



COMUNE di MONTALTO di CASTRO

**Alcione Rinnovabili srl**  
Largo Augusto n°3 - 20122 Milano (MI)



Società controllata al 100% da BayWa r.e. Italia srl  
Largo Augusto n°3 - 20122 Milano (MI)

**Coordinamento**  
PSEM 4.0  
località Campomorto snc  
01014 Montalto di Castro  
Viterbo VT info@psem40.com



**Progettazione**  
Il PROGETTISTA  
Ing. Paolo Grande  
N. 652  
Ordine degli Ingegneri  
Ragusa

**R.C. Ing. Alessandro Cappello**  
Collaboratori  
Dott. Ing. Salvatore Falla  
Dott. Arch. Mirko Pasqualino Re  
Dott. Ing. Valentino Otupacca

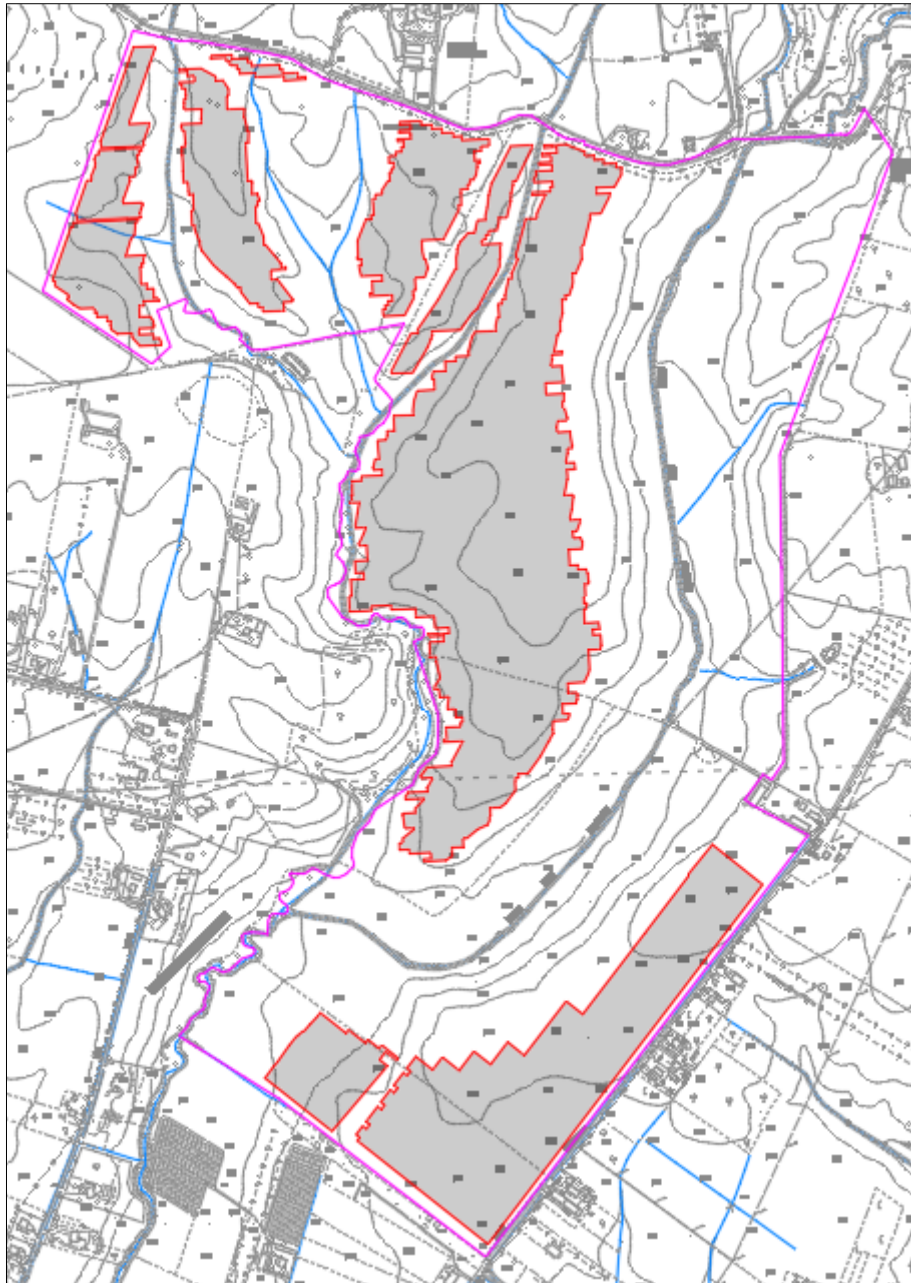


**Opera**  
**Progetto QUERCIOLARE**  
progetto di impianto fv a terra di potenza pari a 77,69 MW in DC e 65 MW in AC e delle opere connesse da installarsi nel territorio del comune di Montalto di Castro -VT-

<b>Oggetto</b>	Folder: <b>VIA_2</b>	Sez. <b>R</b>
	Nome Elaborato: <b>VIA2_REL19_Relazione Idrologica e Idraulica</b>	Codice Elaborato: <b>REL_19</b>
	Descrizione Elaborato: <b>Relazione Idrologica e Idraulica</b>	

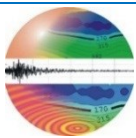
00	Aprile 2022	Emissione per progetto definitivo	Regran/Psem40	Sunwin	Alcione Rinnovabili
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

Scala: -  
Formato: A4



PROGETTO DI IMPIANTO FV A TERRA DI POTENZA PARI A 77,69 MW IN DC E 65 MW IN AC E DELLE OPERE CONNESSE DA INSTALLARSI NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO -VT-

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA



STUDIO DI GEOLOGIA  
 Consulenze Geologiche Geofisiche Geotecniche  
 Idrogeologiche

[dott. Davide Ucciardo](mailto:dott. Davide Ucciardo)  
 Geologo  
 Via Boccaccio, 11 97016 POZZALLO (RG)  
 @: [davide.ucciardo@virgilio.it](mailto:davide.ucciardo@virgilio.it)  
 pec: [davideucciardo@epap.sicurezzapostale.it](mailto:davideucciardo@epap.sicurezzapostale.it)

COMMITTENTE: **SISTEMA ENERGIA REG RAN**



IL  
 GEOLOGO  
 DAVIDE UCCIARDO

PREMESSA .....	3
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	5
2. MODELLAZIONE IDROLOGICA .....	8
3. ANALISI PLUVIOMETRICA.....	11
4. DETERMINAZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO: SCELTA DELLA DURATA CRITICA DELL'EVENTO E DELLA DISTRIBUZIONE TEMPORALE DELLE PRECIPITAZIONI. ....	13
4.1 DURATA CRITICA-TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	13
4.2 IETOGRAMMA DI PROGETTO.....	15
4.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI.....	18
4.4 MODELLAZIONE IDRAULICA.....	22
4.5 USO DI MODELLI IDRAULICI 2D .....	22
5. PREDISPOSIZIONE DEI DATI PLANO-ALTIMETRICI PER L'ANALISI IDRAULICA.....	23
6. DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO.....	25
6.1 DELIMITAZIONE DEI DOMINI 2D E LORO CONDIZIONI AL CONTORNO.....	25
6.2 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA IDRAULICA.....	31
7. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D (SCENARI SIMULATI).....	33
8. CALIBRAZIONE .....	33
9. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI.....	33

## PREMESSA

Su incarico conferito dalla ditta REGRAN srl, viene redatta la presente relazione idrologica ed idraulica inerente il “PROGETTO DI IMPIANTO FV A TERRA DI POTENZA PARI A 77,69 MW IN DC E 65 MW IN AC E DELLE OPERE CONNESSE DA INSTALLARSI NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO (VT)”, consistente nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra, su strutture di sostegno infisse nel terreno mediante battitura dei pali montanti, o in alternativa tramite avvitemento, per una profondità di circa 2m, non è quindi prevista la realizzazione di fondazioni in cemento o altri materiali.

Il presente studio ha lo scopo di analizzare il rischio idraulico in quanto l'area d'intervento ricade nelle aree di attenzione individuate nella Tavola 2 dal Piano di Bacino, Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Regionali del Lazio, come sarà meglio illustrato nel seguito

Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento EPSG:3003 Monte Mario / Italy zone 1.

Lo studio di compatibilità idraulica si basa su considerazioni idrauliche e morfologiche, al fine di valutare nel dettaglio i seguenti aspetti:

che gli interventi previsti siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in maniera tale che non subiscano danni in caso che la zona si allaghi;

che la realizzazione degli interventi previsti non provochi comunque un aumento del rischio idraulico per i territori adiacenti.

Le analisi idrauliche condotte, riferite all'intero bacino idrografico in cui ricade l'area d'intervento, evidenziano gli allagamenti che, nello stato ante-operam, interessano l'area destinata alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico; i pannelli fotovoltaici e le cabine di trasformazione saranno posizionati al di sopra della quota massima raggiunta dal livello idrico con adeguato franco di sicurezza; lo stato post-operam non è stato considerato in quanto si ritiene che la realizzazione delle opere in progetto non modifichi lo stato dei luoghi e la risposta idrologica del bacino idrografico in cui ricade l'intervento;

la mappatura delle aree di esondazione è riportata, con riferimento ai diversi scenari di pioggia considerati, la configurazione post-operam non è stata invece considerata per i motivi già riportati al punto precedente;

gli strati informativi relativi ai dati utilizzati nelle analisi idrauliche e quelli relativi ai principali risultati ottenuti sono allegati alla presente relazione.

Da una sovrapposizione effettuata con le aree a diversa pericolosità idraulica individuate nella Tavola 2 dal Piano di Bacino, Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Regionali del Lazio, la zona oggetto d'intervento risulta perimetrata come fascia di attenzione identificata dall' art. 9 delle Norme di Attuazione:

ART. 9 (Aree d'attenzione):

aree d'attenzione per pericolo d'inondazione suddivise nelle seguenti tipologie

aree di attenzione per pericolo d'inondazione a potenziale pericolosità non ancora sottoposte a studio di dettaglio individuate nella cartografia di piano;

aree di attenzione per pericolo d'inondazione lungo i corsi d'acqua principali (tutti i corsi d'acqua ricompresi negli elenchi delle acque di cui al T.U. 1775/33, come individuato nella D.G.R. n° 452 del 01/04/05, nonché per le altre principali linee di drenaggio individuate nella Tavola 2 di cui all'art. 4, ancorché non classificate pubbliche), le aree di attenzione sono delimitate, per ciascun lato del corso d'acqua, dall'intersezione tra il terreno e una retta orizzontale tracciata normalmente all'asse dell'alveo ordinario a una quota superiore di 10 metri dal livello di magra, a una distanza comunque non superiore a 150 metri dalle sponde dell'alveo ordinario;

aree d'attenzione individuate allo scopo di salvaguardare l'integrità e l'efficienza delle opere di mitigazione del rischio esistenti.

L'intervento di cui trattasi, rientrando nelle aree di cui all'articolo sopra citati, ricade nell'ambito disciplinato all'art. 27 delle N.A. del PAI, ai sensi dei cui commi 4, 5, 6 e 7:

"4. Nelle aree di attenzione (come definite all'art.9 – lettera b) ogni determinazione relativa ad eventuali interventi è subordinata alla redazione di un adeguato studio idraulico rispondente ai requisiti minimi stabiliti dal Piano (Allegato 8), sulla cui base l'Autorità accerta il livello di pericolosità, come definito all'art. 7, sussistente nell'area interessata dall'intervento ed aggiorna conseguentemente la perimetrazione delle aree a pericolo d'inondazione secondo la procedura di cui all'art 14. Saranno quindi assentibili i soli interventi consentiti in relazione all'accertato livello di pericolosità dell'area, secondo quanto disciplinato dagli articoli 23, 23bis, 24, 25 e 26.

Per le motivazioni sopra riportate, nell'ambito dell'incarico ricevuto, è stato dapprima effettuato un inquadramento dell'area d'intervento rispetto al contesto territoriale e quindi sono state condotte una serie di valutazioni, basate su considerazioni idrauliche e morfologiche, sulla condizione di rischio idraulico nello stato attuale ed in quello di progetto.

Sulla base di tali considerazioni e' stato dapprima condotto uno studio idrologico finalizzato a individuare le caratteristiche pluviometriche del bacino all'interno del quale ricade la zona oggetto di intervento, andando quindi ad individuare le massime altezze di precipitazione legate ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni al fine di costruire le curve pluviometriche. In seguito allo studio idrologico, e' stato effettuato lo studio idraulico. Le modalità con le quali è stato condotto lo studio idraulico fanno riferimento a quanto riportato nell'Allegato 8 del disciplinare PAI approvato con determina dirigenziale n 1169 del 13/12/2016.

