

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

## AREN Green S.r.l.

Società soggetta alla direzione e coordinamento di AREN Electric Power S.p.A.  
Sede legale e amministrativa: Via dell'Arrigoni n. 308 | 47522 Cesena (FC) | Ph. +39 0547 415245  
Iscritta nel Registro delle Imprese della Romagna – Forlì-Cesena e Rimini | REA 326908 | C.F./P.Iva 04032170401

COMUNI DI SALEMI, MARSALA E TRAPANI (TP)  
LOCALITÀ “CONTRADA MIRABILE”

# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **“MIRABILE”**

REDAZIONE / PROGETTISTA:

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

CODICE ELABORATO:

**MIRDT\_GENR00500\_00**

FORMATO:

**A4**

Nr. EL.:

**/**

FASE:

**PROGETTO  
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	27/05/2024	V.Puleo	E.Teodorani	S.Ulivi
01					
02					
03					
04					



# **AREN GREEN SRL**



## **PARCO EOLICO MIRABILE**

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA**

### **Redazione**

**ING. FRANCESCO GIUSEPPE INCALCATERRA**

**ING. VINCENZO PULEO**

### **Proponente**

**AREN GREEN SRL**

**DATA:** LUG 2024

**RIF:** PROGETTO 02-2024

## Sommaio

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b>	<b>4</b>
<b>2.1.</b>	<b>INQUADRAMENTO IGM 1:25.000</b>	<b>5</b>
<b>2.2.</b>	<b>INQUADRAMENTO CTR 1:10.000</b>	<b>6</b>
<b>2.3.</b>	<b>INQUADRAMENTO CATASTALE</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E STRUMENTI DI TUTALE OPERANTI NEL CONTESTO PAESAGGISTICO</b>	<b>8</b>
<b>3.1.</b>	<b>PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO – P.A.I.</b>	<b>8</b>
<b>3.2.</b>	<b>VINCOLO IDROGEOLOGICO</b>	<b>13</b>
<b>3.3.</b>	<b>PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE</b>	<b>16</b>
3.3.1.	AMBITO 3 DELLA PROVINCIA DI TRAPANI – “AREA DELLE COLLINE DEL TRAPANESE”	17
<b>3.4.</b>	<b>RETE NATURA 2000</b>	<b>19</b>
<b>4.</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO</b>	<b>21</b>
<b>4.1.</b>	<b>ANALISI IDROGRAFICA NELL'AREA DELL'IMPIANTO</b>	<b>21</b>
<b>4.2.</b>	<b>INTERAZIONE TRA LE OPERE IN PROGETTO E IL RETICOLO IDROGRAFICO</b>	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA</b>	<b>26</b>
<b>5.1.</b>	<b>MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI</b>	<b>27</b>
5.1.1.	DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI	28
5.1.2.	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	29
5.1.3.	INTENSITÀ CRITICA	30
5.1.4.	PORTATA MASSIMA ATTESA	36
<b>6.</b>	<b>OPERE IDRAULICHE</b>	<b>38</b>
<b>6.1.</b>	<b>OPERE IDRAULICHE MINORI</b>	<b>38</b>
<b>6.2.</b>	<b>VERIFICA ATTRAVERSAMENTI</b>	<b>42</b>
6.2.1.	ATTRAVERSAMENTO ATT.CM01.01	43
6.2.2.	ATTRAVERSAMENTO ATT.CM02.01	45
6.2.3.	ATTRAVERSAMENTO ATT.CM03.01	47
6.2.4.	ATTRAVERSAMENTO ATT.CM04.01	49
6.2.5.	ATTRAVERSAMENTO ATT.CM05.01	51
6.2.6.	ATTRAVERSAMENTO ATT.CM07.01	53
<b>6.3.</b>	<b>ALTEZZA DEL RUSCELLAMENTO SUL SUOLO</b>	<b>55</b>
<b>7.</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>56</b>

## 1. PREMESSA

La società *Geo 3 di Ardagna & C Srl* è stata incaricata dalla *Aren Green srl* per redigere lo studio idrologico – idraulico del progetto definitivo dell’impianto eolico denominato “*Mirabile*”, costituito da n° 7 aerogeneratori, ubicati nel comune di *Salemi (TP)*.

La *Geo 3 di Ardagna & C Srl*, per lo svolgimento del servizio si è avvalsa della consulenza specialistica dello scrivente studio di ingegneria costituito dall’ *Ing. Francesco Giuseppe Incalcaterra* e dall’ *Ing. Vincenzo Puleo*, con sede a Palermo, in via Resuttana, 352.

La seguente relazione costituisce la relazione idrologica – idraulica del progetto definitivo, ed ha lo scopo di definire la compatibilità delle opere con i vincoli di natura idraulica presenti e l’interazione tra le opere in progetto ed il reticolo idrografico esistente, costituisce lo studio idrologico propedeutico alla progettazione delle opere idrauliche, e definisce le opere previste per la raccolta e l’allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici stradali e dalle piazzole del parco eolico *Mirabile*.

La relazione è composta da n°7 capitoli, di cui di seguito un breve riepilogo:

- *Capitolo 1 – Premessa;*
- *Capitolo 2 – Inquadramento territoriale:* vengono riportate le informazioni necessarie per l’individuazione cartografica del sito;
- *Capitolo 3 – Regimi Vincolistici e PAI;*
- *Capitolo 4 – Inquadramento idrografico:* illustra la posizione del parco rispetto ai bacini idrografici esistenti e le caratteristiche principali di tali bacini;
- *Capitolo 5 – Analisi idrologica:* dove viene determinata la curva di probabilità pluviometrica di progetto e i valori di portata di piena attesi nelle varie sezioni di chiusura definite dall’interazione tra le opere in progetto e il reticolo idrografico esistente;
- *Capitolo 6 – Dimensionamento delle opere idrauliche:* vengono qui dimensionate in funzione delle portate attese, le opere necessarie ad assicurare il corretto deflusso delle acque superficiali interagenti con le opere in progetto, al fine di garantire piena funzionalità delle opere e l’invarianza della regimentazione esistente;
- *Capitolo 7 – Allegati.*

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il nuovo impianto eolico Mirabile sorgerà nel territorio del Comune di Salemi (TP). In particolare, saranno installati sette nuovi aerogeneratori aventi le seguenti sigle: CM01, CM02, CM03, CM04, CM05, CM06, CM07.

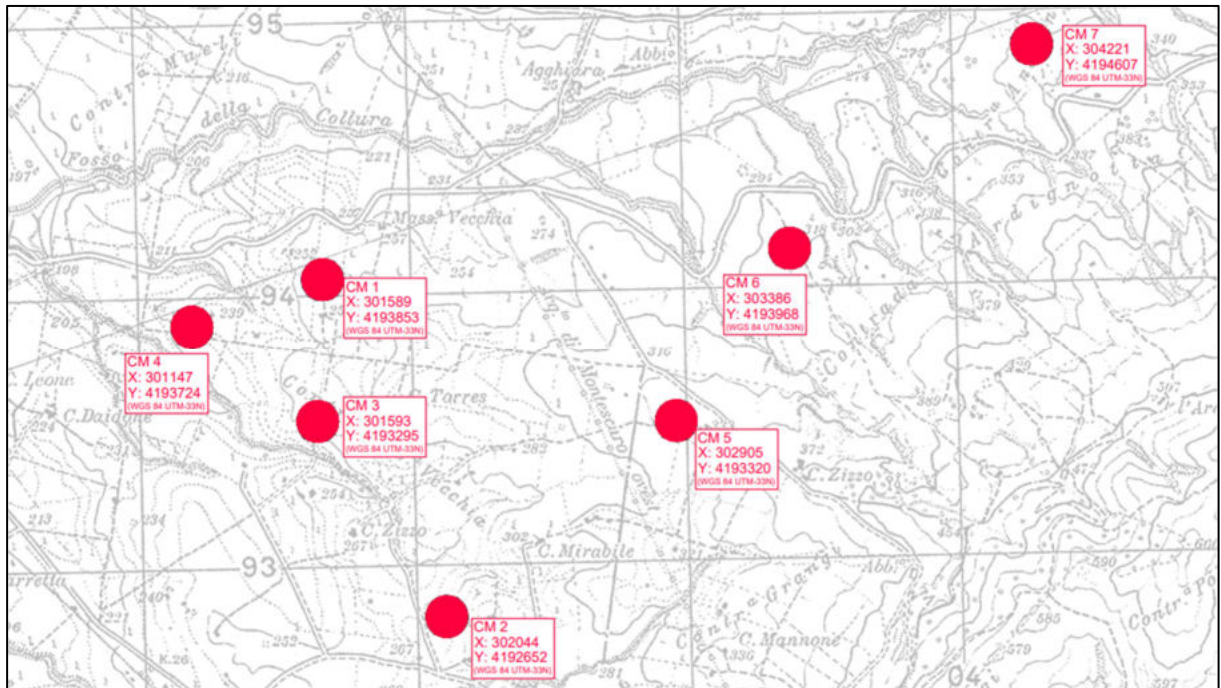


**Figura 2.1 - Inquadramento dell'area di intervento su ortofoto satellitare.**

Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto ricadono in agro del Comune di Salemi, in provincia di Trapani.

## 2.1. INQUADRAMENTO IGM 1:25.000

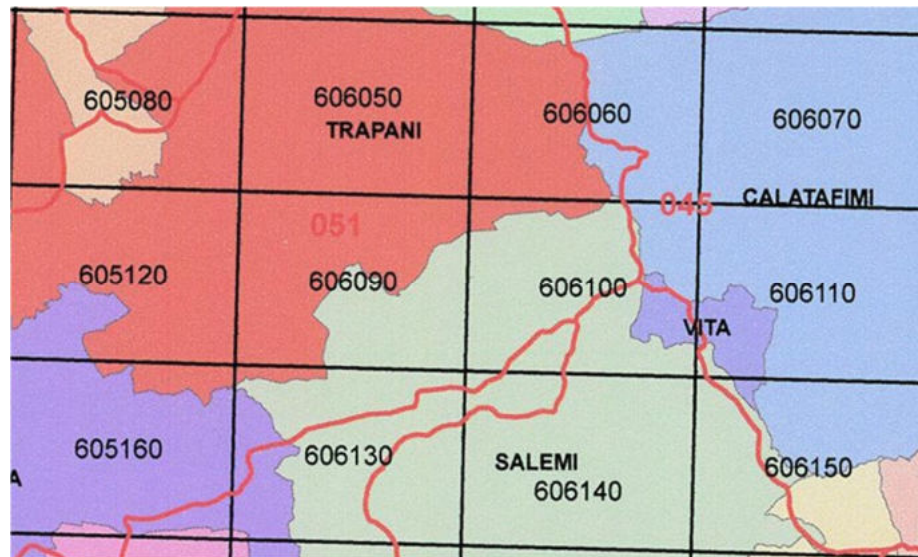
Foglio I.G.M.I. in scala 1:25.000, tavoletta 257\_I\_SO-Vita;



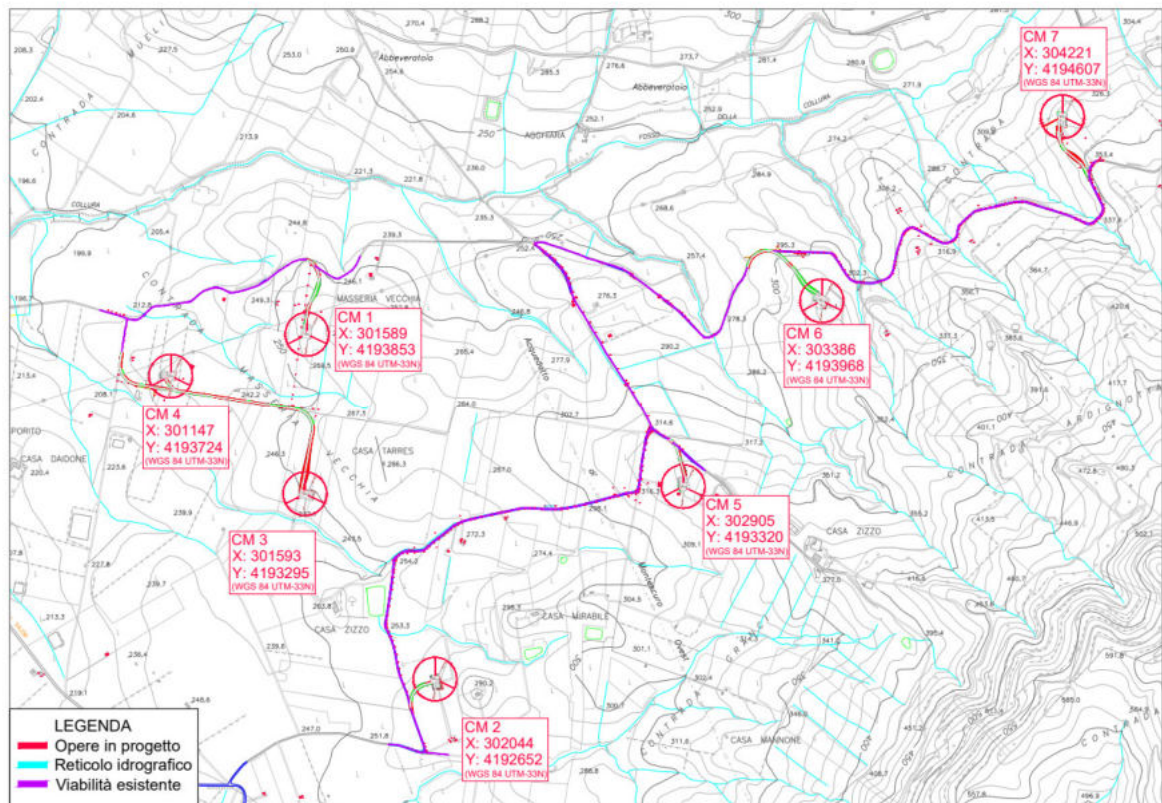
**Figura 2.2 - Inquadramento dell'area di intervento su IGM 1:25000 - 257\_I\_SO\_Vita.**

## 2.2. INQUADRAMENTO CTR 1:10.000

Carta tecnica regionale CTR, scala 1: 10.000, sezioni n° 606090 e 606100.



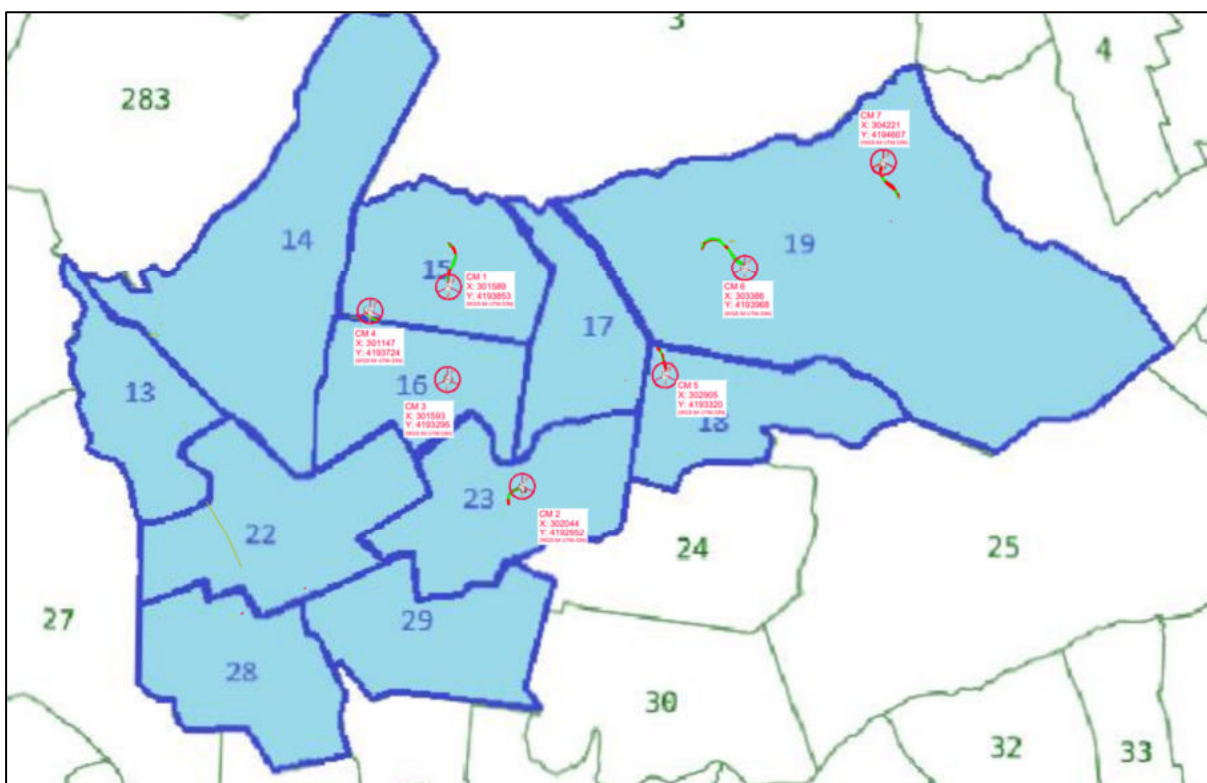
**Figura 2.3 – Quadro di unione CTR.**



**Figura 2.4 – Inquadramento opere in progetto su CTR;**

## 2.3. INQUADRAMENTO CATASTALE

Dal punto di vista catastale, le opere in progetto e la viabilità di collegamento (esistente) tra le stesse, ricadono nei Fogli di mappa catastali del Comune di Salemi (TP) n° 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 28 e 29. In particolare, gli aerogeneratori ricadono nei Fogli di mappa catastale n° 15, 16, 18, 19 e 23.



**Figura 2.5 – Quadro di unione fogli catastali (Geoportale cartografico catastale – Agenzia delle Entrate).**



### **3. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E STRUMENTI DI TUTALE OPERANTI NEL CONTESTO PAESAGGISTICO**

#### **3.1. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO – P.A.I.**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Eseguendo le opportune indagini sull'area in oggetto, questa ricade all'interno del **bacino idrografico del Fiume Birgi (cod. 051)**.

Il Bacino del Fiume Birgi si localizza nella estrema porzione occidentale della Sicilia ed occupa una superficie complessiva di circa 336 km<sup>2</sup>. La forma dell'area in esame è subrettangolare, con una direzione di allungamento NE-SO e con una appendice nord-occidentale costituita dalla foce del fiume Chinisia-Birgi. Rispetto alla direzione di allungamento, l'area raggiunge la sua massima larghezza, pari a circa 27 km, nella porzione centrale; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce sensibilmente, fino a circa 9 km, nella porzione Nord-orientale. Il Fiume Birgi nasce con il nome di Fiume Fittasi nel Territorio del comune di Buseto Palizzolo e si sviluppa,

per circa 43 km, attraverso il territorio comunale di Trapani e marginalmente quello di Paceco. I bacini confinanti con quello del Fiume Birgi sono il Bacino del Fiume Lenzi a Nord ed il Bacino del F. Màzaro a Sud-Est. A Nord-Est il Bacino è delimitato dall'Area Territoriale che lo separa dal Bacino del Fiume Lenzi Baiata mentre a SO è delimitato dall'Area Territoriale che lo separa dal Bacino del Fiume Màzaro (052).

Il bacino idrografico del Fiume Birgi ricade interamente nel territorio della provincia di Trapani ed è compreso nei fogli n° 593 Castellamare del Golfo, 605 Paceco, n° 606 Alcamo e n°617 Marsala della Carta d'Italia in scala 1: 50.000 dell'I.G.M.

Il bacino si sviluppa nella estrema porzione nord-occidentale della Sicilia, interessando, da un punto di vista amministrativo, il territorio della provincia di Trapani e, in particolare, i territori di otto comuni (Buseto Palizzolo, Calatafimi, Erice, Marsala, Mazara del Vallo, Paceco, Salemi, Trapani). Di questi comuni, all'interno dell'area non cade nessun centro abitato ma i soli nuclei abitati di Ballata (comune di Erice), Fulgatore e Ummari (comune di Trapani), Dara (comune di Marsala).

