

Comune di Manciano,  
Provincia di Grosseto, Regione Toscana

## ARNG SOLAR VI S.R.L.




Viale Giorgio Ribotta 21, Eurosky Tower Interno 0B3

ROMA (RM), 00144

PEC: arngsolar6@pec.it

# Impianto Agrivoltaico "MANCIANO 24.48"

## RELAZIONE IDRAULICA

IL TECNICO	IL PROPONENTE
<p data-bbox="67 1012 220 1043"><b>INGEGNERE</b></p> <p data-bbox="67 1084 472 1227"><b>Cosimo TOTARO</b> Ordine Ingegneri della Provincia di Brindisi - n. 1718 <a href="mailto:elettrico@bellfixplus.it">elettrico@bellfixplus.it</a></p> 	<p data-bbox="1018 1052 1327 1084"><b>ARNG SOLAR VI S.R.L.</b></p> <p data-bbox="1018 1097 1401 1272">Sede legale: Viale Giorgio Ribotta 21 ROMA (RM), 00144 PEC: arngsolar6@pec.it Numero REA RM - 1688886 P.IVA 02352340687</p>
<p data-bbox="67 1281 220 1312"><b>INGEGNERE</b></p> <p data-bbox="67 1352 472 1496"><b>Dario TRICOLI</b> Ordine Ingegneri della Provincia di Catanzaro - n. 3003 <a href="mailto:dario.tricoli@ruwa.it">dario.tricoli@ruwa.it</a></p> 	
<p data-bbox="67 1550 561 1581"><b>RESPONSABILE TECNICO BELL FIX PLUS SRL</b></p> <p data-bbox="67 1612 472 1756"><b>Cosimo TOTARO</b> Ordine Ingegneri della Provincia di Brindisi - n. 1718 <a href="mailto:elettrico@bellfixplus.it">elettrico@bellfixplus.it</a></p> 	

GIUGNO 2023

**INDICE**

<b>1. PREMESSA</b> .....	3
<b>2. NORMATIVA VIGENTE</b> .....	6
<b>3. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO</b> .....	8
3.1 MODELLISTICA UTILIZZATA.....	9
3.2 VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE .....	16
3.2.1 IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO STATO ATTUALE .....	16
3.2.2 RISULTATI MODELLO IDRAULICO STATO ATTUALE .....	21
3.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....	26
3.3.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELL’IMPIANTO .....	29
3.4 VERIFICHE IDRAULICHE STATO PROGETTO .....	31
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	38

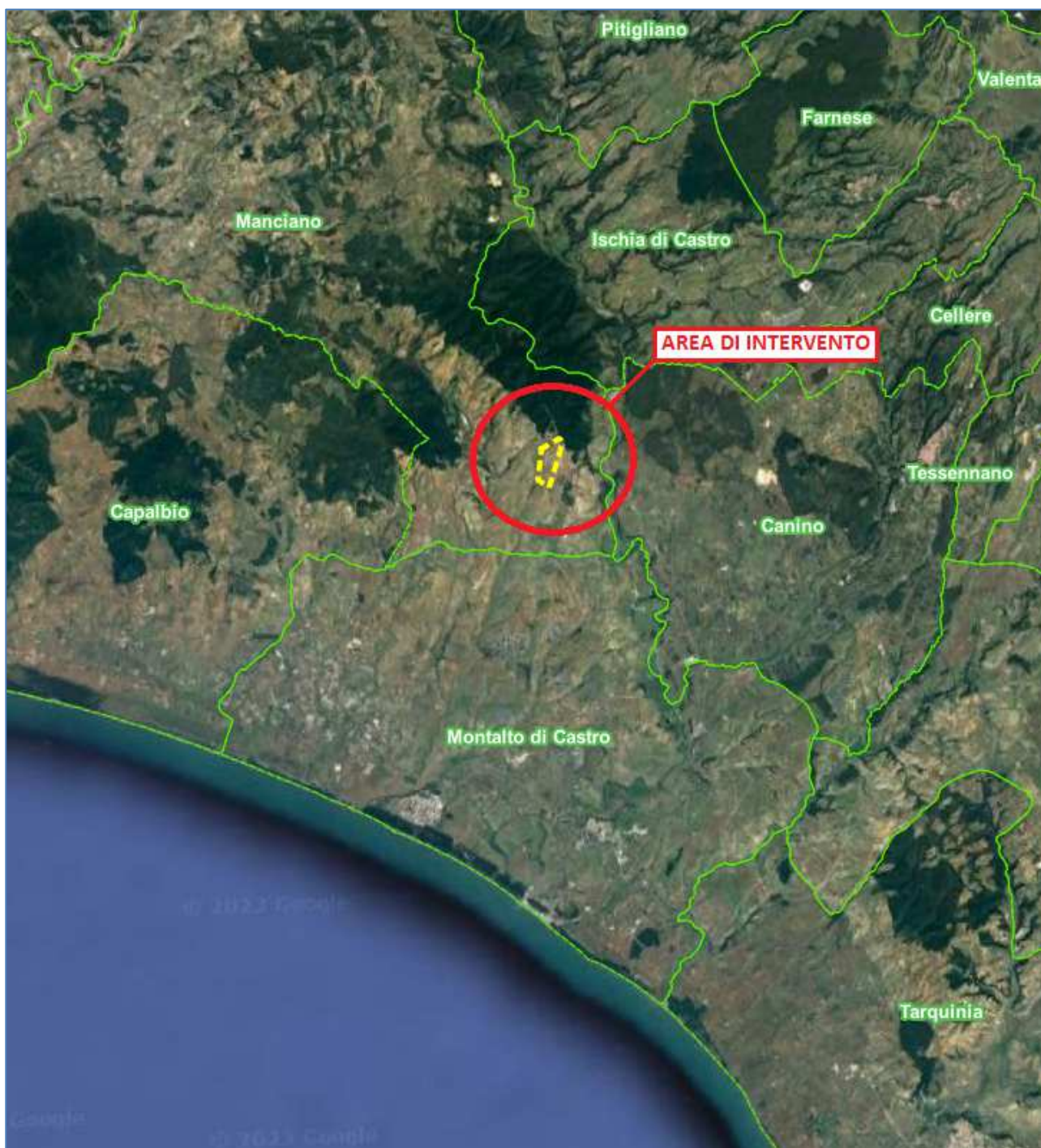
## **1. PREMESSA**

Il presente studio ha lo scopo di investigare nel dettaglio nei riguardi delle condizioni di rischio idraulico che caratterizzano il bacino idrografico posto a sud-est del centro abitato di Manciano (GR) (*Figura 1*), all'interno del quale il proponente, ARNG SOLAR VI S.r.l., ha predisposto il progetto per un intervento consistente nella realizzazione di un impianto fotovoltaico su un'area che insiste su una porzione di territorio situata nei pressi del reticolo idrografico denominato “Fosso dei Lavinacci” appartenente al bacino idrografico del Fosso dell'Acqua Bianca il quale a sua volta fa parte del bacino idrografico del Fosso del Tafone, così come riportato nella *Figura 2* in cui è evidenziata l'area di intervento sovrapposta al reticolo idrografico e all'ortofoto satellitare.

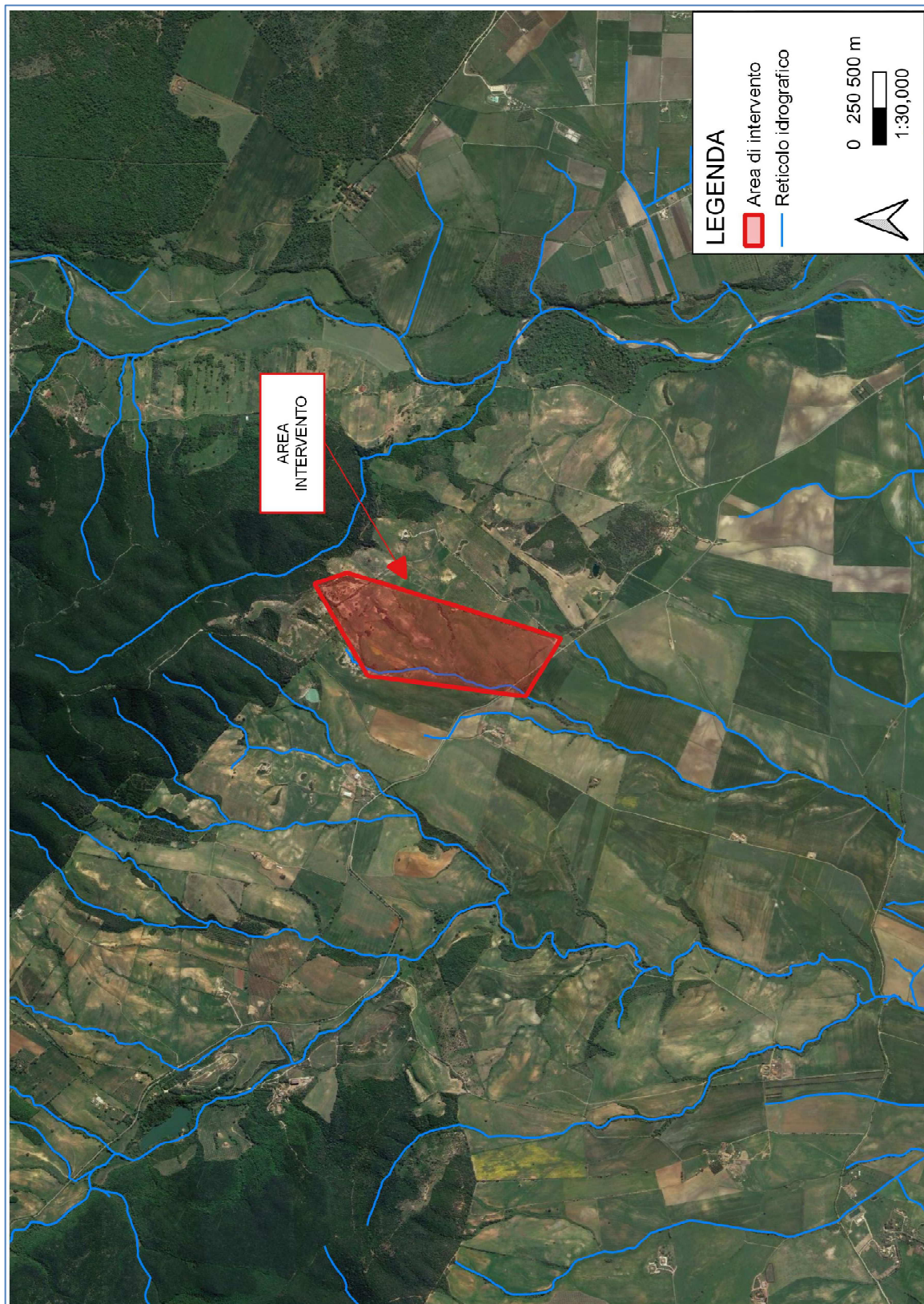
Al fine di effettuare le verifiche idrauliche a corredo degli interventi previsti per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, senza che si verifichi un aumento delle condizioni di rischio idraulico nel territorio circostante, in accordo con la normativa vigente, è stato redatto il presente studio secondo le procedure previste dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) dell'Autorità dei Bacini regionali del Lazio e dal Piano Strutturale del comune di Manciano (GR).

Per le motivazioni sopra riportate, nell'ambito dell'incarico ricevuto, sulla base delle risultanze dello studio idrologico condotto mediante il software HEC-HMS, cui si rimanda per maggiori dettagli, è stato predisposto un modello idraulico bidimensionale, utilizzando come input lo ietogramma di precipitazione netta relativo ad un evento avente tempo di ritorno pari a 200 anni.

Nel seguito di questo elaborato, dopo una breve descrizione della normativa di riferimento e della modellistica utilizzata, verranno descritte nel dettaglio le fasi che hanno permesso l'implementazione del modello idraulico di riferimento, con particolare riferimento alle mappe degli allagamenti espresse in twermini di battenti massimi (m) e velocità massime (m/s) che si generano per l'evento duecentennale nello scenario attuale e di progetto.



*Figura 1 – Inquadramento area di studio con indicazione dei limiti comunali*



*Figura 2 – Inquadramento area di intervento (in rosso) su ortofoto con individuazione reticolo idrografico*

**2. NORMATIVA VIGENTE**

E' opportuno precisare che l'area di intervento amministrativamente ricade in Toscana, precisamente nel comune di Manciano (GR), ma per ciò che riguarda l'Autorità di Bacino Distrettuale l'area d'interesse risulta esclusa sia dal PAI Piano Assetto Idrogeologico che dal progetto PAI "Dissesti geomorfologici" dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Sono state consultate anche le cartografie dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale: l'area di interesse sembra ricadere (dal punto di vista distrettuale) nell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio e quindi nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, ma la perimetrazione esistente si ferma al confine regionale del Lazio.

Tale circostanza trova riscontro anche nella Relazione Tecnica del P.A.I. Redatta dall'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, infatti nella descrizione dell'ambiente fisiografico per i bacini del Nord è riportato:

*“Un primo settore si estende in parte (per 202 kmq) nel Comune di Montalto di Castro ed in parte nella Regione Toscana, comprendendo il Bacino del Fosso Chiarone, la cui asta principale segna, nel tratto finale, il confine con la Regione Toscana, ed il bacino del Fosso Tafone, fino al limite superiore del Bacino Interregionale del Fiora. In effetti, questo settore comprende esclusivamente bacini idrografici che interessano in parte la Regione Lazio ed in parte la Regione Toscana che costituendo un ostacolo alla pianificazione circa l'area non ricompresa nei limiti amministrativi della Regione Lazio. Nell'ambito di una riorganizzazione dei limiti del Bacino Interregionale del Fiora, è stata promossa la procedura prevista dalla vigente normativa, in accordo con la predetta Autorità di bacino del Fiora, per assegnare a quest'ultima anche la competenza per questo settore. Si auspica che nella definizione dei limiti dei costituendi Distretti idrografici previsti dal D.lgs. 152/2006 tale problematica possa trovare una definitiva soluzione. Allo stato attuale delle conoscenze di questa Autorità comunque non risultano, per tale ambito territoriale, segnalazioni significative su problematiche attinenti al dissesto idrogeologico”.*

In virtù di ciò, le informazioni utili sono state desunte dal Piano Strutturale del Comune di Manciano, in particolare dalla Carta delle aree a pericolosità idraulica, redatta ai sensi del DPGRT 26/R/07.

Da tali documenti parte dell'area di intervento risulta perimetrata come area I.3, ovvero area a Pericolosità Idraulica Elevata, pertanto si attueranno le norme in base al Decreto del Presidente della Giunta regionale 27 aprile 2007, n. 26/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). In particolare nell'Allegato A di tale documento, al paragrafo 3.2.2 si riportano i Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti idraulici:

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica molto elevata ed elevata è necessario rispettare i seguenti criteri generali :

1. non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;
2. nelle aree che risultino soggette a inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 20 anni sono consentite solo nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili,

- per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura;
3. gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;
  4. relativamente agli interventi di nuova edificazione previsti nel tessuto insediativo esistente, la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di autosicurezza, nel rispetto delle seguenti condizioni: - dimostrazioni dell'assenza o dell'eliminazione di pericolo per le persone e i beni - dimostrazione che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità in altre aree;
  5. possono essere previsti interventi per i quali venga dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purchè siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità.
  6. della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia;
  7. fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere rilasciata dichiarazione di abitabilità e di agibilità;
  8. deve essere garantita la gestione di quanto in essere tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a Tr 200 per il patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e per tutte le funzioni connesse.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si volesse perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravii di pericolosità in altre aree.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica bassa non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

### **3. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO**

Allo scopo di valutare le condizioni di rischio idraulico dell'area oggetto di studio, è risultato necessario condurre preliminarmente un'indagine idrologica dei bacini idrografici che afferiscono all'area di studio unitamente ad una indagine idraulica per la determinazione delle criticità idrauliche che caratterizzano il reticolo idrografico di interesse. E' necessario dunque valutare innanzitutto l'afflusso-deflusso in termini di portata idrologica di piena per assegnato tempo di ritorno afferente all'area di interesse e di conseguenza investigare sulla propagazione dei deflussi lungo il reticolo idrografico al fine di verificarne la capacità di smaltimento. Si è ritenuto pertanto opportuno condurre lo studio basandosi su una modellazione bidimensionale dell'area oggetto di studio capace di utilizzare come condizione al contorno di input lo ietogramma di precipitazione netta, corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni, ricavata a partire dai risultati dello studio idrologico condotto, cui si rimanda per maggiori dettagli.

