezza di pioggia  $h_T(\tau)$  di durata generica  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(\tau)$  per un coefficiente di crescita  $K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) \cdot K_T(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1 n_2)} \quad (22)$$

dove i coefficienti  $a_2$  e  $n_2$  si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti  $T$  e  $\tau$ :

a) **per tempi di ritorno  $T < 10$  ANNI**

*SZO 1*

$$a_2 = 0.66105 + 0.85994 \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

$$n_2 = -1.3558 \cdot 10^{-4} - 1.3660 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

*SZO 2*

$$a_2 = 0.64767 + 0.89360 \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

$$n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-3} + 3.2950 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

*SZO 3*

$$a_2 = 0.62408 + 0.95234 \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

$$n_2 = -2.5392 \cdot 10^{-2} + 4.7188 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

b) per tempi di ritorno T > 10 ANNI

*SZO 1*

$$a_2 = 0.46378 + 1.0386 \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

$$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \cdot \text{Log}_{10}(T) - 3.3330 \cdot 10^{-2} \cdot [\text{Log}_{10}(T)]^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora});$$

$$n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}_{10}(T) \quad (\text{per } \tau > 1 \text{ ora});$$

*SZO 2*

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

$$n_2 = -0.18676 + 0.24310 \cdot \text{Log}_{10}(T) - 3.5453 \cdot 10^{-2} \cdot [\text{Log}_{10}(T)]^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora});$$

$$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}_{10}(T) \quad (\text{per } \tau > 1 \text{ ora});$$

*SZO 3*

$$a_2 = 0.41273 + 1.1370 \cdot \text{Log}_{10}(T);$$

$$n_2 = -0.19055 + 0.25937 \cdot \text{Log}_{10}(T) - 3.8160 \cdot 10^{-2} \cdot [\text{Log}_{10}(T)]^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora});$$

$$n_2 = 1.5878 \cdot 10^{-2} + 7.6250 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}_{10}(T) \quad (\text{per } \tau > 1 \text{ ora});$$

Nota la durata critica, le formule permettono di calcolare l'altezza di pioggia lorda. Per la definizione della durata critica, vale quanto riportato al paragrafo precedente, ovvero che la stima del tempo di formazione si effettua in modo iterativo nella relazione che lo lega alla definizione della pioggia netta.

## 5. REPORT ANALISI

Tabelle di calcolo Pioggia Indice/Pioggia ragguagliata per i sottobacini minori

<b>Sez. int.01</b>	Q30	Q50	Q100	Q200	Q500	<b>A</b>	<b>tc</b>	<b>O</b>
<b>T (anni)</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>kmq</b>	ore	ore
a2	1.9979	2.2283	2.5410	2.8536	3.2669	0.270	0.052	0.073
n2	0.0830	0.1106	0.1428	0.1690	0.1943		<b>μ(g)</b>	
<b>KT (SZO1)</b>	0.1658	0.2465	0.3629	0.4823	0.6349		53	
hT (mm)	17.8692	19.9300	22.7263	25.5226	29.2192	<b>Pioggia Indice</b>	<b>h<sub>T</sub>(τ)</b>	
u (mm kmq)	66.1823	73.8149	84.1716	94.5283	108.2192	<b>mm</b>	8.9439	

<b>Sez. int.02</b>	Q30	Q50	Q100	Q200	Q500	<b>A</b>	<b>tc</b>	<b>O</b>
<b>T (anni)</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>kmq</b>	ore	ore
a2	1.9979	2.2283	2.5410	2.8536	3.2669	0.273	0.224	0.314
n2	0.0830	0.1106	0.1428	0.1690	0.1943		<b>μ(g)</b>	
<b>KT (SZO1)</b>	0.1658	0.2465	0.3629	0.4823	0.6349		53	
hT (mm)	28.8392	32.1651	36.6781	41.1910	47.1569	<b>Pioggia Indice</b>	<b>h<sub>T</sub>(τ)</b>	
u (mm kmq)	105.6380	117.8208	134.3519	150.8829	172.7358	<b>mm</b>	14.4346	