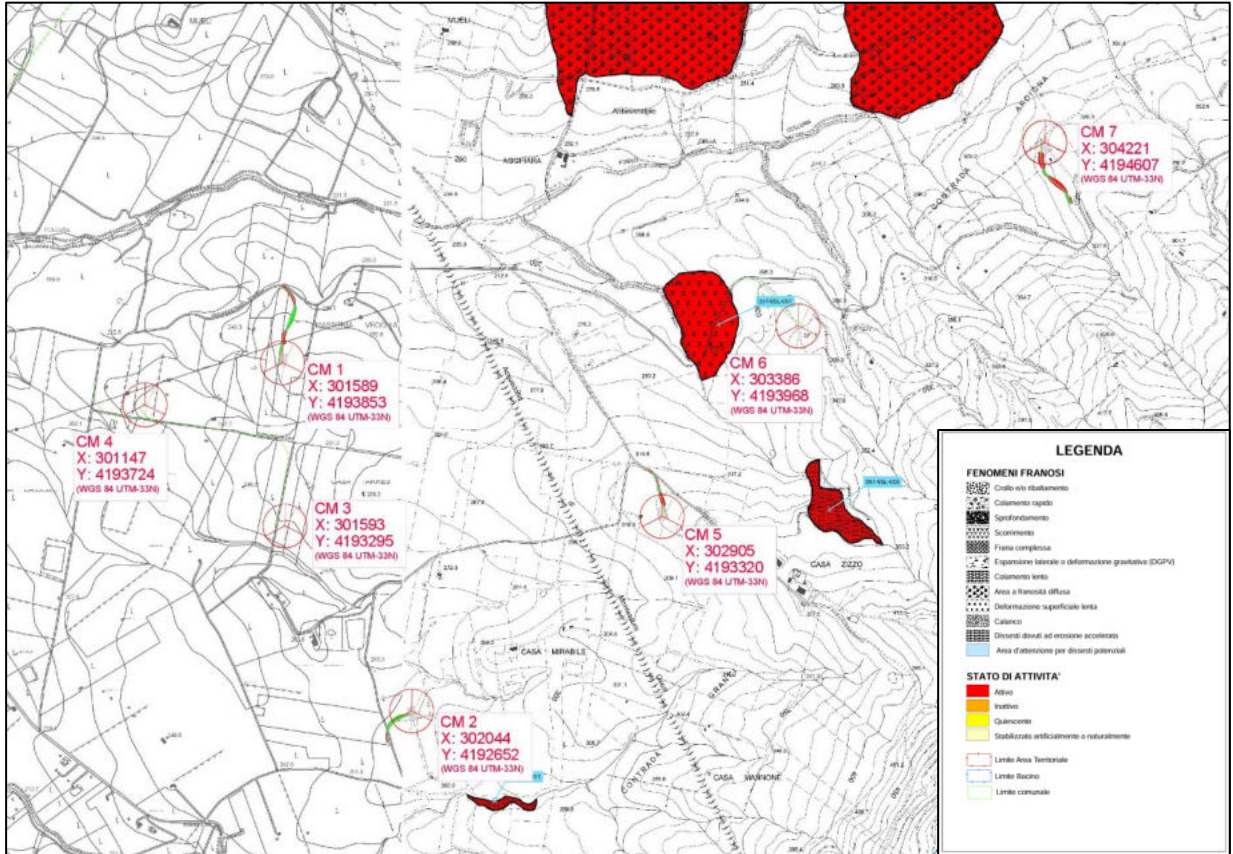
All'interno del bacino è presente l'invaso artificiale costituito dal Lago Rubino, realizzato sul Torrente della Cuddia mediante uno sbarramento di materiale sciolto, alto circa 30 m, con nucleo centrale di tenuta di materiale argilloso. Il serbatoio Rubino, in esercizio da diversi anni, è situato nell'area a monte del Bacino del Birgi, sul lato occidentale di Montagna Grande, ed ha una capacità utile di progetto di 10.2 Mm<sup>3</sup> d'acqua, con funzione di accumulo e modulazione dei deflussi naturali a servizio della vasta piana sottostante. Le acque del Fiume Birgi sono utilizzate prevalentemente per uso irriguo, con richieste di derivazione concentrate nella parte alta del suo corso.

All'interno del bacino ricadono, interamente o parzialmente, i territori comunali di: Buseto Palizzolo, Calatafimi, Erice, Marsala, Mazara del Vallo, Paceco, Salemi e Trapani tutte locate all'interno della provincia di Trapani.

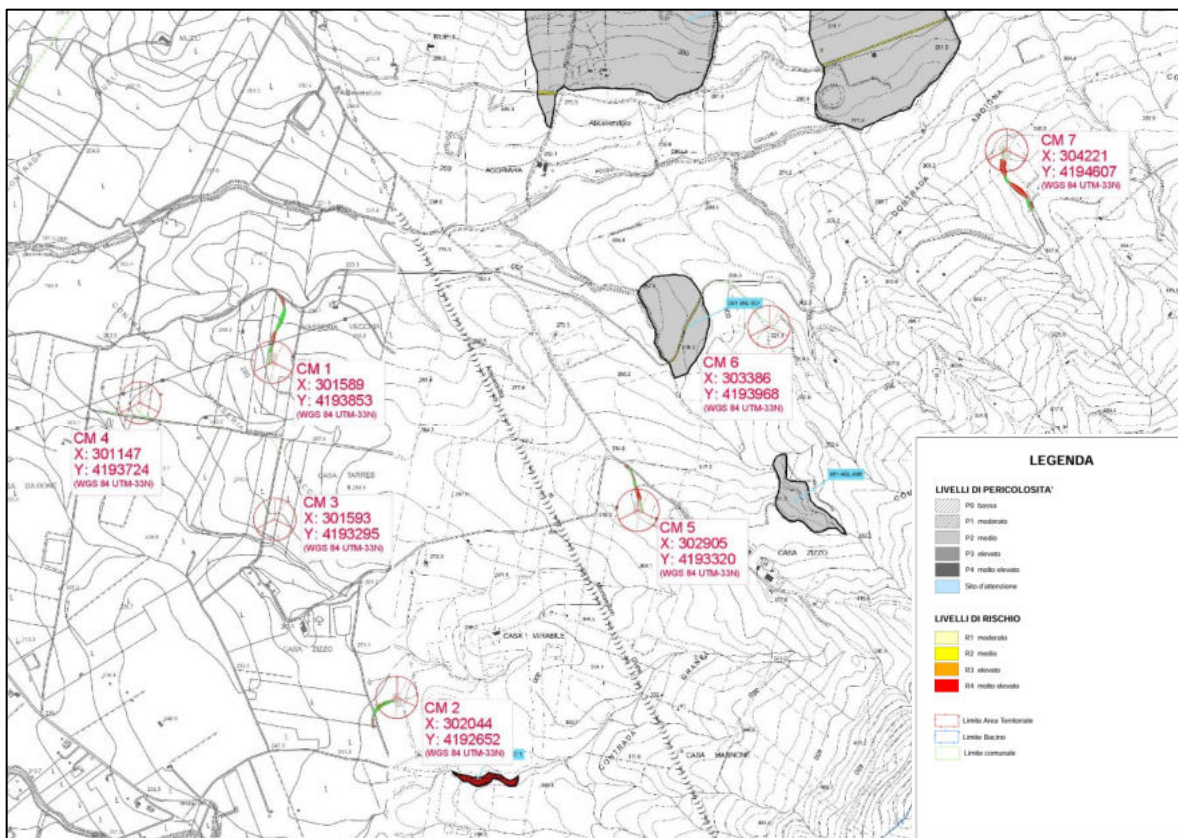
Il territorio interessato dal bacino idrografico del Fiume Birgi e dall'Area territoriale contigua è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con pendenze blande, anche se non mancano paesaggi aspri e accidentati, nella zona montana, nè ampie pianure costiere, spianate dall'azione del mare nel periodo Quaternario. Un aspetto morfologico rilevante è la presenza delle saline di Trapani e Paceco, specchi di mare a bassissima profondità, che si trovano in un'antica piana alluvionale invasa dalle acque marine. Il sito, che si estende tra la foce del vecchio corso del Fiume Birgi

e quella del Fiume Lenzi Baiata, costituisce una delle più importanti aree umide costiere della Sicilia occidentale, occupato in gran parte da saline coltivate in maniera tradizionale, con pantani e campi coltivati in aree marginali. Tra i principali elementi morfologici che contraddistinguono il territorio in studio si individuano i terrazzi marini di età quaternaria, che interessano soprattutto l'area territoriale, sviluppandosi, con pendenze molto blande, dalla linea di costa verso l'interno, fino a quote massime di circa 140 m s.l.m. In particolare sono distinguibili, in base alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, diversi ordini di terrazzi costieri: a quote comprese tra 0 e 10 m, a quote comprese tra 10 e 125 m s.l.m., ed il Grande Terrazzo Superiore, limitato alla fascia più interna, fino a quote di circa 140 m s.l.m.. Tale morfologia ad andamento subpianeggiante, che con debole acclività risale dalla linea di costa fino a quote di circa 100 m, è interrotta, trasversalmente, dai gradini corrispondenti agli orli dei terrazzi e da strutture calcarenitiche più rilevate come quella di Timpone Cutusio, di oltre 20 m più elevato del circostante terrazzo; longitudinalmente la continuità morfologica è invece interrotta dalle incisioni fluviali del Fiume Chinisia-Marcanzotta, del F. Birgi e del T. Verderame. Un elemento morfologico di notevole rilevanza, seppure di origine antropica, è invece rappresentato dalle numerose cave di calcarenite presenti diffusamente nei territori in studio. Si tratta in prevalenza di cave a cielo aperto ormai quasi del tutto inutilizzate, e spesso riempite da materiali di risulta delle lavorazioni di estrazione. Verso le aree più interne, le pianure costiere di natura calcarenitica ed i terrazzi marini lasciano il posto ai depositi prevalentemente plastici di età miocenica e pliocenica, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando ed arrotondato. Lungo tali versanti, il principale processo morfodinamico è quello legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate. Laddove affiorano i terreni lapidei costituiti dalle calcilutiti del Cretaceo-Oligocene, la morfologia è rappresentata da rilievi modesti (la quota massima è di 751 m s.l.m. di Montagna Grande) ma dai versanti acclivi, a volte associati a fasce detritiche; i principali processi geomorfologici che interessano questi terreni sono la disgregazione fisica e l'erosione delle masse litoidi, con conseguenti frane di crollo e ribaltamento. Alla luce di quanto sopra detto i fenomeni di dissesto nell'area territoriale in studio sono piuttosto rari e poco estesi arealmente. I pochi dissesti individuati sono riconducibili a fenomeni di soliflusso e di colamento lento, e più raramente a fenomeni di tipo scorrimento o frane complesse. Si osservano infine alcune frane di crollo lungo i fronti calcarei o calcarenitici subverticali.

Nell'area in esame, interessata dalla realizzazione del parco eolico in oggetto, il P.A.I. non individua aree contraddistinte da Rischio Idraulico, bensì individua aree con dissesti attivi nel caso dell'area limitrofa all'aerogeneratore CM06, avente codice 051-9SL-007, il quale individua in C.da Agghiara, facente parte della CTR sezione 606100, una deformazione superficiale lena (creep, soliflusso), in stato attivo, avente pericolosità media (P2) e rischio medio (R2) (Figure 3.1 e 3.2). Dal punto di vista morfologico il territorio è caratterizzato da versanti a prevalente morfologia collinare. Pertanto in tale porzione di territorio si hanno versanti da poco a mediamente acclivi, sui quali si esplicano in prevalenza fenomeni di erosione ad opera delle acque ruscellanti, che in alcuni casi evolvono a veri e propri fenomeni di dissesto: sono state infatti individuate alcune zone caratterizzate da una condizione di franosità diffusa o da fenomeni di soliflusso. Si tratta in tutti i casi di fenomeni a carattere superficiale che interessano la porzione alterata dei terreni argillosi o argilloso marnosi, che a causa delle pendenze e della imbibizione da parte delle acque che si infiltrano, favoriscono la mobilitazione della coltre più superficiale. In considerazione della tipologia dei movimenti, caratterizzati da movimenti lenti e piuttosto superficiali, e del fatto che essi si innescano in aree prive di insediamenti abitativi, tali dissesti non comportano condizioni di rischio elevate. Gli unici elementi a rischio coinvolti sono rappresentati da strade secondarie come quella di accesso all'aerogeneratore CM06.



**Figura 3.1 – Dissesti attivi nelle zone limitrofe all'area di intervento**



**Figura 3.2 – Zone a rischio geomorfologico con individuazione delle pericolosità.**

Da un’attenta analisi delle carte di pericolosità, rischio e dissesto geomorfologico ed idraulico redatte per il P.A.I. dalla Regione Siciliana – Assessorato Territorio e Ambiente, si attesta che il sito non è tra quelli soggetti a rischio, dissesto e pericolosità geomorfologica, nonché a Rischio Idraulico o definito Sito di Attenzione e che tutte le aree di intervento ricadono al di fuori delle aree individuate dal PAI.

### **3.2. VINCOLO IDROGEOLOGICO**

Il sistema di webgis del SIF, Sistema Informativo Forestale del Comando del Corpo Forestale della Regione Sicilia, consente la determinazione delle aree soggette a vincolo idrogeologico. Rappresenta la perimetrazione delle aree della regione sottoposte a vincolo idrogeologico normato con il Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 e con il Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926.

Il vincolo idrogeologico è stato introdotto con Regio Decreto Legge n. 3267/1923 "Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani"; tuttora in vigore, sottopone a “vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione

che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9 (dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo), possono, con danno pubblico, subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque" (art. 1).

Lo scopo principale di tale vincolo è quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di garantire che tutti gli interventi che vanno ad interagire con il territorio non compromettano la stabilità dello stesso, né inneschino fenomeni erosivi, ecc., con possibilità di danno pubblico, specialmente nelle aree collinari e montane. Il decreto del 1923 prevede il rilascio di nulla osta e/o autorizzazioni per la realizzazione di opere edilizie, o comunque di movimenti di terra, che possono essere legati anche a utilizzazioni boschive e miglioramenti fondiari, richieste da privati o da enti pubblici.

Il sistema di webgis del SIF, Sistema Informativo Forestale del Comando del Corpo Forestale della Regione Sicilia, consente la determinazione delle aree soggette a vincolo idrogeologico. Quest'ultimo rappresenta la perimetrazione delle aree della regione sottoposte a vincolo idrogeologico normato con il Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 e con il Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926.

Per ciò che concerne la componente idrologica, l'intervento non ricade all'interno di aree individuate come aree a "Vincolo Idrogeologico" (Figura 3.3). Solamente la strada di accesso all'aerogeneratore CM05, di nuova costruzione, ricade sul confine dell'area a vincolo idrogeologico.



**Figura 3.3 – Aree soggette a Vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923**

Si rileva inoltre che, ai sensi del Decreto Presidenziale 10 Ottobre 2017 n. 26 – “Definizione dei criteri ed individuazione delle aree non idonee alla realizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonte eolica ai sensi dell’art. 1 della legge regionale 20 novembre 2015, n. 29, nonché dell’art. 2 del regolamento recante norme di attuazione dell’art. 105, comma 5, legge regionale 10 maggio 2010, n. 11, approvato con decreto presidenziale 18 luglio 2012, n. 48”, le aree nelle quali è stato apposto il vincolo idrogeologico ai sensi del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, sono Aree di particolare attenzione ai fini della realizzazione degli impianti eolici di tipo EO1, EO2, EO3, così come definiti dal medesimo Decreto.



### **3.3. PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE**

Il Piano Territoriale Paesistico investe l'intero territorio regionale con effetti differenziati, in relazione alle caratteristiche ed allo stato effettivo dei luoghi, alla loro situazione giuridica ed all'articolazione normativa del piano stesso. Il Piano è stato corredato, nella sua prima fase, dalle Linee Guida, approvate dal Comitato Tecnico-Scientifico dell'Assessorato dei Beni Culturali, Ambientali e della Pubblica Istruzione della Regione Sicilia con D.A. n. 6080 del 21 Maggio 1999 su parere favorevole reso dal Comitato Tecnico Scientifico nella seduta del 30 Aprile 1996. Sulla base dell'analisi dello stato fisico del territorio regionale e delle destinazioni d'uso previste, il PTPR della Regione Sicilia provvede allo studio delle risorse umane, storiche, culturali, paesistiche, ambientali, naturalistiche ed alla definizione delle condizioni e degli obiettivi per la loro tutela e valorizzazione. Le Linee Guida del Piano sono state redatte per dotare la Regione Sicilia di "uno strumento volto a definire opportune strategie mirate ad una tutela attiva ed alla valorizzazione del patrimonio naturale e culturale dell'isola" al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- la stabilizzazione ecologica del contesto ambientale regionale, la difesa del suolo e della biodiversità, con particolare attenzione alle situazioni di rischio e di criticità;
- la valorizzazione dell'identità e della peculiarità del paesaggio regionale, sia nel suo insieme unitario, sia nelle sue diverse specifiche configurazioni;
- il miglioramento della fruibilità sociale del patrimonio ambientale regionale, sia per le attuali, sia per le future generazioni.

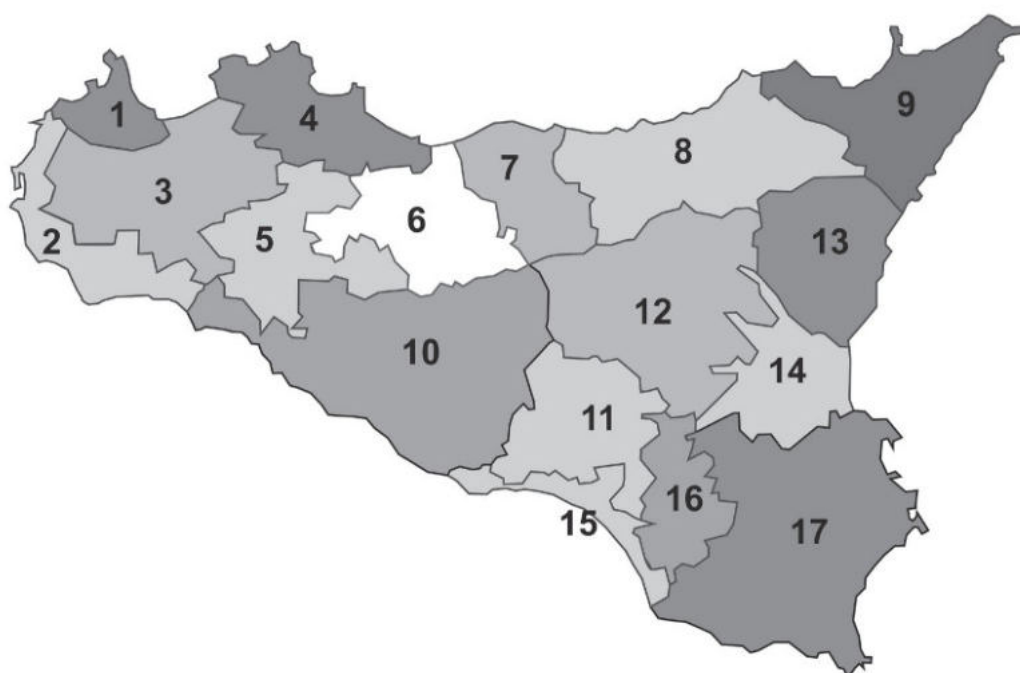
Le Linee Guida individuando le caratteristiche strutturali e gli elementi costitutivi della identità culturale e ambientale del paesaggio siciliano, delineano strategie di tutela e definiscono indirizzi e prescrizioni per la salvaguardia e la valorizzazione del paesaggio siciliano a scala regionale.

Inoltre, definendo obiettivi e strategie, dettano indirizzi e prescrizioni in relazione alla specificità dei valori culturali e ambientali che il paesaggio esprime; costituiscono riferimento per la pianificazione e la gestione del territorio attraverso l'attenzione alla tutela e alla valorizzazione del patrimonio naturale e culturale dell'isola e la definizione dei processi di trasformazione economico - territoriale.

La Regione Siciliana, sulla base delle indicazioni espresse dalle Linee Guida del Piano

Territoriale Paesistico Regionale, sta procedendo alla pianificazione paesaggistica ai sensi del D.lgs. 42/04 e s.m.i., su base provinciale secondo l'articolazione in ambiti regionali così come individuati dalle medesime Linee Guida.

L'area in esame ricade nella porzione di territorio definito come "Ambito 3 della provincia di Trapani" – "Area delle colline del Trapanese". Tale Ambito presenta uno stato di attuazione vigente della pianificazione paesaggistica, in particolare esso risulta in regime di adozione e salvaguardia dal 2016 ma non è stato ancora oggetto di approvazione.