In particolare, per la modellazione delle fasi di separazione delle piogge del fenomeno delle trasformazioni afflussi-deflussi, si è ritenuto opportuno utilizzare il metodo Curve Number (CN) del Soil Conservation Service in quanto nella zona sono disponibili i dati di dettaglio dell'uso del suolo e della permeabilità che permettono di ricavare in modo corretto i valori del CN per le varie zone del dominio di calcolo.

L'analisi idraulica dei reticoli idrografici ha previsto l'implementazione di una modellazione idraulica con schema bidimensionale in regime di moto vario per valutare la propagazione delle fuoriuscite all'esterno dell'alveo dei corsi d'acqua che ha consentito di meglio individuare le condizioni di rischio idraulico dell'intera area di studio.

Di seguito si riportano le varie fasi dell'analisi idraulica condotte nell'ambito del presente studio.



### 3.1 MODELLISTICA UTILIZZATA

La modellazione della propagazione dei deflussi idrici sull'area oggetto di studio è stata eseguita utilizzando il software HEC-RAS basato su un modello idrodinamico mono e bidimensionale largamente utilizzato su base mondiale, il cui utilizzo è largamente consolidato anche in Italia.

Di seguito viene riportata una rapida descrizione della teoria di base utilizzata dal software HEC-RAS e quindi viene data una breve descrizione della modellistica implementata nel caso oggetto di studio. Allo scopo di effettuare le verifiche idrauliche per la zona oggetto di studio è stato implementato il modello bidimensionale per investigare nei riguardi degli allagamenti nell'area di interesse.

Il problema della propagazione della onda di piena in un corso d'acqua naturale si risolve utilizzando la descrizione idraulica del fenomeno basata sulle equazioni differenziali del moto e di continuità. La teoria di De Saint Venant in particolare ipotizza che si tratti di un moto monodimensionale, in pratica le grandezze che definiscono la corrente idrica (portate e livelli) sono funzione esclusivamente del tempo e della coordinata  $x$ , posta lungo l'asse longitudinale del corso d'acqua. Queste ipotesi conducono al fatto che le sezioni trasversali possano considerarsi piane e verticali con una pressione distribuita su di esse con legge idrostatica e quindi la corrente può considerarsi gradualmente variata.

Con questa schematizzazione si ottengono le classiche equazioni di De Saint Venant, dalle quali esplicitando tutti i termini si ottengono le seguenti:

- equazione del moto:

$$\frac{\partial H}{\partial X} + \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + J = 0$$

- equazione di continuità:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Applicando queste equazioni al corso d'acqua si ottiene un sistema di equazioni differenziali del primo ordine non lineari nelle incognite rappresentate dai livelli e le portate nei vari nodi in funzione del tempo. Per la risoluzione di questo sistema esistono sostanzialmente tre metodi:

- delle linee caratteristiche
- alle differenze finite
- agli elementi finiti.

Il metodo di soluzione adottato è un metodo di tipo semi-implicito in cui in pratica la portata ed il livello in ogni nodo, in un determinato istante di tempo, sono espressi in funzione di portata e livello nelle sezioni adiacenti nello stesso istante di tempo oltre che della portata e del livello della stessa sezione nell'intervallo di tempo precedente. In pratica, considerando un corso d'acqua schematizzato da  $N$  sezioni, si hanno  $2N$  incognite (portata e livello in ogni sezione), si applicano le due equazioni (di moto e di continuità) per ogni tronco, si ottengono quindi  $2(N-1)$  equazioni. Aggiungendo poi le due condizioni al contorno (a valle e a monte), si ottiene un sistema di  $2N$  equazioni che può essere risolto uno dopo l'altro per tutti gli intervalli di tempo.

Nel caso in cui, per la presenza di arginature o di particolari situazioni morfologiche, durante il deflusso si abbiano fuoriuscite d'acqua per tracimazione dai contenimenti arginali in zone limitrofe al corso ma comunque ad esso idraulicamente connesse nelle quali l'acqua stessa tende ad avere una diffusione in più direzioni allora la schematizzazione monodimensionale non è più sufficiente a simulare tale fenomeno di propagazione. In questi casi occorre ricorrere ad una schematizzazione bidimensionale che però è molto complessa ed onerosa sia dal punto di vista del modello di calcolo che dei dati da utilizzare. Occorre infatti disporre di un modello digitale del terreno molto dettagliato ed accurato che va in genere realizzato ad hoc con l'impiego di consistenti risorse. In alcuni casi un buon compromesso tra complessità di calcolo e grado di precisione dei risultati si può ottenere utilizzando uno schema di moto cosiddetto quasi-bidimensionale che è caratterizzato da uno schema monodimensionale lungo il reticolo idrografico e da celle d'accumulo, connesse idraulicamente con il reticolo e tra di loro, che rappresentano le zone limitrofe ai corsi d'acqua dove la propagazione dell'acqua non avviene attraverso uno schema monodimensionale. Questo schema è valido nel caso in cui le aree che sono interessate dall'esonazione delle acque del corso principale siano comunque confinate morfologicamente e quindi possano essere rappresentate da celle d'accumulo. Queste celle d'accumulo sono connesse con il corso d'acqua e possono essere connesse tra di loro. In alcune circostanze si può verificare che le acque che fuoriescono dal corso d'acqua principale si propagano al di fuori di esso seguendo un impluvio naturale o artificiale, nel quale comunque si può ritenere che esista una direzione prevalente di deflusso. In questo caso la simulazione può essere fatta inserendo un ramo fittizio per rappresentare proprio la propagazione di questi deflussi estraendo le sezioni dal modello digitale del terreno. Questo ramo fittizio potrebbe essere connesso a valle con quello principale oppure andare a confluire in una cella di accumulo a seconda di come si presenta la situazione reale.

Le nuove funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in HEC - RAS sono state sviluppate per permettere all'utente di eseguire la modellazione solo 2D e 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS ha le seguenti caratteristiche:

- 1. modellazione combinata 1D e 2D:** La possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi;
- 2. equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D:** Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda che quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità all'utente. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabili a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda 2D. Dal momento che l'utente può facilmente cambiare il set di equazioni, ognuna di esse può essere provata per un dato problema per verificare il metodo più adatto;
- 3. algoritmo implicito di soluzione ai volumi finiti:** Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo implicito di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Il processo di

allagamento di aree secche e di completo svuotamento di aree allagate viene simulato in maniera molto robusta con l'algoritmo di soluzione ai volumi finiti in HEC-RAS. Le aree a deflusso 2D possono iniziare completamente asciutte e gestire un improvviso afflusso di acqua nella zona. Inoltre, l'algoritmo può gestire regimi di corrente lenti, veloci e misti (la corrente passa attraverso l'altezza critica critica, come per esempio in un risalto idraulico);

**4.** algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo con un'opzione per iterare i trasferimenti di massa 1D e 2D in un passo temporale. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzone è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. In ogni passo temporale l'equazione di moto utilizza i risultati 1D e 2D per calcolare il flusso consentendo il calcolo preciso della sommersione delle aperture, in ogni passo temporale considerando la variazione di livelli che si ha nei due elementi. Inoltre il deflusso si può invertire (dall'area 2D al tronco 1D) una volta che la piena è passata e i tiranti nel fiume si riducono.

**5.** maglie computazionali strutturate o non strutturate: Il software è stato progettato per utilizzare maglie computazionali non strutturate, ma può anche gestire maglie strutturate. Una maglia strutturata è trattata allo stesso modo di una maglia non strutturata, con la differenza che il software sfrutta le celle che sono ortogonali tra di loro (questo semplifica alcuni dei calcoli richiesti). Ciò significa che le celle calcolate possono essere triangoli, quadrati, rettangoli, o addirittura elementi a cinque e a sei facce (il modello è limitato agli elementi con più di otto lati). La maglia può essere un misto di celle di diverse forme e dimensioni. Il contorno esterno della maglia di calcolo è definito con un poligono. Le celle di calcolo che formano il limite esterno la maglia possono avere linee multi-point molto dettagliate che rappresentano le facce esterne di ciascuna cella. La maglia di calcolo non deve essere ortogonale ma se la maglia è ortogonale la discretizzazione numerica è semplificata e più efficiente;

**6.** tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: Ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pre-elaborata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione, vedi *Figura 3*.

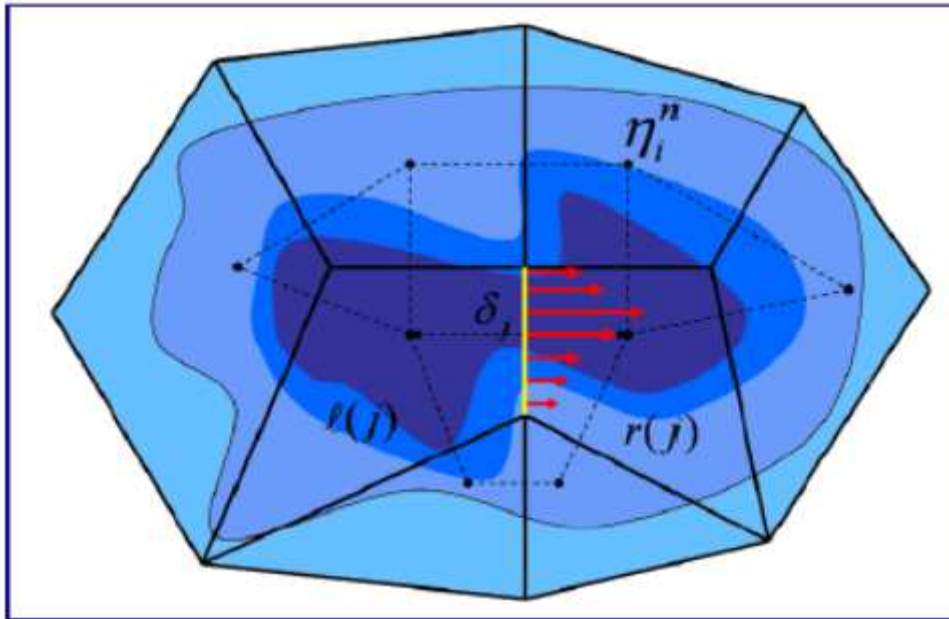
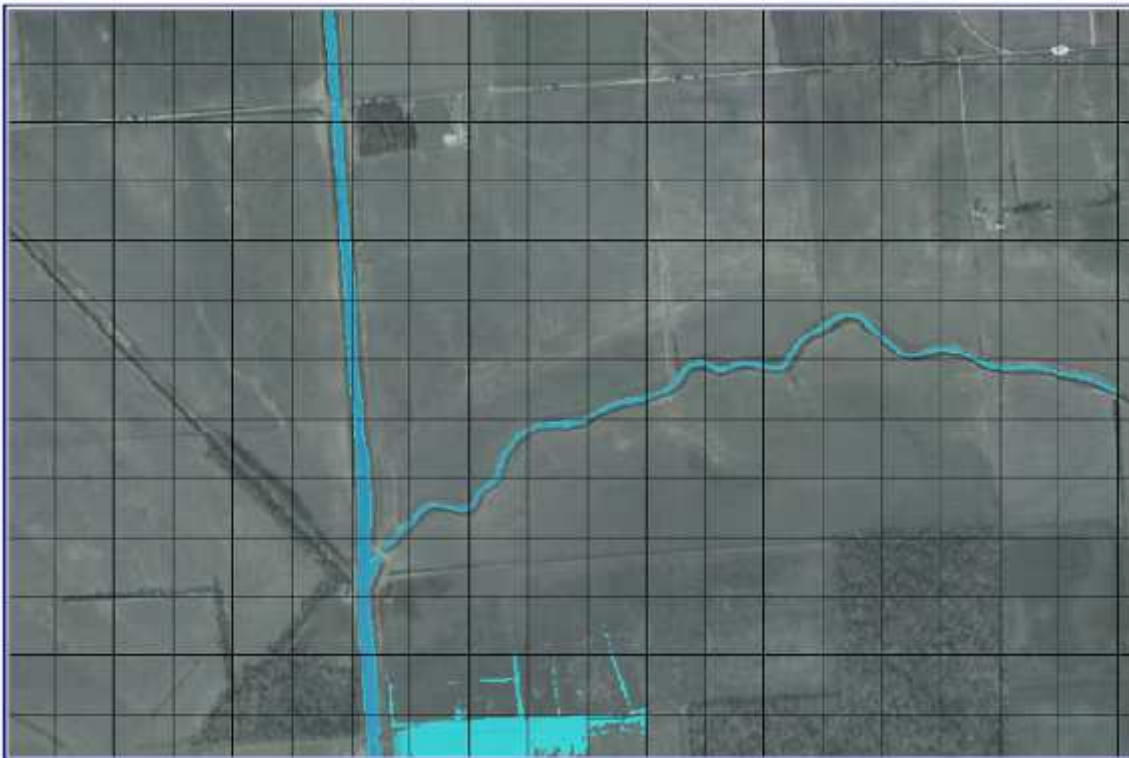


Figura 3 – Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno

Nella Figura è illustrato un esempio di maglia di calcolo sovrapposta ai dati del terreno. Le celle computazionali sono rappresentate dalle linee nere spesse. I centri di calcolo delle celle sono rappresentati dai nodi neri e sono i punti in cui viene calcolata per ogni cella il livello idrico e la portata. La curva altezza/volume per ogni cella si basa sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni faccia della cella è una sezione trasversale dettagliata basata anch'essa sul terreno sottostante. Questo metodo di rappresentazione delle celle permette all'acqua di spostarsi tra le celle in base ai dati del terreno sottostante. Pertanto un piccolo canale che attraversa le celle e le cui dimensioni sono molto più piccole della dimensione delle celle viene comunque rappresentato tramite la curva altezza/volume delle celle oltre che dalle proprietà idrauliche delle facce tra le celle. Ciò significa che l'acqua scorre tra le celle più grandi ma comunque il deflusso è condizionato dalle caratteristiche del canale. L'esempio illustrato in *Figura 4* presenta canali che sono più piccoli della dimensione media della cella utilizzata per modellare la zona. Tuttavia il deflusso avviene attraverso i piccoli canali in funzione delle proprietà idrauliche del canale. Il deflusso rimane nei canali fino a quando la portata non è tale da causare la tracimazione delle sponde e quindi il deflusso si riversa nelle aree adiacenti.



*Figura 4 –Esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella.*

**7.** Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS - Mapper. La mappatura delle aree 2D allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte. La mappatura rifletterà questi dettagli, piuttosto che essere limitata a mostrare una cella di calcolo come tutta bagnata o tutta asciutta;

**8.** Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-processore dei nuovi computer (architettura parallela), consentendo di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.

**9.** Motori di calcolo a 64 e 32 bit: HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit. Il motore di calcolo a 64 bit funziona più velocemente rispetto ad uno a 32 bit e può gestire set di dati molto più grandi.

