

S.S. 67 "Tosco Romagnola"
Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la
località S.Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di
Dicomano.
Variante di Rufina (FI) – LOTTI 2A e 2B

PROGETTO DEFINITIVO

COD. FI462

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo



IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

*Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045*

IL GEOLOGO:

*Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl
Ordine Geologi della Lombardia n. 762*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Francesco Pisani

PROTOCOLLO:

DATA:



05 - IDROLOGIA E IDRAULICA

05.01 - Studio idraulico interferenze con il reticolo idrografico

Relazione idrologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00-ID01-IDR-RE01-A.pdf			
ACNO0113	D 20	CODICE ELAB.	T00ID01IDRRE01	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		02/2024	ARGIRÒ	BESIO FORMICHI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

<p>CODIFICA DOCUMENTO</p> <p>T00-ID01-IDR-RE01</p>	<p>PROGETTAZIONE:</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>2 di 25</p> <p>Data</p> <p>10/2023</p>
--	---	----------------------	---

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
2.1	Normativa comunitaria	4
2.2	Normativa nazionale	4
2.3	Normativa regionale	5
3	INTERFERENZA TRA IL RETICOLO IDROGRAFICO E LE OPERE DI PROGETTO	6
4	ANALISI IDROLOGICA	8
4.1	Considerazioni sul tempo di ritorno	8
4.2	Valutazione delle serie storiche dei pluviometri che caratterizzano l'area in esame e confronto con i dati di pioggia ufficiali della Regione Toscana	9
4.3	Caratteristiche pluviometriche: LSPP	15
4.4	Analisi idrografica	18
4.4.1	Caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici	19
4.5	Modello di trasformazione afflussi-deflussi: Metodo del Curve Number	21
4.5.1	Determinazione della durata critica	22
4.5.2	Determinazione del tempo di corrvazione	22
4.5.3	Determinazione dell'altezza di pioggia netta	23
4.5.4	Risultati dei calcoli idrologici e valori di portata per TR 200 anni	25

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 3 di 25 Data 10/2023
--	--	----------------------	--

1 PREMESSA

Lo scopo della presente relazione è lo studio idrologico propedeutico alle verifiche di compatibilità idraulica dei lavori di adeguamento della SS 67 nel tratto compreso tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano (Variante di Rufina (FI) – Lotti 2A e 2B).

Il punto di partenza dello studio è stata la raccolta dai dati storici di precipitazione e dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica ufficiali messe a disposizione dalla Regione Toscana, oltre che di tutte le informazioni quali DTM e carte degli usi del suolo.

Successivamente, al fine di dimensionare correttamente ciascun manufatto in progetto, si è proceduto con l'individuazione e la caratterizzazione dei bacini idrografici dei singoli corsi d'acqua interferenti l'opera di progetto.

Per tutti i bacini oggetto di studio sono stati definiti i principali elementi che caratterizzano le unità idrografiche dei bacini e i conseguenti parametri geografici, fisiografici e morfometrici. Note le caratteristiche dei bacini ed avendo a disposizione i dati di possibilità pluviometriche sono state definite le portate di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni. Il metodo utilizzato per la stima delle portate al colmo è stato quello dell'SCS Curve Number.

CODIFICA DOCUMENTO	PROGETTAZIONE:	REV.	FOGLIO
T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	A	4 di 25
		Data	
		10/2023	

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito vengono riportati i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale e provinciale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico – idraulico, ambientale e di difesa del suolo, in modo da verificare la compatibilità dell'intervento in progetto con le indicazioni contenute nei suddetti strumenti di legge.

2.1 Normativa comunitaria

- *Direttiva 2000/60/CE*: Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (Direttiva acque).
- *Direttiva 2006/118/CE*: Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 dicembre 2006, sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento.
- *Direttiva 2007/60/CE*: Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2007, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

2.2 Normativa nazionale

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

- *RD 25/07/1904, n° 523*: testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- *RD Legislativo 30/12/1923, n° 3267*: riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. La legge introduce il vincolo idrogeologico.
- *L. 64/74*: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- *DPR 24/7/1977, n° 616*: Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni.
- *Legge Galasso 431/85*: Conversione in legge con modificazioni del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.
- *DL 04/12/1993, n° 496*: Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).
- *DPR 14/4/1994*: Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.
- *DPR 18/7/1995*: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.
- *DPCM 4/3/1996*: Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).
- *D.lgs. 31/3/1998, n° 112*: Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.
- *DPCM 29/9/1998*: Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).
- *Legge Sarno 267/98*: Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).
- *DL 152/99*: Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 5 di 25 Data 10/2023
--	--	----------------------	--

- *D.lgs. 258/00*: Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99.
- *Legge Soverato 365/00*: Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).
- *D.lgs. 152/2006*: norma in materia ambientale.
- *D.lgs. 49/2010*: Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- *D.lgs. 219/2010*: Disposizioni transitorie - Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.

Si riportano inoltre gli estremi di alcune leggi riguardanti la progettazione e la verifica dei ponti stradali.

- *L. 532/1904*.
- *D. Min. LL.PP. del 4/5/1990*.
- *Circ. LL.PP. n° 34233 del 25/02/1991*.
- *NTC 2018*: Nuove norme sismiche per il calcolo strutturale. Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- *Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP* : Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2.3 Normativa regionale

Si riportano gli estremi delle leggi regionali in materia di difesa del suolo e tutela delle acque.

- *LR 81/94*: Disposizioni in materia di risorse idriche. La Regione Toscana, in attuazione della legge Galli ha emanato tale legge con la finalità di recupero e mantenimento della risorsa idrica.
- *LR 50/94*: Interventi strutturali finalizzati alla messa in sicurezza idraulica dei bacini idrografici toscani.
- *DCR 155/97*: Direttive tecniche per l'ingegneria naturalistica.
- *LR 91/98*: Norme per la difesa del suolo.
- *LR 1/2005*: Norme per il governo del territorio.
- *Delibera 25/01/2005, n° 6*: Approvazione del piano di tutela delle Acque della Regione Toscana.
- *LR 31 maggio 2006, n° 20*: "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento" e s.m.i. in attuazione al D.lgs. 152/2006, ha per oggetto la tutela delle acque, tra cui, art.1, comma 1 c), le acque meteoriche e di lavaggio delle aree esterne di cui all'art. 113 del decreto legislativo citato.
- *Regolamento 8 settembre 2008, n° 46/R*: "Regolamento di attuazione della LR 31 maggio 2006, n. 20 Norme per la tutela delle acque di inquinamento e s.m.i."
- *LR 27 dicembre 2012, n° 79*: "Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica".
- *LR 28 dicembre 2015 n° 80*: "Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitanti costieri".
- *LR 24 luglio 2018, n° 41*: "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49"(Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014.
- Disciplinare di Piano PGRA AdB Distrettuale Appennino Settentrionale.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 6 di 25
		Data 10/2023	

3 INTERFERENZA TRA IL RETICOLO IDROGRAFICO E LE OPERE DI PROGETTO

Il progetto interessa i lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano per i lotti funzionali 2A e 2B.

Nella seguente figura è indicata in giallo l'area interessata dall'intervento progettuale.