*Figura 3.4 - Suddivisione in 17 ambiti paesaggistici della Regione Siciliana*

### **3.3.1. AMBITO 3 DELLA PROVINCIA DI TRAPANI – “AREA DELLE COLLINE DEL TRAPANESE”**

L'Ambito n°3, definito “area delle Colline del Trapanese”, si tratta di un vasto territorio, circa 1.906 Km<sup>2</sup>, e per le pertinenze della Provincia di Trapani lambisce il mare solo in corrispondenza del territorio di Alcamo Marina, nel golfo di Castellamare del Golfo, e si insinua verso l'interno comprendendo i seguenti comuni: Alcamo, Gibellina, Partanna, Poggioreale, Salaparuta, Salemi, Santa Ninfa e Vita. A questi si aggiungono parti, più o meno piccole, di territori di altri comuni: Marsala, Mazara del Vallo, Paceco, Trapani.

Il settore in esame rappresenta un'ampia parte della Sicilia occidentale compresa tra i

monti Sicani occidentali ad est, le piane di Marsala e Mazara del Vallo ad ovest e a sud, i monti di Trapani, di San Vito lo Capo e dei dintorni di Palermo a Nord. Il paesaggio dell'Ambito comprende la zona collinare interna del Trapanese, a est la valle del Fiume Belice, a ovest la valle del Fiume Freddo.

L'assetto geologico-strutturale dell'area è il prodotto delle deformazioni che dal Miocene inferiore e medio al Pleistocene inferiore hanno interessato l'intera area con la formazione dell'attuale catena derivante dalla deformazione delle piattaforme carbonatiche Trapanese, Panormide e in parte Saccense, e dei depositi silico-carbonatici del bacino Sicano e del bacino "satellite della valle del Belice". Il paesaggio risulta essere variegato dato nel suo insieme dall'accostamento di forme sottoposte a rapida degradazione per effetto dei processi morfogenetici in atto, con forme soggette ad essere progressivamente smantellate dall'estendersi del nuovo ciclo morfogenetico. Questo accostamento di diverse morfologie è dovuto alla vicinanza di terreni con caratteri litologici alquanto differenti. Infatti a rilievi dal profilo ondulato e plastico si accostano dorsali che evolvono in forme aspre e rupestri, con pareti a rigetto talora strapiombante, di altimetria modesta. Nella fascia meridionale dell'ambito, l'altimetria dei rilievi argillosi e argillo-marnosi non si spinge mediamente oltre i 400 metri sul livello del mare, fatta eccezione di Monte Posillesi in territorio di Salemi, la cui culminazione raggiunge i 542 metri. Sebbene trattasi di versanti a prevalente composizione argillosa, quasi sempre degradano verso quote minori senza soluzione di continuità.

Il paesaggio è prevalentemente costituito da vigneti, uliveti e superfici a seminativo. La presenza degli agrumi insieme ai manufatti per la distribuzione dell'acqua irrigua definiscono il profondo legame con le origini del sito e con la sua storia. È evidente, inoltre, vocazione agricola dell'intero territorio e anche la bassa densità di popolazione. I centri abitati sono ben localizzati e compatti. Gli ambienti rigorosamente naturali sono pressoché inesistenti. Gli elementi semi-naturali o anche prevalentemente naturali che appaiono più importanti dal punto di vista naturalistico sono i vari massicci calcarei disseminati nell'area di studio con i loro boschi di conifere, le loro grotte e i laghi artificiali, che spesso si trovano ai loro piedi per l'evidente opportunità di raccogliere acque da grandi bacini di impluvio.

Dai documenti scritti di indagini ed analisi si evince la dominazione araba. Trapani, durante il XIII secolo, mantenne dimensioni edilizie e demografiche limitate. Il porto

ebbe una certa frequenza da parte di navigli di cristiani in transito verso Tunisi. AL dominio arabo successe quello normanno. Nel XVI secolo, nella zona collinare dell'interno, l'urgenza di cereali e di lavoro, richiamò gli uomini, con la nascita di Gibellina e Salaparuta. Alla vigilia del Vespro la risposta siciliana alla domanda esterna era costituita in più larga misura da cereali. Nel secolo successivo vi fu un lento disgregarsi del tessuto edilizio agricolo che caratterizzò le colline del Trapanese. Nel susseguirsi dei secoli il paesaggio rimase pressoché immutato, con un incremento della popolazione. In particolare, gli aerogeneratori ricadono all'interno della zona denominata PL16 (Piano Locale 16) "Marcanzotta" che risulta essere la più estesa della provincia.

### **3.4. RETE NATURA 2000**

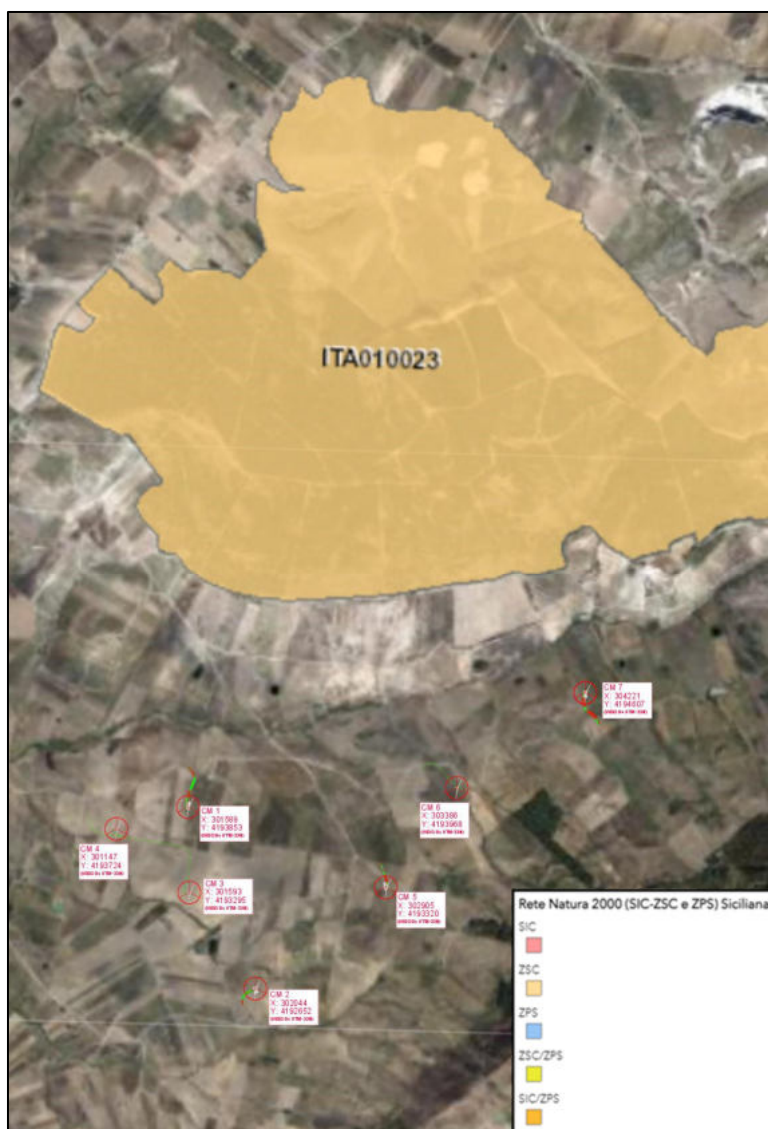
Rete Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita da Zone Speciali di Conservazione (ZSC) istituite dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli". Le aree che compongono la rete Natura 2000 non sono riserve rigidamente protette dove le attività umane sono escluse; la Direttiva Habitat intende garantire la protezione della natura tenendo anche "conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali". La Direttiva riconosce il valore di tutte quelle aree nelle quali la secolare presenza dell'uomo e delle sue attività tradizionali ha permesso il mantenimento di un equilibrio tra attività antropiche e natura. Un altro elemento innovativo è il riconoscimento dell'importanza di alcuni elementi del paesaggio che svolgono un ruolo di connessione per la flora e la fauna selvatiche. Gli Stati membri sono invitati a mantenere o all'occorrenza sviluppare tali elementi per migliorare la coerenza ecologica della rete Natura 2000. In Italia, i SIC e le ZPS coprono complessivamente il 20% circa del territorio nazionale.

Il percorso attuato dalla regione Siciliana, al fine di tutelare e proteggere il patrimonio naturale, si è sviluppato, a partire degli anni ottanta, con l'istituzione di aree naturali

protette, riserve e parchi, che assicura la tutela degli habitat e della diversità biologica esistenti, promuovendo un'ipotesi di sviluppo connessa all'uso sostenibile delle risorse territoriali ed ambientali e delle attività tradizionali proprie delle aree interessate.

L'analisi dei documenti disponibili permette di affermare che le aree dove realizzare gli interventi non ricadono su territori **compresi nella Rete Natura 2000, nonché in zone tutelate come Parchi e Riserve.**



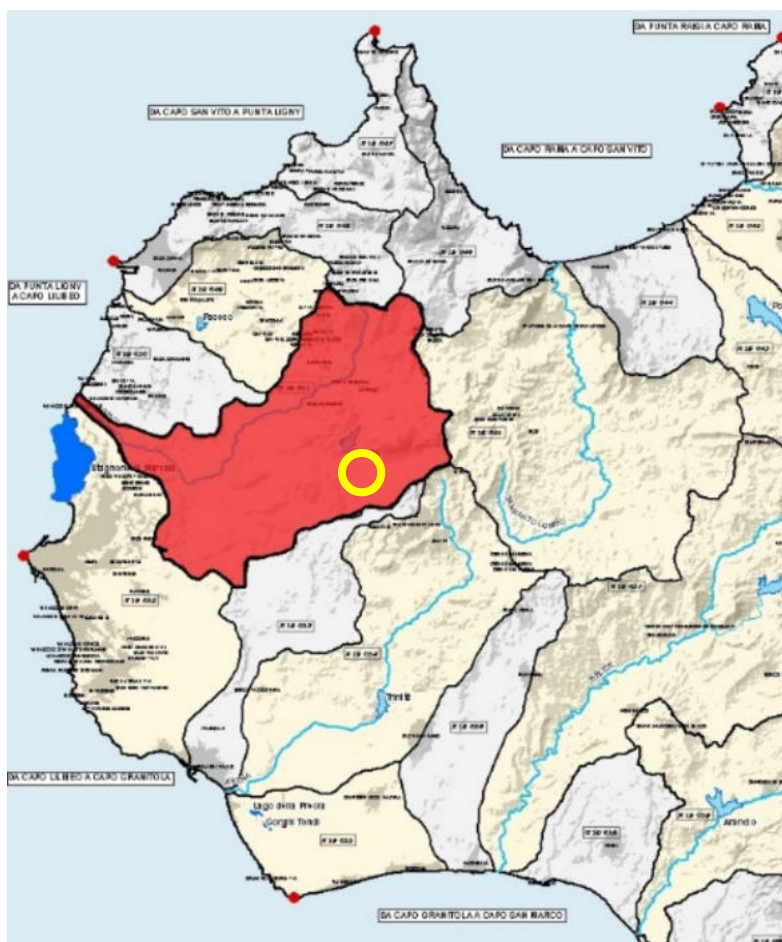
**Figura 3.5 - Individuazione di Parchi, Riserve e Zone della Rete Natura 2000**

## 4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

### 4.1. ANALISI IDROGRAFICA NELL'AREA DELL'IMPIANTO

Il Parco eolico Mirabile interesserà delle aree circoscritte, in cui si troveranno gli aerogeneratori CM01, CM02, CM03, CM04, CM05, CM06, CM07 e la viabilità di accesso agli stessi, costituita da brevi tratti di strade bianche.

Tali aree dal punto di vista idrografico ricadono all'interno del bacino idrografico Birgi (Figura 4.1)



**Figura 4.1 - Stralcio dell'allegato A.1.1 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Siciliana con indicazione del bacino Birgi.**

Il Bacino Idrografico del fiume Birgi (R19051) ricade nel versante settentrionale della Sicilia, nel territorio della provincia di Trapani, e confina a nord con il bacino del fiume Lenzi e con alcuni bacini minori, ad est con quello del fiume San Bartolomeo ed a sud con il bacino del fiume Modione e con alcuni bacini minori.

con un'estensione di circa 955 Km<sup>2</sup> è uno dei maggiori della Sicilia occidentale. Il corpo idrico principale è il fiume Belice il cui bacino risulta significativo ai sensi del D. L.vo 152/06 per criteri dimensionali. Esso comprende i sottobacini del fiume Belice Destro con superficie di circa 263 Km<sup>2</sup>, del Basso Belice che si estende per circa 294 Km<sup>2</sup> e del fiume Belice Sinistro con superficie di circa 407 Km<sup>2</sup> censito a parte e considerato significativo come sottobacino ai sensi del D. L.vo 152/06 per criteri dimensionali.

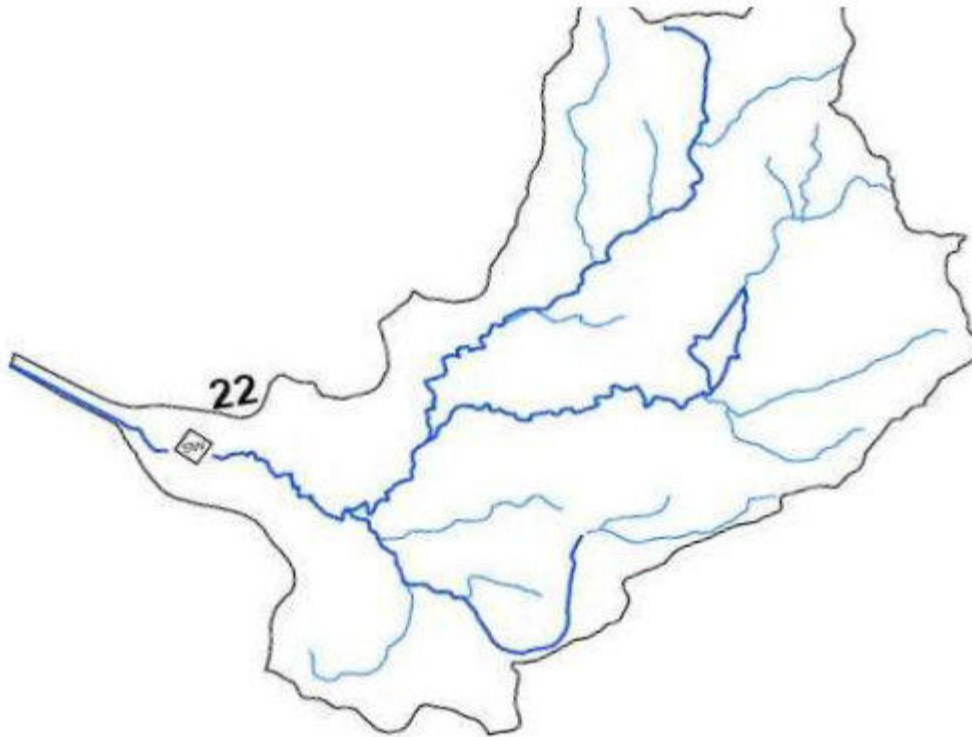
Il bacino "Birgi", con la sua superficie di circa 331 Km<sup>2</sup>, è il 19° per dimensioni fra quelli contenenti corpi idrici significativi, qui costituiti dal fiume omonimo e dal lago artificiale Rubino.

Il fiume Birgi nasce sotto il nome di fiume di Fittasi nel territorio del Comune di Buseto Palizzolo e si sviluppa per quasi 38 Km ricevendo, nel tratto centrale, in sinistra idrografica, gli apporti del torrente della Cuddia, caratterizzato da un bacino imbrifero di oltre 100 Km<sup>2</sup>.

Il lago Rubino, ottenuto dallo sbarramento del torrente della Cuddia, raccoglie i deflussi di circa 41 Km<sup>2</sup> di bacino diretto e di circa 34 Km<sup>2</sup> di bacini indiretti. La capacità utile di progetto del serbatoio è di 11,50 Mm<sup>3</sup>.

I terreni affioranti nel bacino appartengono geologicamente al dominio dei Monti di Trapani sono interamente di natura sabbiosa e argillosa.

In particolare nella parte interna del bacino affiorano terreni di natura torbida, argilloso e argilloso-calcarei, con limitati affioramenti di calcari, spostandosi verso la zona di costa aumentano gli affioramenti di argille e marne, mentre il letto fluviale è caratterizzato da affioramenti di accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri dell'Olocene e del Pleistocene.



*Figura 4.2 – Bacino fiume Birgi - Allegato B13 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Siciliana.*

## **4.2. INTERAZIONE TRA LE OPERE IN PROGETTO E IL RETICOLO IDROGRAFICO**

La realizzazione del nuovo impianto e il suo esercizio, in generale non inficiano le caratteristiche dei corpi idrici superficiali, né tantomeno quello dei corpi idrici sotterranei.

Gli aerogeneratori e la viabilità in progetto si sviluppano prevalentemente lungo le linee di dislivello che delimitano i bacini idrografici individuati.

Al fine di garantire la continuità dei percorsi di deflusso preesistenti, sarà necessario prevedere n°6 attraversamenti in corrispondenza della viabilità in progetto che condurrà dalle strade interpoderali esistenti agli aerogeneratori: CM01, CM02, CM03, CM04, CM05 e CM07.

Tali attraversamenti sono stati codificati secondo il generatore di riferimento: ATT.CM01, ATT.CM02, ATT.CM03, ATT.CM04, ATT.CM05 e ATT.CM07.

Per tali attraversamenti si è dunque proceduto alla determinazione delle massime portate di piena per valutare eventuali interventi di adeguamento del sistema di drenaggio superficiale.



Le soluzioni progettuali implementate a tale scopo, garantiranno l'invarianza idraulica dei territori oggetto di intervento rispettando i seguenti principi:

1. Le caratteristiche di permeabilità dei diversi bacini ove sorgeranno le opere in progetto subiscono modifiche sostanzialmente nulle e, ciò detto, la variazione tra la situazione ante e post interventi è trascurabile. Il coefficiente di afflusso dei bacini si mantiene invariato, stante la minima (o nulla) variazione della permeabilità delle aree in seguito alla realizzazione delle opere.
2. Si sottolinea ancora una volta che, la realizzazione dell'impianto non prevede elementi impermeabili installati sul terreno, ma soluzioni realizzati con inerti, altamente permeabili, in corrispondenza di piazzole e viabilità di servizio. Si aggiunge e si sottolinea come le aree occupate da strade e piazzole hanno comunque dimensioni trascurabili rispetto ai bacini all'interno dei quali scolano (0,2%, 3%).
3. Avendo avuto cura in fase di progettazione di far coincidere i punti di minimo orografici del terreno con i punti di minimo della nuova viabilità e considerato che la viabilità di progetto non sottende alcun bacino scolante di dimensioni apprezzabili è possibile asserire che le infrastrutture viarie del parco in progetto non modificano la risposta dei singoli bacini per quanti riguarda gli aspetti relativi ai meccanismi di formazione dei deflussi (morfometria, percorsi di corrivazione, permeabilità, etc.) e come conseguenza non determinano alcun aumento di portata conferita ai corpi idrici ricettori.
4. Si sottolinea come, recapitando sempre presso gli impluvi naturali seguendo la normale orografia dei luoghi, le opere idrauliche in progetto rispettano il regime idraulico ante operam. Dove necessario i punti di scarico saranno corredati da opere di dissipazione finalizzate al rallentamento della corrente idraulica ed alla limitazione dei fenomeni erosivi, per garantire che ciò avvenga l'immissione in piccoli impluvi esistenti avverrà con angoli inferiori ai 30°.

Anche la posa dei cavi MT, non interferirà con il reticolo idrografico, in quanto i cavi correranno al di sotto della viabilità di servizio che, come ricordato, trova propria ubicazione nelle immediate adiacenze delle linee di displuvio di confine tra i bacini Idrografici.

All'allegato 1 è riportata, una planimetria con la perimetrazione dei bacini scolanti

sottesi alla viabilità del parco, il cui deflusso superficiale deve essere “smaltito” ed allontanato dalle opere idrauliche in progetto.

Tali bacini hanno una dimensione molto contenuta, variabile in un range compreso tra 0.008 km<sup>2</sup> e 0.06 km<sup>2</sup>.

## 5. ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla stima delle portate di piena attese e dunque alla progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici stradali e dalle piazzole del parco eolico Mirabile.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni metereologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

Nel caso in oggetto, infatti, non sono disponibili dati di registrazione delle portate; né, tantomeno, potrebbero essere utilizzati, dal momento che l'obiettivo dell'analisi non è studiare il comportamento idrologico/idraulico dei corsi d'acqua presenti nel territorio, ma approfondire le tematiche idrologiche per il dimensionamento di tutte le opere idrauliche del parco eolico "Mirabile".