<b>Sez. int.03</b>	Q30	Q50	Q100	Q200	Q500	<b>A</b>	<b>tc</b>	<b>O</b>
<b>T (anni)</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>kmq</b>	ore	ore
a2	1.9979	2.2283	2.5410	2.8536	3.2669	0.220	0.163	0.228
n2	0.0830	0.1106	0.1428	0.1690	0.1943		<b>μ(g)</b>	
<b>KT (SZO1)</b>	0.1658	0.2465	0.3629	0.4823	0.6349		53	
hT (mm)	25.9856	28.9824	33.0489	37.1153	42.4908	<b>Pioggia Indice</b>	<b>h<sub>T</sub>(τ)</b>	
u (mm kmq)	118.1164	131.7383	150.2221	168.7058	193.1400	<b>mm</b>	13.0063	

<b>Sez. int.04</b>	Q30	Q50	Q100	Q200	Q500	<b>A</b>	<b>tc</b>	<b>O</b>
<b>T (anni)</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>kmq</b>	ore	ore
a2	1.9979	2.2283	2.5410	2.8536	3.2669	0.156	0.151	0.211
n2	0.0830	0.1106	0.1428	0.1690	0.1943		<b>μ(g)</b>	
<b>KT (SZO1)</b>	0.1658	0.2465	0.3629	0.4823	0.6349		53	
hT (mm)	25.3424	28.2650	32.2308	36.1966	41.4391	<b>Pioggia Indice</b>	<b>h<sub>T</sub>(τ)</b>	
u (mm kmq)	162.4513	181.1862	206.6078	232.0295	265.6351	<b>mm</b>	12.6844	

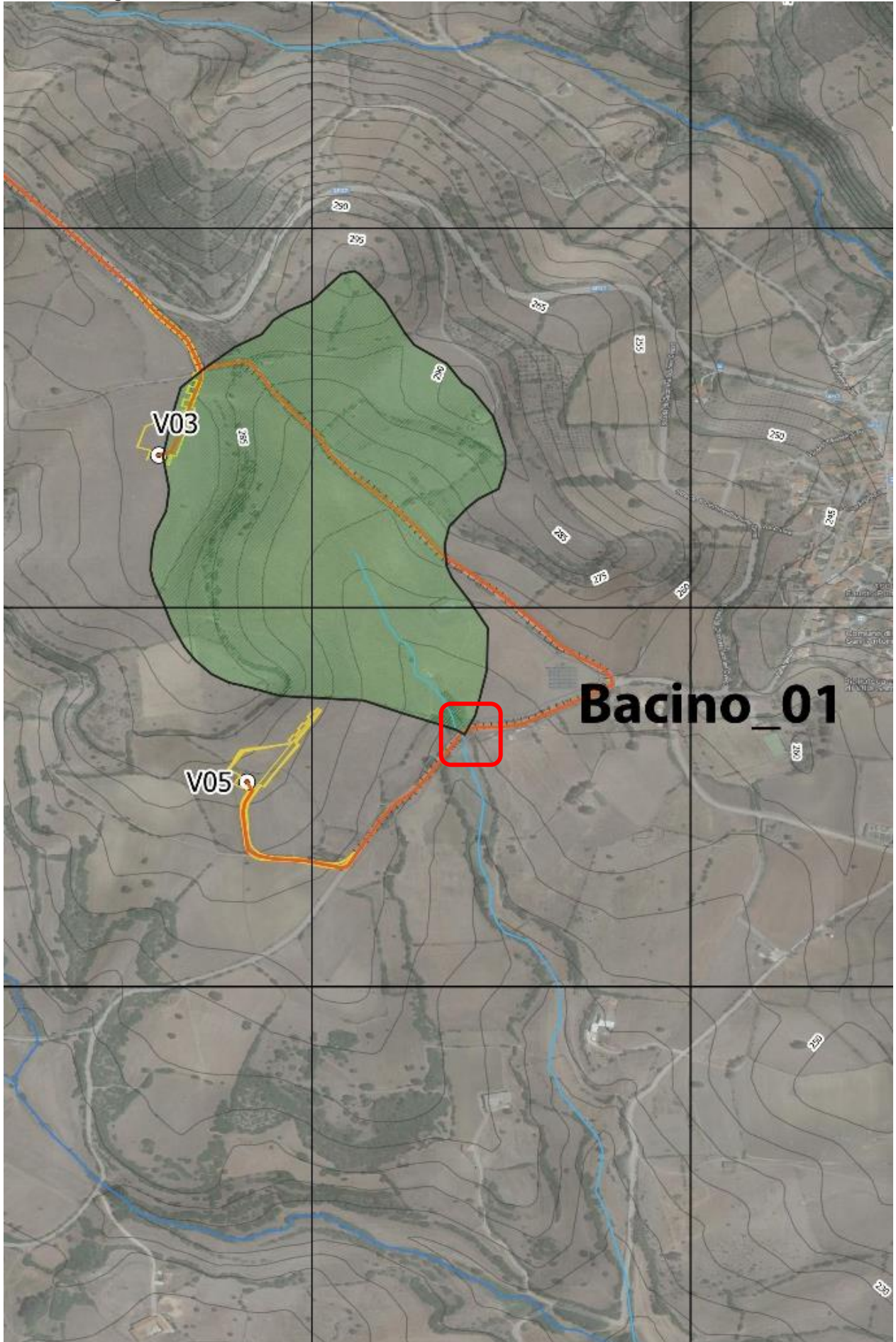
							QT				
	A	tc	tf	O	r	ε	Q30	Q50	Q100	Q200	Q500
	kmq	ore	ore	ore			mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s
<b>Sez. int.01</b>	<b>0.270</b>	0.052	0.021	0.073	1.00	0.80	1.07	1.20	1.36	1.53	1.75
<b>Sez. int.02</b>	<b>0.273</b>	0.224	0.090	0.314	1.00	0.80	1.75	1.95	2.23	2.50	2.86
<b>Sez. int.03</b>	<b>0.220</b>	0.163	0.065	0.228	1.00	0.80	1.27	1.42	1.20	1.81	2.08
<b>Sez. int.04</b>	<b>0.156</b>	0.151	0.060	0.211	1.00	0.80	0.88	0.98	1.12	1.25	1.44