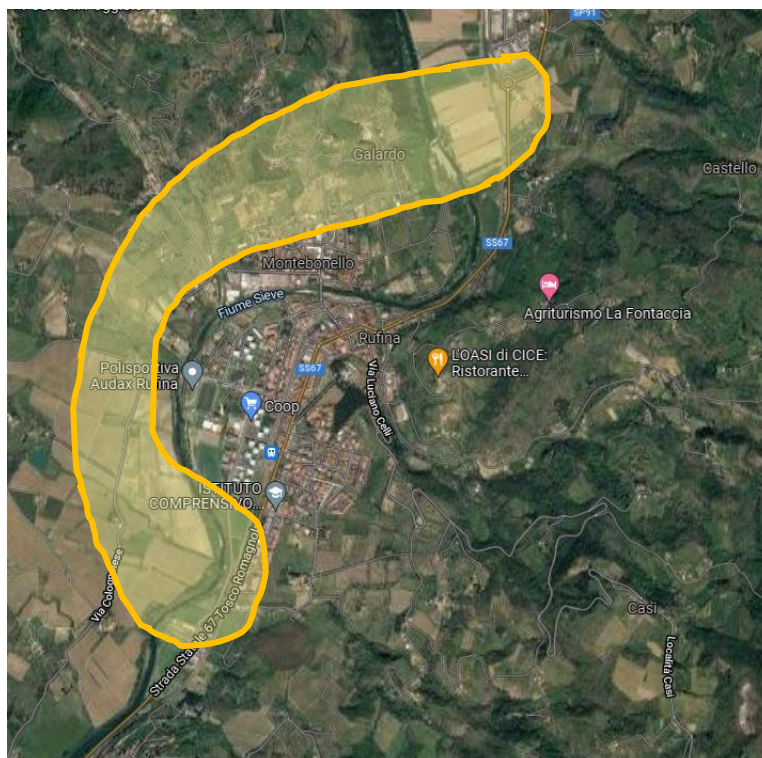


Figura 1 – Inquadramento territoriale

Il tracciato di progetto interferisce con una serie di corsi d'acqua che saranno oggetto di verifica. I corsi d'acqua sono stati individuati e classificati utilizzando il vigente reticolo idrografico e di gestione (LR 79/2012, art. 22 lettera e) messo a disposizione dalla Regione Toscana nella sua ultima versione (scaricabile al seguente link: <https://www.regione.toscana.it/-/reticolo-idrografico-edi-gestione>).

Nella figura seguente sono evidenziati i corsi d'acqua interferenti con il tracciato di progetto.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 7 di 25
		Data 10/2023	

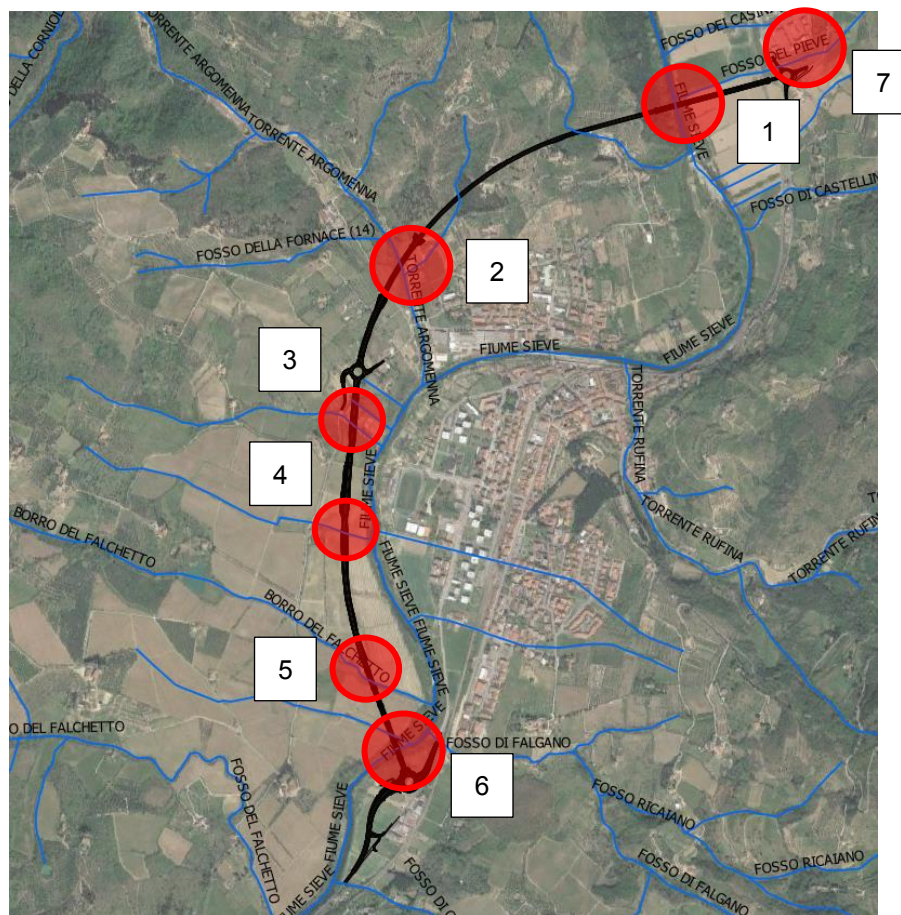


Figura 2 – Individuazione delle interferenze con il reticolo idrografico principale (LR 79/2012)

Nella tabella seguente vengono riportate le seguenti informazioni:

- codice identificativo del corso d'acqua;
- nome del corso d'acqua;
- appartenenza al reticolo idrografico ai sensi della LR 79/2012;
- se il reticolo necessita di manutenzione, sorveglianza e gestione da parte dei Consorzi di Bonifica ai sensi della LR 79/2012.

Interferenza	Cod. identificativo LR 79/2012	Nome LR 79/2012	Reticolo Idrografico LR 79/2012	Reticolo di Gestione LR 79/2012
1	MV31229	Fiume Sieve	Si	Si
2	MV31381	Torrente Argomenna	Si	Si
3	MV31775	-	Si	Si
4	MV31900	-	Si	No
5	MV32184	Borro del Falchetto	Si	Si
6	MV32515	Fiume Sieve	Si	Si
7	MV31167	Fosso del Pieve	Si	Si

Tabella 1 - Identificazione dei corsi d'acqua interferiti dal tracciato di progetto

CODIFICA DOCUMENTO	PROGETTAZIONE:	REV.	FOGLIO
T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	A	8 di 25
		Data	
		10/2023	

4 ANALISI IDROLOGICA

4.1 Considerazioni sul tempo di ritorno

La grandezza comunemente presa a riferimento come valore di progetto (per es., per valutare il grado di protezione dagli allagamenti offerto dalla rete di drenaggio) è il tempo di ritorno T_r della portata di dimensionamento. Tramite tale espressione si indica il numero di anni in cui il superamento del valore assegnato avviene mediamente una volta; alternativamente, il tempo di ritorno rappresenta il numero di anni che in media separano il verificarsi di due eventi di entità eguale o superiore alla soglia assegnata.

Il tempo di ritorno da assumere alla base della progettazione deve essere da un lato sufficientemente elevato da garantire il buon funzionamento della rete idraulica, e dall'altro accuratamente ponderato onde consentire un dimensionamento non eccessivamente oneroso. Si tratta, quindi, di trovare il giusto compromesso tecnico-economico.

La scelta del valore del tempo di ritorno da utilizzare nell'analisi idraulica è stata eseguita sulla base della tipologia e dell'importanza strategica e funzionale delle singole opere in progetto, basandosi su un'attenta analisi del cosiddetto rischio d'insufficienza.