### **Sviluppo del 2D Computational Mesh**

La modellazione 2D in HEC-RAS utilizza uno schema di soluzione ai volumi finiti. Questo algoritmo è stato sviluppato per consentire l'uso di una maglia di calcolo sia strutturata che non strutturata. Ciò significa che la maglia di calcolo può essere una miscela di celle con 3, 4, 5 e 6 lati. L'utente può comunque selezionare una risoluzione da utilizzare per scomporre il dominio di calcolo in celle

utilizzando gli strumenti automatici presenti all'interno. La maglia di calcolo 2D è sviluppata in HEC-RAS effettuando le seguenti operazioni:

- tracciare il poligono di contorno dell'area 2D (Figura 5);
- creazione della maglia di calcolo 2D (Figura 6 e Figura 7);
- modifica/rettifica della maglia di calcolo 2D;
- caricamento del DTM;
- associazione del DTM con la geometria;
- esecuzione del pre-processore geometrico 2D.

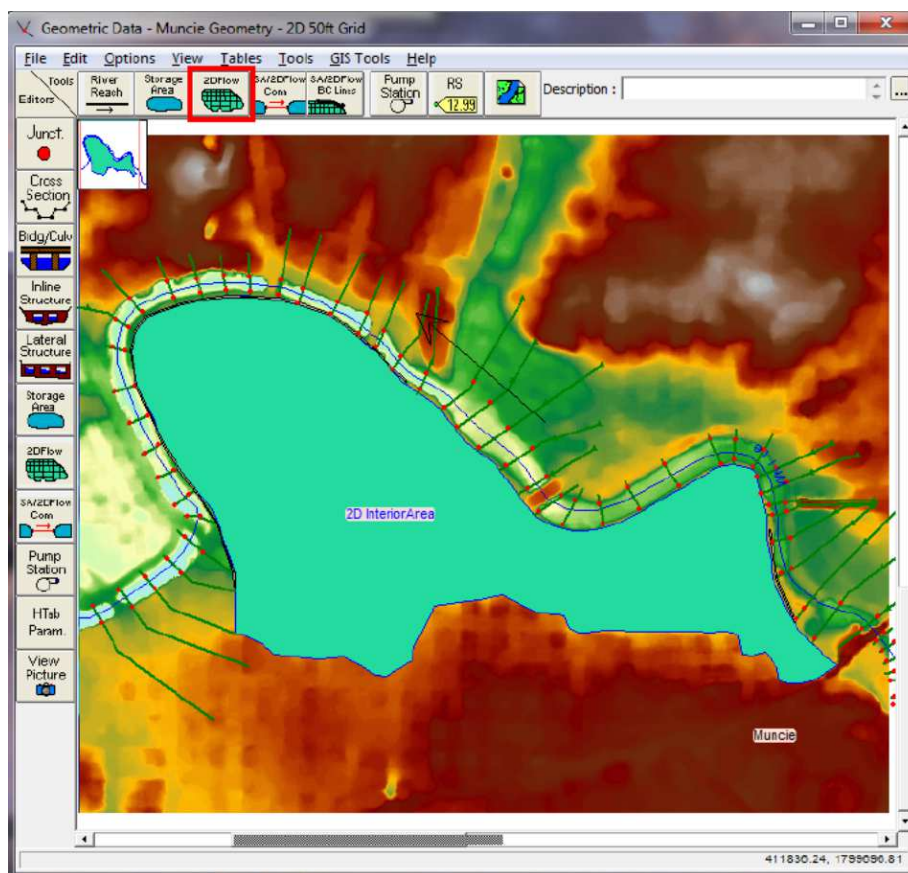


Figura 5 – Tracciamento del poligono di contorno dell'area 2D

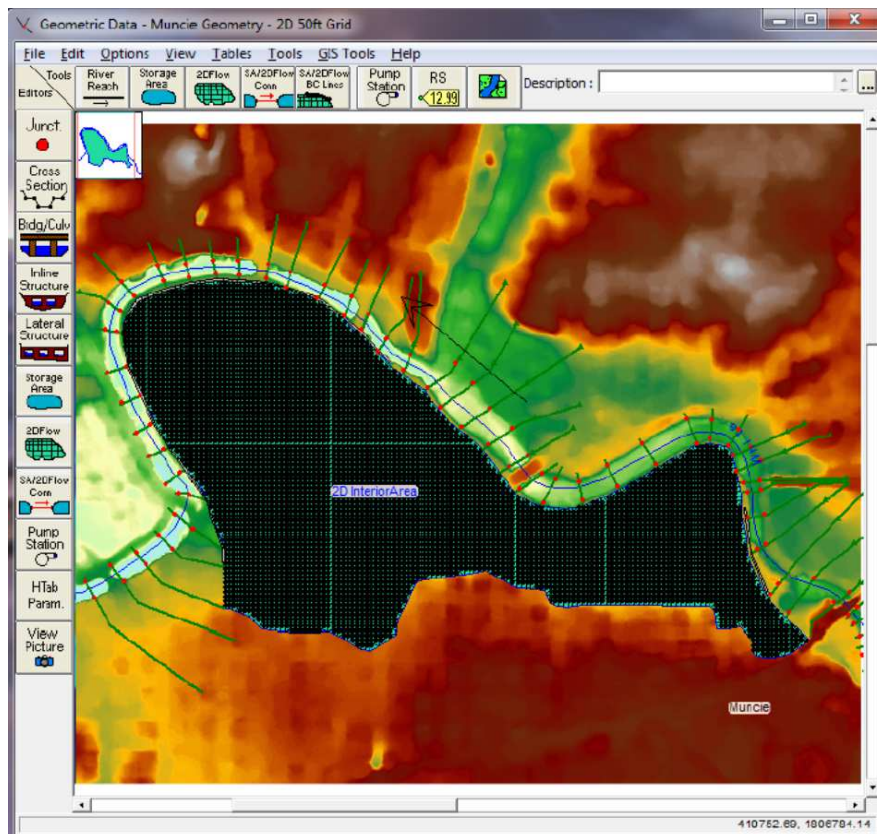


Figura 6 – Esecuzione del pre-processore geometrico 2D e composizione griglia di calcolo

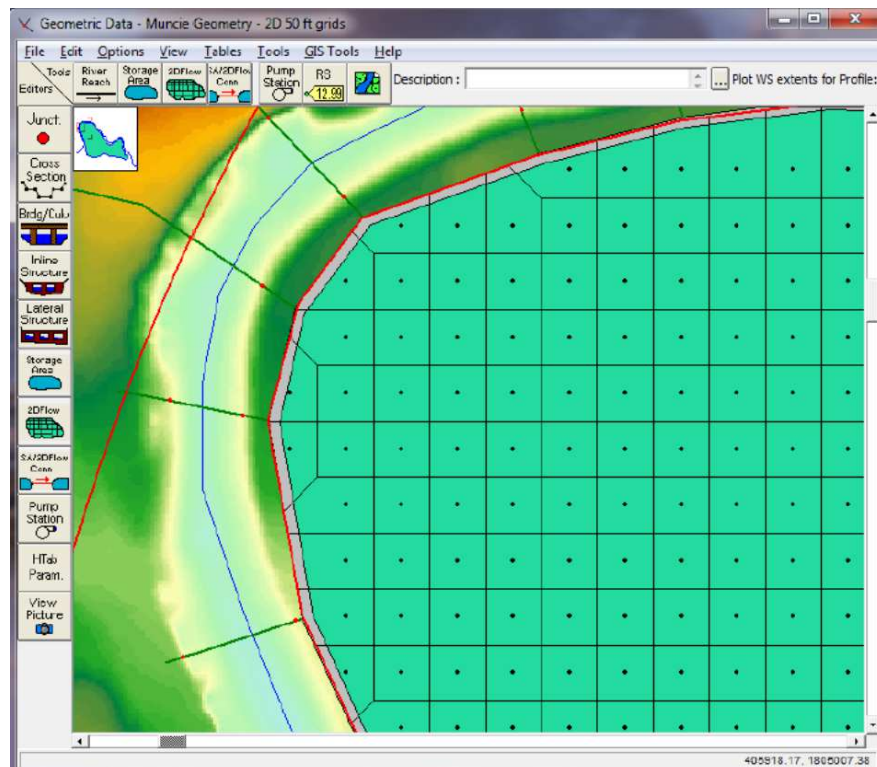


Figura 7 – Dettaglio della griglia di calcolo

### 3.2 VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE

Nel corso di questo paragrafo saranno descritte le metodologie utilizzate nell'ambito dell'implementazione del modello idraulico della zona di interesse, facendo riferimento agli input idraulici da assegnare come condizioni al contorno al modello, le modalità con cui si sono rappresentati i manufatti idraulici presenti nell'area di interesse e successivamente saranno riportate alcune riflessioni riguardanti i risultati ottenuti dalla modellazione numerica.

#### 3.2.1 IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO STATO ATTUALE

All'interno del dominio di calcolo il modello digitale del terreno è stato definito con una maglia 10X10 mq utilizzando il modello digitale del terreno con cella di 1 m ricavato a partire dal rilievo topografico di dettaglio esperito per l'area di interesse. Per meglio definire la mesh di calcolo in corrispondenza delle aree di intervento e del reticolo idrografico, in corrispondenza del quale si concentrano i deflussi, il dominio di calcolo è stato ulteriormente infittito mediante l'inserimento di apposite breaklines fino a dimensioni di cella 2x2 mq.

Nell'implementazione di un modello di calcolo bidimensionale è essenziale definire nel modo più corretto possibile le condizioni al contorno, proprio per questo motivo, per sopperire a una non corretta conoscenza delle condizioni al contorno, in genere si provvede ad estendere il dominio di calcolo in modo opportuno in modo da svincolare il funzionamento del modello nell'area di maggiore interesse rispetto a quello che avviene in corrispondenza dei contorni del dominio dove vengono imposte le condizioni al contorno. Per questo motivo si è prestata particolare attenzione alla definizione del dominio di calcolo in modo che fosse sufficientemente esteso, sia a monte che a valle della zona oggetto di studio. Nel caso in esame il dominio di calcolo è stato esteso in modo da poter comprendere al suo interno la totalità del bacino idrografico di riferimento, chiuso in corrispondenza della sezione di chiusura scelta (vedi *Figura 8* e *Figura 9*).

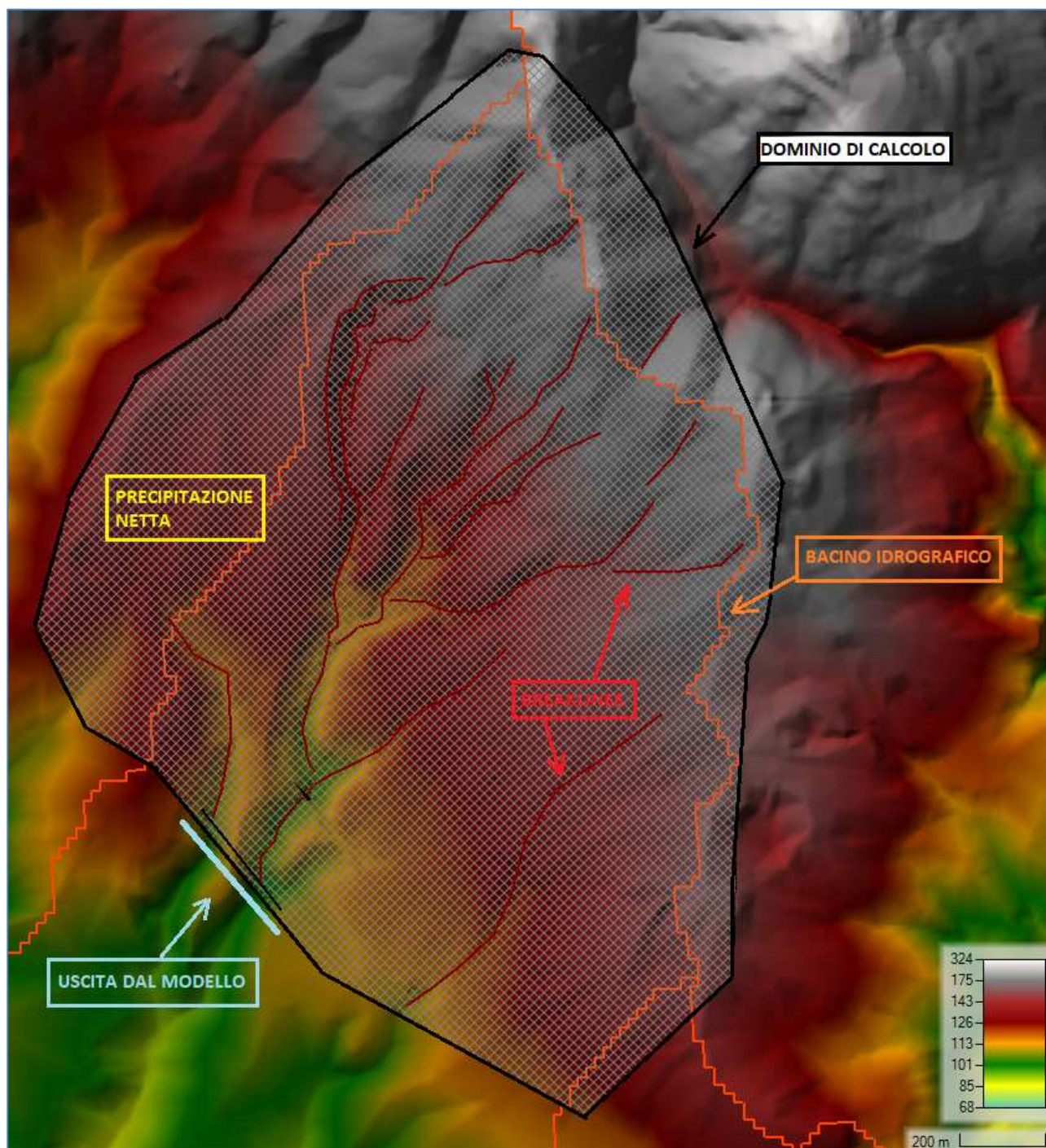
Al fine di tenere conto della presenza delle opere e manufatti idraulici che interferiscono con il libero deflusso delle acque si è reso necessario prevedere l'inserimento nel modello del manufatto di attraversamento presente in corrispondenza della SP67 (Strada Provinciale Campigliola), che nello specifico è caratterizzato da un'attraversamento scatolare di dimensione 4.00 m x 2.80 m (vedi *Figura 10* e *Figura 11*).

Come condizioni al contorno in ingresso al modello sono stati utilizzati gli output ricavati dalla modellazione idrologica sviluppata con software HEC.HMS per TR 200 anni, con particolare riferimento allo ietogramma di precipitazione netta.

A tal proposito si riportano le immagini estratte dal software HEC-RAS che mostrano l'inserimento della precipitazione netta come condizione al contorno (vedi *Figura 12*).

Un'ulteriore condizione al contorno è stata inserita a valle del dominio di calcolo in modo da poter considerare la fuoriuscita dell'acqua dal modello. A tal proposito, considerando le basse pendenze del reticolo idrografico, è stata utilizzata una pendenza pari al 2%.