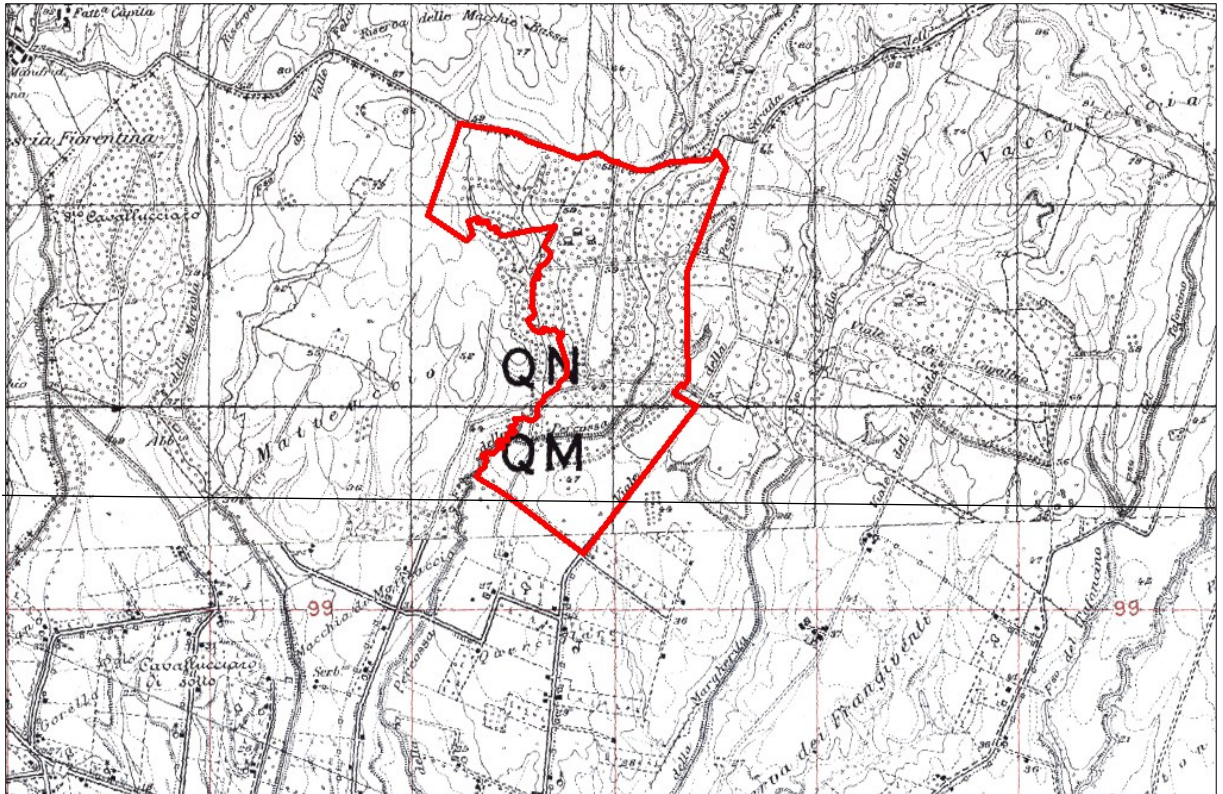
#### **1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

L'area di studio, in cui ricade il progetto dell'impianto fotovoltaico denominato QUERCIOLARE su dei terreni con destinazione d'uso agricolo ubicati nel Comune di Montalto di Castro (VT).

Il sito indicato fa parte dei Bacini Regionali del Lazio così come indicato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Lazio tavola 2.02 Nord.

Geograficamente il sito ricade nella tavoletta MONTALTO DI CASTRO III SO del Foglio 136 della Carta d'Italia in scala 1:25.000 dell'I.G.M e nelle C.T.R. n° 343154 Poggio degli Ulivi e 343153 Querciolare in scala 1:5.000.



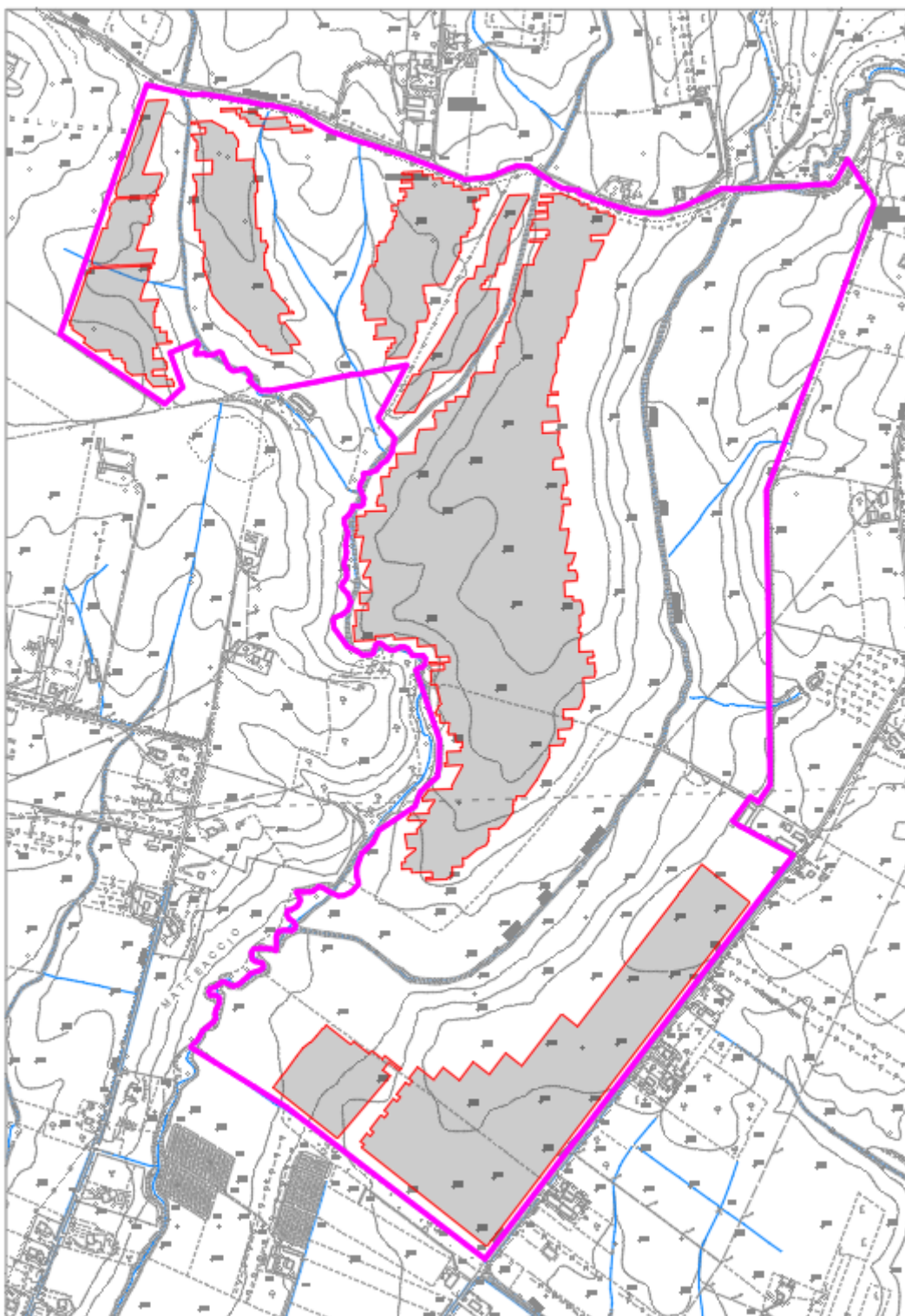


STRALCIO IGM 1:25.000 F. 36 III SO MONTALTO DI CASTRO



IMPIANTO FOTOVOLTAICO QUERCIOLARE

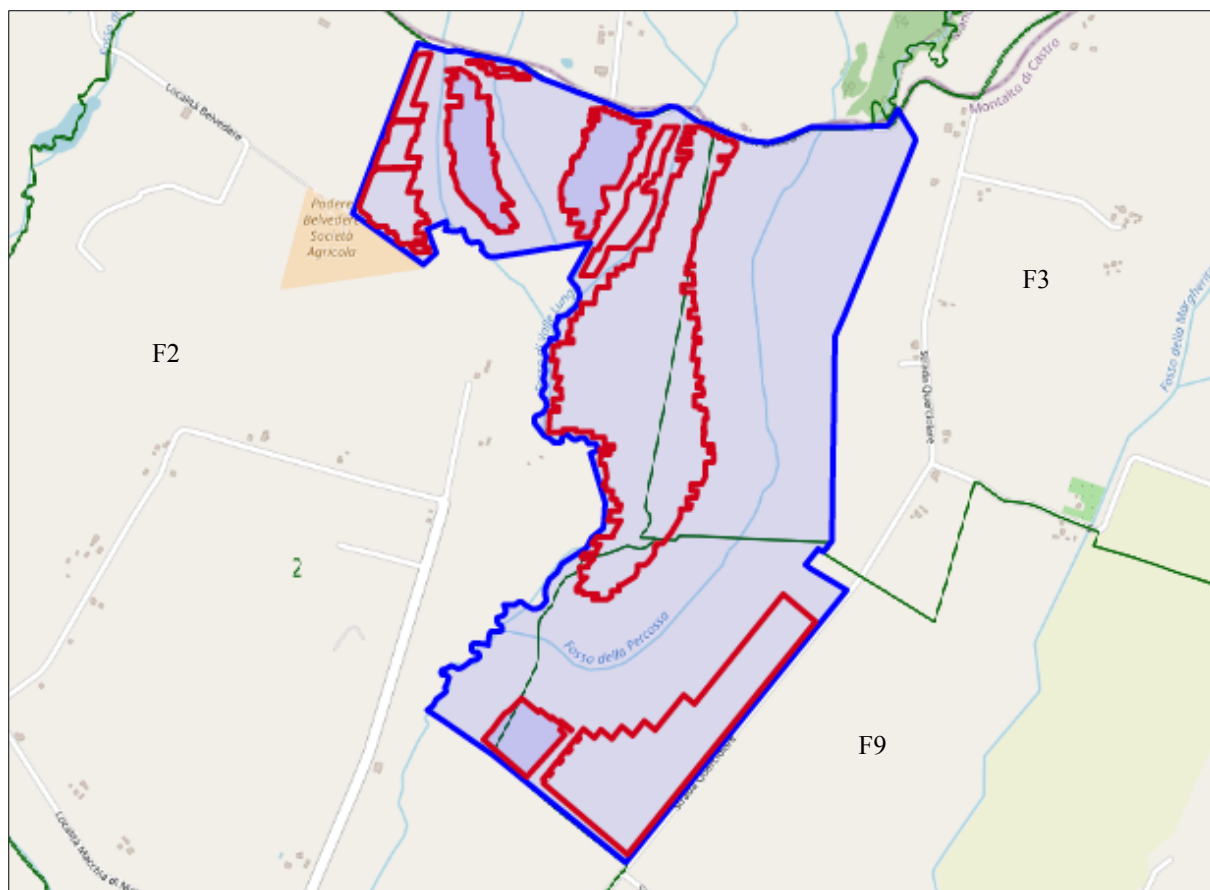




STRALCIO CTR 343153 QUERCIOLARE - 343154 POGGIO DEGLI ULIVI 1:5.000

In catasto terreni del Comune di Montalto di Castro (VT) ricade nei Fogli 2, 3 e 9 per un'estensione totale di ha 158.90.47.





STRALCIO CATASTALE F. 2, 3 e 9

La rete idrografica dell'area di studio, deputata alla raccolta delle acque meteorologiche, è rappresentata dal corso d'acqua denominato Fosso della Percossa e da un suo affluente e sono classificati dal PAI della regione Lazio, con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27), come corsi d'acqua pubblici.

## 2. MODELLAZIONE IDROLOGICA

Lo studio idrologico è articolato nelle fasi seguenti:

- definizione e caratterizzazione dei bacini idrografici mediante l'individuazione dei principali parametri morfologici;
- determinazione degli afflussi meteorici mediante Modello di regionalizzazione piogge e portate corsi d'acqua Bacini Regionali del Lazio;
- caratterizzazione dei bacini relativamente ai parametri influenzanti la trasformazione afflussi deflussi quali: la litologia, la pedologia, la copertura e la permeabilità.

Per eseguire lo studio idrologico dell'area oggetto di intervento è stato necessario determinare il reticolo idrografico.

La prima fase dello studio si concentra sull'individuazione del bacino di riferimento sotteso dalla sezione di chiusura considerata per l'analisi idrologica.

La caratterizzazione della rete idrografica superficiale è stata condotta in prima battuta facendo riferimento alla cartografia tecnica regionale in formato digitale a scala 1:5.000 e foto aeree.

Nella fattispecie per dettagliare l'informazione topografica nel dominio di calcolo si è reso necessario reperire un modello digitale del terreno di maggiore precisione possibile in modo tale da rappresentare al meglio lo stato dei luoghi al fine delle verifiche idrauliche.