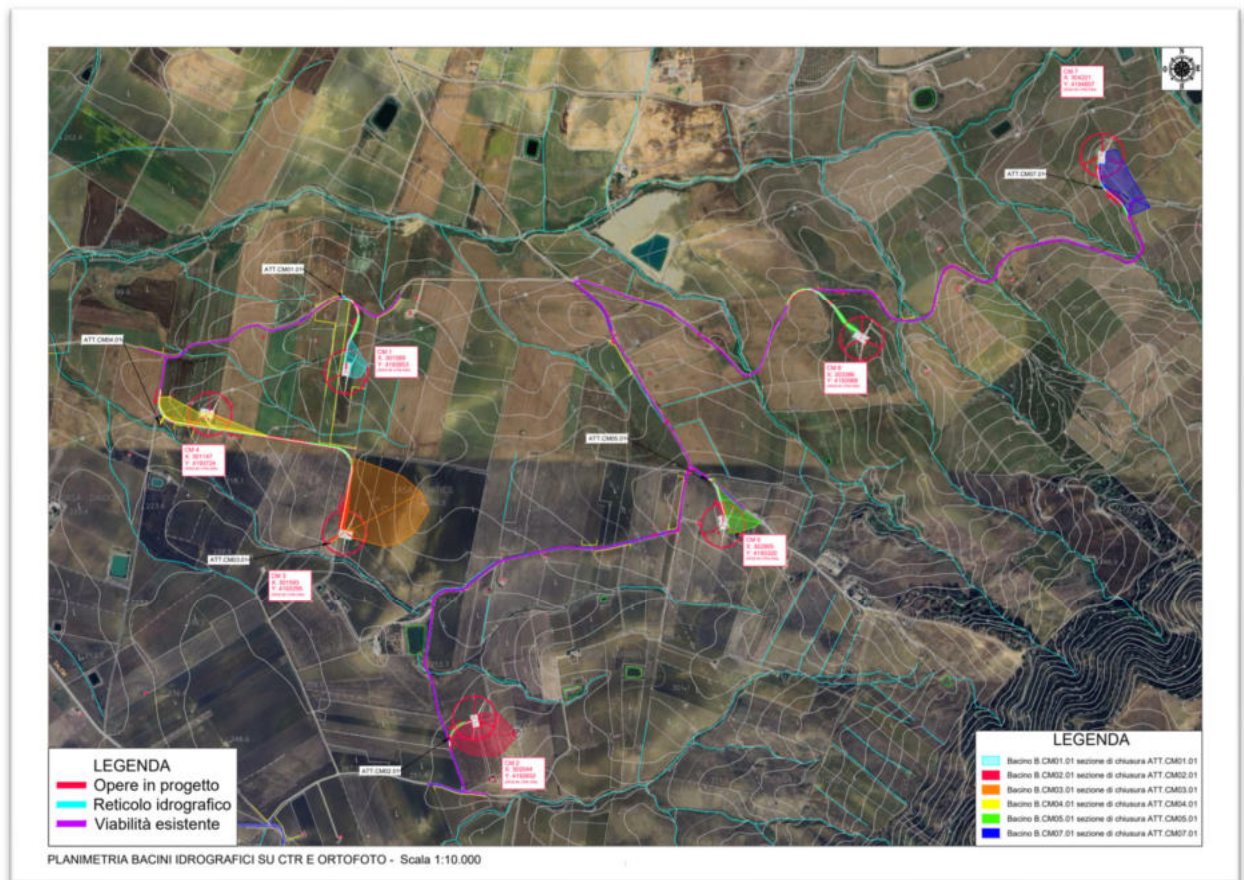
In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno  $T$  genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

Il presente capitolo riporta il calcolo analitico degli attraversamenti di progetto ATT.CM01.01, ATT.CM02.01, ATT.CM03.01, ATT.CM04.01, ATT.CM05.01, ATT.CM07.01 a partire dai bacini individuati nell'allegato 1, ovvero bacini B.CM01.01, B.CM02.01, B.CM03.01, B.CM04.01, B.CM05.01, B.CM07.01 (Figura 5.1).

La delimitazione dei bacini è stata effettuata individuando sulla cartografia (Carta tecnica regionale CTR, scala 1: 10.000, IGM 1:25000) lo spartiacque sotteso dalle

sezioni di attraversamento. Lo spartiacque individua il luogo dei punti da cui hanno origine le linee di massima pendenza che raggiungono in ultimo la sezione considerata e si traccia manualmente utilizzando strumenti di disegno assistito da calcolatore in base alle isoipse e alle teste dei canali del reticolo imponendo il passaggio per le vette e le selle.

Questi sono gli unici bacini che interferiranno con tratti di viabilità di accesso ai nuovi aerogeneratori.



**Figura 5.1 - Stralcio dell'allegato 1, di individuazione dei bacini.**

## 5.1. MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini.

Nello specifico, è stata utilizzata la formula razionale per il calcolo della portata di piena

assegnando un tempo di ritorno di quest'ultima pari a 10, 20, 100 e 200 anni.

$$Q_T = \frac{\varphi i_T S}{3.6}$$

Dove:

- $Q_T$  è la portata di piena associata al dato tempo di ritorno espressa in m<sup>3</sup>/s
- $\varphi$  è il coefficiente di deflusso, adimensionale;
- $i_T$  è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- $S$  è la superficie del bacino espressa in km<sup>2</sup>;
- 3.6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

#### 5.1.1. DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI

A partire dalle sezioni di intersezione tra i corsi d'acqua presenti e la viabilità di progetto, sono stati tracciati i bacini afferenti alle sezioni di chiusura individuate, risalendo verso monte i corsi d'acqua intercettati o comunque la zona da dove potenzialmente può pervenire lo scolo e identificando le zone da dove questo può iniziare, definite linee di spartiacque.

Sono identificate n° 6 sezioni di attraversamento, codificate in ATT.CM01.01, ATT.CM02.01, ATT.CM03.01, ATT.CM04.01, ATT.CM05.01, ATT.CM07.01, cui afferiscono altrettanti bacini identificati rispettivamente come bacini B.CM01.01, B.CM02.01, B.CM03.01, B.CM04.01, B.CM05.01, B.CM07.01.

Le informazioni inerenti i sottobacini individuati sono riepilogate nella tabella 5.1.

ID sezione di chiusura	ID sottobacino	Superficie del sottobacino S [km <sup>2</sup> ]	Quota media s.l.m. H <sub>m</sub> [m]	Quota sezione di chiusura s.l.m. H <sub>min</sub> [m]	Lunghezza asta principale L [m]	Pendenza media dell'asta principale i [m/m]
ATT.CM01.01	B.CM01.01	0.006	267.50	263.00	86.15	0.10
ATT.CM02.01	B.CM02.01	0.022	275.00	260.00	232.18	0.13
ATT.CM03.01	B.CM03.01	0.062	263.00	240.00	286.00	0.16
ATT.CM04.01	B.CM04.01	0.015	227.50	213.00	359.15	0.08
ATT.CM05.01	B.CM05.01	0.009	336.50	333.00	129.15	0.05
ATT.CM07.01	B.CM07.01	0.019	350.00	340.00	176.00	0.11

**Tabella 5.1 - Riepilogo delle informazioni inerenti i sottobacini oggetto di indagine**

Come evidente dalla tabella 5.1 e dall'allegato 1. i bacini idrografici oggetto di studio. sono tutti di modesta entità.

### 5.1.2. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta. ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio. all'interno della formula razionale. è stato utilizzato il metodo del coefficiente di afflusso  $\varphi$ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione. e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia. La stima del valore di  $\varphi$ . relativamente a ciascuna superficie omogenea (tipo di suolo. tessitura. caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali*. 1990) sotto riportati in tabella 5.2.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40

**Tab. 5.2 - Valori del coefficiente  $\varphi$  del metodo razionale per diversi tipi di superficie. in funzione della tipologia di suolo e della copertura del bacino (Benini. 1990 e Ferro. 2006).**

Nello specifico. è stato utilizzato il seguente valore del coefficiente di deflusso  $\varphi$ :

$$\varphi = \sum_i \frac{\varphi_i S_i}{S} = 0.35$$

Ove  $\varphi_i$  è il coefficiente di deflusso dell'area elementare  $S_i$  e  $S$  è la superficie complessiva del bacino. In questa maniera. il valore del coefficiente di afflusso per i bacini analizzati è dato dalla media pesata dei coefficienti di ciascuna area elementare in cui il bacino è divisibile.

### 5.1.3. INTENSITÀ CRITICA

L'intensità critica  $i_T$  è definita come l'intensità relativa all'altezza di pioggia massima di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  e tempo di ritorno fissato.

#### 5.1.3.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione è stimato come il tempo necessario alla goccia di pioggia più svantaggiata per raggiungere la sezione di chiusura interessata.

Per tenere conto della variabilità dimensionale delle superfici dei bacini considerati, è stato necessario calcolare il tempo di corrivazione con formule empiriche differenti in dipendenza della dimensione del sottobacino considerato.

Per i sottobacini con estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup> è stata utilizzata la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

In cui:

- $t_c$  è il tempo di corrivazione espresso in minuti;
- $L$  è la lunghezza dell'asta più lunga espressa in km;
- $i$  è la pendenza media, adimensionale.

#### 5.1.3.2. ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA (TCEV)

Per il calcolo dell'altezza di pioggia critica, è stata ricostruita la curva di probabilità pluviometrica a partire dal modello probabilistico TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*).

Il modello permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

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

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel.

La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI 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 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. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\theta^* = 2.24$  e  $\Lambda^* = 0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

**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 suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0–Z5, Z1, Z2, Z3, Z4 (fig. 15). A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\Lambda_1$ , parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base, che risulta indipendente dalla durata.

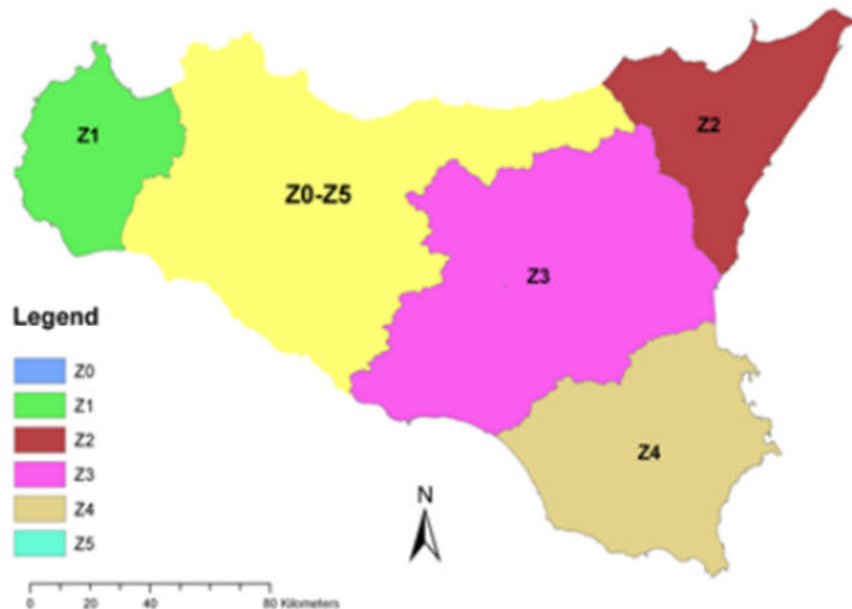
In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h'_{t,T} = h_{t,T}/\mu$  (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV)



assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = K_T = a \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti a e b sono stati tarati in funzione della particolare sottozona (tabelle 5.3 - 5.4).



**Figura 5.2 – Sottozone pluviometriche omogenee per la Regione Siciliana (Lo Conti et al.. 2007)**

$K_T$  è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

	Z <sub>0</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>
$\Lambda_1$	24.429	19.58	17.669	14.517	15.397	24.402

**Tabella 5.3 – Valore del parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la Regione Siciliana (Lo Conti et al. 2007).**

	Z <sub>0</sub> – Z <sub>5</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

**Tabella 5.4 – Valori, per la Regione Siciliana, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al.. 2007).**

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  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:

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

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e fissato tempo di ritorno  $T$ . Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata  $t$ :

$$\mu(t) = at^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$  (Cannarozzo et al. 1995). Nelle figure 16 e 17 è possibile vedere la variazione dei coefficienti  $a$  ed  $n$  per la regione Sicilia (Lo Conti et al. 2007).

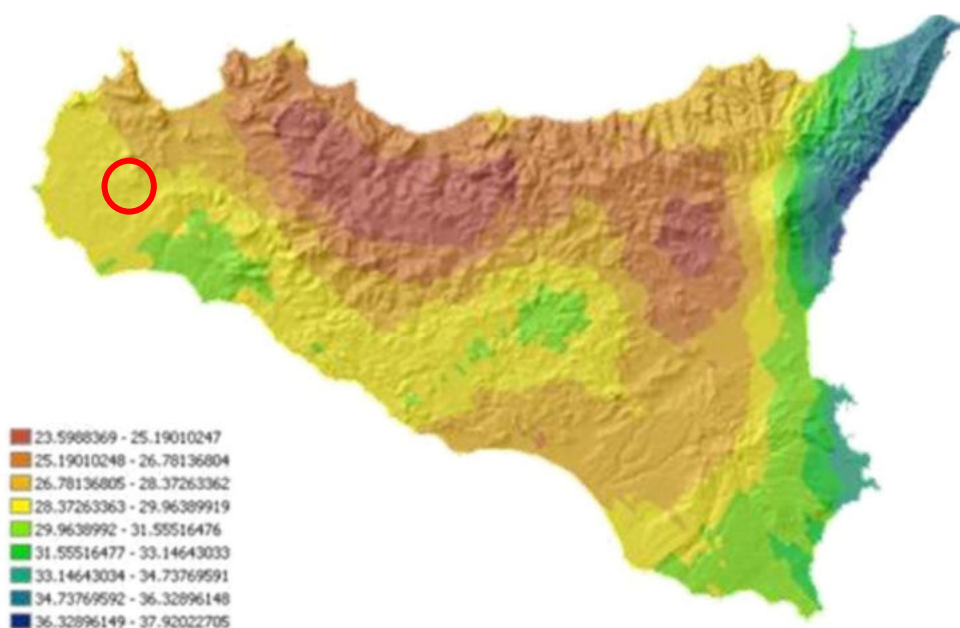
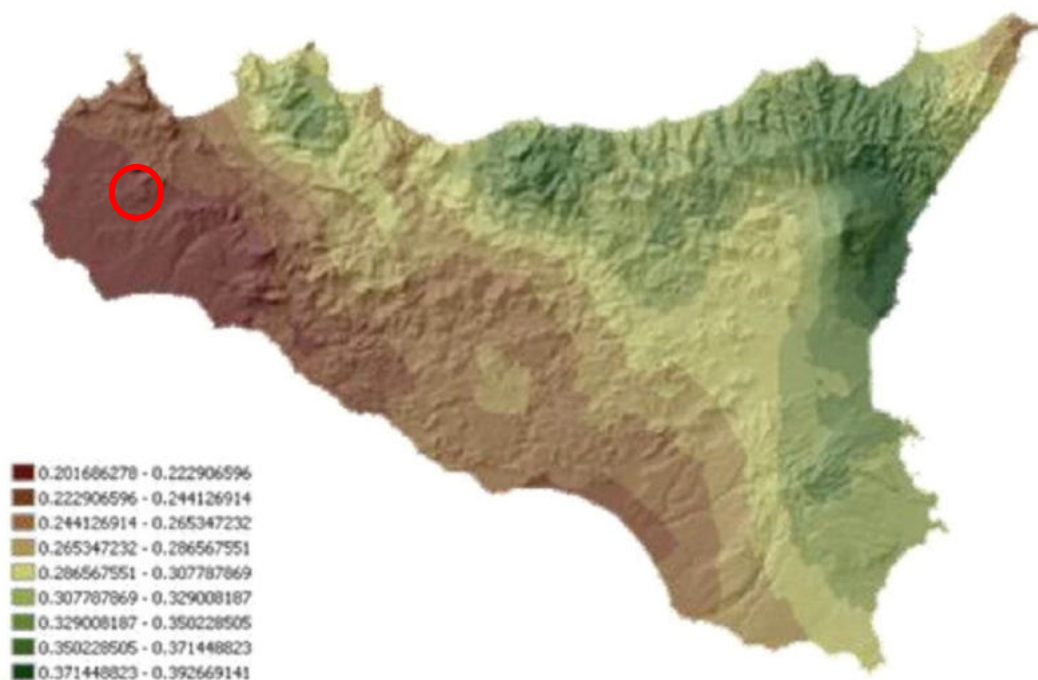


Figura 5.3 – Valori dei coefficienti  $a$  per il territorio siciliano (Lo Conti et al., 2007).



**Figura 5.4 – Valori dei coefficienti  $n$  per il territorio siciliano (Lo Conti et al., 2007).**

Sono quindi stati calcolati, per i valori del tempo di ritorno di interesse  $T = 10, 20, 100$  e  $200$  anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{(t_c)}$  e le rispettive leggi di probabilità pluviometrica.

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea  $Z_1$ .

Si riportano nella tabella 5.5 i valori dei parametri utilizzati per il calcolo del fattore di crescita  $K_T$  e della media campionaria  $\mu(t)$ .

$K_T$		$\mu(t)$	
$a$	$b$	$a$	$n$
0.4695	0.4889	29.96389919	0.2229066

**Tabella 5.5 – Riepilogo dei parametri utilizzati.**

È opportuno osservare che la legge è ricostruita con riferimento a dati storici di piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore, e che dunque non può essere estrapolata per valori della durata della pioggia inferiori ad un'ora. È stato però 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  $t$  elevata per un opportuno coefficiente  $s$ .

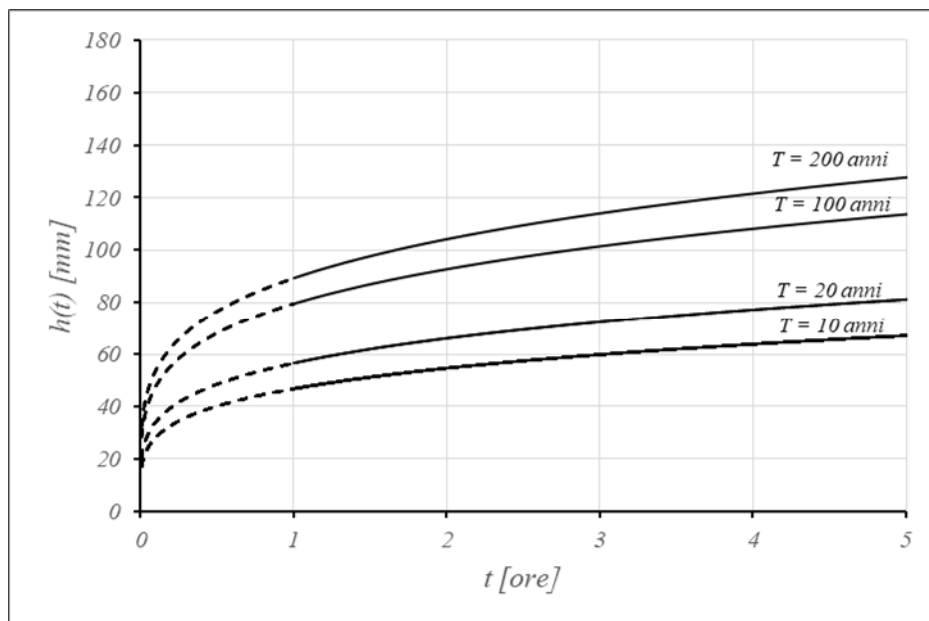
Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente  $s$  è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy". 1996*):

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

La legge di probabilità pluviometrica ottenuta per ciascun tempo di ritorno è dunque una funzione definita a tratti. Le equazioni ottenute sono riepilogate in tabella 5.6, mentre le curve di probabilità pluviometrica sono riportate in Figura 5.5.