*Figura 8 – Implementazione del modello idraulico per lo scenario attuale*

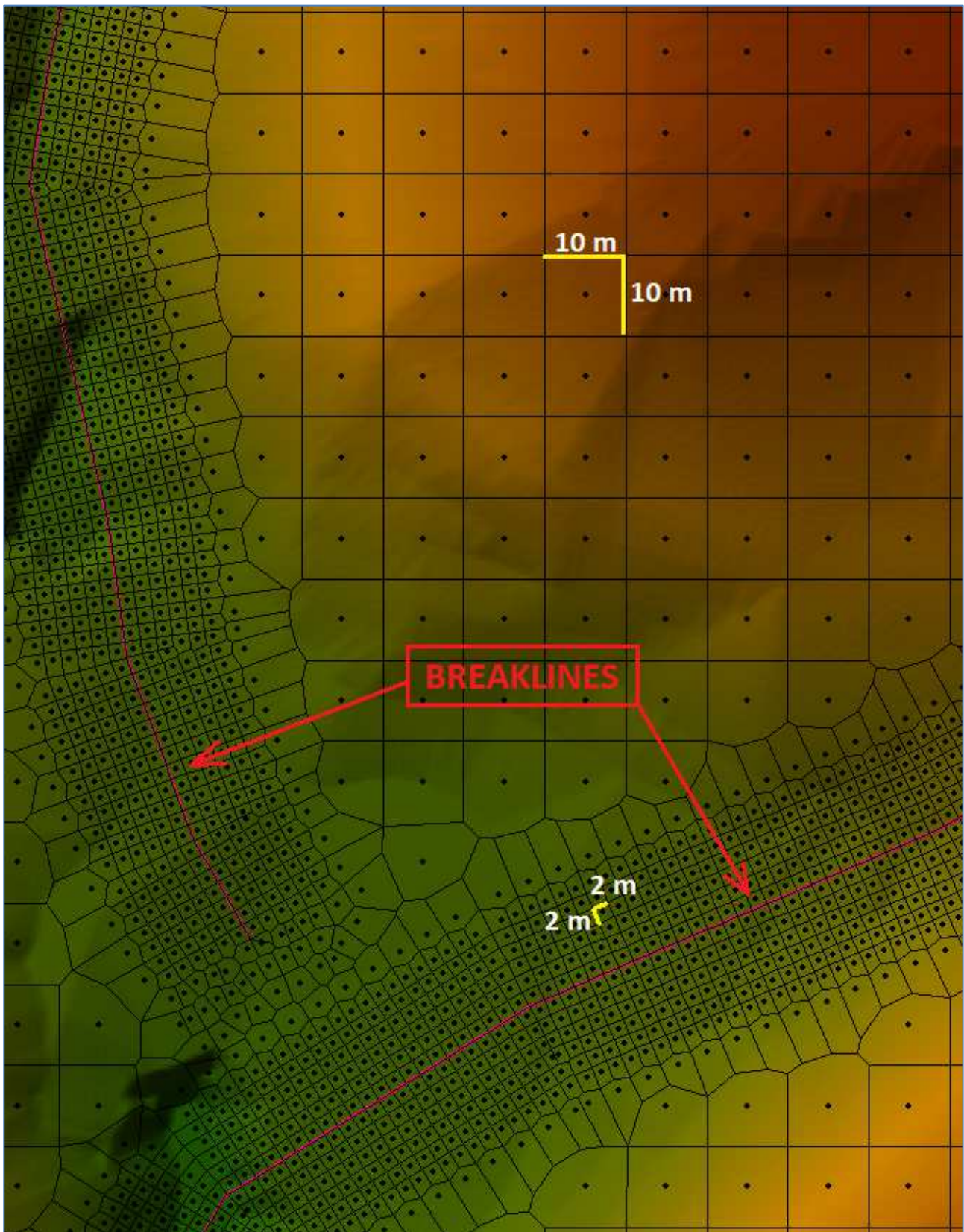


Figura 9 – Dettaglio infittimento mesh di calcolo in corrispondenza delle Breaklines

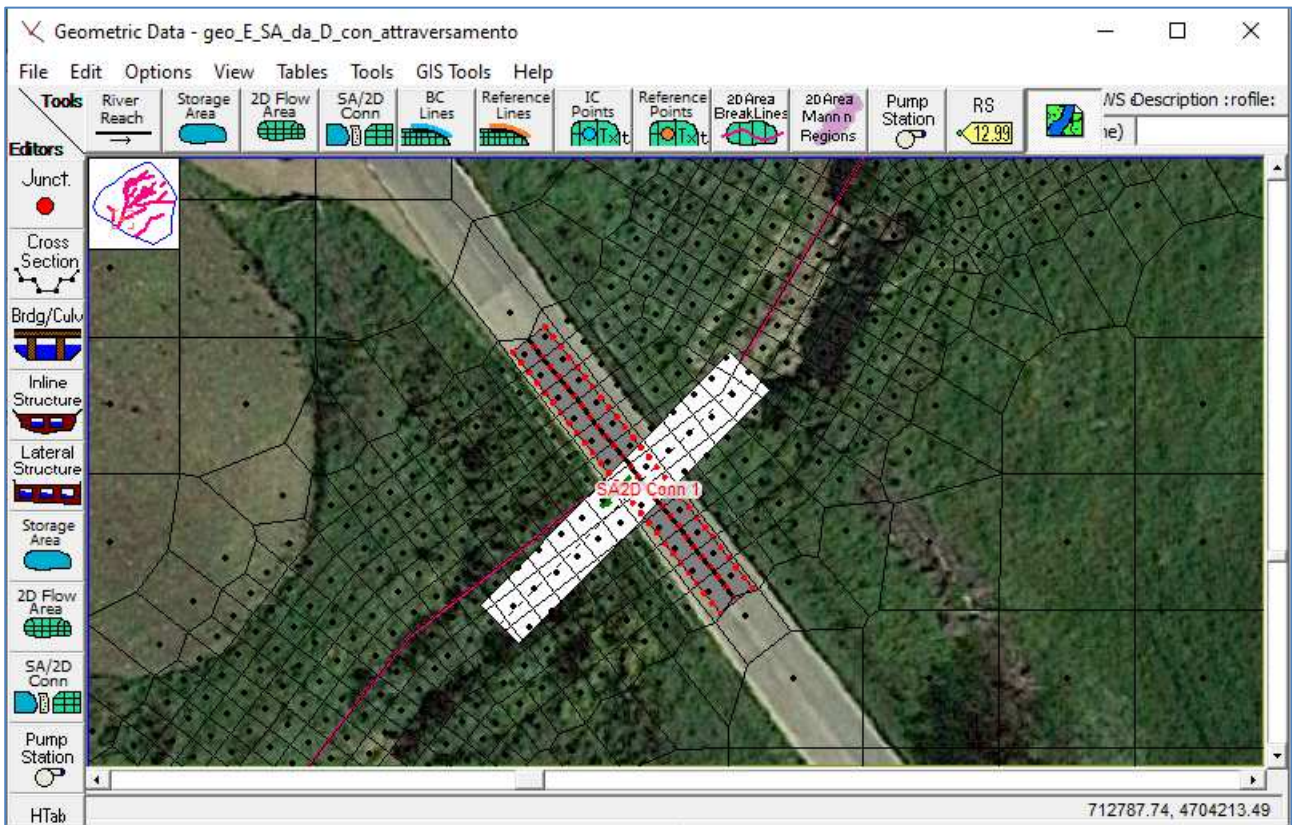


Figura 10 – Planimetria modello idraulico in corrispondenza dell'attraversamento sulla SP67

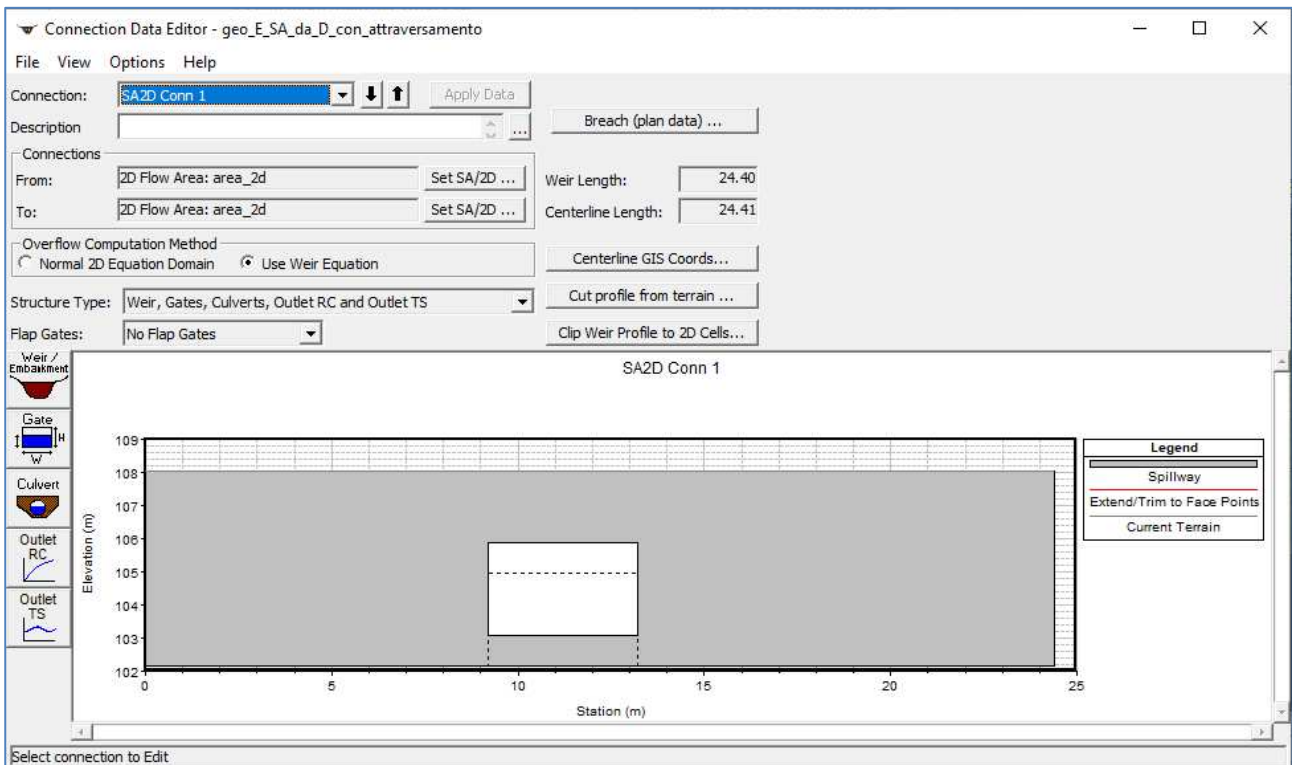


Figura 11 – Sezione attraversamento in corrispondenza della SP67

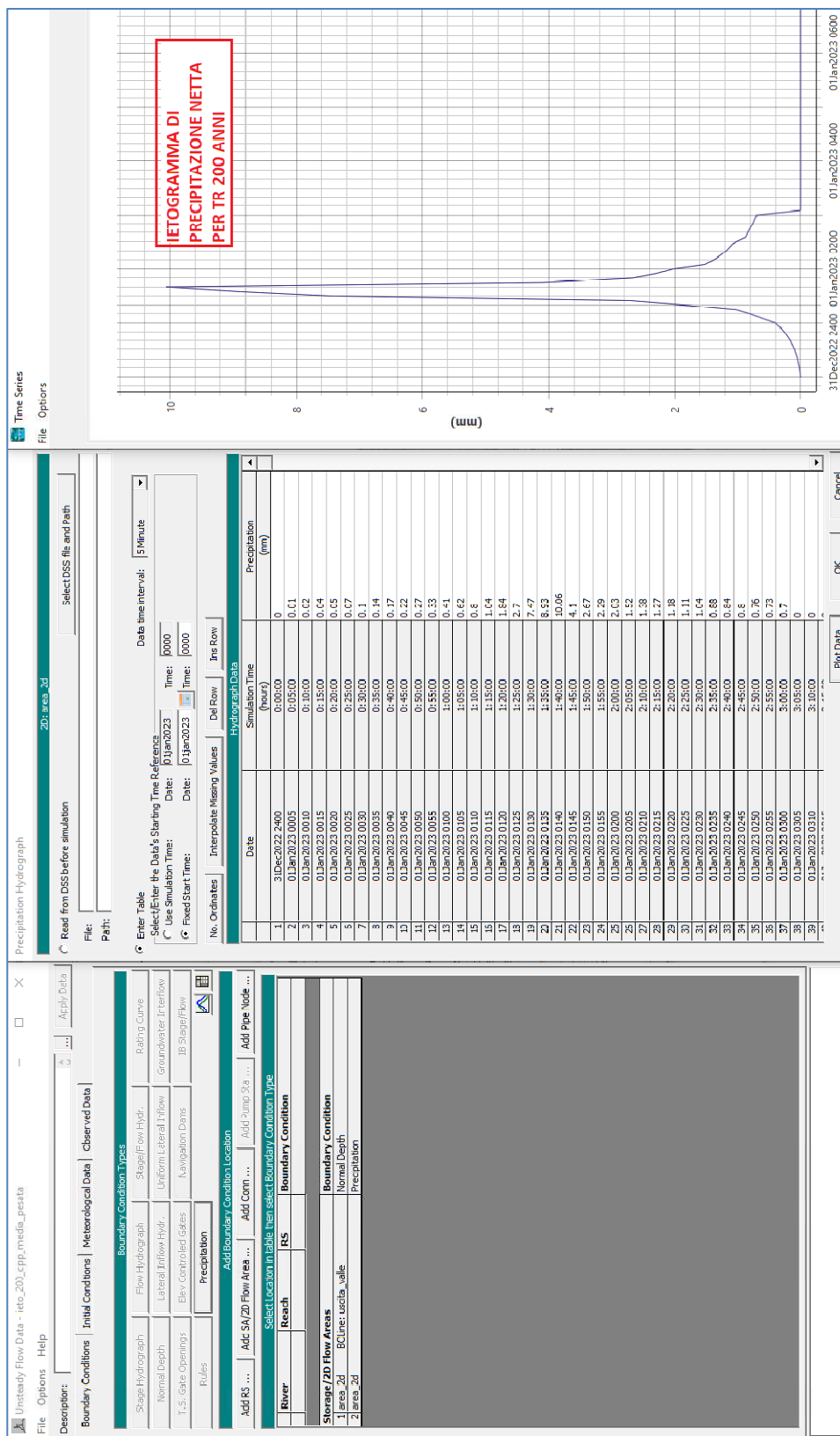


Figura 12 – Inserimento della precipitazione netta come condizione al contorno di input

### 3.2.2 RISULTATI MODELLO IDRAULICO STATO ATTUALE

Le simulazioni effettuate con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni hanno permesso di individuare con maggiore dettaglio lo scenario degli allagamenti nella zona in cui ricadono le aree di intervento. Si è proceduto dunque alla modellazione idraulica bidimensionale per valutare l'eventuale condizione di rischio idraulico della porzione di territorio su cui saranno realizzate le opere per valutarne l'interferenza con il reticolo idrografico nel caso di evento con tempo di ritorno pari a 200 anni.

I risultati ottenuti nello stato attuale mostrano sostanzialmente che lo scenario considerato è caratterizzato da un deflusso generalmente concentrato in corrispondenza del reticolo idrografico, seguendo le naturali pendenza del terreno, considerate anche le pendenze che caratterizzano le aste idrauliche di riferimento. In particolare si rileva che le sezioni d'alveo risultano in grado di smaltire in modo adeguato i deflussi relativi all'evento duecentennale senza provocare particolari criticità.

In *Figura 13* e sono riportate le mappe degli allagamenti espresse in termini di battenti massimi che si instaurano sull'area di interesse, rispettivamente su base CTR e ortofoto satellitare, relativamente ad un tempo di ritorno di 200 anni, mentre in *Figura 15* e *Figura 16* sono riportate le mappe degli allagamenti relative all'evento duecentennale questa volta però espresse in termini di velocità massime generate dalla corrente durante l'allagamento. Dall'analisi di queste mappe si evince che i battenti che si generano all'interno del dominio di calcolo interessano maggiormente le aree poste in corrispondenza del reticolo idrografico.