Portate per assegnato tempo di ritorno relative ai sottobacini minori



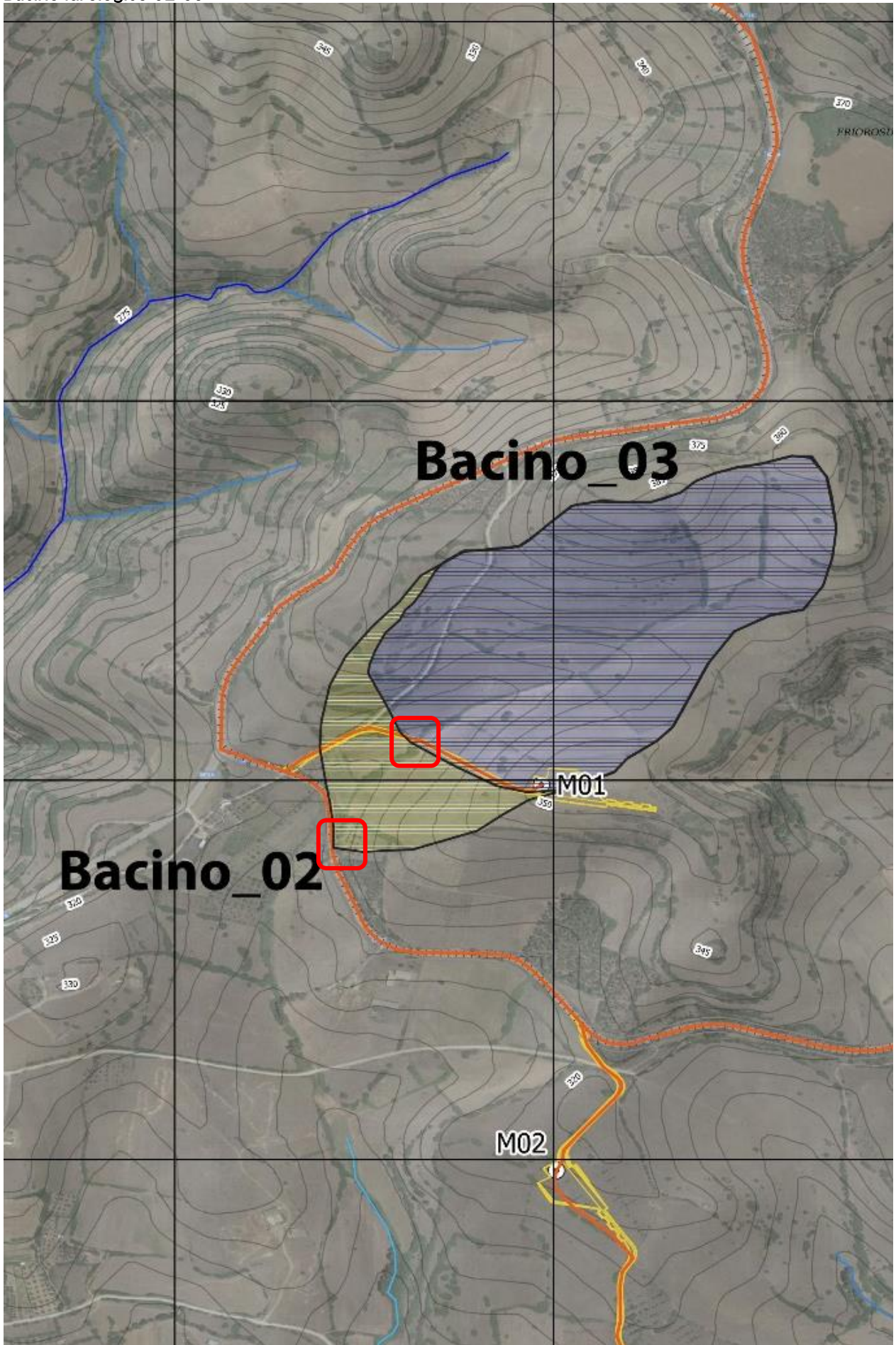
Stralci cartografici di dettaglio interferenze analizzate:

Bacino Idrologico 01





Bacino Idrologico 02-03



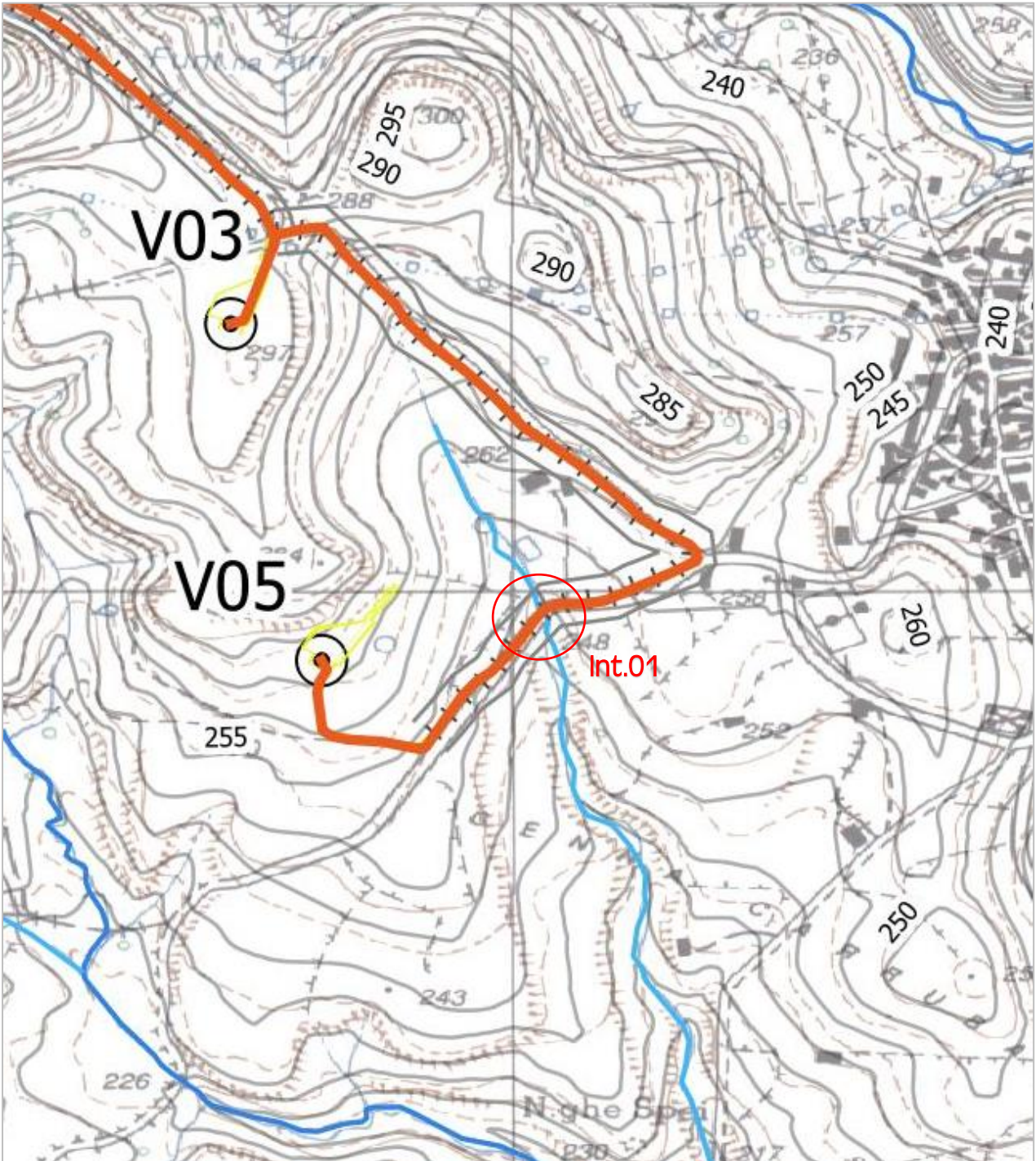


Bacino Idrologico 04



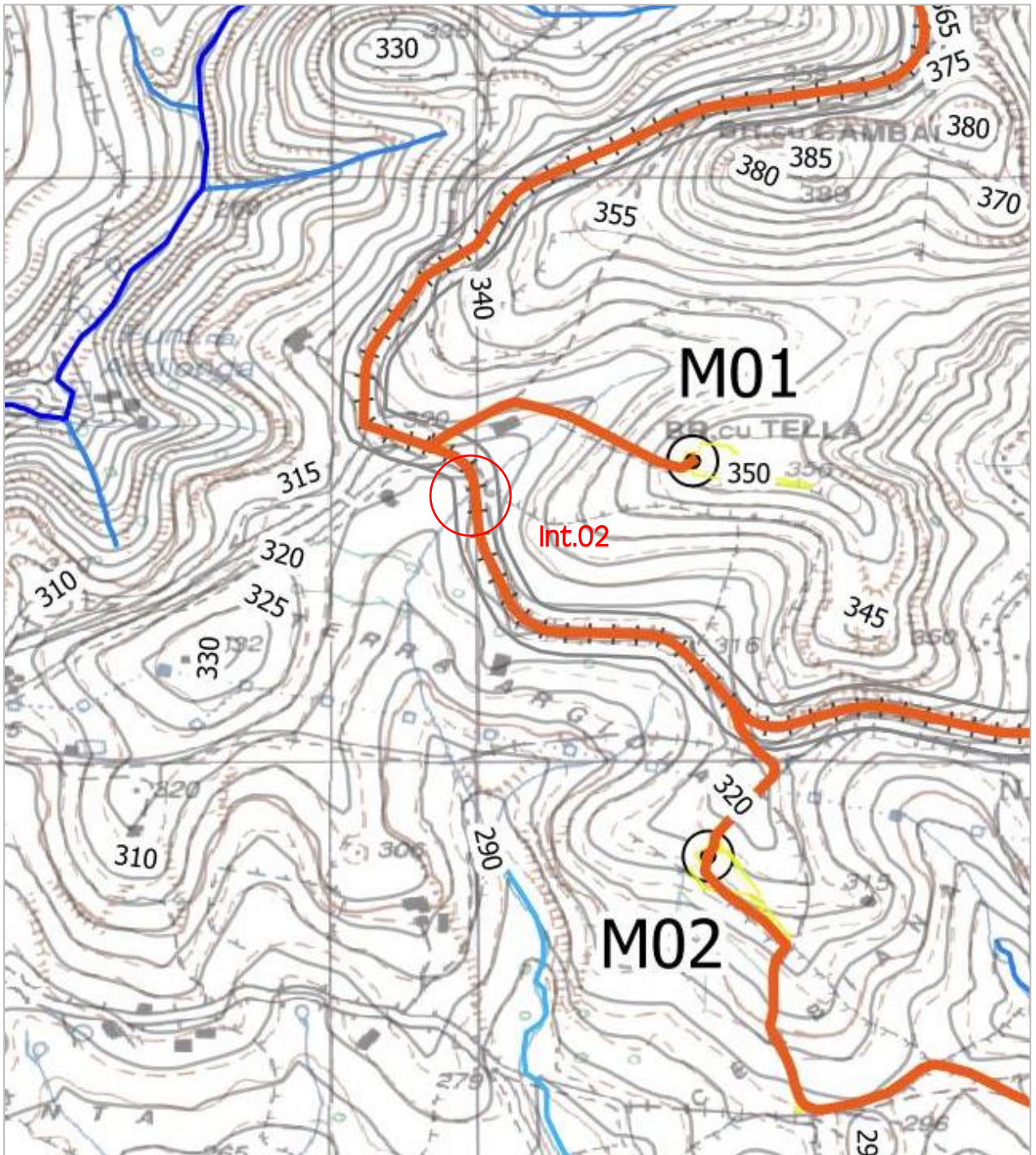


Int.01



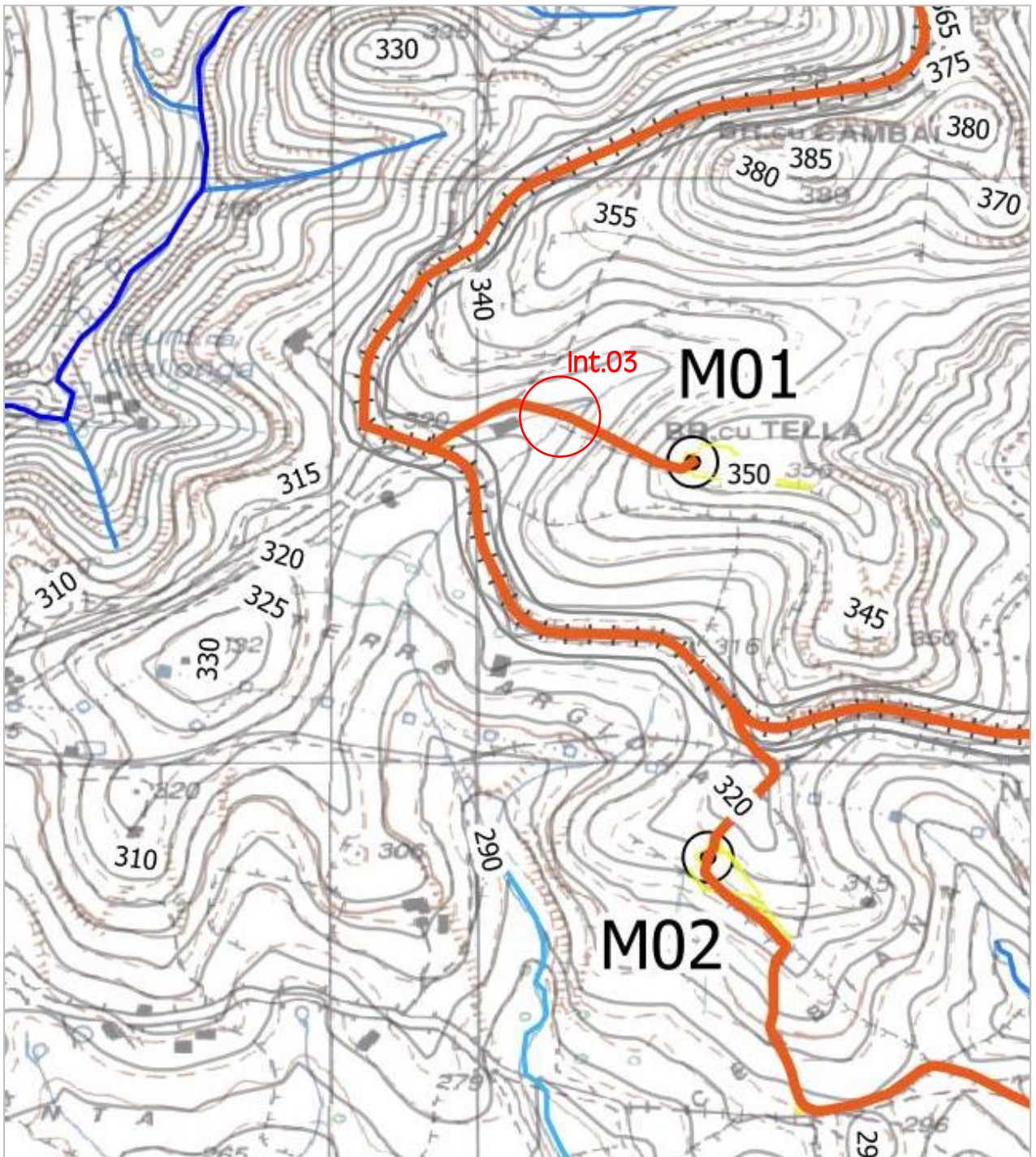


Int.02





Int.03





Int.04

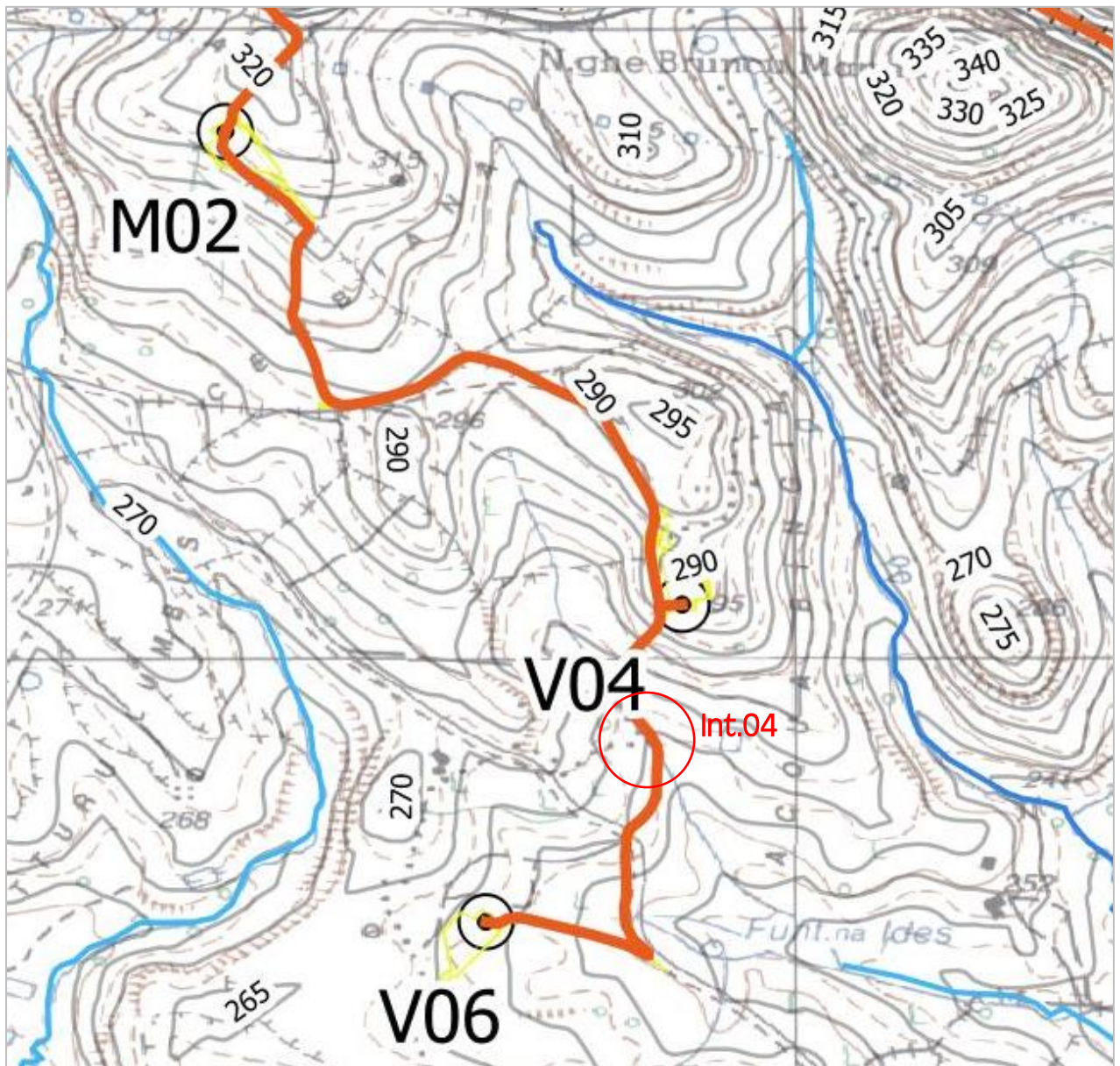


Tabella 3 - *Analisi Interferenze*

Sez. Int.	Opera	Int. Fascia di rispetto	Int. Reticolo idrografico	Bacino sotteso alla sezione kmq	$h_T(\tau)$ mm	QT100 mc/s	$uT100$ mm / kmq	Tirante QT100 m	QT200 mc/s	$uT200$ mm / kmq	