Si definisce rischio associato ad una certa portata la probabilità che la portata stessa sia superata almeno una volta in un numero prefissato di anni; pertanto, il rischio dipende dall'estensione del periodo considerato e dalla portata in esame, ovvero dal suo tempo di ritorno. Se il dimensionamento dell'opera è stato condotto con riferimento alla portata $Q(T_r)$ di T_r anni di tempo di ritorno, il rischio $R_N[Q(T_r)]$, ovvero la probabilità che, durante N anni di funzionamento, l'opera risulti insufficiente una o più volte, è esprimibile come:

$$R_N[Q(T_r)] = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^N$$

Le tabelle seguenti forniscono i valori del rischio di insufficienza di un'opera dimensionata sulla base di un valore di portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 25 anni, 50 anni e 200 anni.

Anni di vita dell'opera N [anni]	Rischio d'insufficienza R_N [%]
5	18.5
10	33.5
20	55.8
25	64.0
50	87.0
100	98.3
200	99.9

Tabella 2 - Curve di possibilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno di 25 anni

Anni di vita dell'opera N [anni]	Rischio d'insufficienza R_N [%]
5	9.6%
10	18.3%
20	33.2%
25	39.7%
50	63.6%
100	86.7%
200	98.2%

Tabella 3 - Curve di possibilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno di 50 anni

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 9 di 25
		Data 10/2023	

Anni di vita dell'opera N [anni]	Rischio d'insufficienza R _N [%]
5	2.5%
10	4.9%
20	9.5%
25	11.8%
50	22.2%
100	39.4%
200	63.3%

Tabella 4 - Curve di possibilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno di 200 anni

In base a quanto sopra riportato risulta che il verificarsi di uno o più crisi di una rete di drenaggio durante il suo periodo di funzionamento sia un evento alquanto probabile, quasi certo. Ciò peraltro corrisponde ad una precisa scelta progettuale, in quanto il contenimento del rischio di fallanza della rete comporta la necessità di incrementare sensibilmente il tempo di ritorno di progetto, con i conseguenti (ed in genere inaccettabili) incrementi delle dimensioni ed aggravii dei costi delle canalizzazioni.

Discende da ciò che nei calcoli di verifica o dimensionamento occorre preliminarmente stabilire quale rischio d'insufficienza si vuole accettare. In altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno T_r di progetto.

La scelta di T_r discende da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle esondazioni e la necessità di

contenere le dimensioni dei collettori e comunque delle strutture di controllo delle piene entro limiti economicamente accettabili e compatibili con i vincoli esistenti nel territorio interessato.

Nel progetto sono stati adottati i seguenti valori di tempi di ritorno:

- 25 anni per il dimensionamento della rete di drenaggio della pavimentazione stradale e degli elementi marginali dell'idraulica di piattaforma;
- 50 anni per il dimensionamento dei fossi di guardia e/o canali di gronda;
- 200 anni per il dimensionamento delle sistemazioni idrauliche/deviazioni del reticolo principale e dei tombini idraulici di attraversamento.

4.2 Valutazione delle serie storiche dei pluviometri che caratterizzano l'area in esame e confronto con i dati di pioggia ufficiali della Regione Toscana

I dati di pioggia ufficiali messi a disposizione dalla Regione Toscana sono stati ricavati mediante l'analisi dei dati pluviometrici registrati nelle stazioni di misura (pluviometri) distribuite sull'intero territorio regionale fino all'anno 2012.

Per tenere conto della variabilità del clima e dell'intensificarsi degli eventi estremi si è proceduto ad analizzare i dati pluviometrici registrati negli ultimi anni nelle stazioni pluviometriche più vicine all'area oggetto dell'intervento.

Nonostante nella zona interessata dal progetto siano presenti numerose stazioni pluviometriche, ne sono state analizzate solo 3 in quanto sono le uniche che presentano in archivio i dati di pioggia relativi ai massimi annuali per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico con base Google Earth con l'ubicazione delle stazioni pluviometriche analizzate.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 10 di 25
		Data 10/2023	

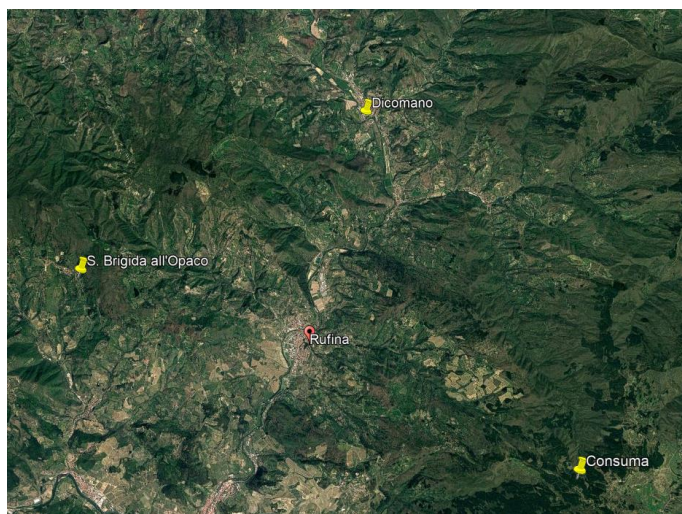


Figura 3 - Stazioni pluviometriche presenti nell'area di intervento (Retinato in rosso l'area oggetto dell'intervento)

Nelle figure seguenti si riportano i dati pluviometrici delle stazioni analizzate, scaricati dal portale CFR Toscana (<http://www.cfr.toscana.it/index.php?IDS=42&IDSS=277>).

Dicomano [TOS01001029]		5'	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
Località	Dicomano (FI)			8.8		14.6	18.2	31.8	36.6	48.2	55.0
GB [m]	E 1702439 N 4862568			17.0		21.0	23.6	30.2	36.8	48.8	57.6
WGS84 [°]	LAT 43.888 LON 11.520			10.6		16.8	30.8	56.2	77.8	104.0	106.8
Quota slm [m]	148.00			10.8		14.0	17.8	21.2	24.8	42.2	46.0
Bacino	Arno			9.8		16.8	19.6	34.0	42.0	53.8	80.0
				12.6		18.4	22.0	29.0	38.2	60.8	73.0
				13.4		21.4	24.4	31.8	34.2	48.4	52.6
				8.0		12.4	22.2	33.4	34.6	49.0	53.8
				10.0		13.2	22.2	34.4	34.4	46.4	52.0
				24.8		29.2	32.4	45.4	45.8	61.8	73.6
				12.6		19.2	30.4	55.4	63.2	63.2	65.6
				10.2		17.2	19.2	39.6	58.0	59.2	87.4
				18.6		30.6	46.4	62.0	64.2	64.2	64.2
				27.2		33.8	37.0	58.0	59.6	59.6	59.6
				9.0		12.8	19.6	27.0	29.0	46.6	59.0
				9.6		14.0	15.4	31.0	41.2	46.8	67.0
				12.8		22.4	26.4	51.6	62.0	70.6	91.0

Figura 4 – Dati pluviometrici relativi i massimi annuali per durate 15', 30', 1h, 3h, 6h, 12h, 24h della stazione di Dicomano