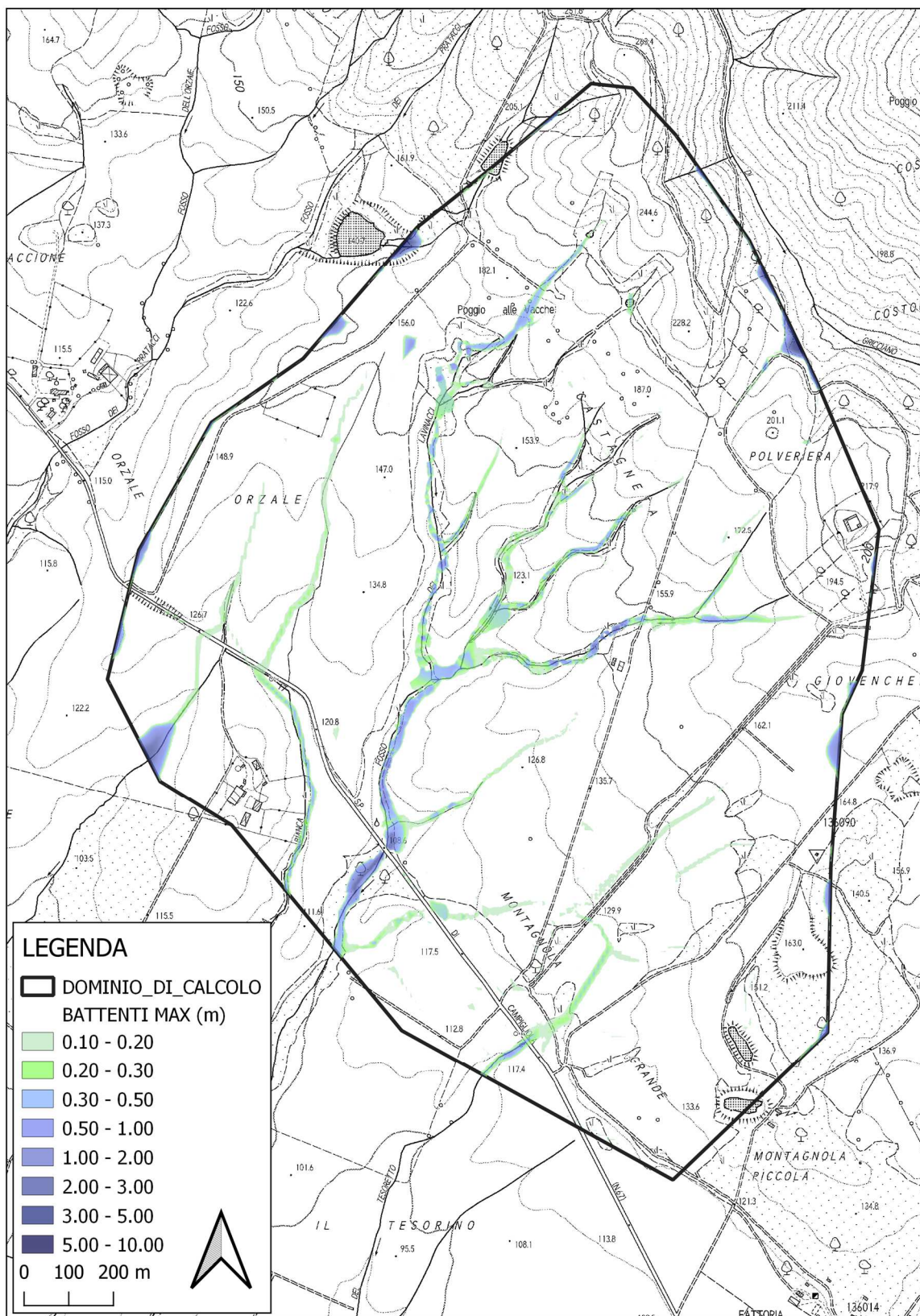
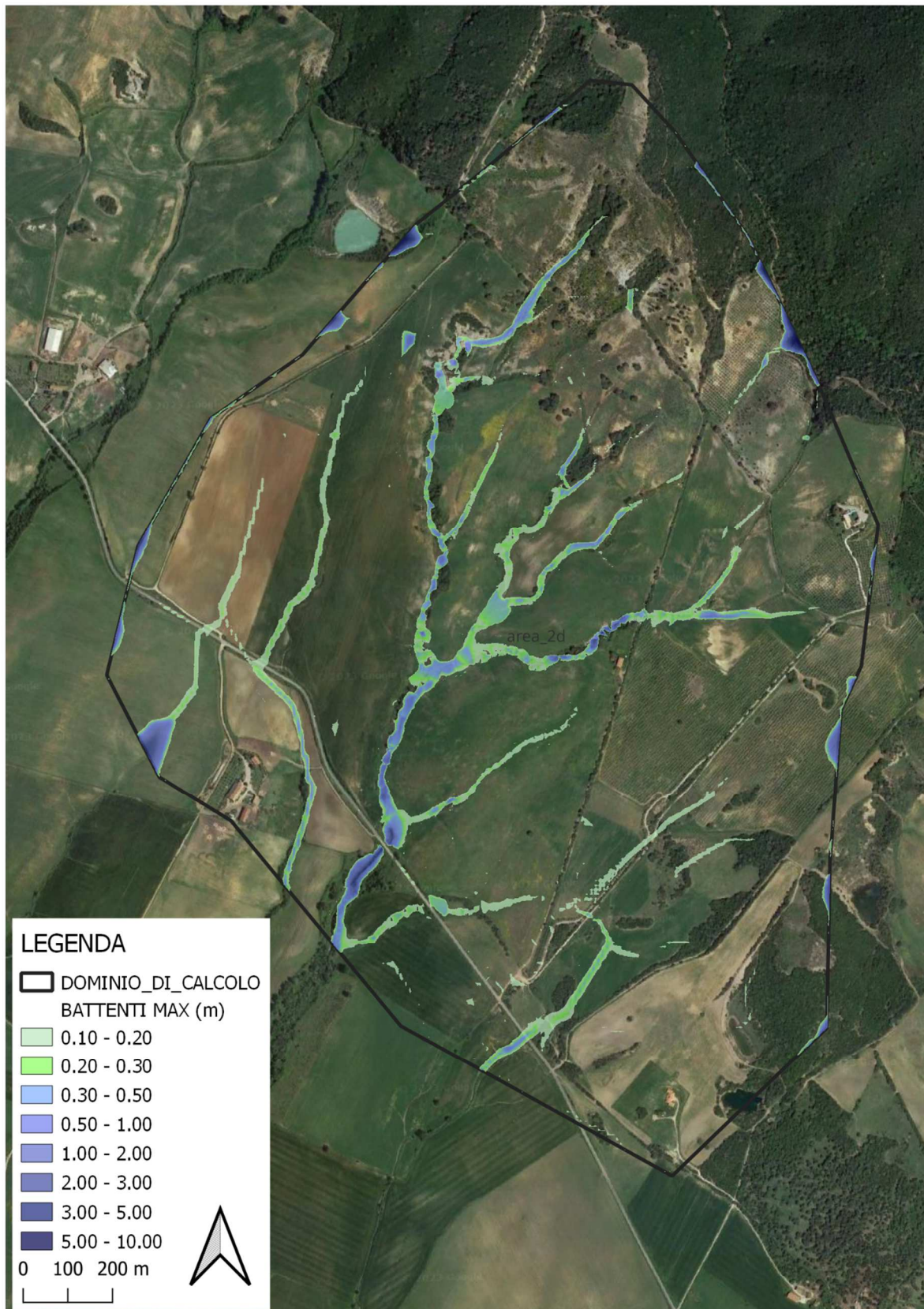


Figura 13 – Mappa dei battenti max (m) per TR 200 anni – Base Carta Tecnica Regionale



*Figura 14 – Mappa dei battenti max (m) per TR 200 anni – Base Ortofoto Satellitare*

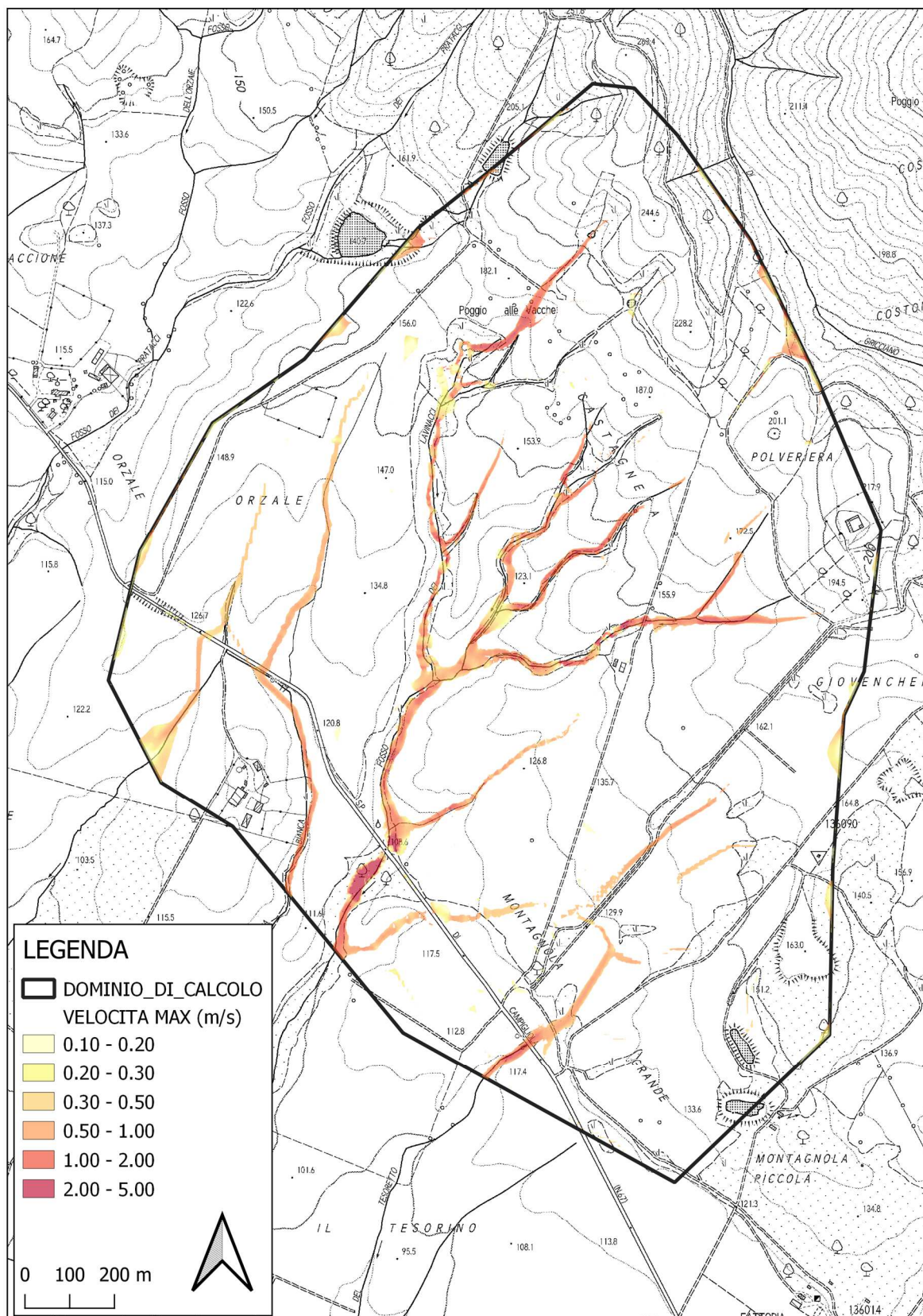
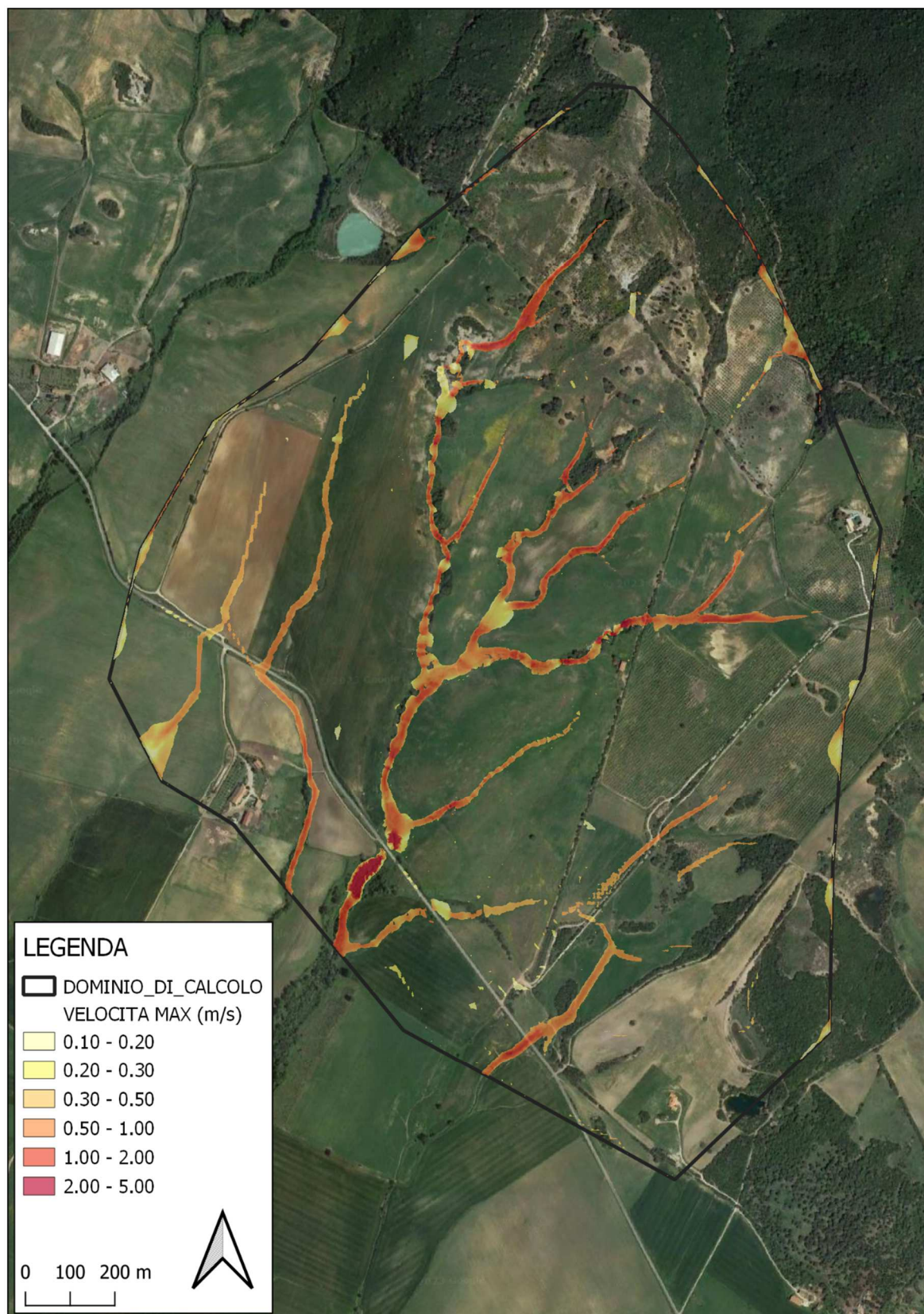


Figura 15 – Mappa delle velocità max (m/s) per TR 200 anni – Base Carta Tecnica Regionale





*Figura 16 – Mappa delle velocità max (m/s) per TR 200 anni – Base Ortofoto Satellitare*

### 3.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

L'intervento in progetto denominato “*Impianto Agrivoltaico Manciano 24.48*” della potenza di 27.550,32 kWp, in agro di Manciano nella Provincia di Grosseto, da realizzarsi con moduli fotovoltaici ad eterogiunzione con una potenza di picco di 690Wp, insiste su una porzione di territorio situata nei pressi del reticolo idrografico denominato “Fosso dei Lavinacci”, appartenente al bacino idrografico del Fosso dell'Acqua Bianca. La Società Proponente intende realizzare un impianto “agrivoltaico” nel Comune di Manciano (GR), ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario e adottare anche soluzioni volte a preservare la continuità delle attività agricole e pastorale sul sito di installazione.