	<i>T = 10 anni</i>	<i>T = 20 anni</i>	<i>T = 100 anni</i>	<i>T = 200 anni</i>
<i>t &lt; 1 ora</i>	$h(t) = 47.04 \left( \frac{t}{60} \right)^{0.386}$	$h(t) = 56.79 \left( \frac{t}{60} \right)^{0.386}$	$h(t) = 79.43 \left( \frac{t}{60} \right)^{0.386}$	$h(t) = 89.18 \left( \frac{t}{60} \right)^{0.386}$
<i>t ≥ 1 ora</i>	$h(t) = 47.04 t^{0.223}$	$h(t) = 56.79 t^{0.223}$	$h(t) = 79.43 t^{0.223}$	$h(t) = 89.18 t^{0.223}$

**Tabella 5.6 – Equazioni legge probabilità pluviometrica**



**Figura 5.5 – Curve di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 10, 20, 100 e 200 anni**

L'intensità di pioggia critica è dunque ricavata per ciascun bacino come rapporto tra l'altezza critica dipendente dal tempo di corrivazione per ciascun tempo di ritorno ed il

tempo di corrivazione stesso:

$$i_t = h_t/t_c$$

#### 5.1.4. PORTATA MASSIMA ATTESA

Una volta determinati tutti i parametri da impiegarsi nello sviluppo della formula razionale, assegnando un tempo di ritorno pari a 10, 20, 100 e 200 anni, si ricavano i valori della portata di piena attesa (portata critica) in ciascuna sezione di chiusura determinata.

Si riportano nelle tabelle 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10 i valori ricavati

		<b>T = 10 anni</b>			
<b>ID sezione</b>	<b>ID bacino</b>	<b>Tempo di corrivazione <math>t_c</math> [ore]</b>	<b>Altezza di pioggia <math>h_{t_c,T}</math> [mm]</b>	<b>Intensità critica <math>i_T</math> [mm/h]</b>	<b>Portata critica <math>Q_T</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>
ATT.CM01.01	B.CM01.01	0.02	11.14	465.32	0.25
ATT.CM02.01	B.CM02.01	0.05	14.49	306.20	0.67
ATT.CM03.01	B.CM03.01	0.05	14.92	292.20	1.77
ATT.CM04.01	B.CM04.01	0.08	17.69	222.93	0.32
ATT.CM05.01	B.CM05.01	0.04	13.85	329.04	0.28
ATT.CM07.01	B.CM07.01	0.04	13.60	338.61	0.62

**Tabella 5.7 – Dati riepilogativi, tempo di ritorno del fenomeno di piena pari a 10 anni.**

		<b>T = 20 anni</b>			
<b>ID sezione</b>	<b>ID bacino</b>	<b>Tempo di corrivazione <math>t_c</math> [ore]</b>	<b>Altezza di pioggia <math>h_{t_c,T}</math> [mm]</b>	<b>Intensità critica <math>i_T</math> [mm/h]</b>	<b>Portata critica <math>Q_T</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>
ATT.CM01.01	B.CM01.01	0.02	13.45	561.77	0.30
ATT.CM02.01	B.CM02.01	0.05	17.49	369.67	0.81
ATT.CM03.01	B.CM03.01	0.05	18.02	352.77	2.14
ATT.CM04.01	B.CM04.01	0.08	21.36	269.14	0.39
ATT.CM05.01	B.CM05.01	0.04	16.72	397.25	0.34
ATT.CM07.01	B.CM07.01	0.04	16.42	408.80	0.75

**Tabella 5.8 – Dati riepilogativi, tempo di ritorno del fenomeno di piena pari a 20 anni.**

		<b>T = 100 anni</b>			
<b>ID sezione</b>	<b>ID bacino</b>	<b>Tempo di corrivazione <math>t_c</math> [ore]</b>	<b>Altezza di pioggia <math>h_{t_c,T}</math> [mm]</b>	<b>Intensità critica <math>i_T</math> [mm/h]</b>	<b>Portata critica <math>Q_T</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>
ATT.CM01.01	B.CM01.01	0.07	18.8	785.73	0.42
ATT.CM02.01	B.CM02.01	0.11	24.47	517.05	1.13
ATT.CM03.01	B.CM03.01	0.02	25.20	493.40	2.99
ATT.CM04.01	B.CM04.01	0.02	29.87	376.44	0.54
ATT.CM05.01	B.CM05.01	0.11	23.39	555.61	0.48
ATT.CM07.01	B.CM07.01	0.09	22.97	571.78	1.05

**Tabella 5.9 – Dati riepilogativi. tempo di ritorno del fenomeno di piena pari a 100 anni.**

		<b>T = 200 anni</b>			
<b>ID sezione</b>	<b>ID bacino</b>	<b>Tempo di corrivazione <math>t_c</math> [ore]</b>	<b>Altezza di pioggia <math>h_{t_c,T}</math> [mm]</b>	<b>Intensità critica <math>i_T</math> [mm/h]</b>	<b>Portata critica <math>Q_T</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>
ATT.CM01.01	B.CM01.01	0.07	21.12	882.18	0.48
ATT.CM02.01	B.CM02.01	0.11	27.47	580.52	1.26
ATT.CM03.01	B.CM03.01	0.02	28.29	553.97	3.36
ATT.CM04.01	B.CM04.01	0.02	33.54	422.65	0.61
ATT.CM05.01	B.CM05.01	0.11	26.26	623.82	0.54
ATT.CM07.01	B.CM07.01	0.09	25.79	641.97	1.18

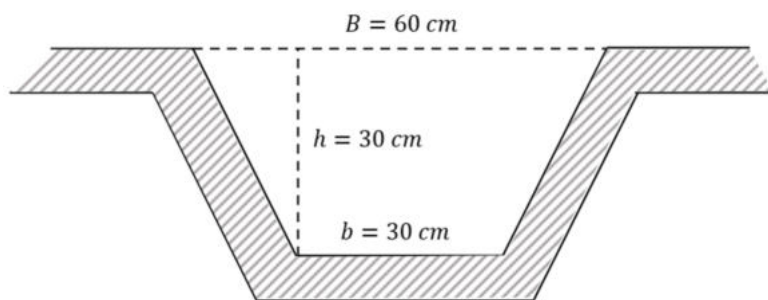
**Tabella 5.10 – Dati riepilogativi. tempo di ritorno del fenomeno di piena pari a 200 anni.**

## 6. OPERE IDRAULICHE

Obiettivo delle opere di regimentazione idraulica di un parco eolico è duplice. da un lato assicurare la durabilità delle strade e delle piazzole e contemporaneamente garantire il mantenimento delle condizioni di invarianza idrologico-idraulica preesistenti agli interventi di realizzazione dell'impianto eolico stesso;

### 6.1. OPERE IDRAULICHE MINORI

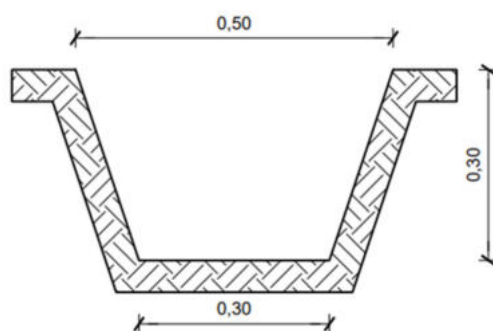
Stante la varietà delle opere viarie in progetto da un punto di vista plano-altimetrico sarà necessario caratterizzare le soluzioni relative alle opere idrauliche in funzione delle pendenze e delle tipologie di sezioni stradali in esame. Una soluzione adottata di frequente saranno i fossi di guardia realizzati per tutta la lunghezza della viabilità di servizio. In particolare, nelle sezioni a mezzacosta, tali fossi saranno posti nel lato di monte, al fine di intercettare eventuali acque di ruscellamento, avendo cura di indirizzare la pendenza trasversale dell'asse stradale verso lo stesso fosso.



**Figura 6.1 – Sezione tipo dei fossi di guardia.**

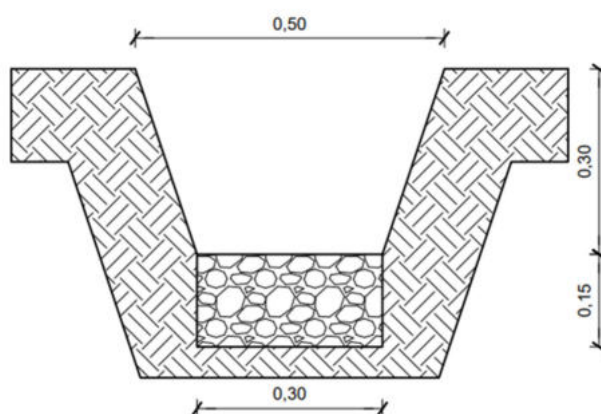
Nelle sezioni in trincea, i fossi saranno realizzati su ambo i lati della viabilità, mentre nelle sezioni in rilevato, saranno realizzati sul lato di valle, avendo cura di dare alla strada adeguata pendenza trasversale.

Nei tratti a modesta pendenza e portata (i.e.,  $i \leq 6.00\%$ ;  $Q \leq 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) saranno installati dei fossi di guardia in terra a sezione trapezia denominati "TIPO 1" con le seguenti caratteristiche geometriche:



**Figura 6.2 – Sezione fosso di guardia “TIPO 1”.**

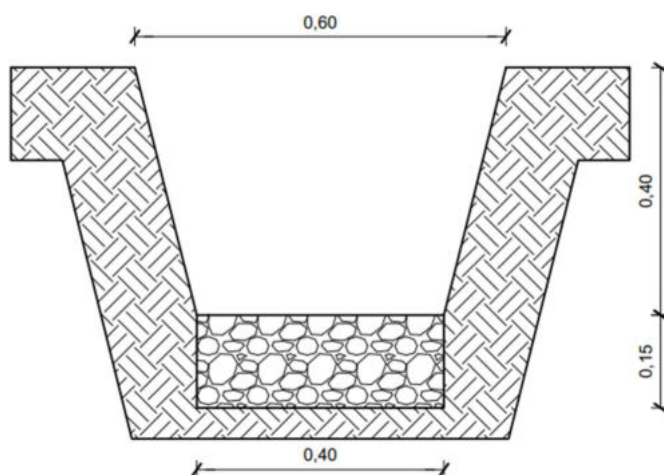
Nei tratti con pendenze comprese tra 6.00 e 12.00% e portate assimilabili a quelle sopra descritte tali fossi di guardia denominati “TIPO 1 bis” presenteranno un rivestimento sul fondo in pietrame (d=5-10 cm) per uno spessore di almeno 15 cm al fine di limitare l’azione erosiva della corrente.



**Figura 6.3 – Sezione fosso di guardia “TIPO 1 bis”.**

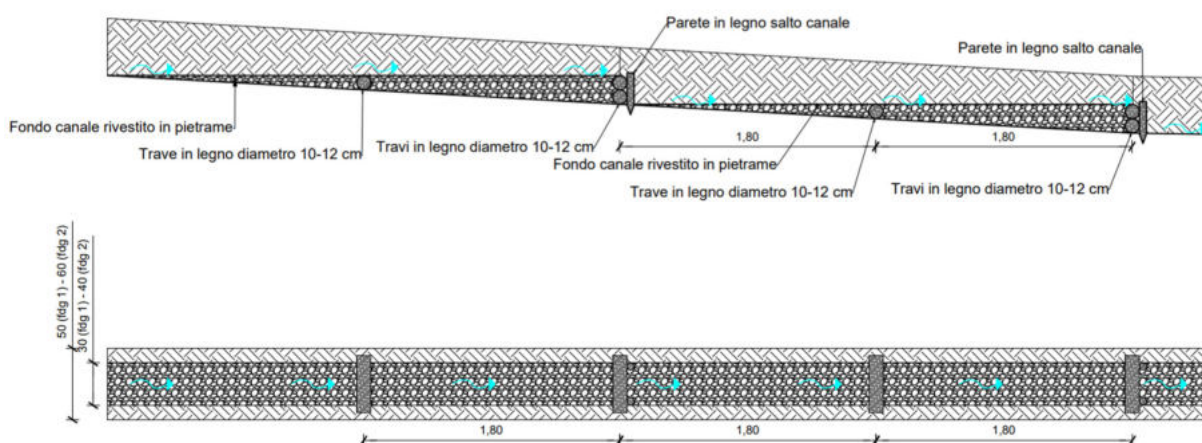
Qualora le portate lo richiedessero, alle soluzioni sopracitate, si integreranno delle geometrie. “Tipo 2” e “Tipo 2 bis” che permetteranno il corretto deflusso delle acque con delle sezioni più ampie come riportato nei disegni seguenti.





**Figura 6.4 – Sezione fossa di guardia “TIPO 2 bis”.**

In alcuni tratti in cui le pendenze raggiungono anche il 19% l'efficacia dei fossi di guardia finora descritti sarà “migliorata” con l'installazione di briglie filtranti in legname. Tali briglie poste in opera con un interasse di circa 3.50 m saranno realizzate con legname infisso nel terreno per una lunghezza variabile tra 0.50 m e 1.00 m. avendo cura di garantire un'altezza fuori terra della briglia di almeno 0.30 m. Questa ridurrà la pendenza del fossa di guardia agevolando l'accumulo di materiale solido e limitando così l'azione erosiva della corrente (Figura 6.5).

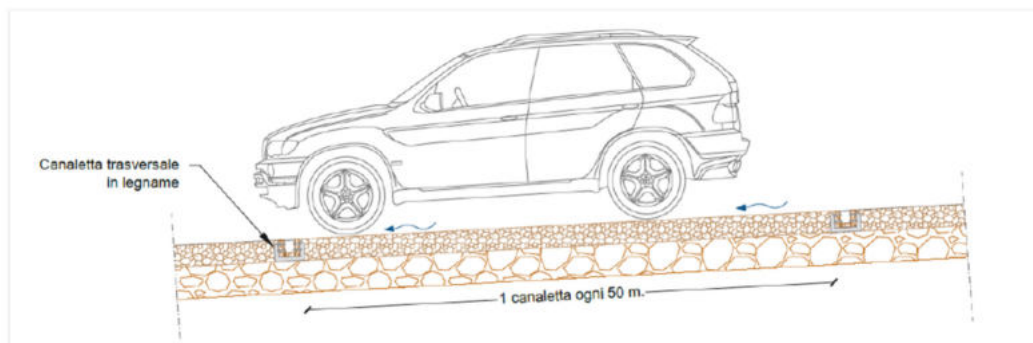


**Figura 6.5 – Briglie filtranti in legname: in alto. sezione lungo l'asse longitudinale della briglia; in basso. vista planimetrica.**

I fossi di guardia anzi detti. convoglieranno le acque negli impluvi naturali e allo sbocco degli stessi saranno previste delle opere di dissipazione idonee a garantire un'adeguata protezione dall'erosione.

La disposizione finale dei fossi di guardia verrà compiutamente definita nella configurazione ultima in fase di Progettazione Esecutiva.

Oltre ai fossi di guardia anzi detti. nei tratti più pendenti. verranno realizzate delle canalette trasversali all'asse della viabilità. poste ad interasse massimo di 50 m. le stesse saranno realizzate mediante posa di robuste sezioni di legno di castagno giuntate a formare una canaletta. con dimensione interna di almeno 20x20 cm. Le stesse canalette dovranno essere convogliate verso i fossi di guardia anzi detti.



**Figura 6.6 – Sezione tipo canalette trasversali.**

## 6.2. VERIFICA ATTRAVERSAMENTI

Una volta determinate le portate di progetto. al paragrafo 5.1.4. assunte in questo caso assunte pari alla portata alla singola sezione di chiusura per eventi di tempo di ritorno pari a 200 anni. si eseguono di seguito il dimensionamento e le verifiche degli attraversamenti. Gli stessi attraversamenti saranno realizzati con tubazioni in PEad strutturato SN8.

La verifica della capacità idraulica degli attraversamenti è stata effettuata in condizioni di moto uniforme. utilizzando la formula di Chezy:

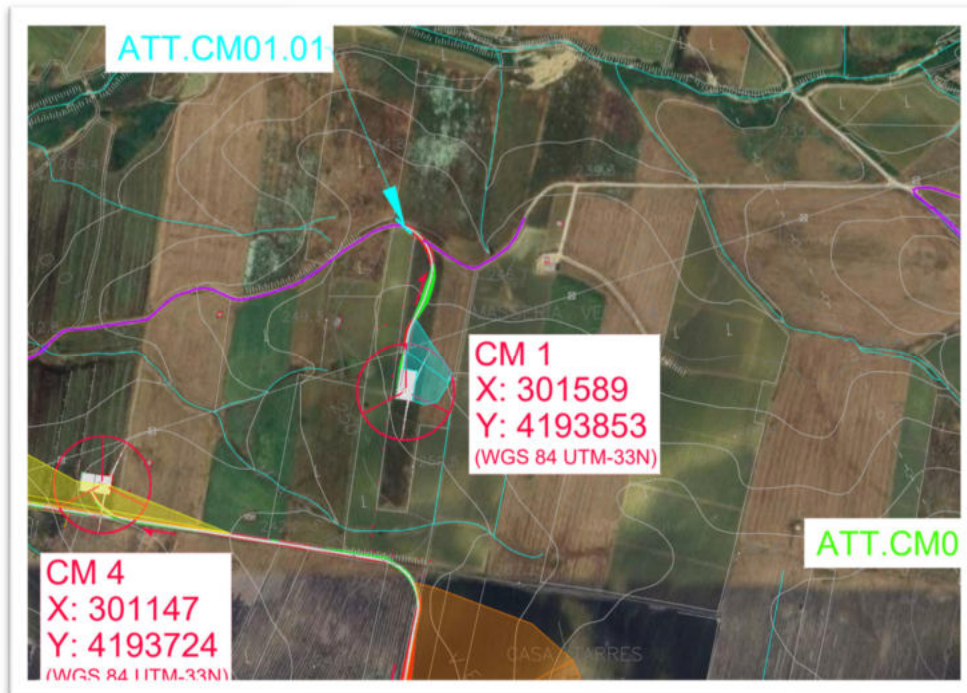
$$Q = \chi A \sqrt{Ri}$$

Dove:

- Q è la portata di progetto massima attesa espressa in m<sup>3</sup>/s
- $\chi$  è il coefficiente di scabrezza determinato con la formula di Gauckler - Strikler  $\chi = k_s * R^{\frac{1}{6}}$ ;
- A è l'area della sezione bagnata m<sup>2</sup>;
- R è il raggio idraulico (in m). dato dal rapporto tra la sezione idrica e perimetro bagnato P;
- i è la pendenza del canale.
- Il coefficiente  $k_s$  è assunto per la tipologia di tubazioni pari a  $100 m^{\frac{1}{3}} s^{-1}$

Per ciascuno degli attraversamenti. vengono riportate le verifiche. in termini di portata massima. tirante idrico. sezione idrica e grado di riempimento. che hanno condotto ad esito positivo.