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 11 di 25
		Data 10/2023	

S. Brigida all'Opaco [TOS01001059] ↓			5'	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
Località	Pontassieve (FI)	2001			11.8		19.2	22.2	37.0	38.4	48.2	64.8
GB [m]	E 1693112 N 4857923	2002			9.6		17.0	23.0	29.8	31.4	42.2	54.6
WGS84 [°]	LAT 43.849 LON 11.402	2003			10.6		14.6	21.8	35.4	49.6	78.4	82.6
Quota slm [m]	407.00	2004			14.4		20.6	25.4	31.6	42.6	47.0	54.8
Bacino	Arno	2005			15.2		25.6	34.4	39.4	43.8	53.6	72.2
		2006			5.6		9.0	14.4	26.8	39.0	57.4	72.0
		2007			19.4		32.2	40.2	61.0	71.0	71.0	71.4
		2008			13.0		18.4	23.4	25.6	37.6	41.0	41.2
		2009			14.2		15.2	15.6	21.4	36.4	50.2	57.4
		2010			7.0		8.8	12.8	20.8	35.2	46.0	57.6
		2011			15.4		19.8	24.8	33.6	35.8	43.8	57.0
		2012			13.4		22.8	25.4	49.4	66.6	71.4	110.8
		2013			20.0		23.2	32.2	39.6	45.0	50.4	54.4
		2014			28.8		33.6	52.2	61.4	61.4	63.2	64.8
		2015			36.4		41.2	47.8	52.0	52.2	52.4	53.6
		2016			15.0		19.4	21.2	39.0	46.0	48.8	53.4
		2017			23.4		24.8	39.6	59.6	72.0	87.0	108.4

Figura 5 – Dati pluviometrici relativi i massimi annuali per durate 15', 30', 1h, 3h, 6h, 12h, 24h della stazione di S. Brigida all'Opaco

Consuma [TOS01001041] ↓			5'	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
Località	Rufina (FI)	1991				7.2		11.0	11.2	12.6	12.8	24.2
GB [m]	E 1708048 N 4851199	1992			19.0		29.6	32.2	43.2	72.4	81.4	101.2
WGS84 [°]	LAT 43.784 LON 11.585	1993	14.0	19.2	21.6	23.4	40.2	51.6	58.6	61.6	63.6	71.2
Quota slm [m]	955.00	1994		14.6		22.0	29.2	39.6	55.2	56.4	57.2	74.0
Bacino	Arno	1995		12.0		19.2	21.6	31.6	38.2	46.6	50.2	58.0
		1996		16.2		27.4	34.0	45.2	57.0	64.2	86.2	93.4
		1997					12.0	15.2	33.4	47.8	67.6	72.8
		1998			23.6		31.4	37.2	49.0	67.4	67.8	73.0
		1999		15.8		20.6	22.0	27.4	42.8	43.4	53.0	
		2000		24.4		33.0	48.8	54.2	64.8	70.2	94.4	
		2001		8.2		14.4	19.4	39.6	55.0	62.2	68.8	
		2002		20.6		25.2	28.8	47.8	58.8	73.4	87.6	
		2003		12.4		16.0	16.2	35.2	40.6	46.8	71.0	
		2004		16.2		29.0	52.2	88.0	95.6	96.8	118.8	
		2005		19.6		28.0	31.8	39.2	56.6	70.6	97.2	
		2006		9.8		14.0	16.8	38.0	56.8	93.8	119.2	
		2007		13.2		24.0	40.0	46.2	60.2	60.6	60.8	
		2008		20.2		20.6	21.8	28.8	42.0	58.0	65.4	
		2009		15.8		16.2	22.6	31.4	36.0	45.4	61.4	
		2010		15.0		17.4	20.4	34.8	48.0	60.8	65.0	
		2011		13.2		20.8	24.2	27.2	45.0	52.0	56.6	
		2012		12.2		18.0	19.8	32.4	49.8	55.8	101.6	
		2013		20.2		27.2	35.0	52.4	74.4	74.8	79.4	
		2014		13.0		18.0	24.8	31.6	41.2	53.8	69.2	
		2015		14.8		21.4	27.6	30.2	38.2	44.4	59.0	
		2016		15.2		18.4	21.8	31.4	40.8	56.4	82.0	
		2017		12.2		19.8	21.2	29.2	37.8	45.4	47.4	

Figura 6 – Dati pluviometrici relativi i massimi annuali per durate 5', 10', 15', 30', 1h, 3h, 6h, 12h, 24h della stazione di Consuma

Come si può osservare dalle figure su riportate, la numerosità delle serie storiche è di 16 anni per le stazioni di Dicomano e di S. Brigida all'Opaco e di 27 anni per la stazione di Consuma.

Le distribuzioni di probabilità adottate per l'analisi dei dati di cui sopra sono due.

La prima è la distribuzione probabilistica di Gumbel, mentre la seconda è la TCEV.

Di seguito vengono brevemente descritte le due distribuzioni.

La distribuzione di Gumbel ha la seguente espressione:

$$F_x(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\epsilon)}}$$

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 12 di 25
		Data 10/2023	

I parametri della funzione, α e ε , rappresentano rispettivamente il parametro di intensità della distribuzione e la moda della distribuzione, ovvero il valore con massima frequenza possibile.

Tali parametri utilizzando il metodo dei momenti assumono le seguenti forme:

$$\varepsilon = \mu_x - \frac{\mu_z}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_z}{\sigma_x}$$

dove μ_z e σ_z sono rispettivamente pari alla media ed allo scarto quadratico medio della variabile ridotta z funzione della numerosità del campione, mentre μ_x e σ_x sono rispettivamente pari alla media ed allo scarto quadratico medio della variabile originaria calcolati sulla base dei dati campionari.

Generalmente per i parametri μ_z e σ_z vengono utilizzati i valori 0.57755 e 1.28555. Tali valori fanno riferimento a campioni con numerosità che tende ad infinito.

Poiché nel caso in esame la numerosità dei campioni è esigua, si è deciso di utilizzare anche i valori riportati nella Tabella 5 che riporta i valori dei parametri μ_z e σ_z in funzione della numerosità del campione.

Le linee segnalatrici verranno calcolate utilizzando sia i parametri standard (0.57722 e 1.28555) che quelli funzione della numerosità del campione.

Il tipico andamento rettilineo su carta probabilistica della distribuzione di Gumbel non riesce ad interpretare la presenza di uno o più valori che si discostano molto dagli altri (outliers). Filtrare i dati a disposizione eliminando i cosiddetti outliers avrebbe comportato l'ulteriore riduzione della numerosità del campione.

n	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$	n	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$	n	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$
8	0.48430	0.90430	35	0.54034	1.12847	64	0.55330	1.17930
9	0.49020	0.92880	36	0.54100	1.13130	66	0.55380	1.18140
10	0.49520	0.94970	37	0.54180	1.13390	68	0.55430	1.18340
11	0.49960	0.96760	38	0.54240	1.13630	70	0.55477	1.18536
12	0.50350	0.98330	39	0.54300	1.13880	72	0.55520	1.18730
13	0.50700	0.99720	40	0.54362	1.14132	74	0.55570	1.18900
14	0.51000	1.00950	41	0.54420	1.14360	76	0.55610	1.19060
15	0.51280	1.02057	42	0.54480	1.14580	78	0.55650	1.19230
16	0.51570	1.03160	43	0.54530	1.14800	80	0.55688	1.19382
17	0.51810	1.04110	44	0.54580	1.14990	82	0.55720	1.19530
18	0.52020	1.04930	45	0.54630	1.15185	84	0.55760	1.19670
19	0.52200	1.05660	46	0.54680	1.15380	86	0.55800	1.19800
20	0.52355	1.06283	47	0.54730	1.15570	88	0.55830	1.19940
21	0.52520	1.06960	48	0.54770	1.15740	90	0.55860	1.20073
22	0.52680	1.07540	49	0.54810	1.15900	92	0.55890	1.20200
23	0.52830	1.08110	50	0.54854	1.16066	94	0.55920	1.20320
24	0.52960	1.08640	51	0.54890	1.16230	96	0.55950	1.20440
25	0.53086	1.09145	52	0.54930	1.16380	98	0.55980	1.20550
26	0.53200	1.09610	53	0.54970	1.16530	100	0.56002	1.20649
27	0.53320	1.10040	54	0.55010	1.16670	150	0.56461	1.22534
28	0.53430	1.10470	55	0.55040	1.16810	200	0.56715	1.23598
29	0.53530	1.10860	56	0.55080	1.16960	250	0.56878	1.24292
30	0.53622	1.11238	57	0.55110	1.17080	300	0.56993	1.24786
31	0.53710	1.11590	58	0.55150	1.17210	400	0.57144	1.25450
32	0.53800	1.11930	59	0.55180	1.17340	500	0.57240	1.25880
33	0.53880	1.12260	60	0.55208	1.17467	750	0.57377	1.26506
34	0.53960	1.12550	62	0.55270	1.17700	1000	0.57450	1.26851
						∞	0.57722	1.28555