Gli impianti “agrivoltaici” sono sostanzialmente degli impianti fotovoltaici che consentono di preservare la continuità dell'attività agricola/zootecnica sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili.

Oltre a dare un contributo importante all'energia futura pulita, i parchi solari possono infatti fornire un rifugio per piante e animali. In contesti di abbandono e impoverimento delle terre i parchi solari possono avere un positivo impatto sulla diversità biologica. Sebbene i progetti di costruzione comportino un temporaneo disturbo della flora e della fauna esistenti, con gli impianti agrivoltaici c'è la possibilità di migliorare la qualità degli habitat per varie specie animali e vegetali e persino di crearne di nuovi. L'obiettivo della società Proponente è quello di rendere fattibile e realistico il binomio tra energia rinnovabile e produzione agricola-zootecnica e quindi di valorizzazione del terreno individuato.

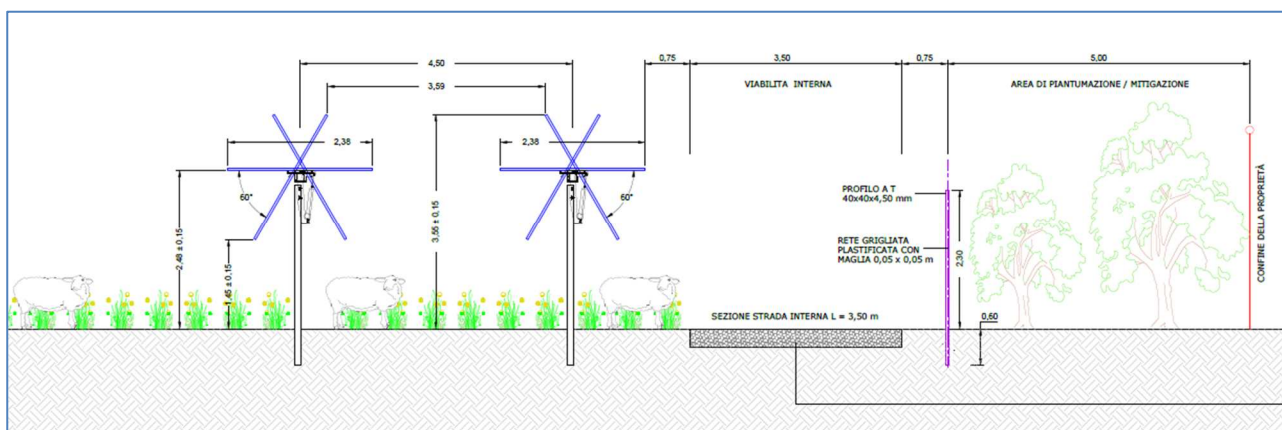
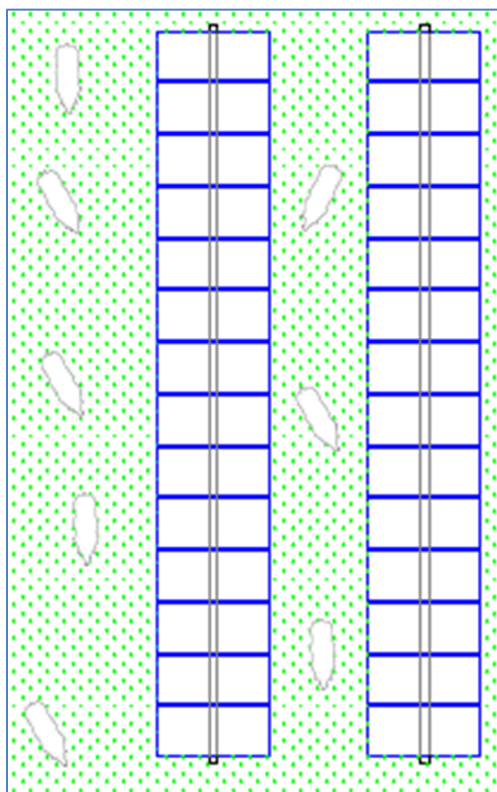


Figura 17 – Piantumazione tra le file di tracker (vista frontale)



*Figura 18 – Piantumazione tra le file di tracker (vista dall'alto)*



*Figura 19 – esempio di Agrivoltaico*

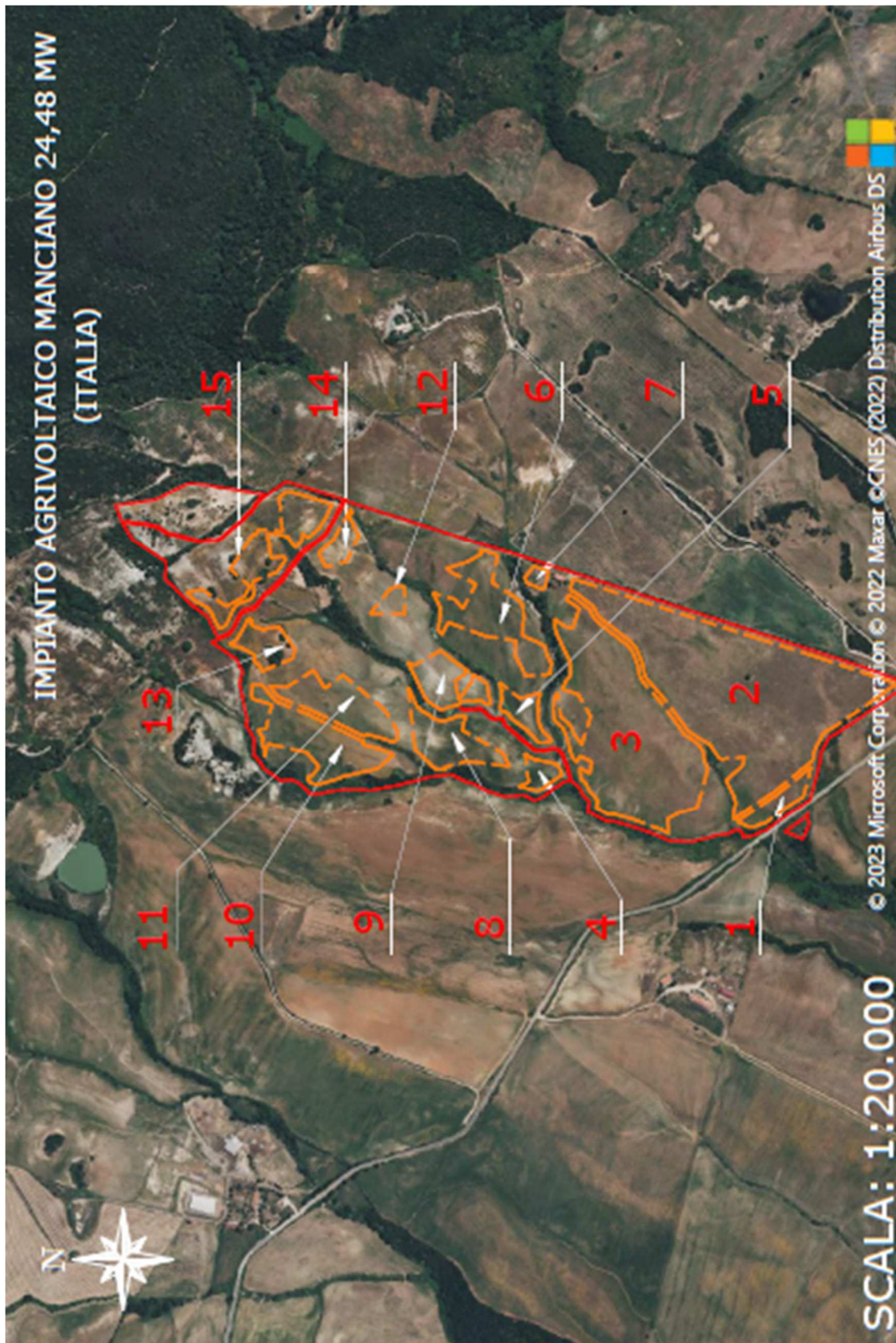
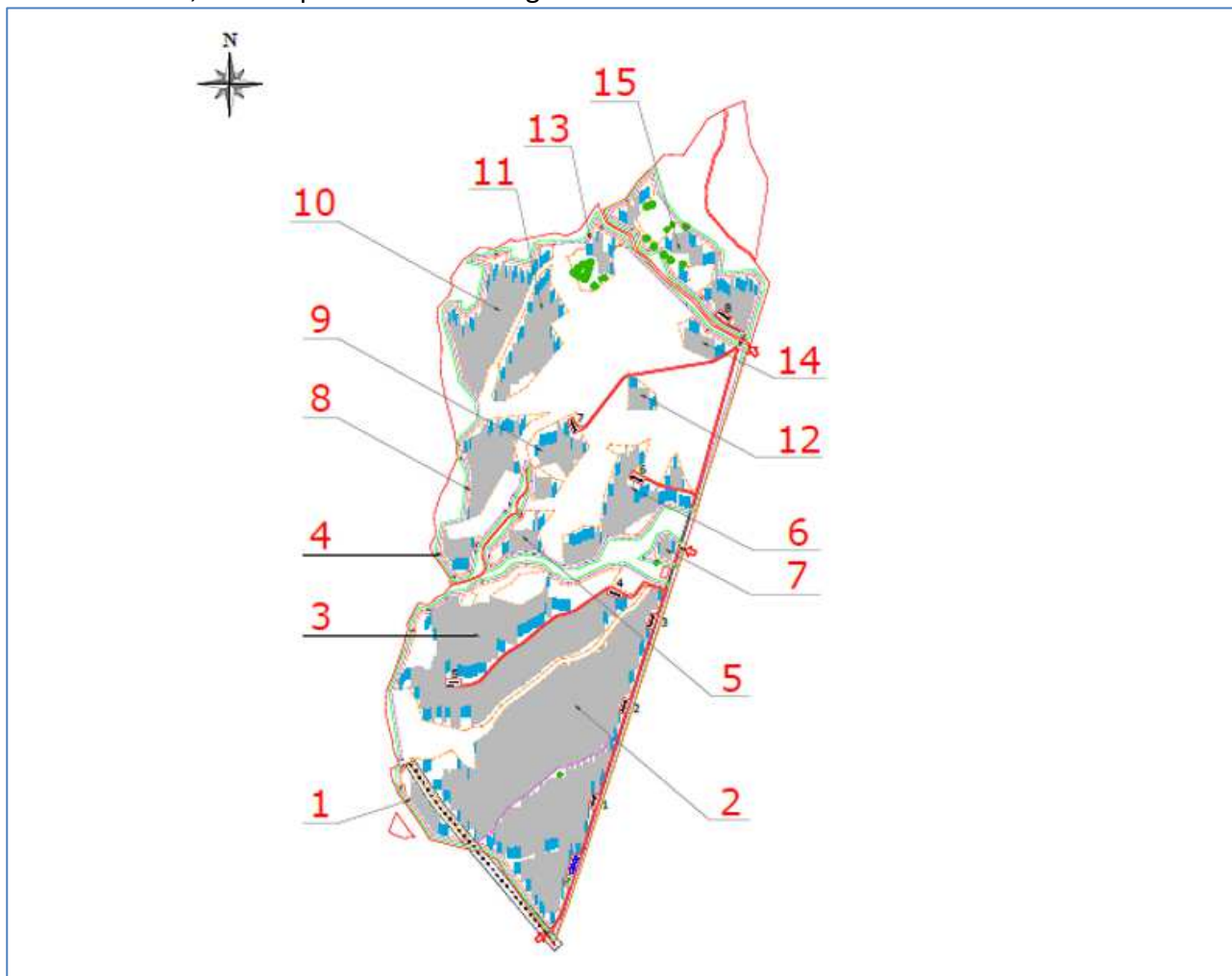


Figura 20 – Individuazione dell'area di intervento su foto satellitare

### 3.3.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELL’IMPIANTO

L’impianto fotovoltaico in oggetto, di potenza in DC di 27.550,32 kWp e potenza di immissione massima pari a 24.480,00 kW, è costituito da 8 sottocampi (8 cabine di trasformazione AT/BT) divisi su quattro principali siti di installazione localizzati nei pressi della medesima area avente raggio di circa 800 metri, come riportato nell’immagine sottostante.



*Figura 21 – Layout d’impianto*

L’impianto sarà realizzato con 1.260 strutture (tracker) in configurazione 1x28 e 332 strutture (tracker) in configurazione 1x14 moduli in verticale con pitch=4,50 m. In totale saranno installati 39.928 moduli fotovoltaici ad eterogiunzione della potenza di 690 W. Il progetto prevede l’utilizzo di moduli fotovoltaici del tipo Risen RSM 132-8-690BHDG con potenza nominale di 690 Wp con celle fotovoltaiche heterojunction, i quali, tra le tecnologie attualmente disponibili in commercio presentano rendimenti di conversione più elevati. I moduli fotovoltaici sono posizionati su tracker, con l’asse di rotazione disposta in direzione nord-sud, distanziati di 4,50 m (rispetto all’asse di rotazione) l’uno dall’altro. I tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente “battuti” nel terreno. Questa tipologia di struttura evita in generale l’esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell’impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

Le stringhe fotovoltaiche, derivanti dal collegamento dei moduli, saranno da 28 moduli; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture con cavi esterni graffiati alle stesse. Le stringhe saranno disposte secondo file parallele e collegate direttamente a ciascun ingresso degli inverter distribuiti multistringa del tipo HUAWEI – SUN2000-330KTL-H1.

Gli inverter, con potenza nominale di 330kVA (300kW @40°C), sono collocati in posizione baricentrica rispetto ai generatori, in modo tale da ridurre le perdite per effetto Joule sulle linee di bassa tensione in corrente continua, e sono caratterizzati dalle seguenti caratteristiche: elevata resa (6 MPPT con efficienza massima 99%, funzione anti-PID integrata, compatibilità con moduli bifacciali), gestione intelligente (funzione scansione curva IV e diagnosi, tecnologia senza fusibili con monitoraggio intelligente delle correnti di stringa), elevata sicurezza (protezione IP66, SPD tipo II sia per CC che CA, conforme a norme di sicurezza e codici di rete globali IEC).

L'energia viene convertita negli inverter, trasformando la tensione da 1500Vcc (continua) a 800 Vca (alternata) e, viene trasportata, con linee indipendenti per ciascun inverter, per mezzo di cavi BT a 800 V direttamente interrati alle cabine di trasformazione BT/AT che innalzano la tensione da 800 V a 36kV.

Ciascun inverter verrà collegato al quadro di parallelo inverter, collocato nello scomparto di bassa tensione nelle cabine di trasformazione nel locale, equipaggiato con dispositivi di generatore (interruttori automatici di tipo magnetotermico o elettronici a controllo di massima corrente e cortocircuito) per ciascuna linea inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per mezzo del quale verrà effettuato il collegamento con l'avvolgimento BT del trasformatore BT/AT.

Le cabine di trasformazione sono della tipologia plug-and-play, pre-assemblate in fabbrica, trasportabile in sito pronte per essere installate e rappresentano una soluzione funzionale con un considerevole risparmio di tempo e di costi, dal momento che vengono fornite in campo già assemblate sia meccanicamente che elettricamente, nonché rapidità e facilità nella fase di smontaggio a fine vita utile dell'impianto. Le principali caratteristiche delle cabine di trasformazione sono: trasformatori BT/AT 0,8/36 kV con potenza da 3300-6600 kVA (Vcc% 6%, ONAN, Dy11, IP54), quadro AT da 40,5kV 20kA conformi alla norma IEC 62271 isolati in gas sigillato ermeticamente a semplice manutenzione, quadro BT con interruttori e fusibili di protezione.