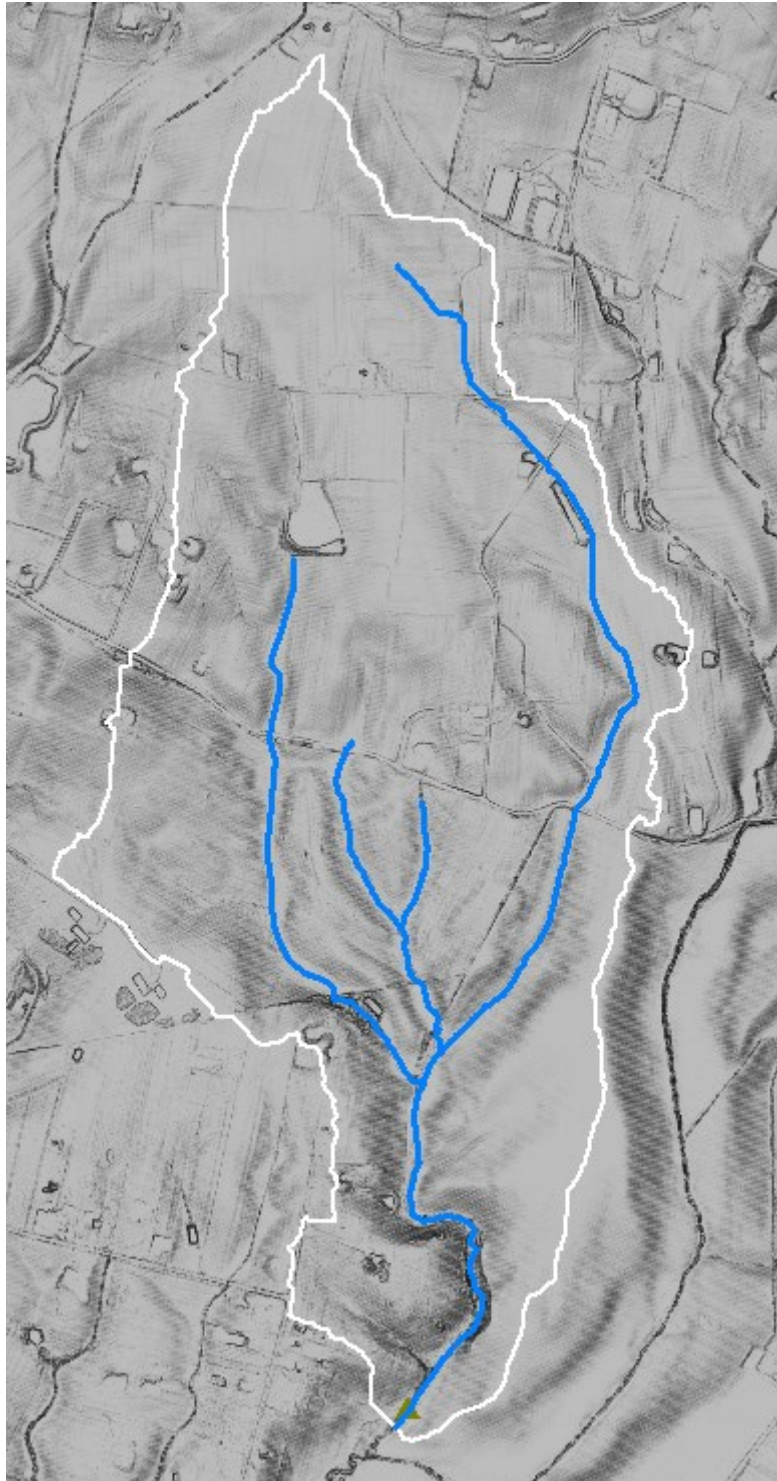
A tale scopo si è scelto di utilizzare i dati topografici rilevati con tecnica LIDAR, con cella spaziale di dimensione di 1 m, acquisito e reso disponibile dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale.

Il modello digitale del terreno è stato integrato con il modello digitale degli edifici e degli ostacoli al deflusso quali muri e attraversamenti.

Nello specifico si è utilizzato il software free SAGA GIS, il quale consente di rappresentare potenzialmente il reticolo di drenaggio ed i bacini idrografici utilizzando una procedura automatica ovvero semi-automatica (integrata da elaborazioni manuali) in caso di condizioni singolari generalmente associate a bacini antropizzati, inoltre si è eseguita un'interpretazione preliminare della base cartografica disponibile (CTR e ortofoto) per la verifica della conformità morfologica dei reticoli e bacini estratti dal DTM per valutare le opportune modifiche al DTM originale.

La delimitazione delle aree contribuenti ha permesso di quantificare le grandezze morfometriche utilizzate per la stima del tempo critico del deflusso nel bacino.

La sezione di chiusura è stata posta a valle dell'area di intervento.

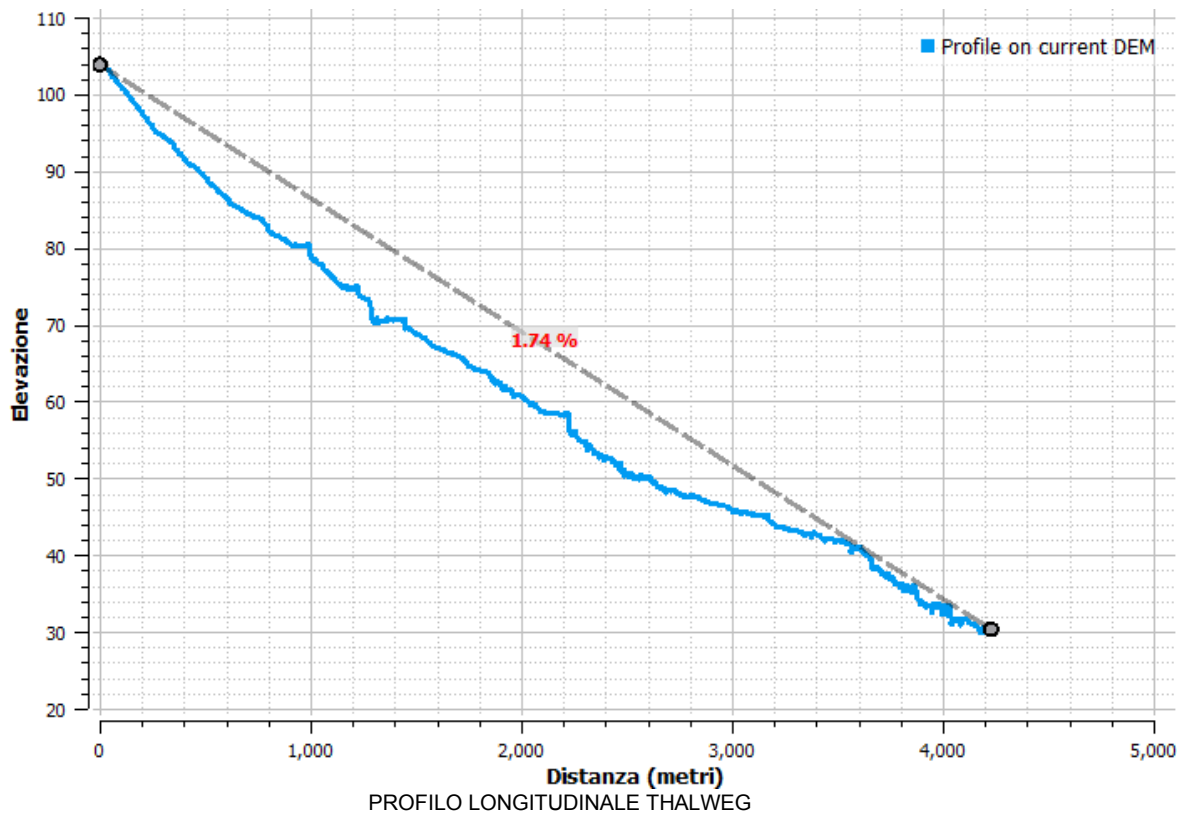


BACINO IDROGRAFICO INDIVIDUATO E RETICOLO IDROGRAFICO

PARAMETRI MORFOMETRICI DEL SOTTOBACINO

Area totale 3D (km <sup>2</sup> )	2,84
Quota sez. chiusura (m slm)	30,34
Quota massima (m slm)	103,85
Pendenza media bacino (%)	7,72
Lunghezza asta principale (km)	4,23
Pendenza media asta (%)	1,74
Altezza media(m)	68,1





### 3. ANALISI PLUVIOMETRICA

Per la valutazione delle precipitazioni nell'area in esame si è utilizzata la regionalizzazione delle piogge intense, eseguita utilizzando come distribuzione di probabilità la distribuzione TCEV. La curva di possibilità climatica così ricavata, cioè il legame tra intensità-durata-frequenza delle piogge intense, si riferisce statisticamente ad eventi di pioggia con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Si è adottata la legge intensità-durata-frequenza (IDF) a tre parametri:

$$i_t(Tr) = \frac{a(Tr)}{(b + t)^m}$$

dove:

- b è un parametro di trasformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata t sia dal tempo di ritorno,
- m è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata sia dal tempo di ritorno,
- a(Tr) è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

La precedente può essere messa nella forma:

$$i_t(Tr) = i_0(Tr) \left( \frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove  $i_0(Tr)$  è l'intensità istantanea con tempo di ritorno  $Tr$ . La pioggia indice è data dalla media di  $i_t$  che risulta:

$$\mu_t(Tr) = \mu i_0 \left( \frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove  $\mu i_0$  è la media dell'intensità istantanea.

L'esponente  $m$  e il parametro di deformazione temporale  $b$  sono stati assunti indipendenti dal tempo di ritorno  $Tr$ , in modo da imporre il parallelismo sul piano logaritmo delle leggi IDF relative a diversi tempi di ritorno. Per ricavare tali parametri sono state fatte le seguenti ipotesi:

A su tutto il territorio considerato:

a) l'intensità media di 24 ore  $\mu_{i,24}$  è proporzionale all'intensità media giornaliera  $\mu_{i,d}$ :

$$\mu_{i,24} = \delta \mu_{i,d}$$

dove il coefficiente di proporzionalità è assunto costante su tutto il territorio considerato, con valore  $\delta = 1,15$ .

b) Il rapporto tra l'intensità media della pioggia di 5' e quello della pioggia oraria è costante su tutta l'area esaminata, assunto pari al valore ottenuto dallo studio delle piogge intense della stazione pluviometrica di Roma (Macao):

$$r = \frac{\mu_{i,5'}}{\mu_{i,1}} = \left( \frac{b+1}{b+0,0833} \right)^m = 3,336$$

da cui si ricava per ciascuna zona omogenea il coefficiente di trasformazione temporale:

$$b = \frac{1 - 0,0833r^{1/m}}{r^{1/m} - 1}$$

B sulle sottozone omogenee identificate per i massimi giornalieri dell'anno:

c) l'intensità istantanea media  $\mu_{i,0}$  dipende dalla quota  $z$  secondo la relazione:

$$\frac{\mu_{i,0}(z)}{\bar{\mu}_{i,0}} = \frac{\mu_{h,d}(z)}{\bar{\mu}_{h,d}}$$

dove  $\bar{\mu}_{i,0}$  e  $\bar{\mu}_{h,d}$  sono la media della sottozona omogenea  $\mu_{i,0}$  e  $\mu_{h,d}$ .

Da queste ipotesi si ricava per ciascuna sottozona omogenea l'esponente:

$$m = \frac{\ln \frac{\bar{\mu}_{i,0}}{\bar{\mu}_{i,24}}}{\ln \left[ 1 + \frac{24(r^{1/m} - 1)}{1 - 0,0833r^{1/m}} \right]}$$

La distribuzione di probabilità della intensità della pioggia  $i_t$  di durata  $t$ , sarà:

$$P(i_t) = e^{-\Lambda_1} e^{-\left[\frac{i_t}{\mu_{i,0}(z)} \beta \left(\frac{b+t}{b}\right)^m\right]} - \Lambda_1 \Lambda_1^{1/\theta} e^{-\frac{i_t}{\mu_{i,0}(z)} \beta \left(\frac{b+t}{b}\right)^m}$$

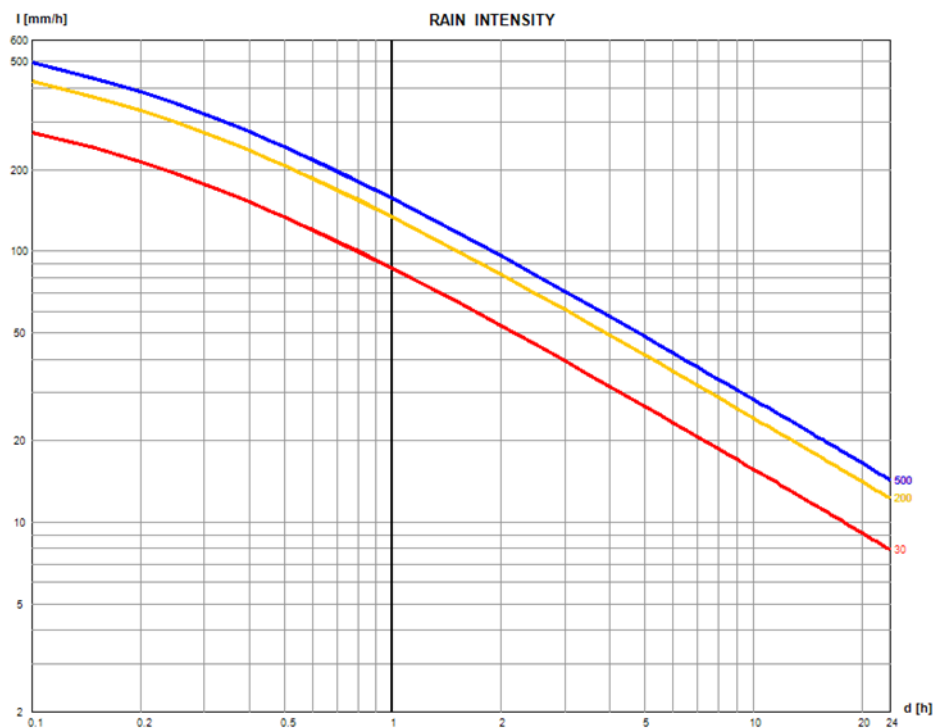
dove con  $\mu_{i,0}(z)$  si è indicata l'intensità istantanea media della sottozona, dipendente dalla quota  $z$

$$\mu_{i,0}(z) = \frac{\bar{\mu}_{i,0}}{\bar{\mu}_{i,24}} \delta \frac{(cz + d)}{24}$$

e sostituendo si ottiene:  $k = \frac{i_t}{\mu_{i,0}(z)} \left(\frac{b+t}{b}\right)^m$ .