Tabella 5 - Valori dello scarto quadratico medio e della media in funzione della numerosità del campione per la stima dei parametri della distribuzione di Gumbel

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 13 di 25
		Data 10/2023	

La distribuzione TCEV si rappresenta con una funzione di probabilità cumulata del tipo:

$$F_x(x) = \exp\left(-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\theta_2}\right)\right)$$

In questa distribuzione gli elementi con pedice 1 corrispondono agli eventi normali e più frequenti, mentre quelli con apice 2 rappresentano gli eventi straordinari (outliers).

I parametri della TYCEV sono quattro ed è quindi elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili. Per ridurre l'incertezza si utilizzano tecniche di analisi regionale (livelli di regionalizzazione) che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La scelta della procedura da adottare, e quindi del livello di regionalizzazione al quale fare riferimento, dipende sostanzialmente dalla dimensione campionaria.

Nel caso in cui le osservazioni campionarie manchino completamente o siano scarse per qualità e dimensione (z di 20-30 anni di misurazioni) si preferisce adottare la curva di crescita.

I valori del fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno e della zona omogenea sono riportati nella Tabella 5.9 del documento "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme – E. Caporali, V. Chiarello, G. Rossi".

Nella Tabella 6 si riportano i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per durate maggiori di un'ora. I valori ottenuti sono stati poi confrontati con quelli ufficiali della Regione Toscana, la cui serie storica si estende fino al 2012. Nella Tabella 6 si riportano a confronto i valori di a e n calcolati per TR 200 anni utilizzando la distribuzione di Gumbel con i parametri standard (1.28555 e 0.57722), la distribuzione di Gumbel utilizzando i parametri propri della numerosità del campione, la distribuzione TCEV calcolata adottando la curva di crescita con i relativi coefficienti di correlazione (R) ed i parametri ufficiali della Regione Toscana.

Stazione pluviometrica	TR 200 anni										
	Distr. Gumbel (par. standard)			Distr. Gumbel (funzione numerosità del campione)			Distribuzione TCEV			Regione Toscana	
	a	n	R	a	n	R	a	n	R	a	n
Dicomano TOS01001029	59.443	0.257	0.972	67.647	0.252	0.968	70.561	0.306	0.993	59.341	0.276
S. Brigida all'Opaco TOS01001059	69.240	0.195	0.976	79.323	0.187	0.968	76.187	0.271	0.998	68.064	0.324
Consuma TOS01001041	71.613	0.238	0.997	79.120	0.233	0.996	77.979	0.301	0.997	63.224	0.335

Tabella 6 - Valori dei parametri a e n calcolati per le tre stazioni pluviometriche analizzate utilizzando le distribuzioni di Gumbel e TCEV, confronto con i valori ufficiali della Regione Toscana

Nei grafici seguenti si riportano a confronto le diverse curve di possibilità pluviometrica per le tre stazioni pluviometriche analizzate.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) LOTTI 2A e 2B	REV.	FOGLIO
		A	14 di 25
		Data	
		10/2023	

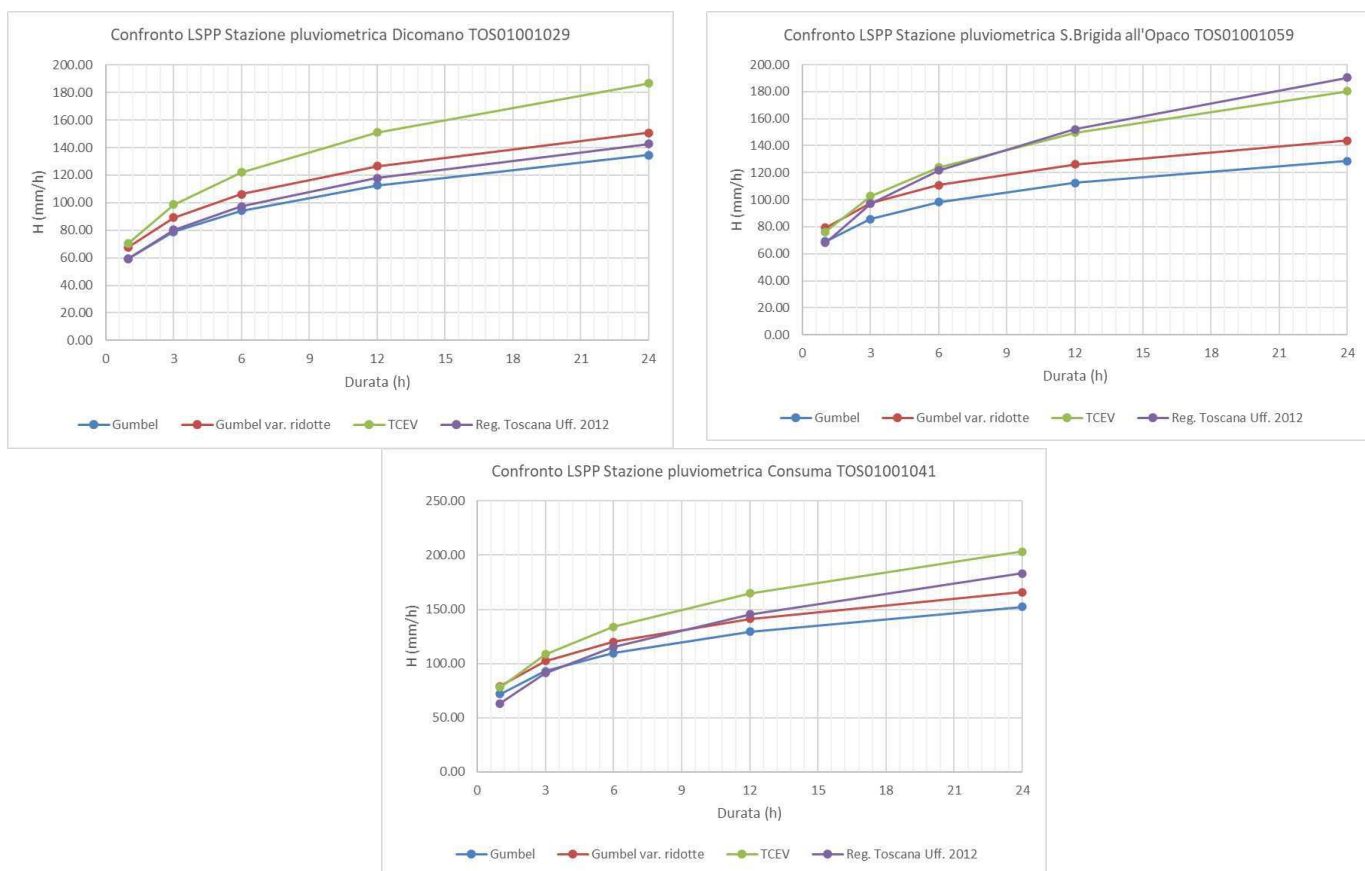


Figura 7 - Curve di possibilità pluviometrica a confronto per le diverse stazioni pluviometriche analizzate per TR 200 anni

Nelle figure seguenti si riportano i valori dei massimi annuali delle altezze di precipitazione di durata 1 ora sulle carte probabilistiche di Gumbel (a sinistra) e TCEV (a destra) per le stazioni analizzate. Le carte probabilistiche TCEV sono state ricavate adottando sia il primo che il secondo livello di regionalizzazione. Le carte probabilistiche sono utili per verificare l'ammissibilità della funzione di probabilità scelta per descrivere il campione dei dati.