All'interno di ciascuna cabina di trasformazione è predisposto un quadro elettrico di alta tensione, cella di arrivo linea e cella di protezione con un interruttore automatico con protezione 50, 51 e 51N per la protezione dei montanti di alta tensione di alimentazione dei trasformatori, un sezionatore di linea sottocarico interbloccato con un sezionatore di terra, eventuali gruppi di misura dell'energia prodotta, un trasformatore per i servizi ausiliari.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e sovratensione impulsiva al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I. L'impianto fotovoltaico così descritto sarà dotato di sistema di monitoraggio e controllo dell'impianto, impianto di illuminazione perimetrale e area cabine, impianto antintrusione (videosorveglianza, allarme e gestione accessi).

Le varie cabine di trasformazione BT/AT saranno raggruppate in dorsali AT che confluiranno nella cabina di ricezione di campo, per mezzo di linee elettriche in cavo interrato elettrificate a 36 kV.

La STMG (C.P. 202203063) prevede che l'impianto verrà collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione della RTN da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 380 kV “Montalto – Suvereto”.

### 3.4 VERIFICHE IDRAULICHE STATO PROGETTO

Sulla base delle risultanze dello studio idraulico condotto per lo scenario è emerso che i deflussi principali si concentrano in corrispondenza del reticolo idrografico ufficiale, che risulta in grado di smaltire correttamente le portate di piena provenienti da monte senza provocare particolari criticità. Con riferimento agli interventi previsti dal progetto, considerato che:

- i tracker verranno ancorati a terra con pali infissi direttamente “battuti” nel terreno, in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque, e l'altezza minima dei moduli sarà di 1.45 m da terra;
- eventuali manufatti che ricadono nelle zone allagabili devono essere realizzati su strutture poggiate su pali che non devono interferire con il libero deflusso delle acque per cui la quota d'intradosso deve essere posta almeno 1.50 m sopra del livello idrico massimo corrispondente alla piena duecentennale;
- la realizzazione di recinzioni dovrà avvenire comunque utilizzando reti e grigliati permeabili e bisognerà prevedere adeguate aperture al fine di consentire il libero deflusso delle acque.

Inoltre, con riferimento alle modifiche indotte al regime idrologico ed idraulico, considerato che:

- la tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici di progetto, che prevede una certa distanza tra le varie batterie, permette di affermare che l'installazione dei pannelli non costituisca consumo di suolo in quanto non viene sottratta allo stesso superficie permeabile, in questo caso infatti l'acqua piovana intercettata dai pannelli non tende a concentrarsi sui pannelli stessi, come farebbe invece sulla falda di un tetto di un edificio di grandi o medie dimensioni, ma ricade subito sul suolo posto al di sotto dei pannelli stessi, le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona;
- le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici e delle eventuali cabine di trasformazione e le recinzioni, da realizzare secondo le prescrizioni sopra riportate, non interferiscono in maniera rilevabile con il libero deflusso delle acque per cui i profili di corrente risultano invariati;

non si è ritenuto necessario effettuare la modellazione idraulica dello stato di progetto poiché l'intervento non altera in alcun modo lo stato dei luoghi e le condizioni di rischio idraulico delle aree interessate, pertanto l'allagamento che risulterebbe dallo stato di progetto coinciderebbe con l'allagamento generato dalle condizioni dello stato attuale. Per un migliore confronto, di seguito, si riportano le planimetrie dei risultati del modello idraulico implementato, con la sovrapposizione delle opere previste dal progetto, con particolare riferimento al posizionamento dei moduli fotovoltaici.

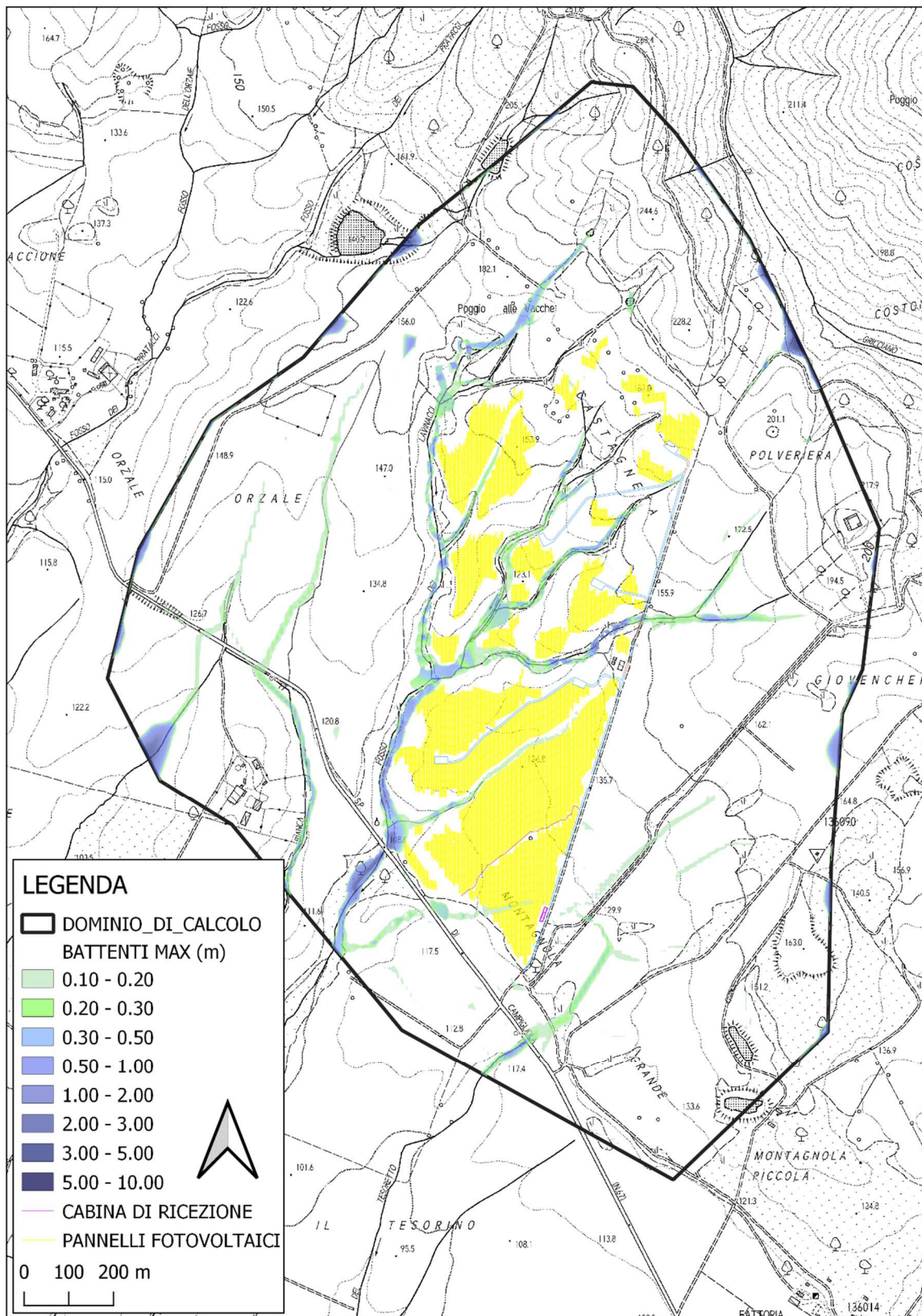
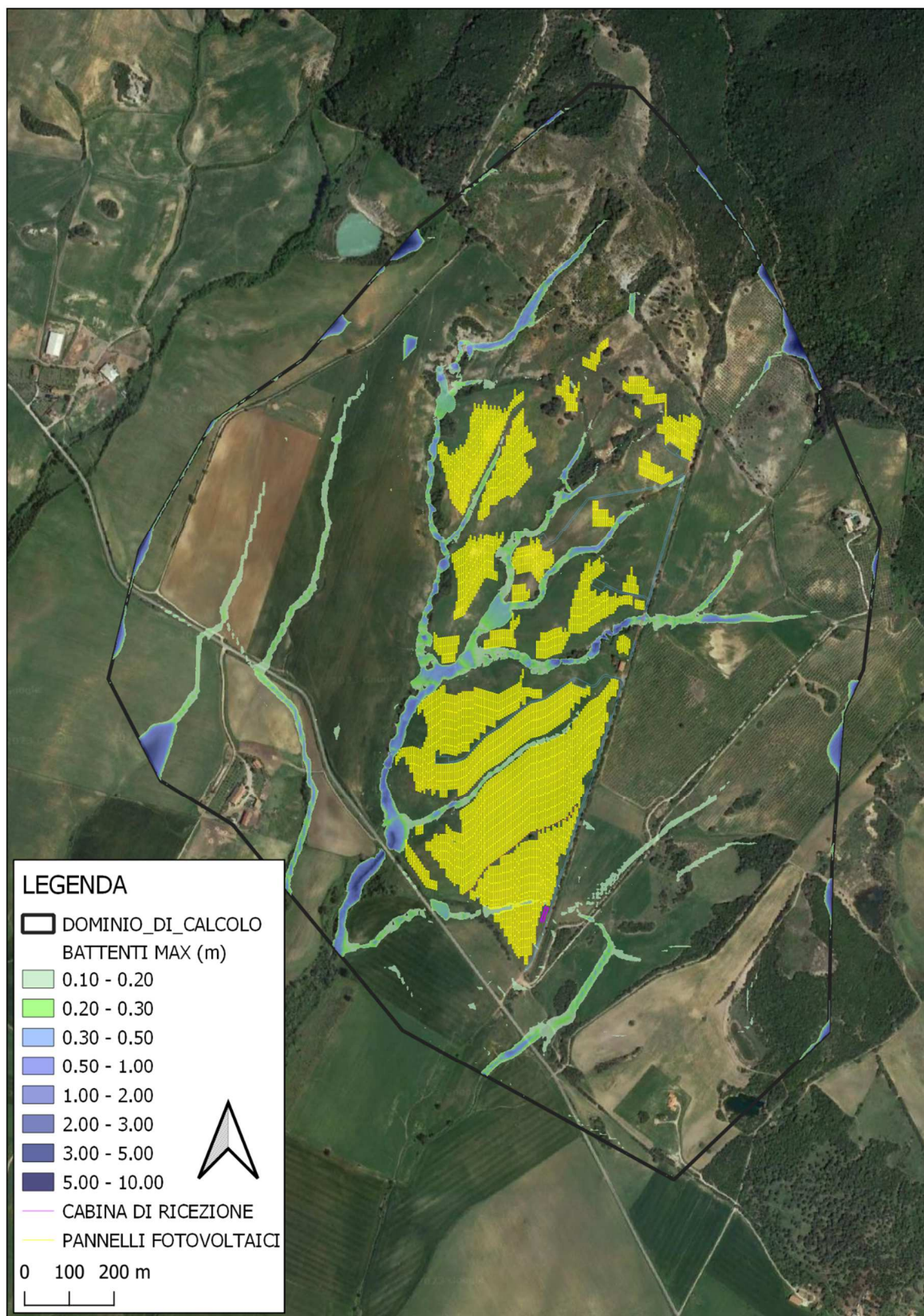


Figura 22 – Mappa dei battenti max (m) per TR 200 anni – Base Carta Tecnica Regionale





*Figura 23 – Mappa dei battenti max (m) per TR 200 anni – Base Ortofoto Satellitare*