Al fine di determinare i parametri caratteristici da assegnare al bacino per il calcolo delle curve pluviometriche si sono scelti i parametri della sottozona omogenea A9.

	SOTTOZONA	c(mm/m)	d (mm)	a	b (h)	m	Mi0/Mi24	Z (m s.l.m.)
TR 30	A9	0,02671	61,61	68,80	0,1502	0,7555	46,45	68
TR200		0,02671	61,61	118,61	0,1502	0,7555	46,45	68
TR500		0,02671	61,61	142,68	0,1502	0,7555	46,45	68



#### 4. DETERMINAZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO: SCELTA DELLA DURATA CRITICA DELL'EVENTO E DELLA DISTRIBUZIONE TEMPORALE DELLE PRECIPITAZIONI.

##### 4.1 DURATA CRITICA-TEMPO DI CORRIVAZIONE

Come è noto, quale tempo di corrivazione  $t_c$  si indica il tempo impiegato da un volume idrico elementare nel percorrere il percorso “idraulicamente più lungo” nel bacino e defluire alla sezione di chiusura del bacino.



Per la valutazione del tempo di corrivazione sono presenti in letteratura numerose espressioni empiriche.

La durata della precipitazione che è critica per il bacino, cioè che mette in crisi la rete idrografica

perché per essa si raggiunge il valore più elevato di portata, dipende dall'estensione del bacino

stesso. Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario perché la goccia

d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura possa raggiungere tale sezione del bacino. Vi sono vari metodi per la determinazione del

tempo di corrivazione. In questo studio, verrà impiegato il procedimento suggerito dal Modello di regionalizzazione piogge e portate corsi d'acqua Bacini Regionali del

Lazio, che suggerisce la seguente espressione è suggerita nella procedura semplificata per il calcolo della portata al colmo della piena proposta nel modello di

$$t_c = T_{bg}(A-1)/74 + T_{bk}(75-A)/74 \quad \text{per } 75 > A < 1 \quad \text{dei Bacini}$$

$$t_c = T_{bk} \quad \text{per } A \leq 1$$

con  $T_{bg}$  e  $T_{bk}$  determinati come segue:

$$T_{bg} = \frac{5\sqrt{A} + 1,875L}{\sqrt{y_m}}$$

$$T_{bk} = 0,93 \left( \frac{L}{\sqrt{y_{\max}} / L} \right)^{0,77}$$

Dove:

$y_m$  = altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m);

$y_{max}$  = altezza del punto più elevato del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m);

L = lunghezza dell'asta principale del bacino (km);

A = area del bacino complessivo (km<sup>2</sup>).

tc	0,98	ore
A	2,84	kmq
L	4,228	km
ym	36,75	m
y <sub>max</sub>	73,51	m

Il tempo di corrivazione adottato è stato di 0,98 ore.

#### 4.2 IETOGRAMMA DI PROGETTO

In letteratura sono disponibili diversi ietogrammi di progetto e tra questi la formulazione di tipo Chicago (Keifer and Chu, 1957)<sup>1</sup> sembra essere la più performante.

Questa, rispetto alle altre forme, fornisce correttamente la stima dell'intensità media di precipitazione, pari a quella indicata dalla CPP, per qualunque durata interna all'evento. Inoltre, lo ietogramma Chicago ha il vantaggio di non essere molto sensibile al variare della durata complessiva dell'evento e quindi alla definizione del tempo di evento.

L'adozione dello ietogramma Chicago presenta alcuni elementi positivi ed altri negativi. L'elemento negativo è che ha la tendenza a sovrastimare le intensità di precipitazione e di conseguenza le portate. Ciò è dovuto alla struttura logica con cui è definito, infatti esso rappresenta un evento di pioggia ideale che si manifesta con una precipitazione critica per ogni sua durata. Per cui se il tempo di corrivazione è pari a sei ore, non solo la cumulata dell'evento sarà la critica per le sei ore, ma esso conterrà anche le precipitazioni critiche per un'ora, due ore, e così via. Tale caratteristica in realtà potrebbe avere un risvolto positivo, infatti l'analista è così consapevole che tale ietogramma fornisce l'estremo superiore della precipitazione possibile operando quindi in favore di sicurezza. Infine, è interessante notare che lo ietogramma Chicago rende meno influente il parametro Tc. Infatti quest'ultimo condizionerà solo il volume

---

<sup>1</sup> Keifer, C., & Chu, H. (1957). Synthetic Storm Pattern for Drainage Design. Journal of the Hydraulics Division, (83) 1-25.

totale dell'evento, mentre il picco di intensità sarà sempre uguale alla precipitazione critica relativa alla risoluzione temporale dell'evento.

Tale ietogramma è caratterizzato da un andamento a due rami, il primo con intensità crescente fino all'istante di picco ed il secondo con intensità decrescente dall'istante di picco al termine della pioggia. Detto ietogramma gode della proprietà che, considerando un evento di pioggia di durata  $\theta$  la cui altezza complessiva di pioggia risulti avere un assegnato valore del tempo di ritorno  $T^*$ , la massima altezza di pioggia che in una qualunque durata  $d < \theta$  si verifica durante l'evento suddetto possiede lo stesso tempo di ritorno  $T^*$  che compete all'altezza complessiva indicando con:

$$t_r = r\theta \text{ con } 0 \leq r \leq 1$$

l'istante di tempo in cui si verifica il picco, con  $a$  ed  $n$  i coefficienti della curva di possibilità climatica, le equazioni che forniscono l'intensità istantanea di pioggia sono le seguenti:

$$i(t) = n a [(t_r - t)/r]^{n-1} \text{ per } t \leq t_r$$
$$i(t) = n a [(t_r - t)/(1-r)]^{n-1} \text{ per } t \geq t_r$$

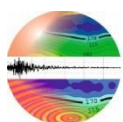
l'altezza di pioggia cumulata a partire dall'inizio dell'evento si può esprimere come:

$$h(t) = r a [(t_r/r)^n - ((t_r - t)/r)^n] \text{ per } t \leq t_r$$
$$h(t) = a [r (t_r/r)^n + (1-r) ((t - t_r)/(1-r))^n] \text{ per } t \geq t_r$$

La posizione del picco è stata fissata pari a 0,4 della durata complessiva di evento adottata.

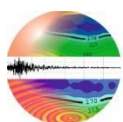
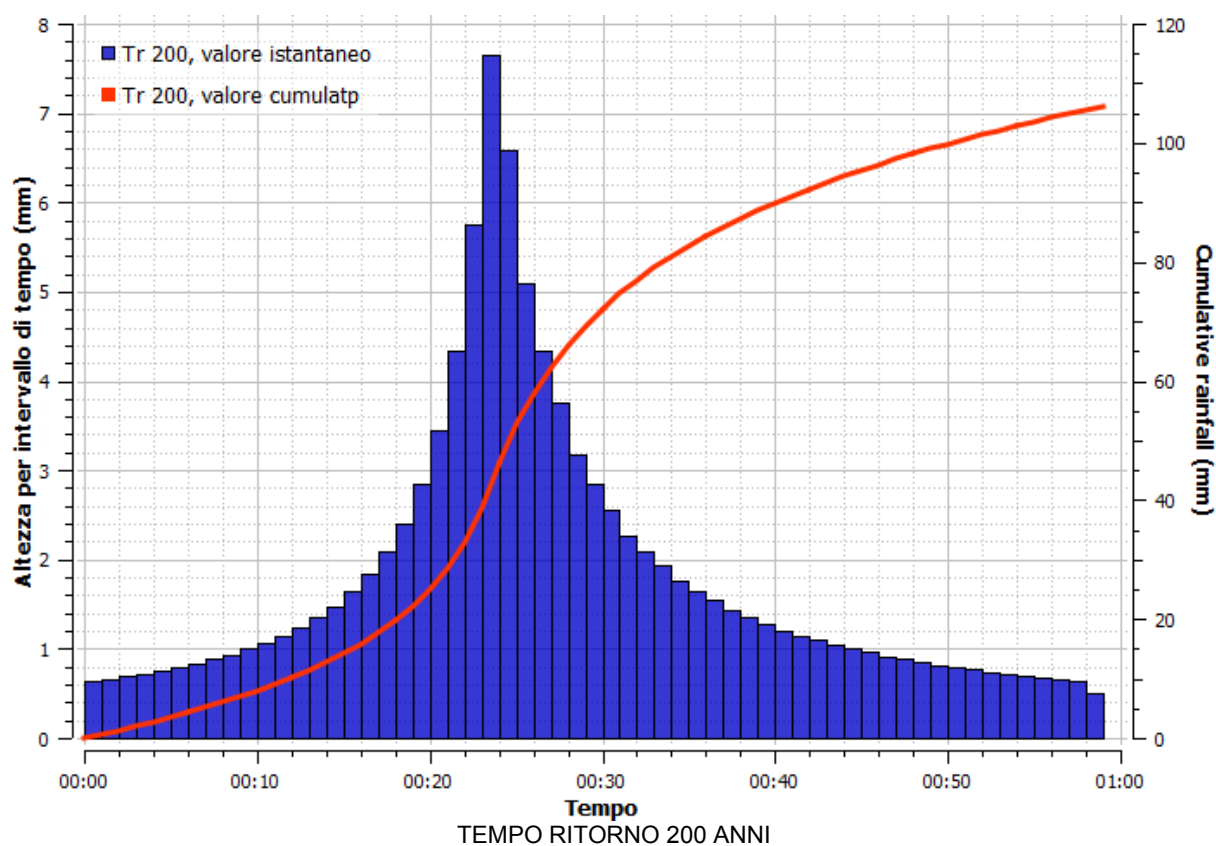
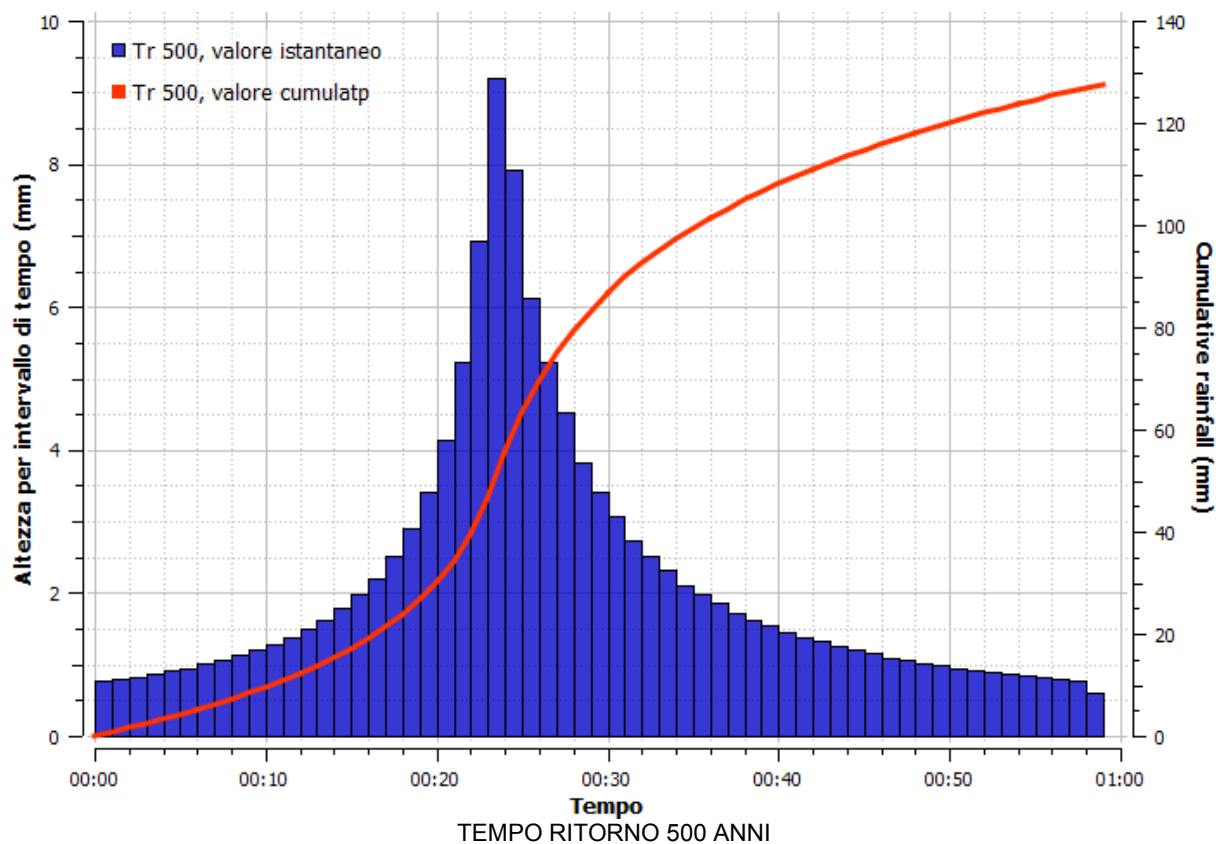
Una caratteristica importante dello ietogramma Chicago è quella di essere poco sensibile al variare della durata complessiva  $\theta$ . Infatti, l'aumento di quest'ultima non influisce sulla parte centrale dello ietogramma, quella attorno al picco, che rimane immutata, ma solo sull'allungamento delle code estreme prima e dopo il picco.