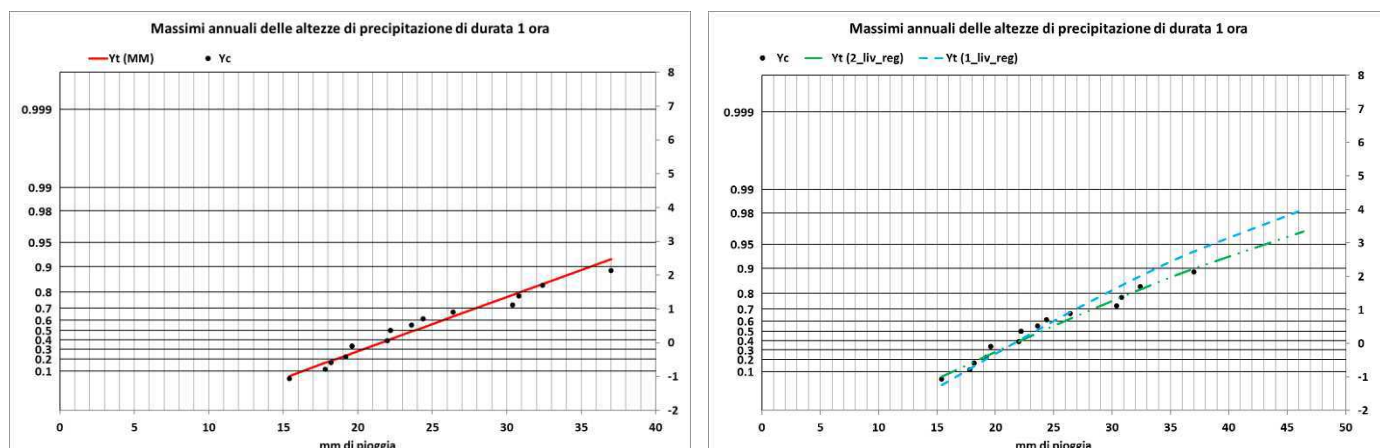


Figura 8 - Stazione pluviometrica Dicomano: massimi annuali delle altezze di precipitazione di durata 1 ora riportati sulle carte probabilistiche di Gumbel (a sinistra) e TCEV (a destra)

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 15 di 25
		Data 10/2023	

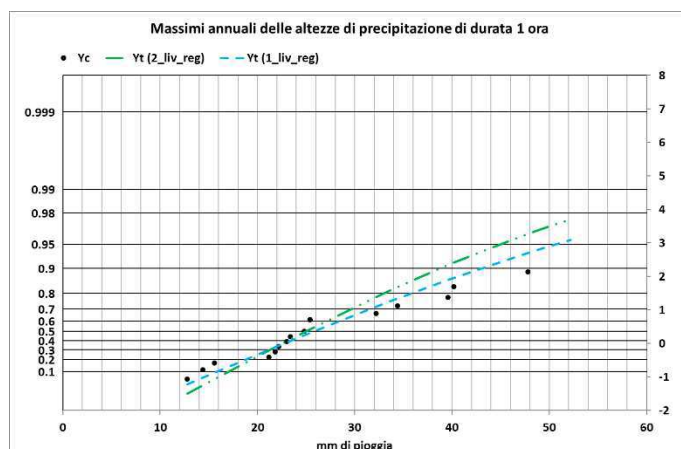
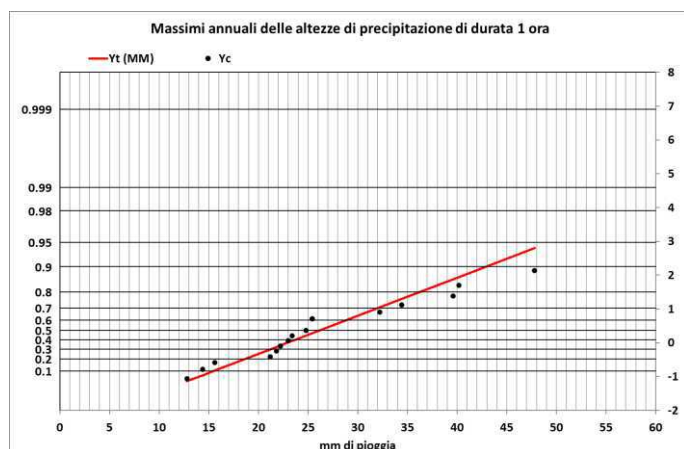


Figura 9 - Stazione pluviometrica S. Brigida all'Opaco: massimi annuali delle altezze di precipitazione di durata 1 ora riportati sulle carte probabilistiche di Gumbel (a sinistra) e TCEV (a destra)

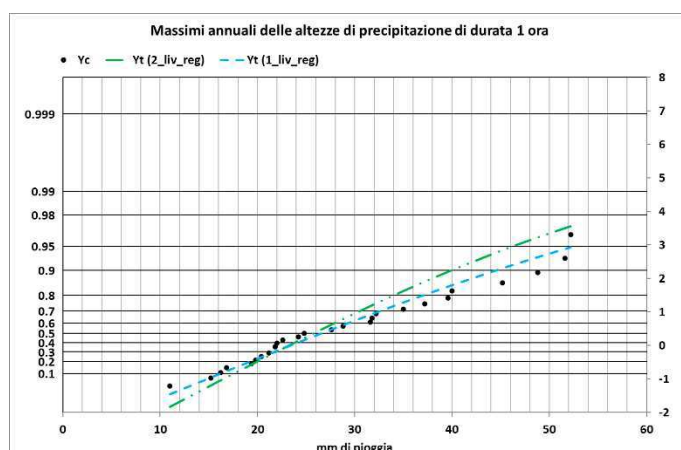
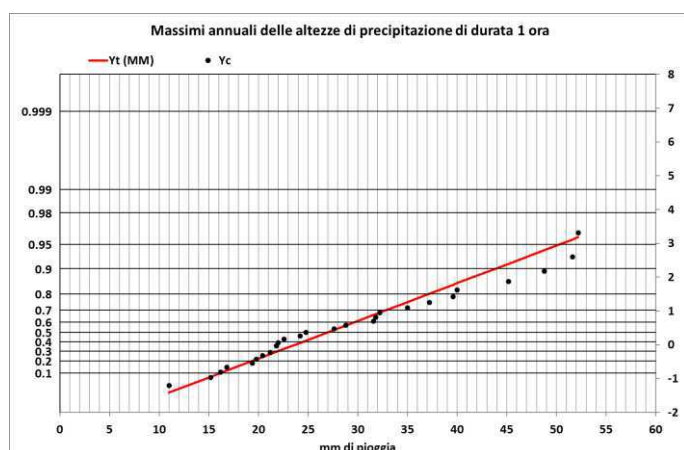


Figura 10 - Stazione pluviometrica Consuma: massimi annuali delle altezze di precipitazione di durata 1 ora riportati sulle carte probabilistiche di Gumbel (a sinistra) e TCEV (a destra)

Dall'analisi di quanto riportato nelle carte probabilistiche possiamo affermare che: per le tre stazioni pluviometriche analizzate, i dati campionari si distribuiscono in maniera sufficientemente attendibile secondo la retta teorica della distribuzione di Gumbel. Per la distribuzione TCEV, invece, la scarsa numerosità dei campioni di dati non permette una precisa valutazione dei parametri della distribuzione tant'è vero che i dati campionari riportati sulle carte probabilistiche della TCEV non seguono in maniera attendibile la curva probabilistica teorica per il primo e secondo livello di regionalizzazione. I dati campionari, per le tre stazioni pluviometriche, seguono maggiormente la legge di distribuzione di Gumbel, ma la ridotta numerosità dei dati registrati (16 anni di misurazione per le stazioni di Dicomano e S. Brigida all'Opaco, 27 per la stazione di Consuma) non ne giustifica l'utilizzo ai fini statistici.