Tirante QT200 m	Presenza di manufatti	Tipologia cavidotto	Sezioni di Posa	Risoluzione Interferenza	Note	Sezione idrica
1	cavidotto V05-V03	NO	SI	0.2700	8.9439	1.3636	84.1716		1.5314	94.5283		SI	int. MT	ASF	staffatura su cordolo superiore o attraversamento sopra opera idraulica esistente o TOC	le soluzioni tecniche previste sono dimensionate in relazione ai parametri dimensionali del bacino scolante ed all'esterno della fascia di esondazione QT200	scatolare
2	cavidotto presso M01, da M02 verso SSE	NO	SI	0.2730	14.4346	2.2251	134.3519		2.4989	150.8829		NO	int. MT	ASF	staffatura su cordolo superiore o attraversamento sopra opera idraulica esistente o TOC	le soluzioni tecniche previste sono dimensionate in relazione ai parametri dimensionali del bacino scolante ed all'esterno della fascia di esondazione QT200	scatolare
3	cavidotto verso M01 e viabilità interna	NO	SI	0.2200	13.0063	1.1971	150.2221		1.8145	168.7058		NO	int. MT	CAMP	attraversamento con TOC o scatolare o tombino idraulico	le soluzioni tecniche previste sono dimensionate in relazione ai parametri dimensionali del bacino scolante e della portata QT200	trapezoidale
4	cavidotto V04-V06 e viabilità interna	NO	SI	0.1560	12.6844	1.1173	206.6078		1.2548	168.7058		NO	int. MT	CAMP	attraversamento con TOC o scatolare o tombino idraulico	le soluzioni tecniche previste sono dimensionate in relazione ai parametri dimensionali del bacino scolante e della portata QT200	trapezoidale

San Benedetto Tr. 04.03.2022

dott. Geol. Alessandro Mascitti

*Alessandro Mascitti*  