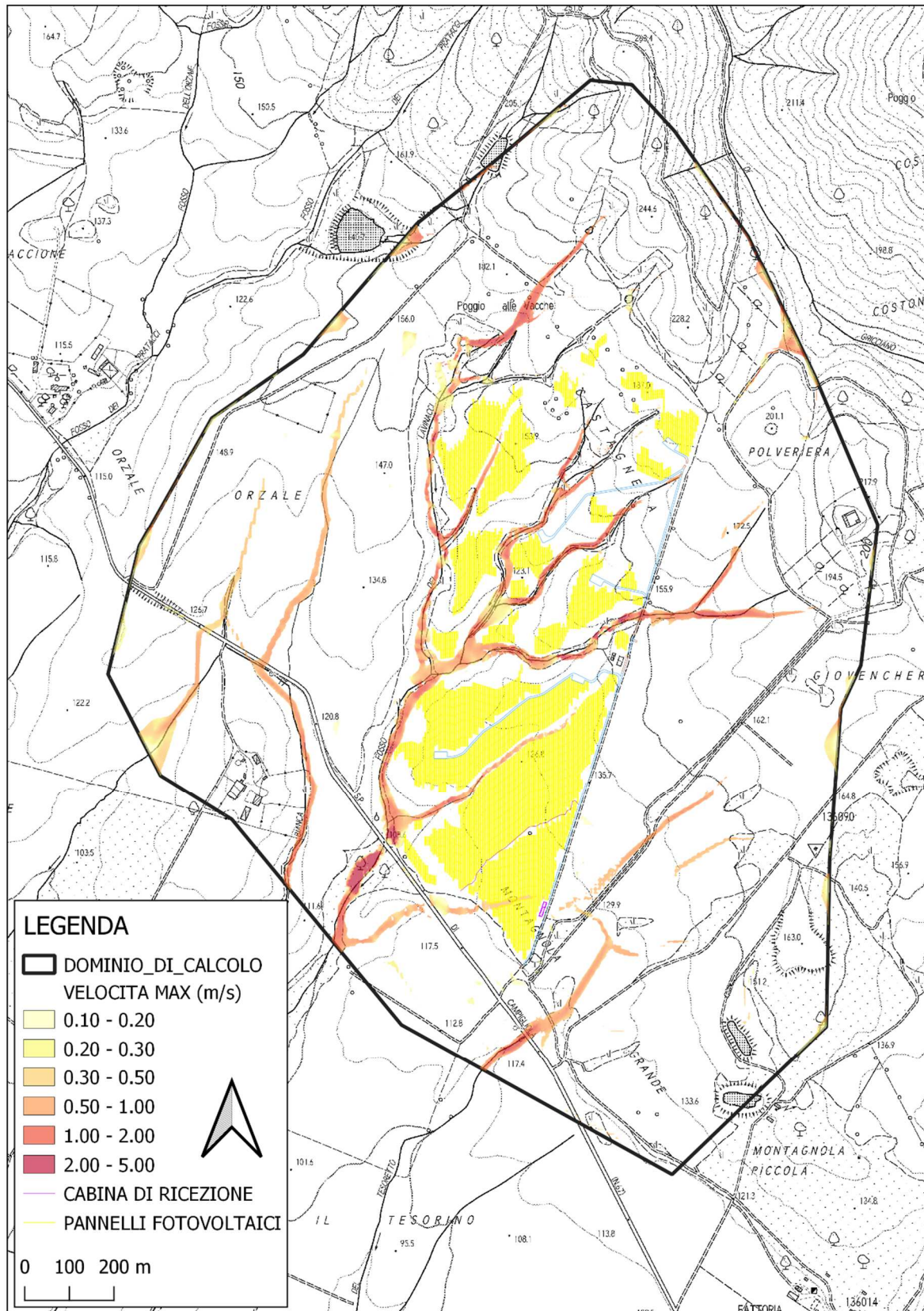
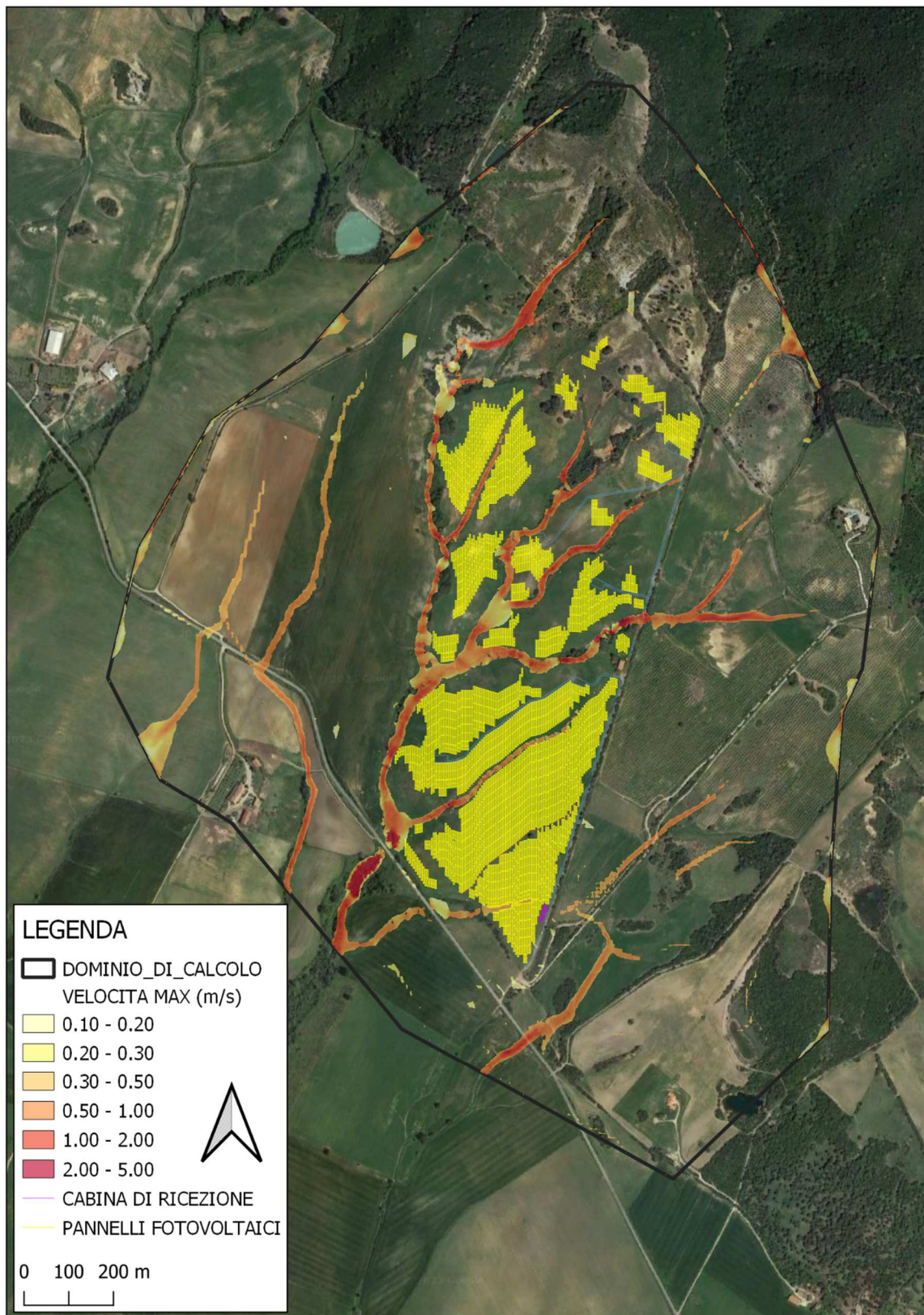
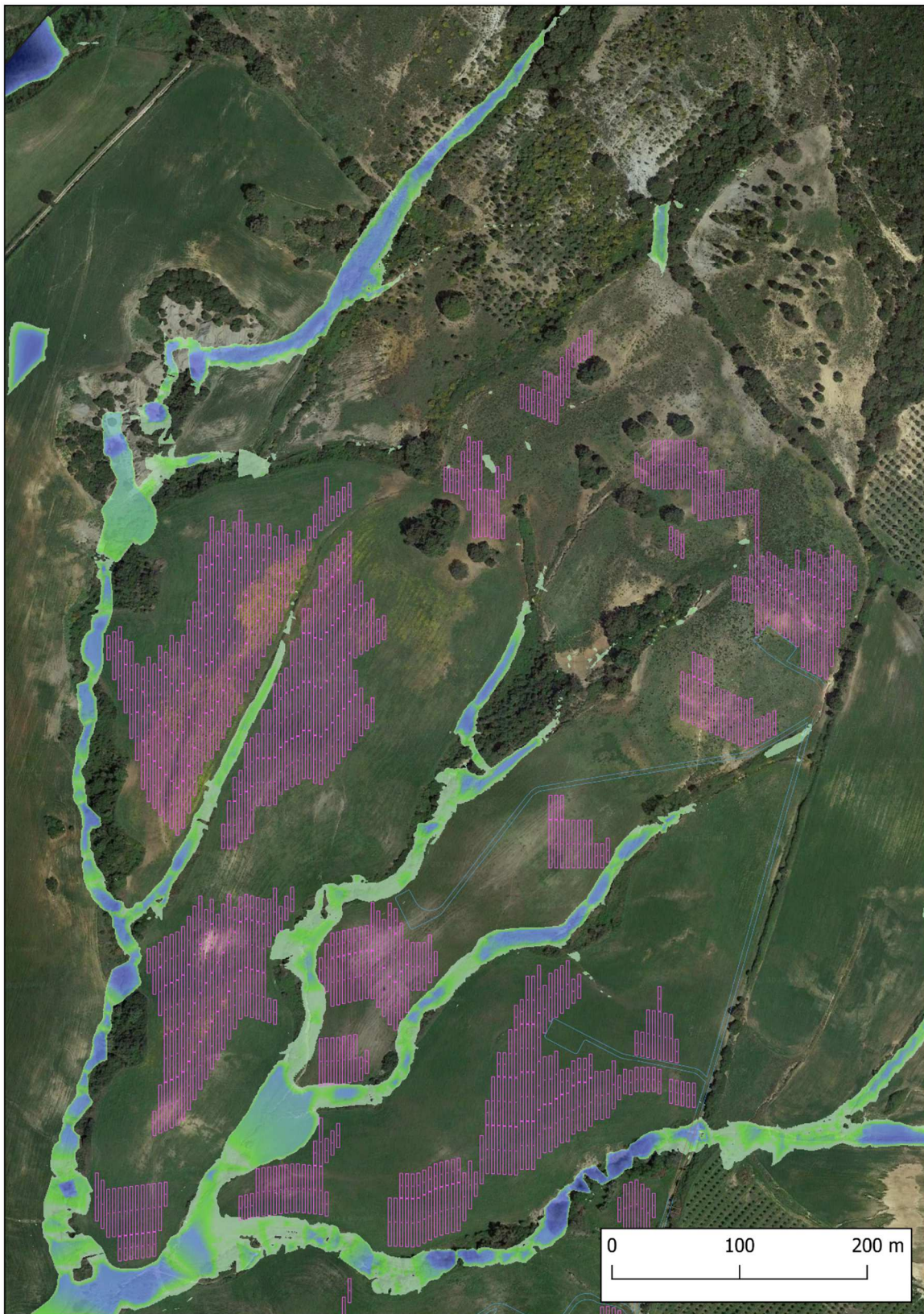


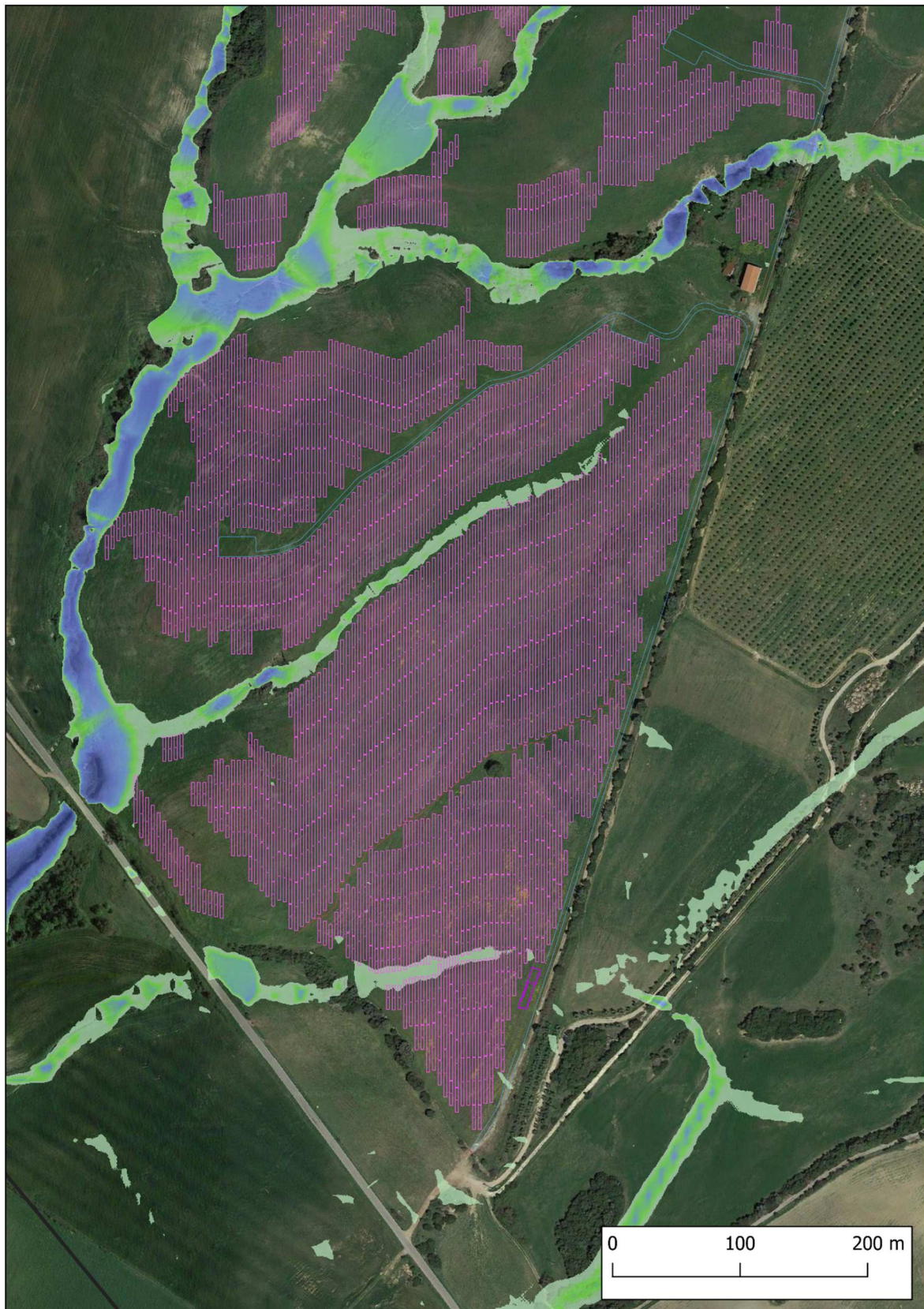
Figura 24 – Mappa delle velocità max (m/s) per TR 200 anni – Base Carta Tecnica Regionale



*Figura 25 – Mappa delle velocità max (m/s) per TR 200 anni – Base Ortofoto Satellitare*



*Figura 26 – Dettaglio mappa battenti con posizionamento pannelli fotovoltaici (1/2)*



*Figura 27 – Dettaglio mappa battenti con posizionamento pannelli fotovoltaici (2/2)*

#### 4. CONCLUSIONI

Il presente studio ha avuto lo scopo di investigare nel dettaglio nei riguardi delle condizioni di rischio idraulico che caratterizzano il bacino idrografico posto a sud-est del centro abitato di Manciano (GR) (*Figura 1*), all'interno del quale il proponente, ARNG SOLAR VI S.r.l., ha predisposto il progetto per un intervento consistente nella realizzazione di un impianto agrovoltaico su un'area che insiste su una porzione di territorio situata nei pressi del reticolo idrografico denominato “Fosso dei Lavinacci” appartenente al bacino idrografico del Fosso dell'Acqua Bianca, così come riportato nella *Figura 2* in cui è evidenziata l'area di intervento sovrapposta al reticolo idrografico e all'ortofoto satellitare. Al fine di effettuare le verifiche idrauliche a corredo degli interventi previsti per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, senza che si verifichi un aumento delle condizioni di rischio idraulico nel territorio circostante, in accordo con la normativa vigente, è stato redatto il presente studio secondo le procedure previste dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità dei Bacini regionali del Lazio e dal Piano Strutturale del comune di Manciano (GR).

Per le motivazioni sopra riportate, nell'ambito dell'incarico ricevuto, sulla base delle risultanze dello studio idrologico condotto mediante il software HEC-HMS, cui si rimanda per maggiori dettagli, è stato predisposto un modello idraulico bidimensionale, utilizzando come input lo ietogramma di precipitazione netta relativo ad un evento avente tempo di ritorno pari a 200 anni.

Le simulazioni effettuate con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni hanno permesso di individuare con maggiore dettaglio lo scenario degli allagamenti nella zona in cui ricadono le aree di intervento. Si è proceduto dunque alla modellazione idraulica bidimensionale per valutare l'eventuale condizione di rischio idraulico della porzione di territorio su cui saranno realizzate le opere per valutarne l'interferenza con il reticolo idrografico nel caso di evento con tempo di ritorno pari a 200 anni.

I risultati ottenuti nello stato attuale mostrano sostanzialmente che lo scenario considerato è caratterizzato da un deflusso generalmente concentrato in corrispondenza del reticolo idrografico, seguendo le naturali pendenza del terreno, considerate anche le pendenze che caratterizzano le aste idrauliche di riferimento. In particolare si rileva che le sezioni d'alveo risultano in grado di smaltire in modo adeguato i deflussi relativi all'evento duecentennale senza provocare particolari criticità.

Con riferimento agli interventi previsti dal progetto, considerato che:

- i tracker verranno ancorati a terra con pali infissi direttamente “battuti” nel terreno, in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque, e l'altezza minima dei moduli sarà di 1.45 m da terra;
- eventuali manufatti che ricadono nelle zone allagabili devono essere realizzati su strutture poggiate su pali che non devono interferire con il libero deflusso delle acque per cui la quota d'intradosso deve essere posta almeno 1.50 m sopra del livello idrico massimo corrispondente alla piena duecentennale;
- la realizzazione di recinzioni dovrà avvenire comunque utilizzando reti e grigliati permeabili e bisognerà prevedere adeguate aperture al fine di consentire il libero deflusso delle acque.

Inoltre, con riferimento alle modifiche indotte al regime idrologico ed idraulico, considerato che:

- la tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici di progetto, che prevede una certa distanza tra le varie batterie, permette di affermare che l'installazione dei pannelli non costituisca consumo di suolo in quanto non viene sottratta allo stesso superficie permeabile, in questo caso infatti l'acqua piovana intercettata dai pannelli non tende a concentrarsi sui pannelli stessi, come farebbe invece sulla falda di un tetto di un edificio di grandi o medie dimensioni, ma ricade subito sul suolo posto al di sotto dei pannelli stessi, le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona;
- le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici e delle eventuali cabine di trasformazione e le recinzioni, da realizzare secondo le prescrizioni sopra riportate, non interferiscono in maniera rilevabile con il libero deflusso delle acque per cui i profili di corrente risultano invariati;

non si è ritenuto necessario effettuare la modellazione idraulica dello stato di progetto poiché l'intervento non altera in alcun modo lo stato dei luoghi e le condizioni di rischio idraulico delle aree interessate, pertanto l'allagamento che risulterebbe dallo stato di progetto coinciderebbe con l'allagamento generato dalle condizioni dello stato attuale. Per un migliore confronto sono state riportate le planimetrie dei risultati del modello idraulico implementato, con la sovrapposizione delle opere previste dal progetto, con particolare riferimento al posizionamento dei moduli fotovoltaici, che evidenziano che il progetto previsto non altera le condizioni di rischio idraulico presenti in zona.