Per tale ragione si ritiene più attendibile l'utilizzo dei parametri forniti dalla Regione Toscana, seppure calcolati sulla base di serie storiche limitate al 2012.

4.3 Caratteristiche pluviometriche: LSPP

Nel processo di dimensionamento di un'opera idraulica occorre considerare le portate che comportano la crisi del sistema, ovvero fare riferimento alle portate che si originano dagli eventi pluviometrici di breve durata e forte intensità. Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi, vengono generalmente utilizzate le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP), elaborate a partire dalle registrazioni delle altezze di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche. Tali curve esprimono la relazione fra la durata della

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 16 di 25
		Data 10/2023	

pioggia t e la relativa altezza di precipitazione h per un assegnato valore del tempo di ritorno T . La curva di probabilità pluviometrica è descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

dove:

- h è l'altezza di pioggia [mm];
- t è la durata dell'evento [h];
- a e n sono i parametri caratteristici dell'evento pluviometrico e sono funzione del tempo di ritorno.

Per il progetto delle opere idrauliche sono stati utilizzati i parametri caratteristici ufficiali messi a disposizione dalla Regione Toscana. Il documento di riferimento è "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme – E. Caporali, V. Chiarello, G. Rossi" elaborato in seguito alle attività di modellazione idrologica, in particolare le attività B1

"Regionalizzazione precipitazioni", redatto nell'ambito dell'Accordo stipulato tra la Regione Toscana e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze, per lo sviluppo di attività di ricerca sulla Mitigazione del Rischio idraulico nella Regione Toscana. Tali valori risultano essere aggiornati ai dati pluviometrici estremi fino all'anno 2012 compreso e fanno riferimento ad eventi pluviometrici di durata maggiore di 1 ora. I parametri caratteristici a e n sono calcolati per i seguenti tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni; e per ogni tempo di ritorno, i parametri a e n sono resi disponibili in formato ASCII Grid con una griglia 1 km x 1 km su tutto il territorio regionale. Si riportano, a titolo puramente indicativo, le distribuzioni dei parametri a e n per i tempi di ritorno di 50 e 200 anni.

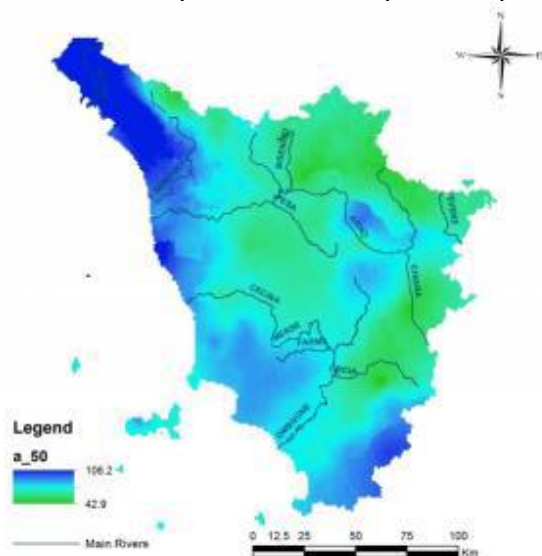


Figura 11 – Spazializzazione sull'intera regione del parametro "a" della LSPP per il tempo di ritorno di 50 anni

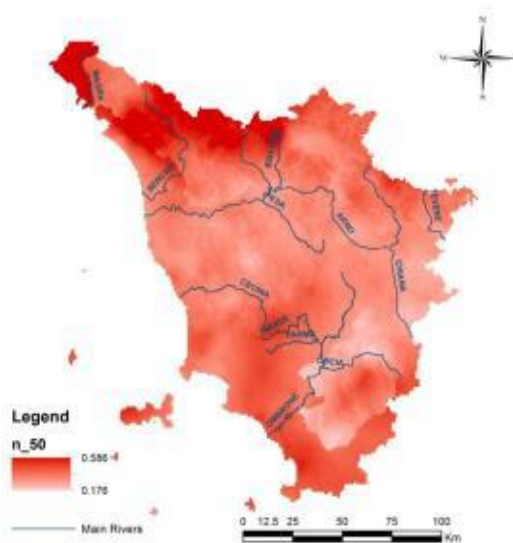


Figura 12 - Spazializzazione sull'intera regione del parametro "n" della LSPP per il tempo di ritorno di 50 anni

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 17 di 25
		Data 10/2023	

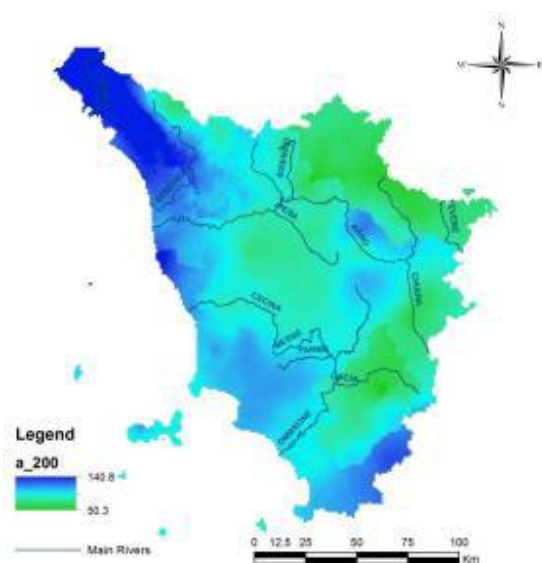


Figura 13 – Spazializzazione sull'intera regione del parametro "a" della LSPP per il tempo di ritorno di 200 anni

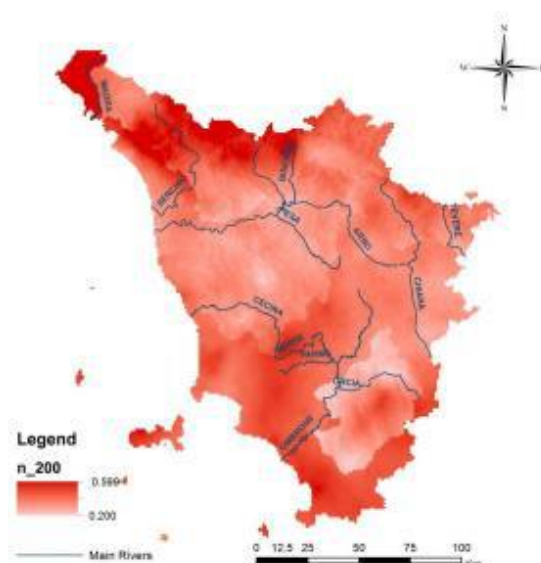


Figura 14 - Spazializzazione sull'intera regione del parametro "n" della LSPP per il tempo di ritorno di 200 anni

Nota la distribuzione spaziale dei parametri a e n, i valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica dei bacini interferenti sono stati definiti attraverso la media pesata dei valori compresi nel perimetro del bacino idrografico.