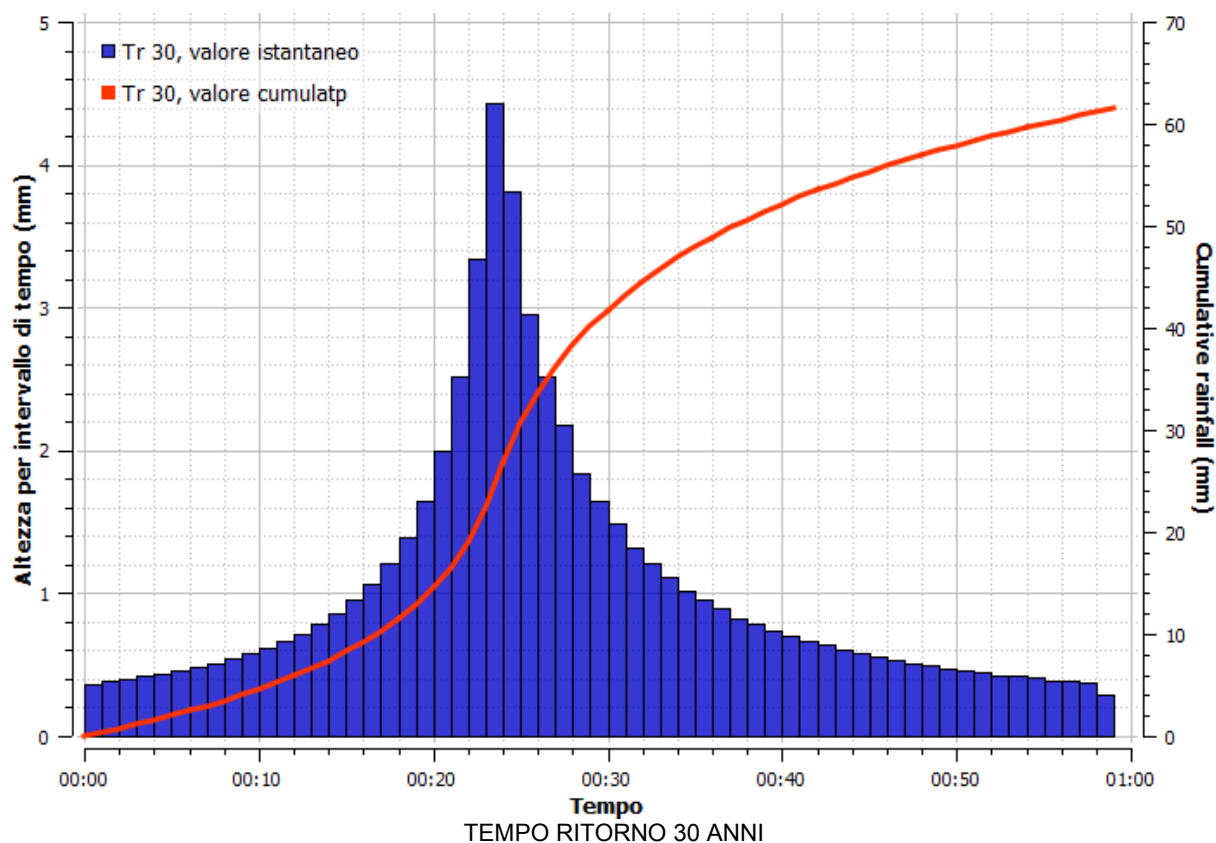
L'adozione dello ietogramma Chicago presenta alcuni elementi positivi ed altri negativi. L'elemento negativo è che ha la tendenza a sovrastimare le intensità di precipitazione e di conseguenza le portate. Ciò è dovuto alla struttura logica con cui è definito, infatti esso rappresenta un evento di pioggia ideale che si manifesta con una precipitazione critica per ogni sua durata. Per cui se il tempo di corrivazione è pari a sei ore, non solo la cumulata dell'evento sarà la critica per le sei ore, ma esso conterrà anche le precipitazioni critiche per un'ora, due ore, e così via. Tale caratteristica in realtà potrebbe avere un risvolto positivo, infatti l'analista è così consapevole che tale ietogramma fornisce l'estremo superiore della precipitazione possibile operando quindi in favore di sicurezza. Infine, è interessante notare che lo ietogramma Chicago rende meno influente il parametro  $\theta$ . Infatti quest'ultimo condizionerà solo il volume totale dell'evento, mentre il picco di intensità sarà sempre uguale alla precipitazione critica relativa alla risoluzione temporale dell'evento.





Nel caso in esame si è considerata una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione del bacino. Il passo temporale utilizzato per la discretizzazione dello ietogramma di pioggia è stato assunto pari a 1 minuto.





#### 4.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

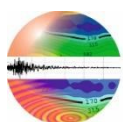
Per la stima delle perdite e della pioggia netta o effettiva, che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, è stato applicato il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972).

Il metodo scelto assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale  $P$ , sia proporzionale a quello precipitato  $I$ , depurato dall'assorbimento iniziale  $I_a$ , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato  $F$ , e un volume specifico  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

Dalla formula  $P = (I - I_a) F / S$  si ottiene la relazione che fornisce il deflusso superficiale:

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

Il parametro  $S$  dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geopedologica del terreno e l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale  $CN$  ( $0 < CN < 100$ ), legato a  $S$  dalla relazione:



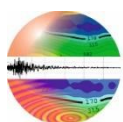
$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

L'altro parametro da stimare è  $I_a$  che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto, a priori, al bilancio idrico. Dati sperimentali (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972) indicano che questo parametro è sempre proporzionale a S, per cui si è stabilito di porlo pari a  $\lambda S$  con  $\lambda$  pari a 0,2.

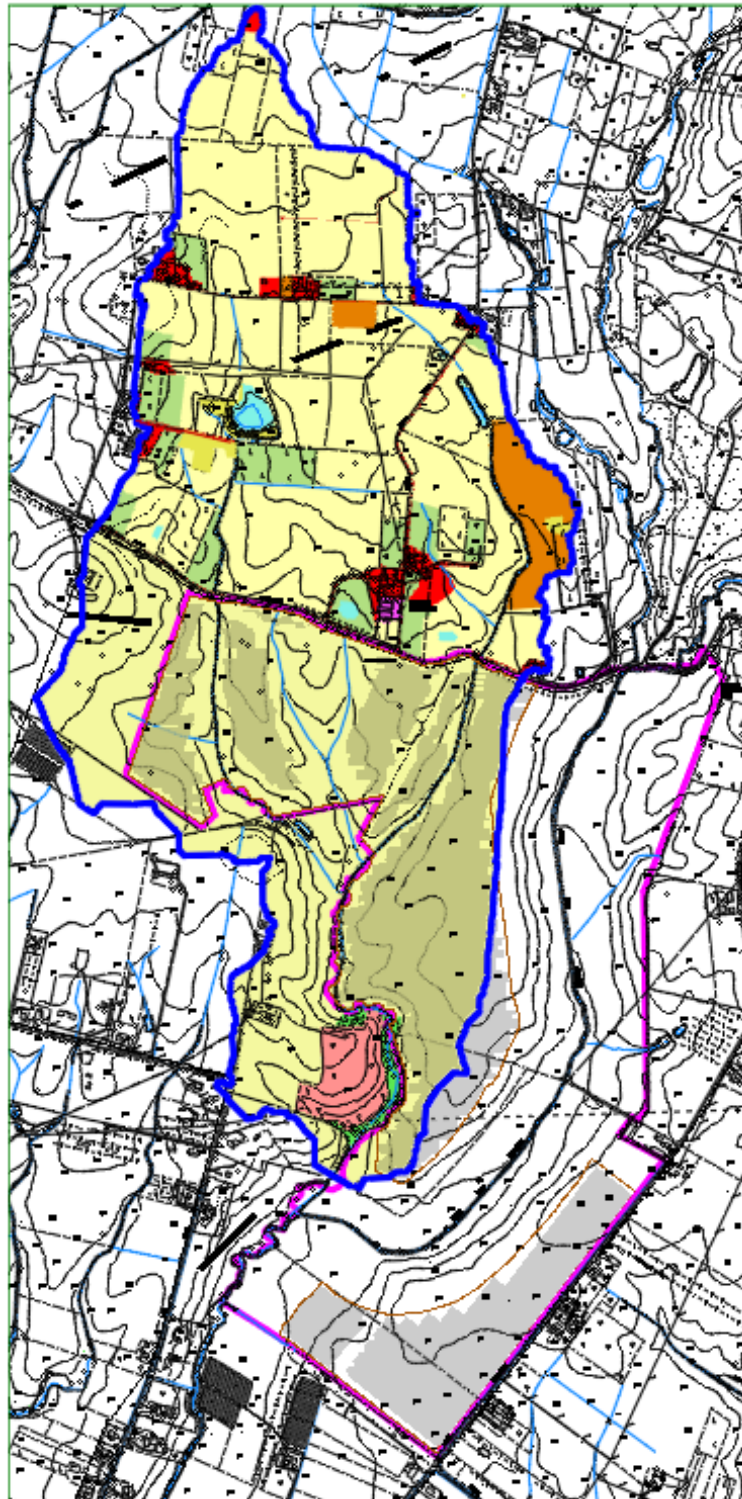
La stima del CN presuppone inizialmente la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica. A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN-II; il valore di CN-II dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.





Tipo di suolo	Descrizione
A deflusso superficiale potenziale basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo
B deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo.
C deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limoso, franco-argilloso-sabbioso, franco-argilloso, e franco-argilloso-limoso. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo
D deflusso superficiale potenziale alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili. La conducibilità idraulica (Ksat) è $\leq 0,36$ cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.

Dalla mappa dell'uso del suolo della Regione Sicilia (Corine Land Cover 2012) per l'area oggetto del presente studio, sono state ricavate le tipologie, codifiche ed estensioni delle superfici.



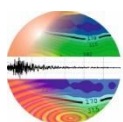


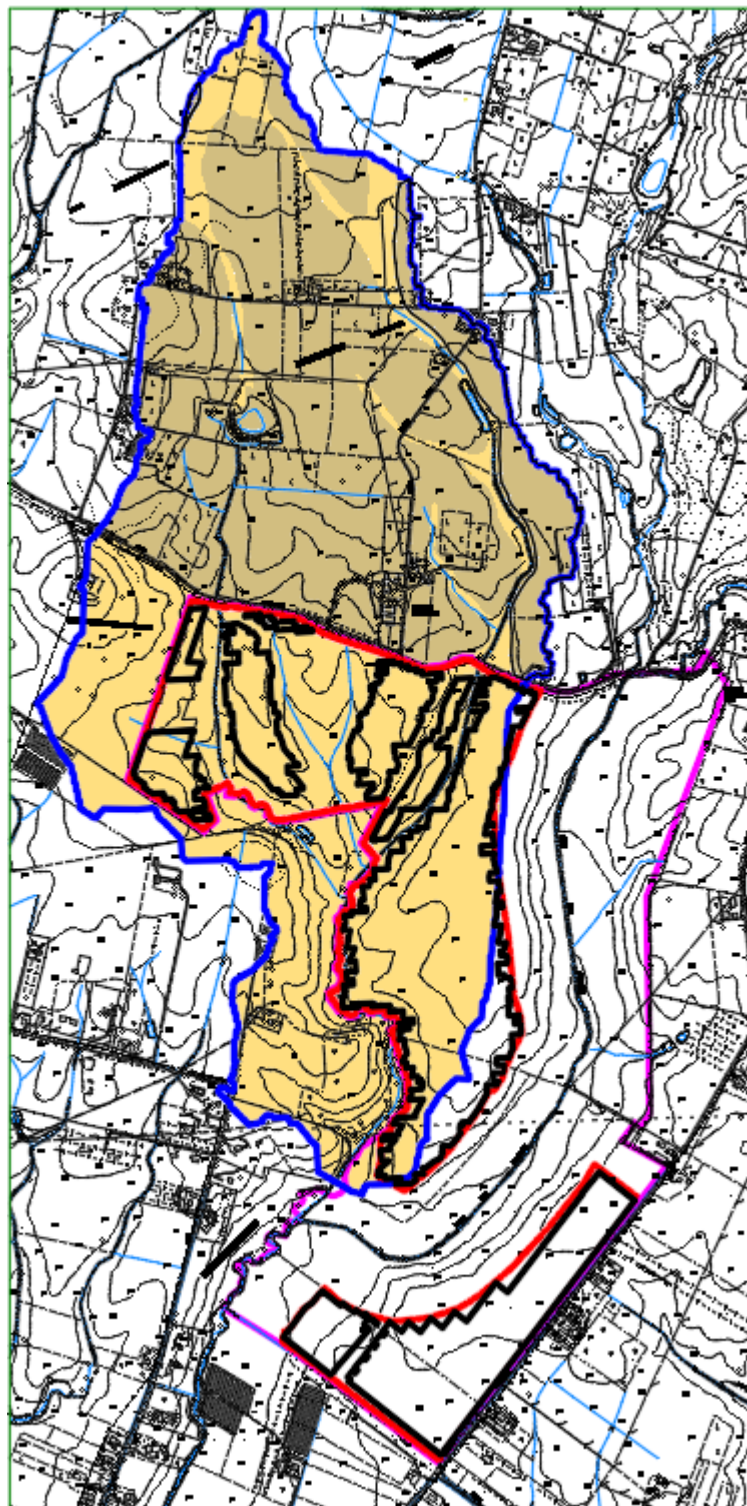




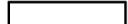

	Contorno catastale
	Recinzione metallica perimetrale impianto FV
	Area occupata dalle strutture fotovoltaiche
	Bacino idrografico