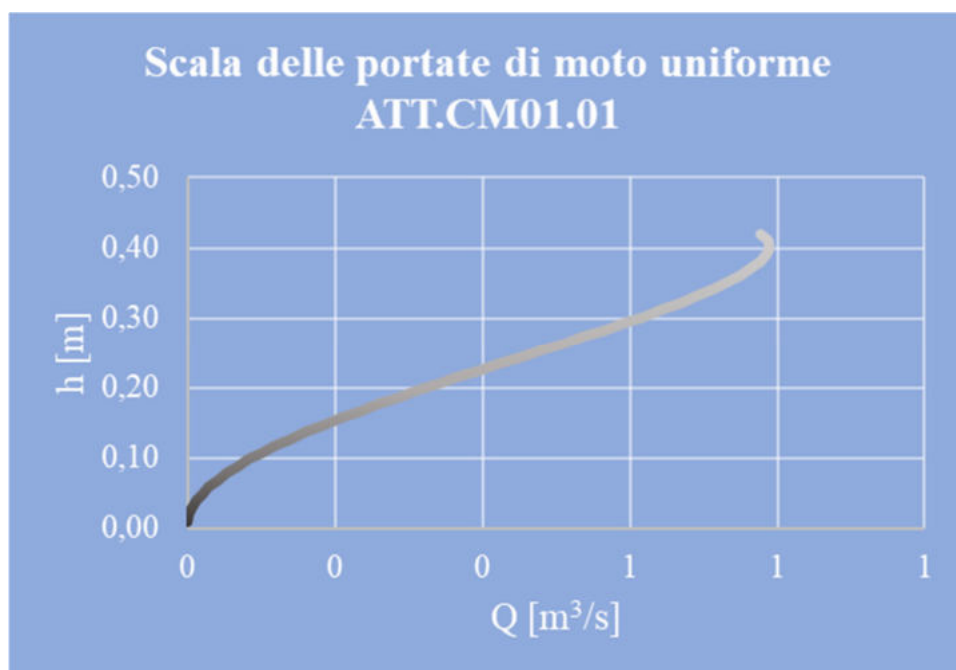
**6.2.1. ATTRAVERSAMENTO ATT.CM01.01**



**Figura 6.3. CTR su ortofoto: individuazione ATT.CM01.01 con bacino B.CM01.01**

ID Sezione	ID Bacino	Portata Critica	Tubazione PEad De 500	Pendenza	Grado di riempimento
		$Q_{T200}$ [m <sup>3</sup> /s]	Di [mm]	I [m/m]	%
ATT.CM01.01	B.CM01.01	0,48	500	0,05	59

**Tabella 6.1 – Dati attraversamento ATT.CM01.01.**

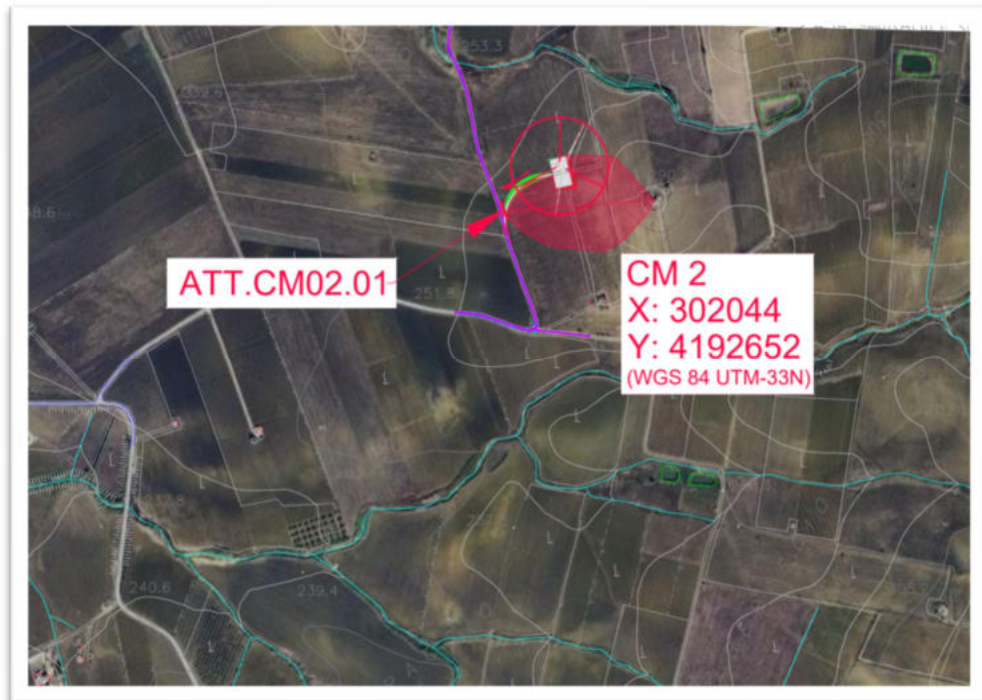


**Figura 6.4. Scala delle portate di moto uniforme afferente all'ATT.CM01.01.**

V [m/s]	h	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m]	R	A	C	ALFA
0,77	0,01	0,0006	0,01	0,0064	0,0008	0,13	0,6053
1,22	0,02	0,0029	0,02	0,0128	0,0024	0,18	0,8594
1,59	0,03	0,0068	0,03	0,0189	0,0043	0,23	1,0567
1,91	0,04	0,0125	0,04	0,0249	0,0066	0,26	1,2251
2,20	0,05	0,0200	0,05	0,0308	0,0091	0,30	1,3753
2,46	0,06	0,0293	0,06	0,0366	0,0119	0,33	1,5129
2,71	0,07	0,0403	0,07	0,0422	0,0149	0,35	1,6411
2,94	0,08	0,0530	0,08	0,0476	0,0180	0,38	1,7620
3,15	0,09	0,0673	0,09	0,0529	0,0214	0,40	1,8772
3,35	0,10	0,0832	0,10	0,0581	0,0248	0,43	1,9877
3,54	0,11	0,1006	0,11	0,0630	0,0284	0,45	2,0944
3,72	0,12	0,1194	0,12	0,0679	0,0321	0,47	2,1979
3,89	0,13	0,1396	0,13	0,0726	0,0359	0,49	2,2987
4,05	0,14	0,1610	0,14	0,0771	0,0397	0,52	2,3973
4,20	0,15	0,1837	0,15	0,0815	0,0437	0,54	2,4940
4,35	0,16	0,2074	0,16	0,0857	0,0477	0,56	2,5891
4,48	0,17	0,2321	0,17	0,0898	0,0518	0,58	2,6830
4,61	0,18	0,2577	0,18	0,0937	0,0559	0,60	2,7759
4,73	0,19	0,2842	0,19	0,0974	0,0600	0,62	2,8680
4,85	0,20	0,3113	0,20	0,1009	0,0642	0,64	2,9595
4,95	0,21	0,3389	0,21	0,1043	0,0684	0,66	3,0507
5,06	0,22	0,3671	0,22	0,1075	0,0726	0,68	3,1416
5,15	0,22	0,3956	0,22	0,1105	0,0768	0,69	3,2325
5,24	0,23	0,4242	0,23	0,1134	0,0810	0,71	3,3237
5,32	0,24	0,4530	0,24	0,1160	0,0852	0,73	3,4152
5,39	0,25	0,4818	0,25	0,1185	0,0893	0,75	3,5073
5,46	0,26	0,5103	0,26	0,1207	0,0934	0,77	3,6001
5,52	0,27	0,5386	0,27	0,1228	0,0975	0,79	3,6940
5,58	0,28	0,5664	0,28	0,1246	0,1015	0,81	3,7892
5,63	0,29	0,5935	0,29	0,1262	0,1055	0,84	3,8859
5,67	0,30	0,6199	0,30	0,1276	0,1093	0,86	3,9845
5,70	0,31	0,6452	0,31	0,1288	0,1131	0,88	4,0853
5,73	0,32	0,6695	0,32	0,1297	0,1168	0,90	4,1888
5,75	0,33	0,6923	0,33	0,1304	0,1204	0,92	4,2955
5,76	0,34	0,7136	0,34	0,1308	0,1239	0,95	4,4060
5,76	0,35	0,7330	0,35	0,1308	0,1272	0,97	4,5211
5,76	0,36	0,7503	0,36	0,1306	0,1303	1,00	4,6421
5,74	0,37	0,7651	0,37	0,1300	0,1333	1,03	4,7703
5,71	0,38	0,7769	0,38	0,1290	0,1361	1,06	4,9078
5,66	0,39	0,7854	0,39	0,1275	0,1387	1,09	5,0581
5,60	0,40	0,7895	0,40	0,1254	0,1409	1,12	5,2265
5,52	0,41	0,7880	0,41	0,1225	0,1429	1,17	5,4238
5,39	0,42	0,7779	0,42	0,1183	0,1444	1,22	5,6779

**Tabella 6.2 – Scala delle portate di moto uniforme ATT.CM01.01.**

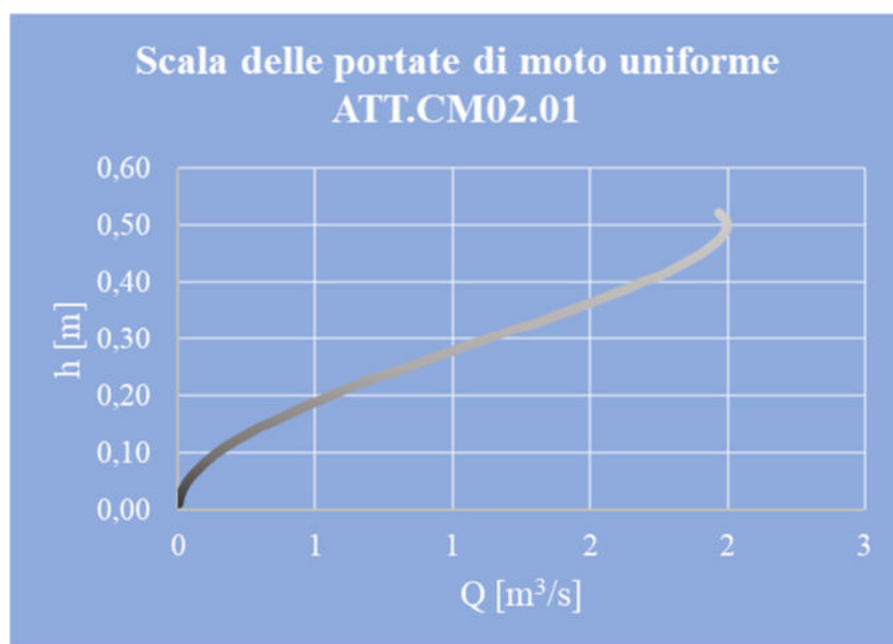
**6.2.2. ATTRAVERSAMENTO ATT.CM02.01**



**Figura 6.5. CTR su ortofoto: individuazione ATT.CM02.01 con bacino B.CM02.01**

ID Sezione	ID Bacino	Portata Critica	Tubazione PEad De 630	Pendenza	Grado di riempimento
		$Q_{T200}$ [m <sup>3</sup> /s]	Di [mm]	I [m/m]	%
ATT.CM02.01	B.CM02.01	1,26	630	0,1	61

**Tabella 6.3 – Dati attraversamento ATT.CM02.01.**

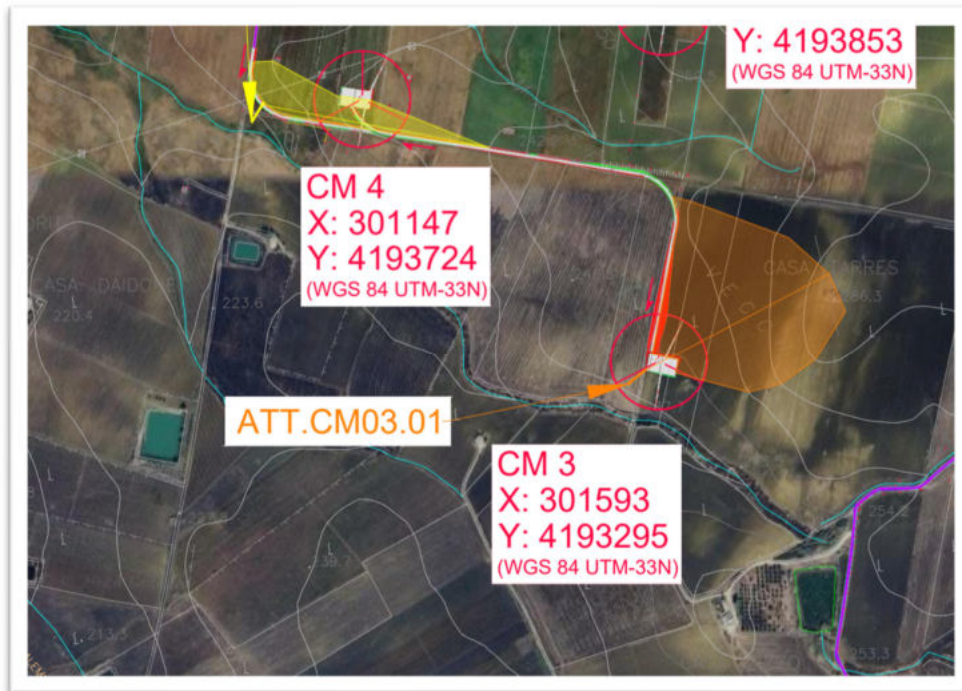


**Figura 6.6. Scala delle portate di moto uniforme afferente all'ATT.CM02.01.**

V [m/s]	h	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m]	R	A	C	ALFA
1,27	0,01	0,0016	0,01	0,0080	0,0013	0,16	0,6053
2,00	0,02	0,0073	0,02	0,0159	0,0036	0,23	0,8594
2,60	0,04	0,0173	0,04	0,0235	0,0067	0,28	1,0567
3,12	0,05	0,0318	0,05	0,0310	0,0102	0,33	1,2251
3,60	0,06	0,0507	0,06	0,0384	0,0141	0,37	1,3753
4,03	0,07	0,0742	0,07	0,0455	0,0184	0,40	1,5129
4,43	0,09	0,1020	0,09	0,0525	0,0230	0,44	1,6411
4,80	0,10	0,1341	0,10	0,0592	0,0279	0,47	1,7620
5,16	0,11	0,1704	0,11	0,0658	0,0331	0,50	1,8772
5,48	0,12	0,2106	0,12	0,0722	0,0384	0,53	1,9877
5,79	0,13	0,2547	0,13	0,0784	0,0439	0,56	2,0944
6,09	0,15	0,3024	0,15	0,0845	0,0497	0,59	2,1979
6,37	0,16	0,3535	0,16	0,0903	0,0555	0,61	2,2987
6,63	0,17	0,4078	0,17	0,0960	0,0615	0,64	2,3973
6,88	0,18	0,4651	0,18	0,1014	0,0676	0,67	2,4940
7,11	0,19	0,5252	0,19	0,1066	0,0739	0,69	2,5891
7,33	0,21	0,5879	0,21	0,1117	0,0802	0,72	2,6830
7,54	0,22	0,6527	0,22	0,1165	0,0865	0,74	2,7759
7,74	0,23	0,7196	0,23	0,1212	0,0929	0,77	2,8680
7,93	0,24	0,7883	0,24	0,1256	0,0994	0,79	2,9595
8,11	0,26	0,8584	0,26	0,1298	0,1059	0,82	3,0507
8,27	0,27	0,9296	0,27	0,1338	0,1124	0,84	3,1416
8,42	0,28	1,0017	0,28	0,1375	0,1189	0,86	3,2325
8,57	0,29	1,0744	0,29	0,1410	0,1254	0,89	3,3237
8,70	0,30	1,1473	0,30	0,1443	0,1319	0,91	3,4152
8,82	0,32	1,2201	0,32	0,1474	0,1383	0,94	3,5073
8,94	0,33	1,2924	0,33	0,1502	0,1446	0,96	3,6001
9,04	0,34	1,3639	0,34	0,1528	0,1509	0,99	3,6940
9,13	0,35	1,4343	0,35	0,1550	0,1572	1,01	3,7892
9,21	0,36	1,5030	0,36	0,1571	0,1633	1,04	3,8859
9,27	0,38	1,5698	0,38	0,1588	0,1693	1,07	3,9845
9,33	0,39	1,6340	0,39	0,1603	0,1751	1,09	4,0853
9,37	0,40	1,6954	0,40	0,1614	0,1809	1,12	4,1888
9,41	0,41	1,7532	0,41	0,1622	0,1864	1,15	4,2955
9,42	0,43	1,8071	0,43	0,1627	0,1917	1,18	4,4060
9,43	0,44	1,8562	0,44	0,1628	0,1969	1,21	4,5211
9,42	0,45	1,9000	0,45	0,1625	0,2018	1,24	4,6421
9,39	0,46	1,9375	0,46	0,1617	0,2064	1,28	4,7703
9,34	0,47	1,9676	0,47	0,1605	0,2107	1,31	4,9078
9,27	0,49	1,9889	0,49	0,1586	0,2146	1,35	5,0581
9,17	0,50	1,9994	0,50	0,1560	0,2181	1,40	5,2265
9,02	0,51	1,9956	0,51	0,1524	0,2212	1,45	5,4238
8,81	0,52	1,9700	0,52	0,1472	0,2235	1,52	5,6779

**Tabella 6.4 – Scala delle portate di moto uniforme ATT.CM02.01.**

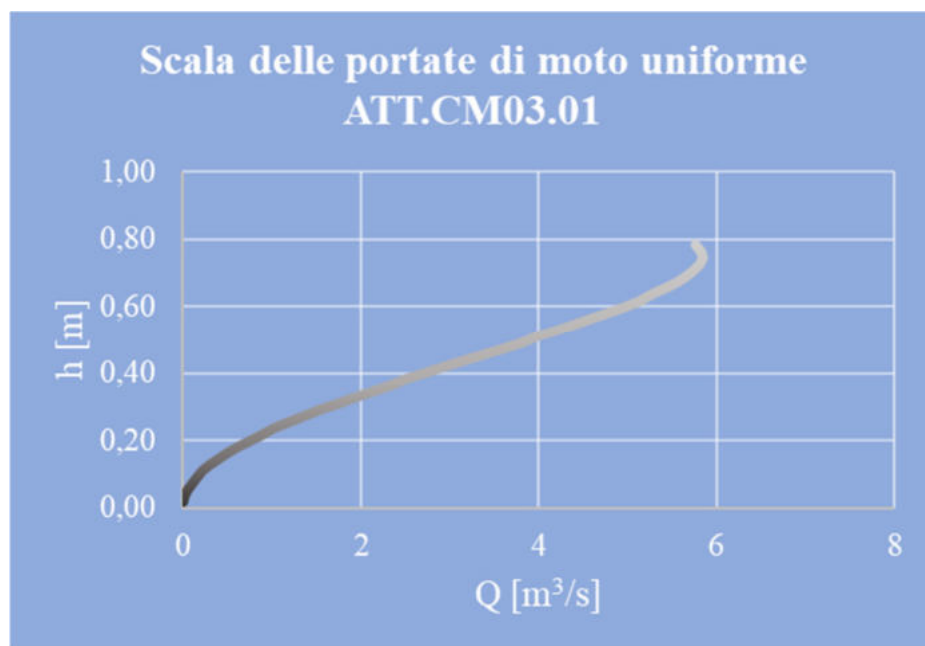
**6.2.3. ATTRAVERSAMENTO ATT.CM03.01**



**Figura 6.7. CTR su ortofoto: individuazione ATT.CM03.01 con bacino B.CM03.01**

ID Sezione	ID Bacino	Portata Critica	Tubazione PEad De 930	Pendenza	Grado di riempimento
		$Q_{T200}$ [m <sup>3</sup> /s]	Di [mm]	I [m/m]	%
ATT.CM03.01	B.CM03.01	3,36	930	0,1	59

**Tabella 6.5 – Dati attraversamento ATT.CM03.01**



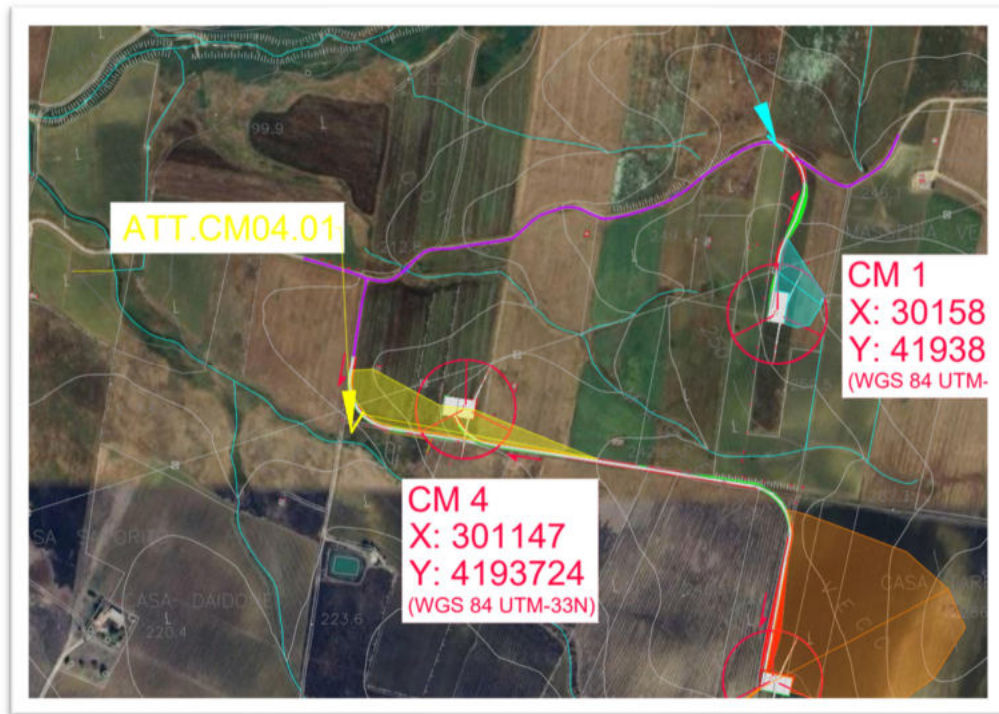
**Figura 6.8. Scala delle portate di moto uniforme afferente all'ATT.DU03.01.**