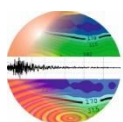
CLC	NOME CLASSE
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo
121	Aree industriali, commerciali e servizi pubblici e privati
122	Reti stradali, ferroviarie ed infrastrutture tecniche
133	Cantieri, edifici in costruzione
210	Seminativi irrigui e non irrigui
221	Vigneti
222	Frutteti e frutti minori
223	Oliveti
231	Prati stabili
311	Boschi di latifoglie
512	Corpi d'acqua
2111	Seminativi in aree non irrigue

CARTA USO DEL SUOLO





	Contorno catastale	CN II
	Recinzione metallica perimetrale impianto FV	73
	Area occupata dalle strutture fotovoltaiche	84
	Bacino idrografico	



Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedente all'inizio dell'evento AMC (Antecedent Moisture Condition). La definizione di AMC richiede la determinazione della precipitazione totale caduta dei cinque giorni precedenti l'evento in esame. Operativamente si è fatto riferimento alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III.

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(III)}$$

#### 4.4 MODELLAZIONE IDRAULICA

Con riferimento al sottobacino individuato nello studio idrologico è stato sviluppato il modello (numerico) idraulico bidimensionale (2D), in regime di moto vario.

Nel presente capitolo, saranno descritte le operazioni di predisposizione del modello idraulico bidimensionale utilizzato.

Il codice di calcolo utilizzato è Hec-RAS versione 6.2 sviluppato dal Hydrologic Engineering Center (HEC). L'utilizzo è motivato dalla sua ampia diffusione in ambito professionale tecnico oltre che essere un software free.

#### 4.5 USO DI MODELLI IDRAULICI 2D

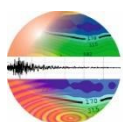
Si è adottato un modello di simulazione 2D che tiene in considerazione la pioggia caduta e accumulata nell'area di studio.

L'insieme degli elementi geometrici costituenti il modello idrodinamico è una sub componente assai importante, costituita a sua volta da uno o più modelli per rappresentare i vari elementi che sono inseriti nel modello principale. Tra questi:

- il modello del terreno;
- il modello degli ostacoli presenti dell'area (manufatti, edifici, muri etc).

Il processo di implementazione del modello idrodinamico 2D ad un caso reale appare, quindi, parimenti complesso ed è ben noto come siano richieste numerose analisi e valutazione preliminare alla soluzione, tra le quali si ricordano:

- a) rappresentare adeguatamente il problema fisico inserendo nel modello gli aspetti e le proprietà più rappresentative della situazione reale;
- b) individuare correttamente il campo di flusso e la soluzione numerica da ricercare;





- c) discretizzare fisicamente l'area di studio con un adeguato numero di elementi;
- d) validare il modello sulla base di riscontri reali o altri modelli o eventi ben conosciuti;
- e) individuare aree specifiche dove dettagliare la soluzione del modello;
- f) applicare il modello per l'evento di interesse.

## **5. PREDISPOSIZIONE DEI DATI PLANO-ALTIMETRICI PER L'ANALISI IDRAULICA**

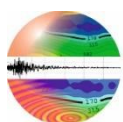
A prescindere dagli aspetti tipici dell'ambito della modellazione (fluviale, rurale o urbana), una componente basilare delle informazioni nella modellazione idraulica è costituita dal modello digitale del terreno che descrive il dominio spaziale delle variabili del moto. La predisposizione del modello digitale di terreno è una parte integrante del processo che include la modellazione idraulica e consente di individuare preliminarmente anche l'estensione più probabile del dominio del moto.

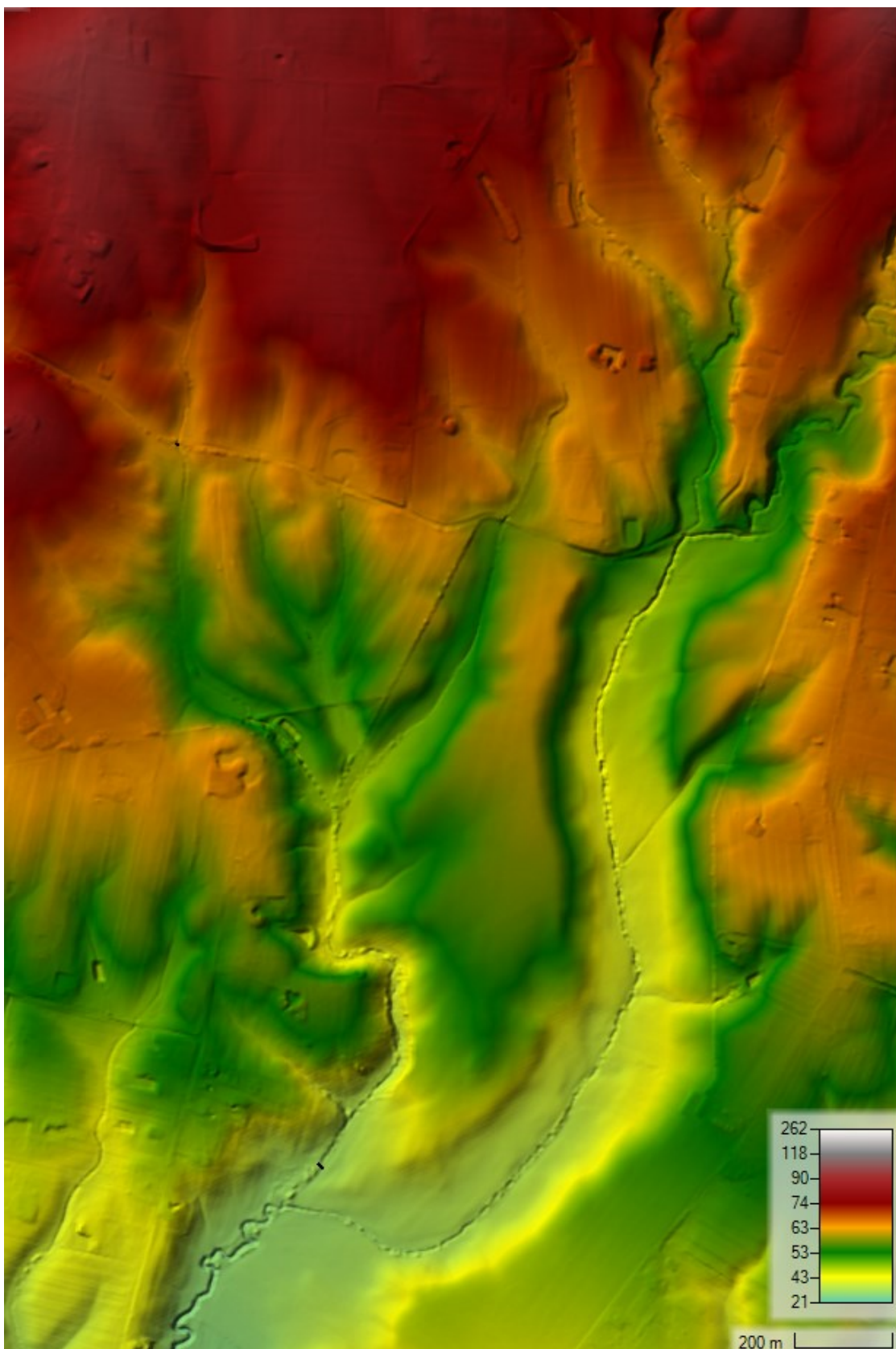
Nella fattispecie per dettagliare l'informazione topografica nel dominio di calcolo si è reso necessario reperire un modello digitale del terreno di maggiore precisione possibile in modo tale da rappresentare al meglio lo stato dei luoghi al fine delle verifiche idrauliche.

A tale scopo si è scelto di utilizzare i dati topografici rilevati con tecnica LIDAR, con cella spaziale di dimensione di 1 m, acquisito e reso disponibile dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale.

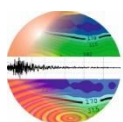
Il modello digitale del terreno è stato integrato con il modello digitale degli edifici e degli ostacoli al deflusso quali i muri e opere divisorie, così come ricavati, dalla cartografia, dalle ortofoto. Tali elementi costituiscono un'interferenza al deflusso, alle opere divisorie è stata assegnata un'altezza compresa tra 1 m-1,5 m.

Il modello di superficie ottenuto al termine di tale fase rappresenta elemento essenziale per le elaborazioni idrauliche ed è ovviamente richiesto che questo sia fornito con adeguato dettaglio. La prima fase consiste nella predisposizione dei dati plano-altimetrici utili per l'implementazione del modello, così come descritto nei paragrafi precedenti. Di seguito si riporta l'immagine del RAS Mapper di Hec-Ras dello strato informativo utilizzato.





DATI PLANOALTIMETRICI DELL'AMBITO DI INTERESSE





## 6. DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO

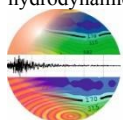
### 6.1 DELIMITAZIONE DEI DOMINI 2D E LORO CONDIZIONI AL CONTORNO

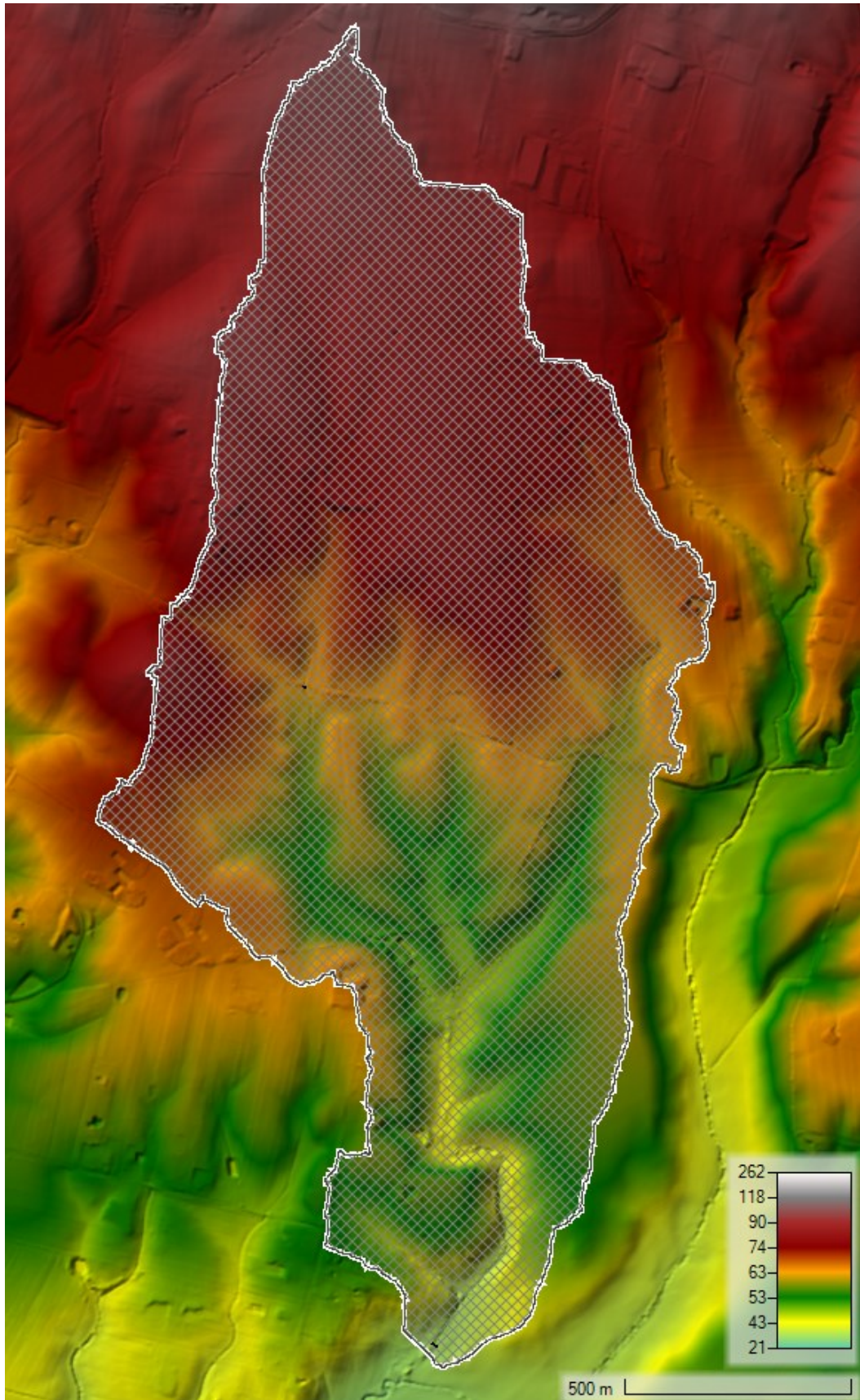
La definizione dei domini bidimensionali rappresenta una fase fondamentale dell'implementazione del modello 2D. Il software Hec-Ras consente di inserire diverse tipologie di input in funzione dei quali va definita l'area 2D di riferimento. Qualora l'input del modello sia una pioggia il cui ietogramma è distribuito in modo omogeneo sul bacino (approccio *Rainfall on grid*) è necessario considerare un dominio 2D che comprende l'intero bacino idrologico precedentemente calcolato per permettere di considerare l'effettivo e totale volume di pioggia che darà luogo all'allagamento del territorio. L'approccio "*Rainfall on grid*" risulta sempre più utilizzato in letteratura ed in ambito professionale (David and Schmalz, 2020; Costabile et al., 2020)<sup>2</sup>

---

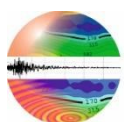
<sup>2</sup>David, A., Schmalz, B., 2020. Flood hazard analysis in small catchments: Comparison of hydrological and hydrodynamic approaches by the use of direct rainfall. *Journal of Flood Risk Management*, 13 (4), art. no. e12639.

Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., Macchione, F., Petaccia, G, 2020a. Performances of the new HEC-RAS version 5 for 2-D hydrodynamic-based rainfall-runoff simulations at basin scale: Comparison with a state-of-the art model. *Water*, 12 (9), art. no. 3433.





AREA DI CALCOLO IN BIANCO



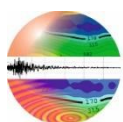
#### ASSEGNAZIONE CONDIZIONI AL CONTORNO

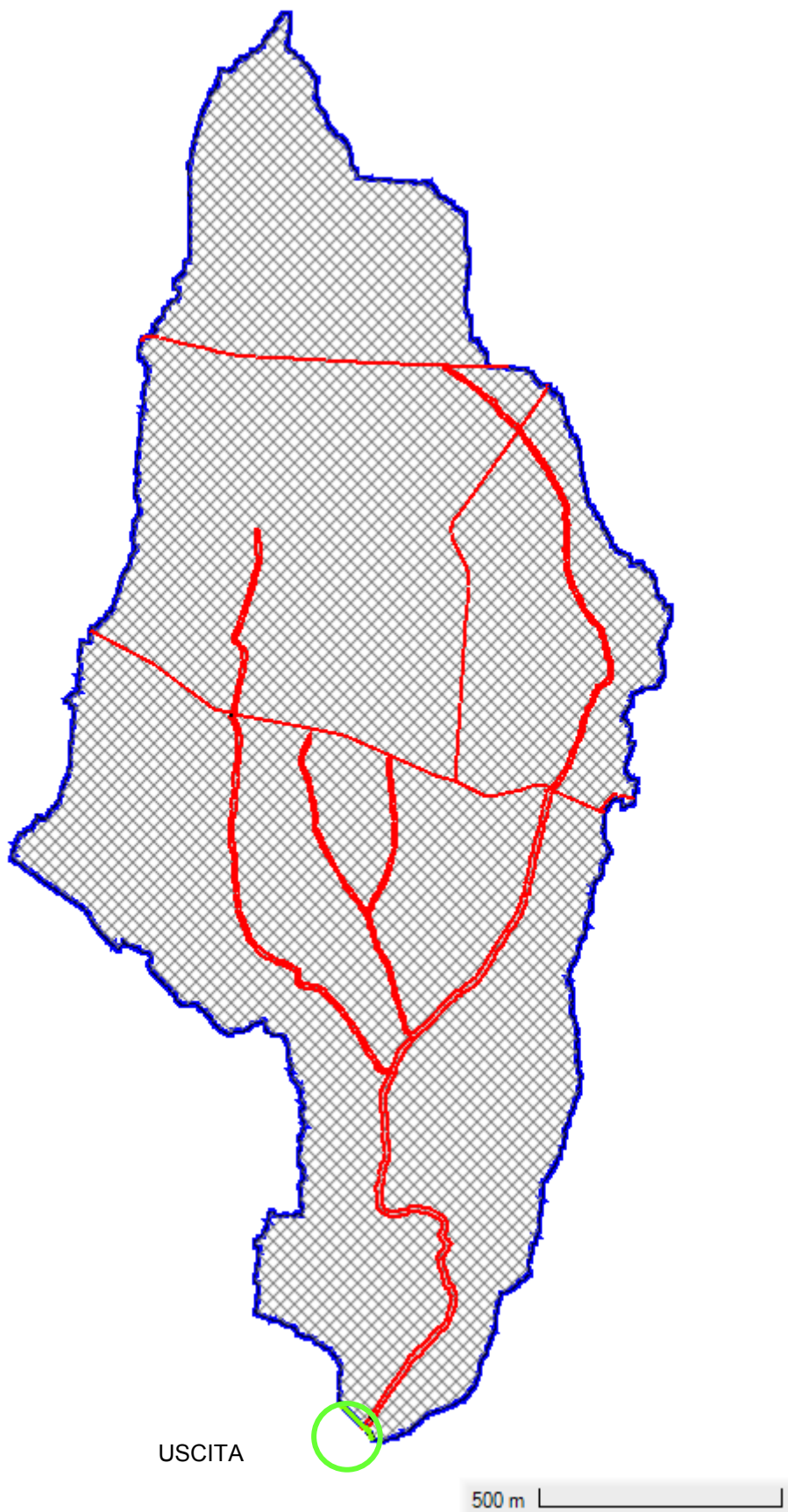
HEC-RAS ha permesso di inserire 2 tipologie di condizioni al contorno:

- *Precipitation;*
- *Normal Depth;*

La prima è stata impiegata per ipotizzare un ingresso di acqua nell'area (approccio *Rainfall on grid*) e si sono utilizzate le piogge lorde ricavate dalla modellazione idrologica per i diversi periodi di ritorno. Queste vengono trasformate in piogge nette dal software stesso mediante il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972, vedi paragrafo sopra) dopo aver importato il layer contenente la distribuzione spaziale dei valori di CN.

L'ultima condizione al contorno è stata impiegata per simulare l'uscita dell'acqua dall'area in corrispondenza della sezione di chiusura. Per il caso in esame si è supposta una Normal Depth pari a 0,02 corrispondente alla pendenza del terreno, (si ricorda che HEC RAS richiede l'inserimento di un fattore di attrito che impiega per calcolare l'altezza critica mediante l'utilizzo dell'equazione di Manning).

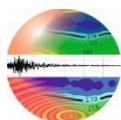




USCITA

500 m

DOMINIO DI CALCOLO E CONDIZIONI AL CONTORNO: IN VERDE USCITA DEL MODELLO (CONDIZIONI AL CONTORNO APPLICATA NORMAL DEPTH), IN BLU CONTORNO ESTERNO AREA DI FLUSSO 2D (CONDIZIONE AL CONTORNO APPLICATA PRECIPITATION) IN NERO LA GRIGLIA DI CALCOLO, IN ROSSO BREAKLINES





Il contorno esterno dell'area modellata corrisponde allo spartiacque che delimita il sottobacino in cui ricade l'opera.

La sezione di chiusura del sottobacino e e quindi l'uscita del modello è stata posta a valle dell'impianto.

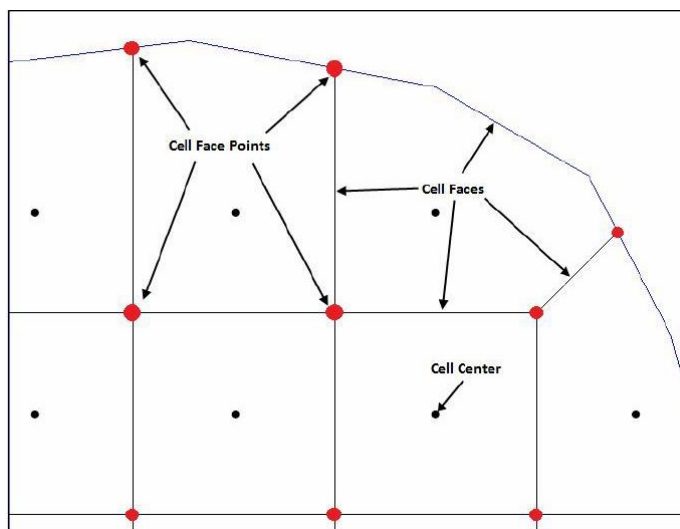
Per la griglia di calcolo sono state adottate risoluzioni spaziali differenti (nested grid) per ridurre i tempi di calcolo, infittendo il numero di celle di calcolo per simulare fenomeni idraulici più complessi (ad es. alveo).

La griglia di calcolo utilizzata è stata di 3m x 3m nelle aree rurali, 1m x 1m per quanto riguarda l'alveo.

Il software comunque adatta la forma e le dimensioni delle celle di calcolo alla topografia sottostante e al contorno, per cui si possono avere celle quadrate e rettangolari (celle strutturate) sia elementi triangolari o quadrilateri con dimensioni diverse (celle non strutturate); non si possono avere celle con più di otto lati.

La griglia di calcolo risulta costituita da 277.671 celle, di dimensione media 7,54m<sup>2</sup>, minima 0,54 m<sup>2</sup> e massima 20,87 m<sup>2</sup>.

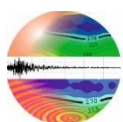
All'interno della griglia ogni cella presenta le seguenti caratteristiche:



Cell Center (Centro della Cella): rappresenta il punto dove viene computato il livello idrico.

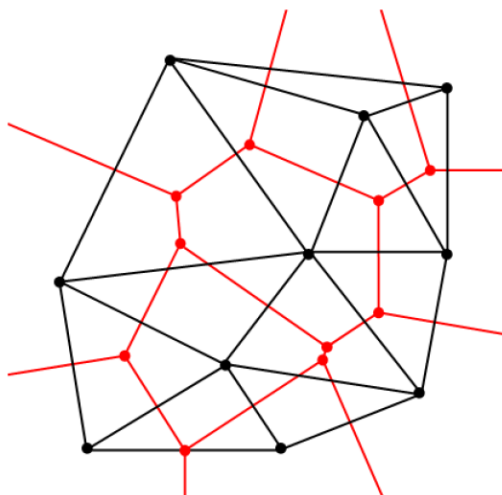
Cell Faces (Lati della Cella): rappresentano i contorni esterni della cella. Generalmente sono delle linee rette, ma in corrispondenza del bordo esterno della 2D Flow Area, si adattano a questo perimetro.

Cell Face Points (Vertici delle Celle): sono i punti che vengono utilizzati per collegare la 2D Flow Area alla Lateral Structure ed anche per collegare gli elementi 2D con elementi 1D.



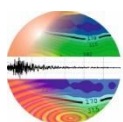


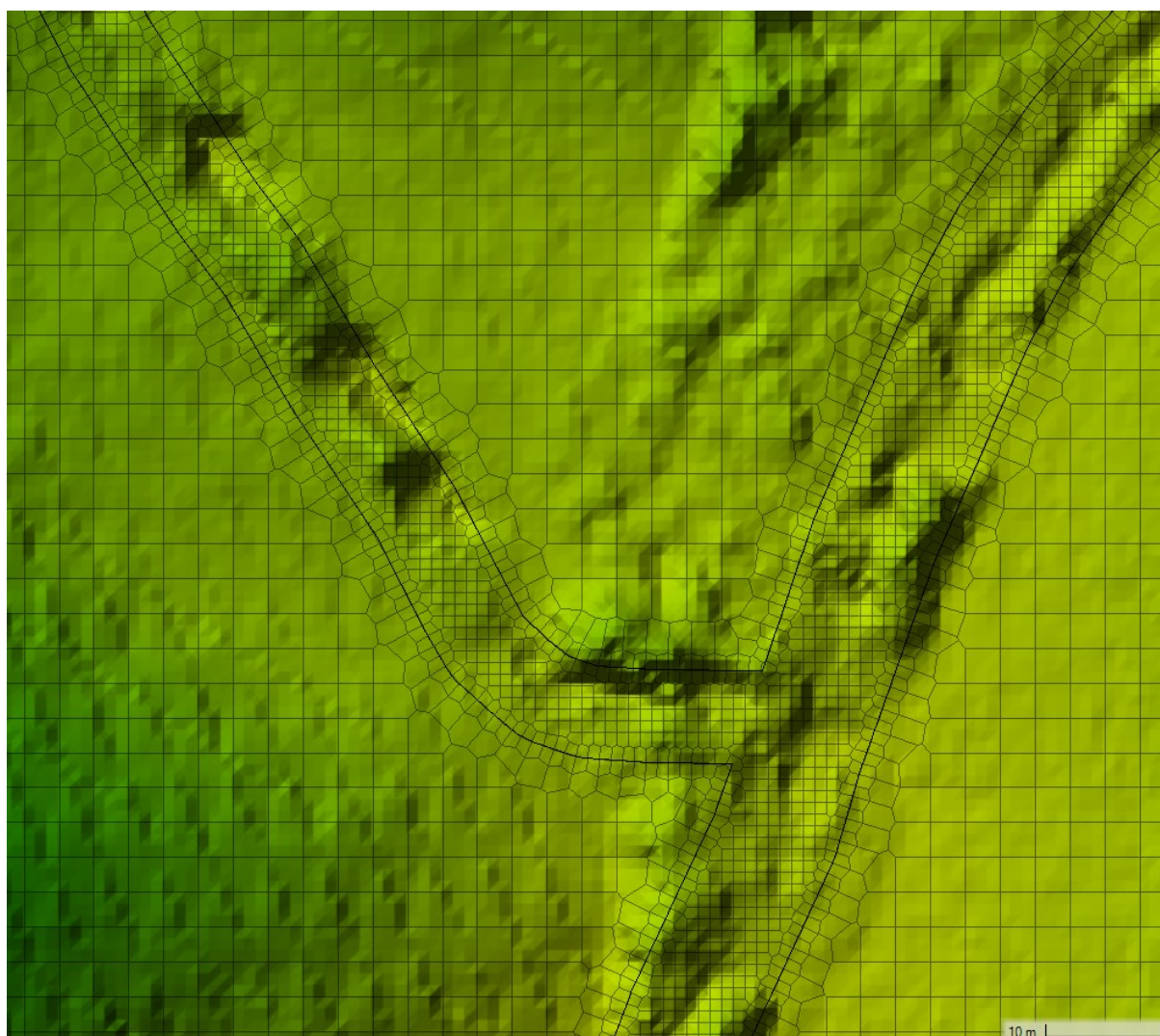
HEC-RAS costruisce la rete computazionale seguendo la tecnica di triangolazione Delaunay Triangolazione, e quindi la costruzione di un Diagramma Voronoi (triangoli in nero nella figura sottostante).