V [m/s]	h	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m]	R	A	C	ALFA
1,66	0,02	0,0048	0,02	0,0120	0,0029	0,24	0,6053
2,61	0,04	0,0213	0,04	0,0237	0,0082	0,34	0,8594
3,40	0,05	0,0505	0,05	0,0352	0,0149	0,42	1,0567
4,08	0,07	0,0929	0,07	0,0464	0,0227	0,49	1,2251
4,70	0,09	0,1484	0,09	0,0574	0,0316	0,55	1,3753
5,27	0,11	0,2169	0,11	0,0680	0,0412	0,61	1,5129
5,79	0,13	0,2983	0,13	0,0784	0,0515	0,66	1,6411
6,28	0,15	0,3922	0,15	0,0886	0,0624	0,70	1,7620
6,74	0,16	0,4982	0,16	0,0984	0,0739	0,75	1,8772
7,17	0,18	0,6158	0,18	0,1080	0,0859	0,80	1,9877
7,58	0,20	0,7447	0,20	0,1173	0,0983	0,84	2,0944
7,96	0,22	0,8841	0,22	0,1263	0,1110	0,88	2,1979
8,32	0,24	1,0335	0,24	0,1350	0,1242	0,92	2,2987
8,67	0,25	1,1924	0,25	0,1435	0,1376	0,96	2,3973
8,99	0,27	1,3600	0,27	0,1516	0,1513	1,00	2,4940
9,30	0,29	1,5357	0,29	0,1595	0,1651	1,04	2,5891
9,59	0,31	1,7188	0,31	0,1670	0,1792	1,07	2,6830
9,86	0,33	1,9085	0,33	0,1742	0,1935	1,11	2,7759
10,12	0,35	2,1041	0,35	0,1812	0,2078	1,15	2,8680
10,37	0,36	2,3048	0,36	0,1878	0,2223	1,18	2,9595
10,60	0,38	2,5097	0,38	0,1940	0,2368	1,22	3,0507
10,81	0,40	2,7181	0,40	0,2000	0,2513	1,26	3,1416
11,02	0,42	2,9289	0,42	0,2056	0,2659	1,29	3,2325
11,20	0,44	3,1414	0,44	0,2109	0,2804	1,33	3,3237
11,38	0,45	3,3545	0,45	0,2158	0,2948	1,37	3,4152
11,54	0,47	3,5674	0,47	0,2204	0,3092	1,40	3,5073
11,68	0,49	3,7789	0,49	0,2246	0,3234	1,44	3,6001
11,82	0,51	3,9881	0,51	0,2284	0,3375	1,48	3,6940
11,93	0,53	4,1937	0,53	0,2318	0,3514	1,52	3,7892
12,04	0,55	4,3947	0,55	0,2349	0,3651	1,55	3,8859
12,13	0,56	4,5898	0,56	0,2375	0,3785	1,59	3,9845
12,20	0,58	4,7778	0,58	0,2396	0,3916	1,63	4,0853
12,26	0,60	4,9571	0,60	0,2413	0,4044	1,68	4,1888
12,30	0,62	5,1263	0,62	0,2426	0,4168	1,72	4,2955
12,32	0,64	5,2837	0,64	0,2433	0,4288	1,76	4,4060
12,33	0,65	5,4275	0,65	0,2434	0,4402	1,81	4,5211
12,31	0,67	5,5554	0,67	0,2430	0,4512	1,86	4,6421
12,28	0,69	5,6650	0,69	0,2419	0,4615	1,91	4,7703
12,21	0,71	5,7530	0,71	0,2400	0,4711	1,96	4,9078
12,12	0,73	5,8153	0,73	0,2372	0,4799	2,02	5,0581
11,98	0,75	5,8460	0,75	0,2333	0,4878	2,09	5,2265
11,80	0,76	5,8349	0,76	0,2279	0,4945	2,17	5,4238
11,53	0,78	5,7601	0,78	0,2200	0,4998	2,27	5,6779

**Tabella 6.6 – Scala delle portate di moto uniforme ATT.CM03.01.**

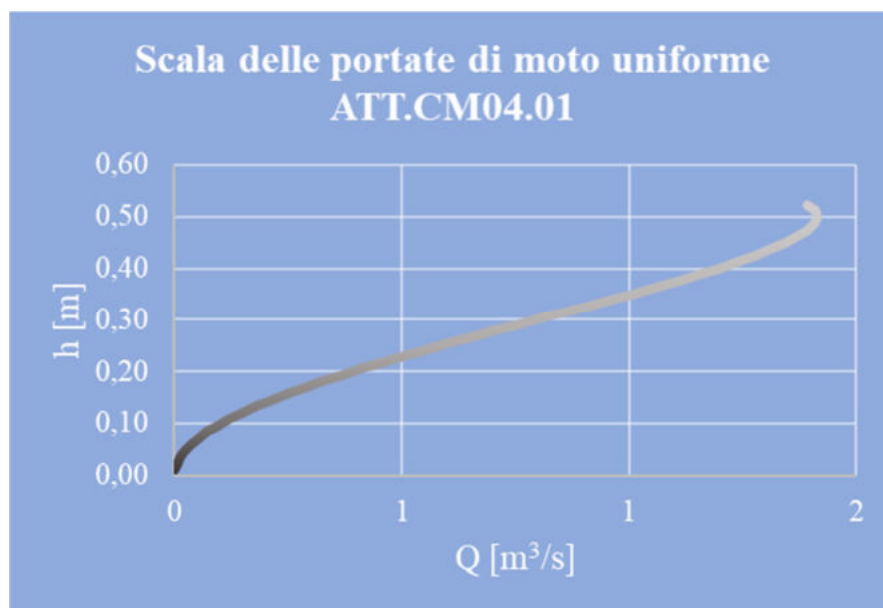
**6.2.4. ATTRAVERSAMENTO ATT.CM04.01**



**Figura 6.9. CTR su ortofoto: individuazione ATT.CM04.01 con bacino B.CM04.01**

ID Sezione	ID Bacino	Portata Critica	Tubazione PEad De 630	Pendenza	Grado di riempimento
		$Q_{T200}$ [m <sup>3</sup> /s]	Di [mm]	I [m/m]	%
ATT.CM04.01	B.CM04.01	0,61	630	0,05	50

**Tabella 6.7 – Dati attraversamento ATT.CM04.01**

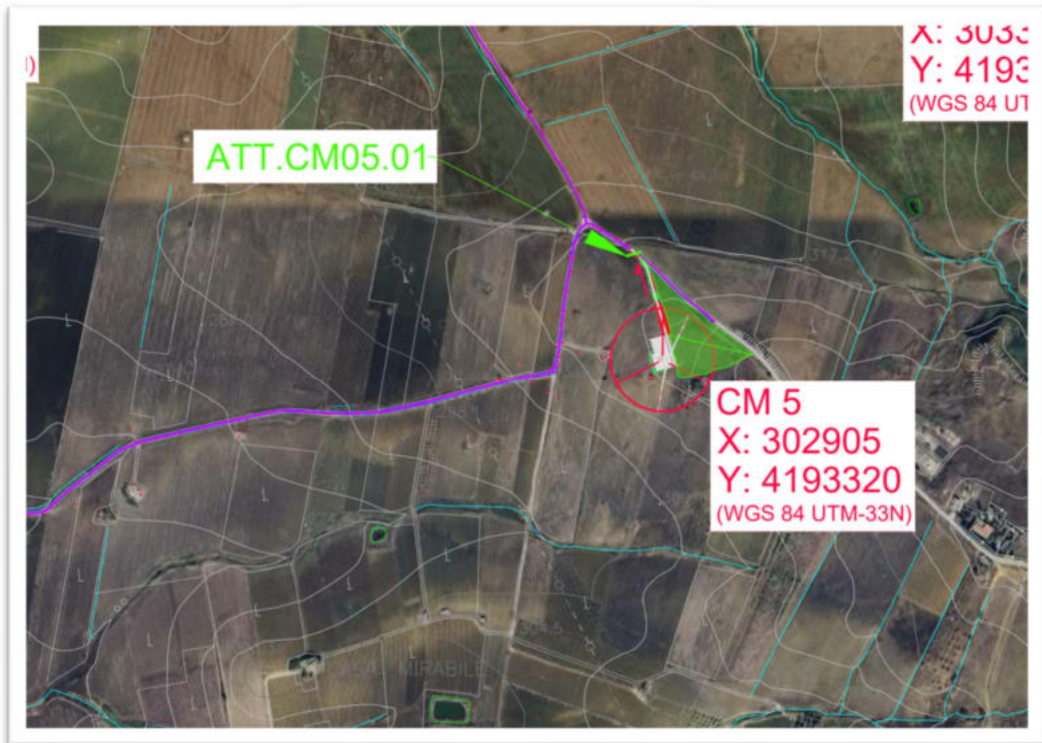


**Figura 6.10. Scala delle portate di moto uniforme afferente all'ATT.DU04.01.**

V [m/s]	h	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m]	R	A	C	ALFA
0,90	0,01	0,0012	0,01	0,0080	0,0013	0,16	0,6053
1,41	0,02	0,0051	0,02	0,0159	0,0036	0,23	0,8594
1,84	0,04	0,0122	0,04	0,0235	0,0067	0,28	1,0567
2,21	0,05	0,0225	0,05	0,0310	0,0102	0,33	1,2251
2,54	0,06	0,0359	0,06	0,0384	0,0141	0,37	1,3753
2,85	0,07	0,0525	0,07	0,0455	0,0184	0,40	1,5129
3,13	0,09	0,0721	0,09	0,0525	0,0230	0,44	1,6411
3,40	0,10	0,0948	0,10	0,0592	0,0279	0,47	1,7620
3,65	0,11	0,1205	0,11	0,0658	0,0331	0,50	1,8772
3,88	0,12	0,1489	0,12	0,0722	0,0384	0,53	1,9877
4,10	0,13	0,1801	0,13	0,0784	0,0439	0,56	2,0944
4,30	0,15	0,2138	0,15	0,0845	0,0497	0,59	2,1979
4,50	0,16	0,2499	0,16	0,0903	0,0555	0,61	2,2987
4,69	0,17	0,2884	0,17	0,0960	0,0615	0,64	2,3973
4,86	0,18	0,3289	0,18	0,1014	0,0676	0,67	2,4940
5,03	0,19	0,3714	0,19	0,1066	0,0739	0,69	2,5891
5,19	0,21	0,4157	0,21	0,1117	0,0802	0,72	2,6830
5,33	0,22	0,4616	0,22	0,1165	0,0865	0,74	2,7759
5,47	0,23	0,5089	0,23	0,1212	0,0929	0,77	2,8680
5,61	0,24	0,5574	0,24	0,1256	0,0994	0,79	2,9595
5,73	0,26	0,6069	0,26	0,1298	0,1059	0,82	3,0507
5,85	0,27	0,6573	0,27	0,1338	0,1124	0,84	3,1416
5,96	0,28	0,7083	0,28	0,1375	0,1189	0,86	3,2325
6,06	0,29	0,7597	0,29	0,1410	0,1254	0,89	3,3237
6,15	0,30	0,8113	0,30	0,1443	0,1319	0,91	3,4152
6,24	0,32	0,8627	0,32	0,1474	0,1383	0,94	3,5073
6,32	0,33	0,9139	0,33	0,1502	0,1446	0,96	3,6001
6,39	0,34	0,9645	0,34	0,1528	0,1509	0,99	3,6940
6,45	0,35	1,0142	0,35	0,1550	0,1572	1,01	3,7892
6,51	0,36	1,0628	0,36	0,1571	0,1633	1,04	3,8859
6,56	0,38	1,1100	0,38	0,1588	0,1693	1,07	3,9845
6,60	0,39	1,1554	0,39	0,1603	0,1751	1,09	4,0853
6,63	0,40	1,1988	0,40	0,1614	0,1809	1,12	4,1888
6,65	0,41	1,2397	0,41	0,1622	0,1864	1,15	4,2955
6,66	0,43	1,2778	0,43	0,1627	0,1917	1,18	4,4060
6,67	0,44	1,3126	0,44	0,1628	0,1969	1,21	4,5211
6,66	0,45	1,3435	0,45	0,1625	0,2018	1,24	4,6421
6,64	0,46	1,3700	0,46	0,1617	0,2064	1,28	4,7703
6,60	0,47	1,3913	0,47	0,1605	0,2107	1,31	4,9078
6,55	0,49	1,4064	0,49	0,1586	0,2146	1,35	5,0581
6,48	0,50	1,4138	0,50	0,1560	0,2181	1,40	5,2265
6,38	0,51	1,4111	0,51	0,1524	0,2212	1,45	5,4238
6,23	0,52	1,3930	0,52	0,1472	0,2235	1,52	5,6779

**Tabella 6.8 – Scala delle portate di moto uniforme ATT.CM04.01.**

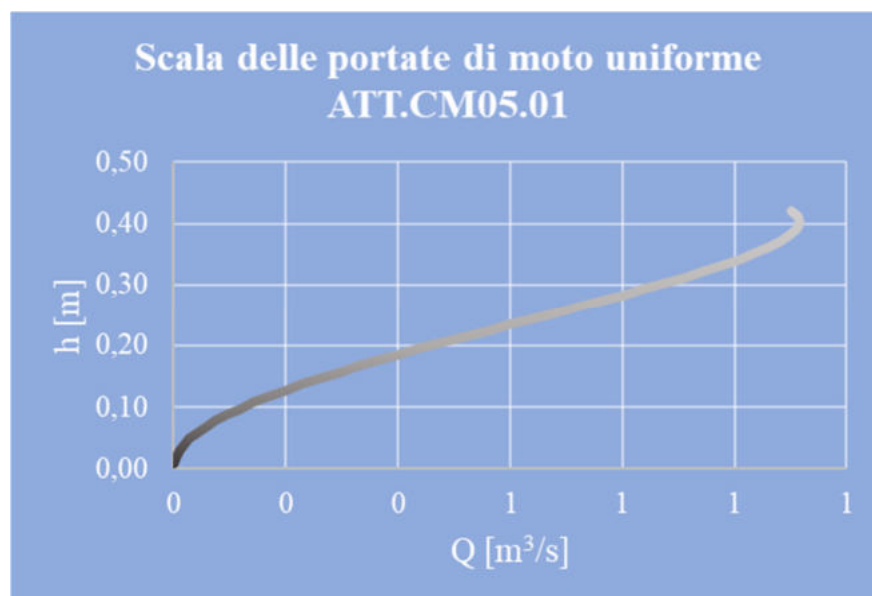
**6.2.5. ATTRAVERSAMENTO ATT.CM05.01**



**Figura 6.11. CTR su ortofoto: individuazione ATT.CM05.01 con bacino B.CM05.01**

ID Sezione	ID Bacino	Portata Critica	Tubazione PEad De 500	Pendenza	Grado di riempimento
		$Q_{T200}$ [m <sup>3</sup> /s]	Di [mm]	I [m/m]	%
ATT.CM05.01	B.CM05.01	0,54	500	0,1	52

**Tabella 6.9 – Dati attraversamento ATT.CM05.01**

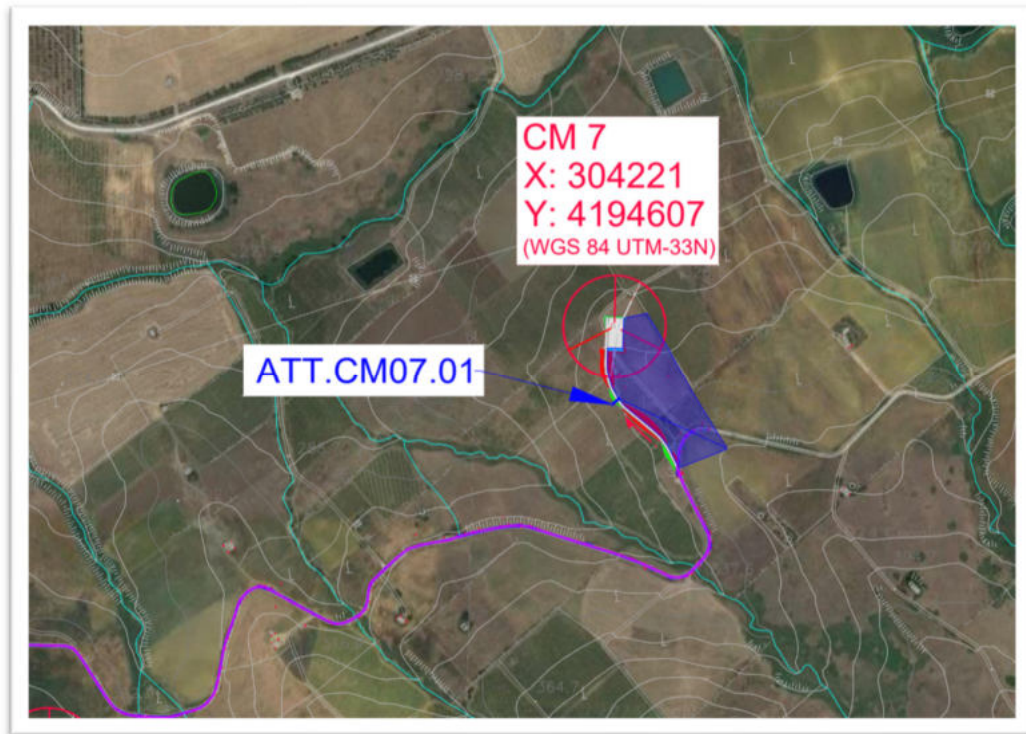


**Figura 6.12. Scala delle portate di moto uniforme afferente all'ATT.DU05.01.**

V [m/s]	h	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m]	R	A	C	ALFA
1,10	0,01	0,0009	0,01	0,0064	0,0008	0,13	0,6053
1,73	0,02	0,0041	0,02	0,0128	0,0024	0,18	0,8594
2,25	0,03	0,0097	0,03	0,0189	0,0043	0,23	1,0567
2,70	0,04	0,0177	0,04	0,0249	0,0066	0,26	1,2251
3,11	0,05	0,0283	0,05	0,0308	0,0091	0,30	1,3753
3,48	0,06	0,0414	0,06	0,0366	0,0119	0,33	1,5129
3,83	0,07	0,0570	0,07	0,0422	0,0149	0,35	1,6411
4,15	0,08	0,0749	0,08	0,0476	0,0180	0,38	1,7620
4,46	0,09	0,0951	0,09	0,0529	0,0214	0,40	1,8772
4,74	0,10	0,1176	0,10	0,0581	0,0248	0,43	1,9877
5,01	0,11	0,1422	0,11	0,0630	0,0284	0,45	2,0944
5,26	0,12	0,1688	0,12	0,0679	0,0321	0,47	2,1979
5,50	0,13	0,1974	0,13	0,0726	0,0359	0,49	2,2987
5,73	0,14	0,2277	0,14	0,0771	0,0397	0,52	2,3973
5,94	0,15	0,2597	0,15	0,0815	0,0437	0,54	2,4940
6,15	0,16	0,2933	0,16	0,0857	0,0477	0,56	2,5891
6,34	0,17	0,3283	0,17	0,0898	0,0518	0,58	2,6830
6,52	0,18	0,3645	0,18	0,0937	0,0559	0,60	2,7759
6,69	0,19	0,4019	0,19	0,0974	0,0600	0,62	2,8680
6,85	0,20	0,4402	0,20	0,1009	0,0642	0,64	2,9595
7,01	0,21	0,4793	0,21	0,1043	0,0684	0,66	3,0507
7,15	0,22	0,5191	0,22	0,1075	0,0726	0,68	3,1416
7,28	0,22	0,5594	0,22	0,1105	0,0768	0,69	3,2325
7,41	0,23	0,6000	0,23	0,1134	0,0810	0,71	3,3237
7,52	0,24	0,6407	0,24	0,1160	0,0852	0,73	3,4152
7,63	0,25	0,6813	0,25	0,1185	0,0893	0,75	3,5073
7,72	0,26	0,7217	0,26	0,1207	0,0934	0,77	3,6001
7,81	0,27	0,7617	0,27	0,1228	0,0975	0,79	3,6940
7,89	0,28	0,8010	0,28	0,1246	0,1015	0,81	3,7892
7,96	0,29	0,8393	0,29	0,1262	0,1055	0,84	3,8859
8,02	0,30	0,8766	0,30	0,1276	0,1093	0,86	3,9845
8,07	0,31	0,9125	0,31	0,1288	0,1131	0,88	4,0853
8,10	0,32	0,9468	0,32	0,1297	0,1168	0,90	4,1888
8,13	0,33	0,9791	0,33	0,1304	0,1204	0,92	4,2955
8,15	0,34	1,0091	0,34	0,1308	0,1239	0,95	4,4060
8,15	0,35	1,0366	0,35	0,1308	0,1272	0,97	4,5211
8,14	0,36	1,0610	0,36	0,1306	0,1303	1,00	4,6421
8,12	0,37	1,0820	0,37	0,1300	0,1333	1,03	4,7703
8,07	0,38	1,0988	0,38	0,1290	0,1361	1,06	4,9078
8,01	0,39	1,1107	0,39	0,1275	0,1387	1,09	5,0581
7,92	0,40	1,1165	0,40	0,1254	0,1409	1,12	5,2265
7,80	0,41	1,1144	0,41	0,1225	0,1429	1,17	5,4238
7,62	0,42	1,1001	0,42	0,1183	0,1444	1,22	5,6779