In tal modo Poiché le cellule riescono a rappresentare in modo ottimale i dettagli del terreno sottostante a differenza di molti altri modelli 2D che utilizzano semplicemente una quota costante per l'intera cella che viene così ad essere modellata come "piatta". Analogo ragionamento per le facce della cella le quali modellano il flusso seguendo il reale andamento del terreno senza interpolazioni e appiattimenti.

Per garantire maggior precisione al calcolo bidimensionale, sono state inserite nel modello opportune break lines lungo le quali si allineano le facce delle celle, per rappresentare eventuali barriere fisiche presenti sul terreno (muri, edifici, strade), che di fatto possono costituire elementi di disconnessione interni all'area di calcolo.





DETTAGLIO GRIGLIA DI CALCOLO

## 6.2 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA IDRAULICA

Con riferimento alla scabrezza da attribuire alle celle del campo del moto, deve essere valutato il coefficiente di resistenza Manning sulla base dell'uso e copertura dei suoli in conformità con quanto indicato in Chow (1959) e Pestana et al. (2013)<sup>3</sup> inoltre si è fatto riferimento a quelli riportati nella documentazione di HEC-RAS.

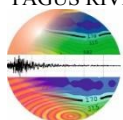
Il valore del coefficiente N deve essere assegnato a ciascuna cella in conformità con la classificazione

della copertura ed uso del suolo mediante l'analisi di orto-foto e dati sviluppando l'elaborazione dei

dati territoriali. A partire dallo shape-file della carta dell'uso del suolo, e grazie alla tabella dei

<sup>3</sup> Chow, V.T., 1959. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York, 680 p.

Pestana et al. CALIBRATION OF 2D HYDRAULIC INUNDATION MODELS IN THE FLOODPLAIN REGION OF THE LOWER TAGUS RIVER Conference: ESA Living Planet Symposium, At: Edinburgh, United Kingdom September 2013



valori del parametro di scabrezza che l'User Manual del software HEC-RAS v.6.2 propone, è stata implementata la tabella data di seguito che permette nella simulazione idraulica bidimensionale di determinare le grandezze caratterizzanti il flusso idrico nell'area di esondazione.

Per gli alvei e per le sponde si è adottato un valore del coefficiente di Manning pari a 0,04 s/m<sup>1/3</sup>, mentre per i tratti che presentano vegetazione si è adottato un valore pari a 0,1 s/m<sup>1/3</sup> infine per gli edifici ed i muri, modellati come ostacolo al deflusso, si è assunto un valore di 10 s/m<sup>1/3</sup>.

DESTINAZIONE D'USO (CLC)	MANNING N (s/m <sup>1/3</sup> )
112	0.013
221	0.035
122	0.03
223	0.04
210	0.03
512	0.1
222	0.035
231	0.03
121	0.012
2111	0.03
311	0.12

#### RISOLUZIONE DELLE EQUAZIONI

Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. La modellazione è stata eseguita utilizzando le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant (full momentum) applicabili a una gamma ampia di problemi.

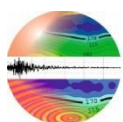
Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce anche miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti.

In una simulazione di moto vario, comunque, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale  $\Delta T$ , che deve essere scelto con accuratezza in modo da non influenzare negativamente l'esito delle analisi.

Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile nella maniera seguente:

$$C = \frac{V\Delta T}{\Delta X} \leq 1$$

Tenendo presente che V e  $\Delta X$  sono rispettivamente la velocità massima dell'acqua e la dimensione media delle celle.



Molto importante è anche sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel cell center della griglia stessa.

Si è scelto il passo temporale  $\Delta T$  variabile tra 0,5s e 1s, in modo da contenere il numero di Courant tra 0,45 e 1 mentre la durata della simulazione è stata di 2 ore.

## 7. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D (SCENARI SIMULATI)

- Come precedentemente introdotto, si è proceduto alla simulazione delle esondazioni riferite ai tempi di ritorno ( $T_r$ ) di 30, 200, 500 anni,

Per le mappe dei tiranti è stata utilizzata la classificazione proposta da ISPRA consistente nei 5 intervalli di altezze idrometriche indicati nella tabella sottostante.

Classe	altezza idrica: (m)
1	$h < 0,5$
2	$0,5 \leq h < 1$
3	$1 \leq h < 1,5$
4	$1,5 \leq h < 2$
5	$h \geq 2$

Le mappe di velocità derivano direttamente da quelle del modello bidimensionale, utilizzando la classificazione proposta da ISPRA consistente nei 2 intervalli indicati nella tabella sottostante.

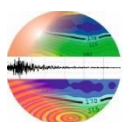
Classe	altezza idrica: (m/s)
1	$v < 2$
2	$v \geq 2$

## 8. CALIBRAZIONE

In assenza di dati storici per i deflussi liquidi, portate di colmo e trasporto solido (piccolo bacino non strumentato) non è stato possibile una calibrazione a scala di evento.

## 9. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Nell'ambito del progetto che prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra per la produzione di energia elettrica della potenza nominale di 77,69 MW in DC e 65 MW in AC



compresi gli adempimenti tecnico-amministrativi necessari alla sua realizzazione, è stato effettuato uno studio di natura idrologica ed idraulica di supporto alla progettazione.

L'area d'intervento ricade nelle aree di attenzione individuate nella Tavola 2.02 Nord dal Piano di Bacino, Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Regionali del Lazio.

Lo studio è stato eseguito per valutare la compatibilità idraulica degli interventi necessari per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, senza che si verifichi un aumento delle condizioni di rischio idraulico nel territorio circostante, in accordo con la normativa vigente.

È stata predisposta quindi un'analisi, basata su considerazioni idrauliche e morfologiche, al fine di valutare nel dettaglio i seguenti aspetti:

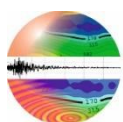
1. che gli interventi previsti siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in maniera tale che non subiscano danni in caso che la zona si allaghi;
2. che la realizzazione degli interventi previsti non provochi comunque un aumento del rischio idraulico per i territori adiacenti.

Nel presente elaborato sono riportate le attività condotte al fine del rilascio del parere di compatibilità al PAI per gli interventi previsti dal progetto. Nello specifico è stato effettuato uno studio idrologico finalizzato ad individuare le caratteristiche pluviometriche del sottobacino e quindi individuare le massime altezze di precipitazione legate ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni al fine di costruire le curve di possibilità pluviometrica. Successivamente sono state fatte alcune valutazioni di tipo idraulico, basate su simulazioni 2D in moto vario, al fine di individuare le aree soggette ad inondazione e i livelli di massimo tirante idrico all'interno del bacino oggetto di interesse per i tre tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

In particolare dallo studio condotto emerge che la condizione più gravosa per il bacino di interesse, corrisponde all'evento con tempo di ritorno pari a 500 anni. Tuttavia, considerando che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto rientra tra le tipologie di opere che hanno una vita nominale relativamente breve si può considerare pertanto che come scenario di riferimento per il dimensionamento delle opere possa essere considerato quello caratterizzato da un tempo di ritorno trentennale. Nella fattispecie facendo riferimento a tale tempo di ritorno, il livello massimo del tirante idrico che interessa una porzione dell'impianto è di 0,7 m.

Con riferimento al punto 1 sopra riportato è necessario rispettare alcune precauzioni in ordine alla quota d'imposta delle cabine di trasformazione e delle batterie di pannelli fotovoltaici ed in particolare:

- le attrezzature elettroniche e l'asse di rotazione dei moduli fotovoltaici sulle strutture a inseguitore devono essere posizionati al di sopra del livello massimo raggiunto dagli allagamenti nello scenario di riferimento con adeguato franco di sicurezza;





- tutti i manufatti devono essere realizzati rialzati in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque per cui essi, qualora ricadono in aree allagabili, dovranno essere realizzate su apposite piattaforme sostenute da pali la cui quota d'intradosso deve essere posta al di sopra del livello massimo raggiunto dagli allagamenti nello scenario di riferimento con adeguato franco di sicurezza.

Con riferimento al punto 2 sopra citato, nell'ambito della realizzazione dell'impianto fotovoltaico la superficie sarà mantenuto allo stato naturale. La porzione dell'area d'intervento occupata dai pannelli, pari a circa 1/4 di quella complessiva, non avrà comunque un effetto di impermeabilizzazione per quanto illustrato in precedenza. Si può ritenere pertanto che il consumo di suolo è del tutto trascurabile e, alla luce delle analisi condotte, l'intervento garantisce la totale invarianza idraulica e non sono pertanto necessari interventi compensativi quali vasche o volumi di invaso.

Considerato inoltre che:

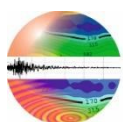
- sia le batterie di pannelli che le cabine di trasformazione verranno rialzate e poste a quota tale da non interferire con il libero deflusso delle acque e nelle aree eventualmente allagate ci saranno solo i pali di sostegno che hanno una sezione ridotta e non riducono pertanto la capacità di invaso;
- la realizzazione di recinzioni avverrà comunque utilizzando reti e grigliati completamente permeabili e la base di tali recinzioni sarà posta ad almeno 20 cm al di sopra del piano campagna;
- il sistema di sostegno dei pannelli e dei locali tecnici sarà costituito da pali infissi nel suolo e dimensionati nei confronti delle spinte idrostatiche ed idrodinamiche che si possono registrare in caso di allagamenti;

si può affermare che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto non altera le condizioni di rischio idraulico già presenti nella zona.

Considerato infine:

- la ridotta vita utile degli impianti fotovoltaici;
- che la presenza del personale addetto alla gestione e manutenzione dell'impianto è solo saltuaria;

si ritiene che lo scenario peggiore con riferimento all'evento pluviometrico con tempo di ritorno di 30 anni, possa essere considerato congruo come scenario di riferimento per la messa in sicurezza delle opere in progetto rispetto a un evento alluvionale. In questo caso l'altezza massima degli allagamenti da considerare è di 0,8 m e pertanto, utilizzando un franco idraulico di sicurezza di 0.2 m, la quota di riferimento al di sopra della quale devono essere posti sia le

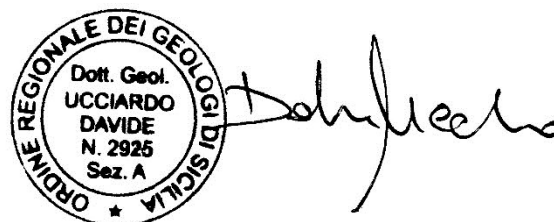


attrezzature elettroniche e l'asse di rotazione dei moduli fotovoltaici che l'intradosso di tutti i manufatti ricadenti nella fascia di inondazione sia pari a 1 m dal p.c.

Si può pertanto concludere che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto è compatibile con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona a condizione che nella fase realizzativa vengano rispettate integralmente le indicazioni progettuali sopra riportate.

Appare inoltre opportuno la redazione di un idoneo piano di sicurezza, da attuare sia nella fase realizzativa che in fase di esercizio dell'impianto, al fine di garantire che non ci siano danni a persone e mezzi in caso di eventi alluvionali.

IL GEOLOGO  
DOTT DAVIDE UCCIARDO



A circular professional stamp from the 'ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA' (Regional Order of Geologists of Sicily). The stamp contains the text: 'Dott. Geol. UCCIARDO DAVIDE N. 2925 Sez. A'. To the right of the stamp is a handwritten signature in black ink.