**Tabella 6.10 – Scala delle portate di moto uniforme ATT.CM05.01.**

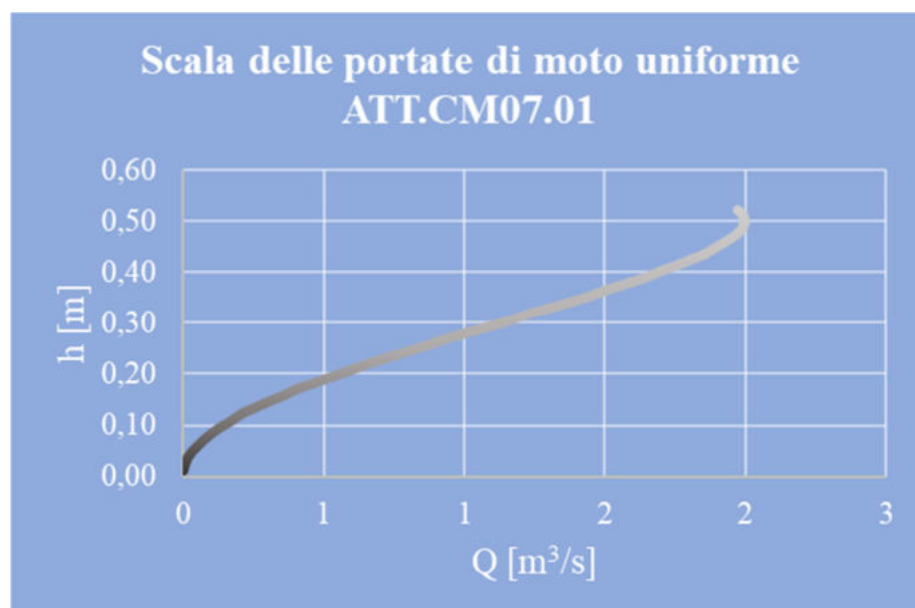
**6.2.6. ATTRAVERSAMENTO ATT.CM07.01**



**Figura 6.13. CTR su ortofoto: individuazione ATT.CM07.01 con bacino B.CM07.01.**

ID Sezione	ID Bacino	Portata Critica	Tubazione PEad De 630	Pendenza	Grado di riempimento
		$Q_{T200}$ [m <sup>3</sup> /s]	Di [mm]	I [m/m]	%
ATT.CM07.01	B.CM07.01	1,18	630	0,1	59

**Tabella 6.11 – Dati attraversamento ATT.CM07.01.**



**Figura 6.14. Scala delle portate di moto uniforme afferente all'ATT.CM07.01.**

V [m/s]	h	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m]	R	A	C	ALFA
1,27	0,01	0,0016	0,01	0,0080	0,0013	0,16	0,6053
2,00	0,02	0,0073	0,02	0,0159	0,0036	0,23	0,8594
2,60	0,04	0,0173	0,04	0,0235	0,0067	0,28	1,0567
3,12	0,05	0,0318	0,05	0,0310	0,0102	0,33	1,2251
3,60	0,06	0,0507	0,06	0,0384	0,0141	0,37	1,3753
4,03	0,07	0,0742	0,07	0,0455	0,0184	0,40	1,5129
4,43	0,09	0,1020	0,09	0,0525	0,0230	0,44	1,6411
4,80	0,10	0,1341	0,10	0,0592	0,0279	0,47	1,7620
5,16	0,11	0,1704	0,11	0,0658	0,0331	0,50	1,8772
5,48	0,12	0,2106	0,12	0,0722	0,0384	0,53	1,9877
5,79	0,13	0,2547	0,13	0,0784	0,0439	0,56	2,0944
6,09	0,15	0,3024	0,15	0,0845	0,0497	0,59	2,1979
6,37	0,16	0,3535	0,16	0,0903	0,0555	0,61	2,2987
6,63	0,17	0,4078	0,17	0,0960	0,0615	0,64	2,3973
6,88	0,18	0,4651	0,18	0,1014	0,0676	0,67	2,4940
7,11	0,19	0,5252	0,19	0,1066	0,0739	0,69	2,5891
7,33	0,21	0,5879	0,21	0,1117	0,0802	0,72	2,6830
7,54	0,22	0,6527	0,22	0,1165	0,0865	0,74	2,7759
7,74	0,23	0,7196	0,23	0,1212	0,0929	0,77	2,8680
7,93	0,24	0,7883	0,24	0,1256	0,0994	0,79	2,9595
8,11	0,26	0,8584	0,26	0,1298	0,1059	0,82	3,0507
8,27	0,27	0,9296	0,27	0,1338	0,1124	0,84	3,1416
8,42	0,28	1,0017	0,28	0,1375	0,1189	0,86	3,2325
8,57	0,29	1,0744	0,29	0,1410	0,1254	0,89	3,3237
8,70	0,30	1,1473	0,30	0,1443	0,1319	0,91	3,4152
8,82	0,32	1,2201	0,32	0,1474	0,1383	0,94	3,5073
8,94	0,33	1,2924	0,33	0,1502	0,1446	0,96	3,6001
9,04	0,34	1,3639	0,34	0,1528	0,1509	0,99	3,6940
9,13	0,35	1,4343	0,35	0,1550	0,1572	1,01	3,7892
9,21	0,36	1,5030	0,36	0,1571	0,1633	1,04	3,8859
9,27	0,38	1,5698	0,38	0,1588	0,1693	1,07	3,9845
9,33	0,39	1,6340	0,39	0,1603	0,1751	1,09	4,0853
9,37	0,40	1,6954	0,40	0,1614	0,1809	1,12	4,1888
9,41	0,41	1,7532	0,41	0,1622	0,1864	1,15	4,2955
9,42	0,43	1,8071	0,43	0,1627	0,1917	1,18	4,4060
9,43	0,44	1,8562	0,44	0,1628	0,1969	1,21	4,5211
9,42	0,45	1,9000	0,45	0,1625	0,2018	1,24	4,6421
9,39	0,46	1,9375	0,46	0,1617	0,2064	1,28	4,7703
9,34	0,47	1,9676	0,47	0,1605	0,2107	1,31	4,9078
9,27	0,49	1,9889	0,49	0,1586	0,2146	1,35	5,0581
9,17	0,50	1,9994	0,50	0,1560	0,2181	1,40	5,2265
9,02	0,51	1,9956	0,51	0,1524	0,2212	1,45	5,4238
8,81	0,52	1,9700	0,52	0,1472	0,2235	1,52	5,6779

**Tabella 6.12 – Scala delle portate di moto uniforme ATT.CM07.01.**

### 6.3. ALTEZZA DEL RUSCELLAMENTO SUL SUOLO

Si riportano infine in questo paragrafo, i valori dell'altezza massima del ruscellamento sul suolo per ciascuno dei sottobacini individuati. In occasione delle portate innescate dagli eventi di pioggia intensa studiati, sono state determinate le altezze di accumulo e ruscellamento. Le altezze massime si avranno in corrispondenza degli attraversamenti stessi determinati ai paragrafi precedenti, essendo gli stessi allocati nel punto più depresso.

La stima qui riportata, è riferita dunque, alla sezione trasversale del sottobacino, coincidente con la sezione di chiusura del sottobacino stesso, costituita dall'opera in progetto che risolve l'interferenza.

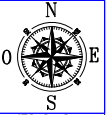
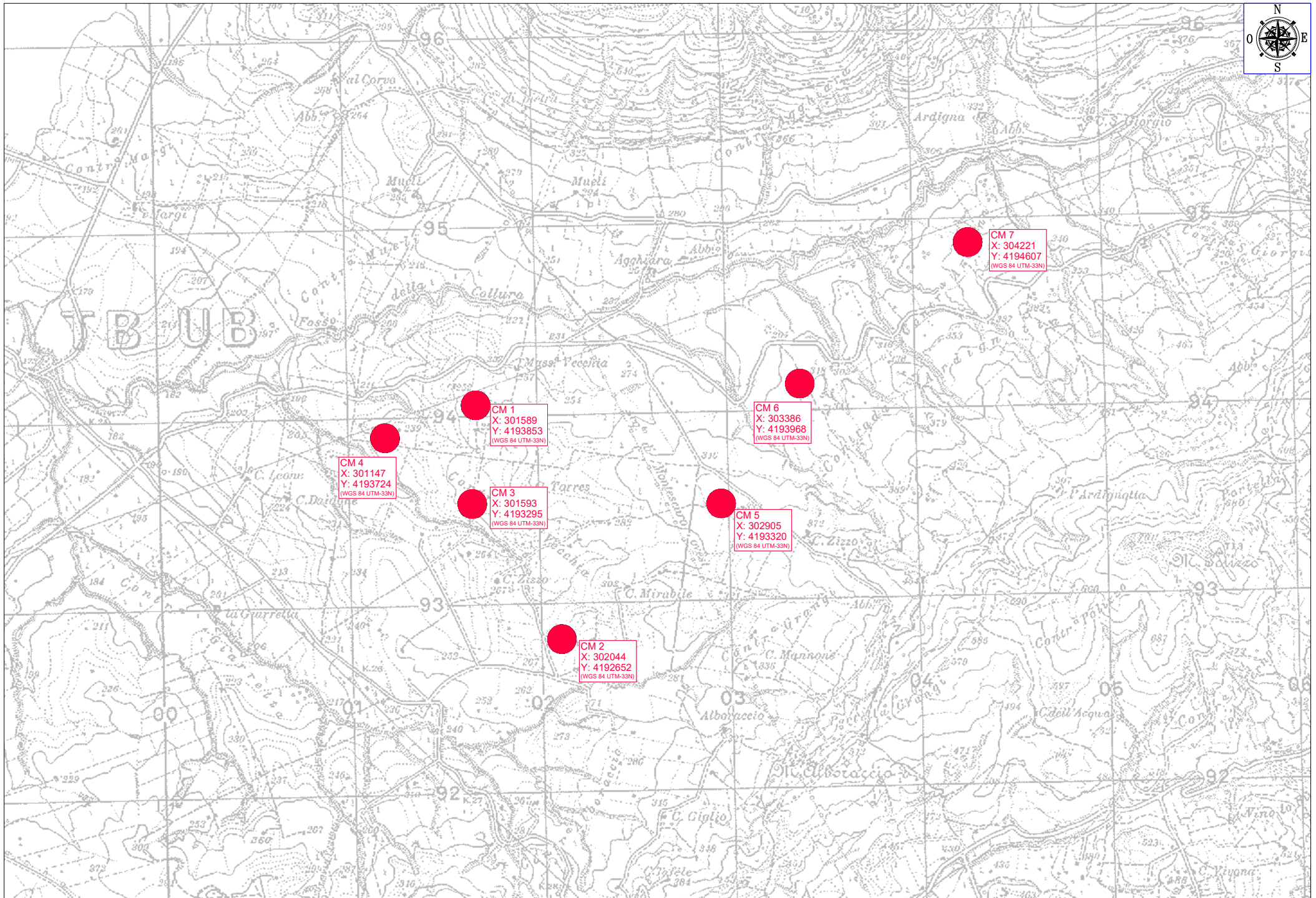
I valori stimati, sono riepilogati nella tabella 6.13.

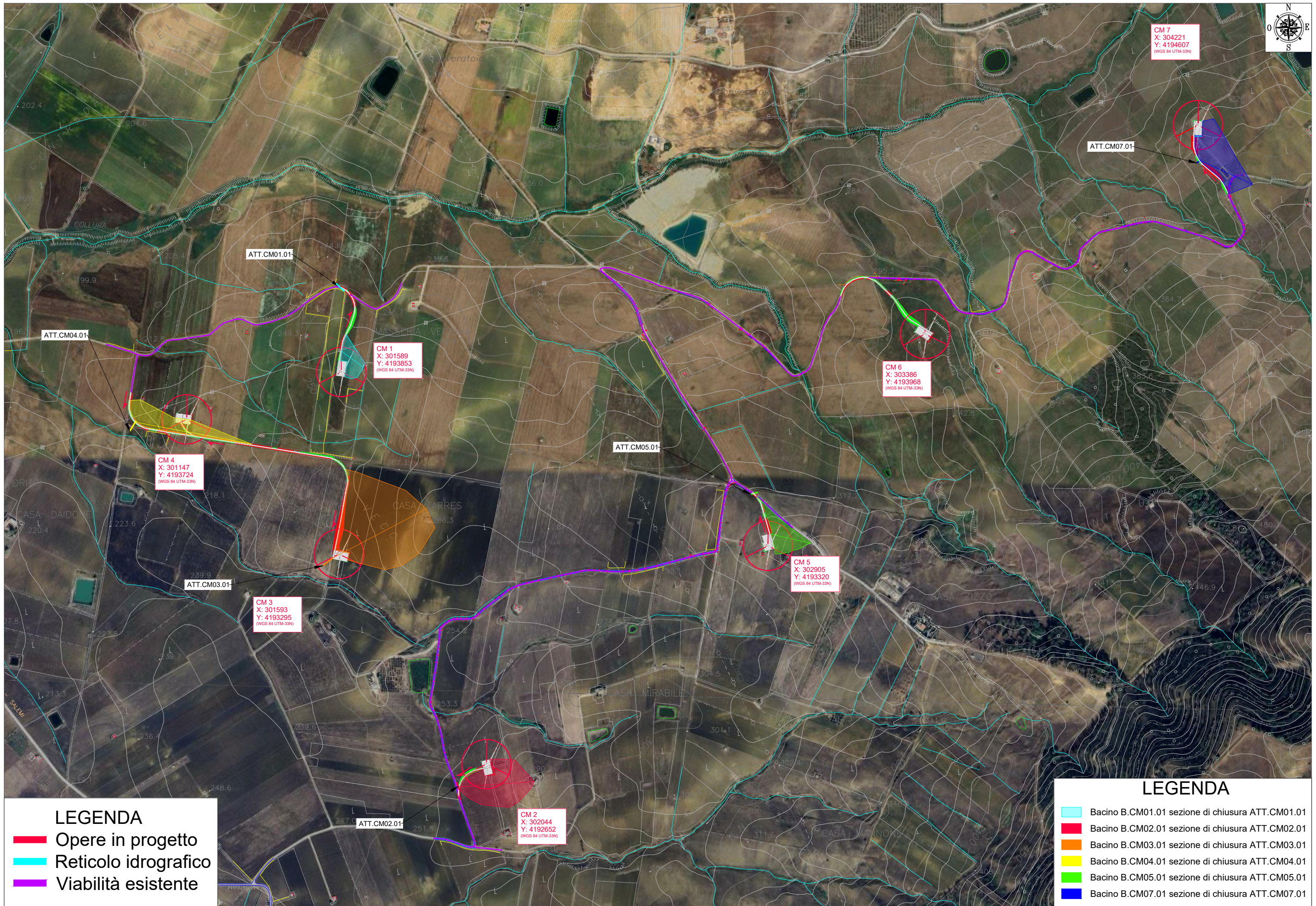
ID Sezione	Altezza di ruscellamento sul suolo [m]
ATT.CM01.01	0,25
ATT.CM02.01	0,33
ATT.CM03.01	0,47
ATT.CM04.01	0,27
ATT.CM05.01	0,22
ATT.CM07.01	0,32

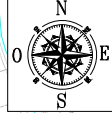
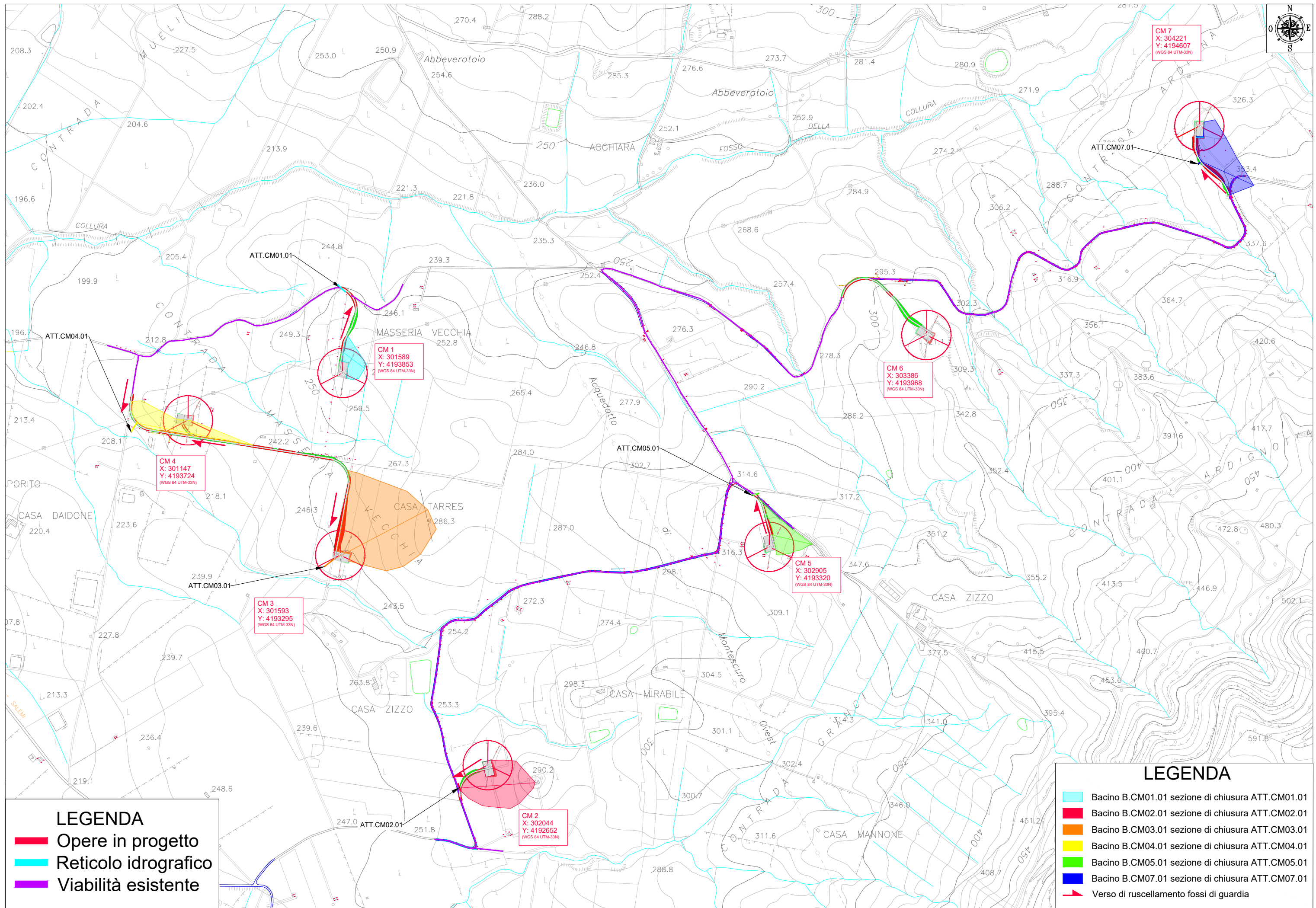
**Tab. 6.29 – Altezza di ruscellamento sul suolo.**



## 7. ALLEGATI







CM 7  
X: 304221  
Y: 4194607  
(WGS 84 UTM-33N)

CM 1  
X: 301589  
Y: 4193853  
(WGS 84 UTM-33N)

CM 6  
X: 303386  
Y: 4193968  
(WGS 84 UTM-33N)

CM 4  
X: 301147  
Y: 4193724  
(WGS 84 UTM-33N)

CM 3  
X: 301593  
Y: 4193295  
(WGS 84 UTM-33N)

CM 5  
X: 302905  
Y: 4193320  
(WGS 84 UTM-33N)

CM 2  
X: 302044  
Y: 4192652  
(WGS 84 UTM-33N)

**LEGENDA**  
 Opere in progetto  
 Reticolo idrografico  
 Viabilità esistente

**LEGENDA**  
 Bacino B.CM01.01 sezione di chiusura ATT.CM01.01  
 Bacino B.CM02.01 sezione di chiusura ATT.CM02.01  
 Bacino B.CM03.01 sezione di chiusura ATT.CM03.01  
 Bacino B.CM04.01 sezione di chiusura ATT.CM04.01  
 Bacino B.CM05.01 sezione di chiusura ATT.CM05.01  
 Bacino B.CM07.01 sezione di chiusura ATT.CM07.01  
 Verso di ruscellamento fossi di guardia