Non avendo a disposizione dati ufficiali delle LSPP di durata inferiore all'ora si è deciso, a vantaggio di sicurezza, di utilizzare i valori delle LSPP di durata maggiore ad un'ora.

Di seguito si riportano i valori dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica per i differenti bacini

idrografici interferenti per il tempo di ritorno di 200 anni:

BACINO	LSPP TR 200 anni	a	n
Torrente Argomenna	t > 1 h	60.49	0.282
Fosso Borro del Falchetto	t > 1 h	62.07	0.277
Fosso MV31775	t > 1 h	61.83	0.275
Fosso MV31900	t > 1 h	62.11	0.274
Residuo 1	t > 1 h	62.48	0.269
Residuo 2	t > 1 h	62.43	0.269

Tabella 7 – Valori di a e n (TR 200 anni) per i bacini idrografici analizzati

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 18 di 25
		Data 10/2023	

4.4 Analisi idrografica

Al fine di dimensionare correttamente ciascun manufatto in progetto, si è anzitutto proceduto con l'individuazione e la caratterizzazione dei bacini idrografici dei singoli corsi d'acqua.

I bacini sono stati tracciati fino alla sezione di chiusura opportunamente posizionate, anche in virtù della presenza di opere idrauliche esistenti quali presenza di eventuali opere di regolazione della portata, etc.

Per tutti i bacini oggetto di studio sono stati definiti i principali elementi che caratterizzano le unità idrografiche dei bacini e i conseguenti parametri geografici, fisiografici e morfometrici, quali ad esempio:

- Superficie del bacino A (km²);
- Altimetria (m. s.l.m.):
 - altezza massima (H_{max});
 - altezza media (H_{media});
 - altezza alla sezione di chiusura (H_0);
- Lunghezza del percorso idraulicamente più sfavorito e/o dell'asta principale (km);
- Pendenza media del bacino (i_b) e dell'asta principale (i_a) (%).

Le caratteristiche morfologiche di ciascun bacino sono state valutate attraverso l'elaborazione del modello DTM 10 m della Regione Toscana, tramite software GIS. I metadati sono stati scaricati dal Geoportale della Regione Toscana (<https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>).

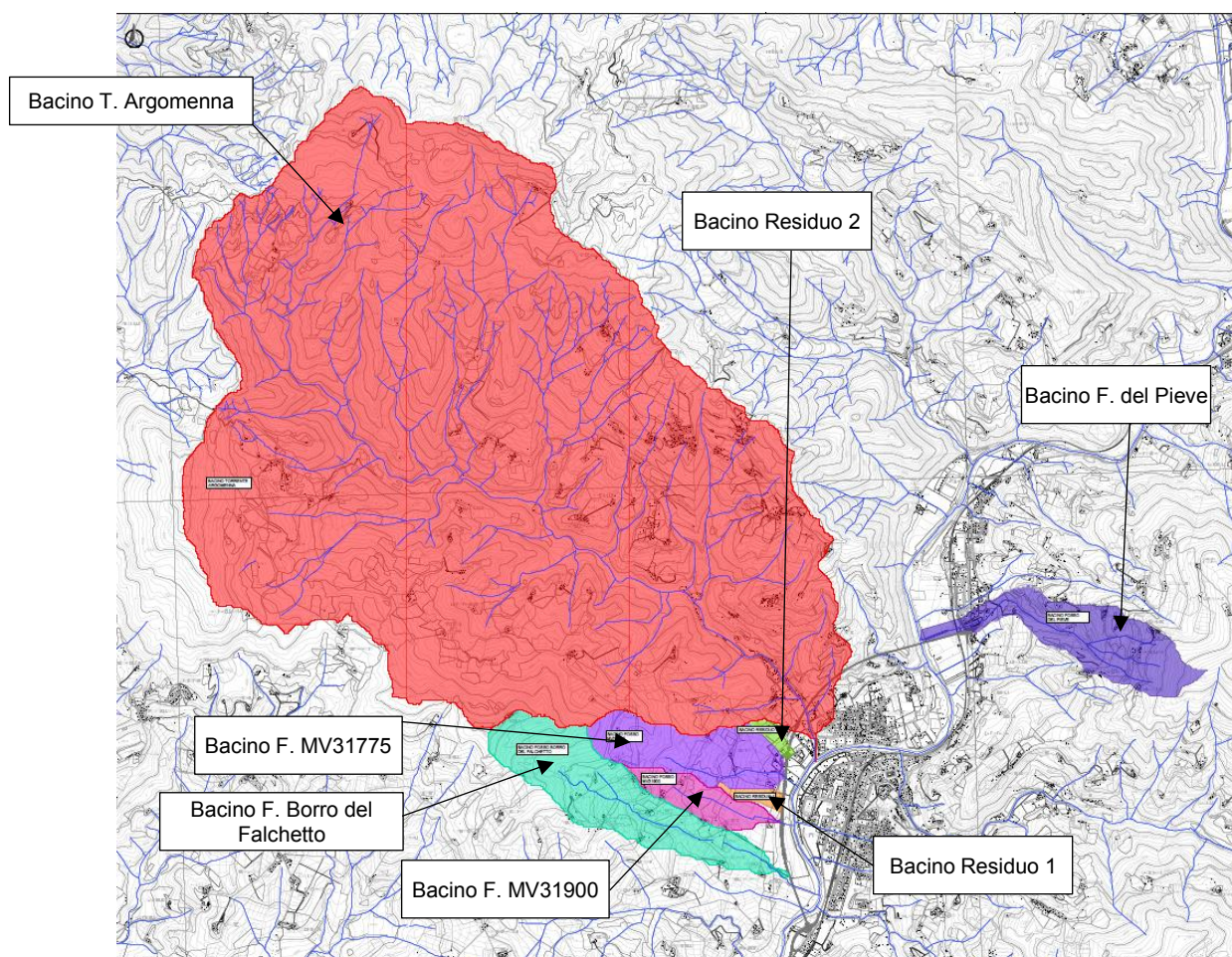


Figura 15 - Perimetrizzazione dei bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua del reticolo idrografico principale e dei bacini idrografici residui insistenti sulla piattaforma di progetto

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 19 di 25
		Data 10/2023	

BACINO	A [Km ²]	i _b [%]	L. asta [Km]	i _a [%]	H ₀ [m slm]	H _{max} [m slm]	H _{med} [m slm]	H _{max asta} [m slm]
T. Argomenna	20.07	37.47	7.32	4.95	114.02	970.00	624.57	476.21
F. Borro del Falchetto	1.12	23.65	2.40	11.82	111.41	541.11	342.95	394.69
F. MV31775	0.67	22.43	1.56	13.43	111.34	452.14	243.34	320.40
F. MV31900	0.30	16.85	1.06	9.63	117.81	350.00	207.03	219.70
Residuo 1	0.06	11.96	0.70	9.92	120.24	189.68	149.45	189.68
Residuo 2	0.05	11.68	0.45	12.07	113.16	167.47	135.66	167.47
Fosso del Pieve	0.83	27.01	2.31	14.18	113.52	568.21	626.46	441.00

Tabella 8 – Riepilogo delle caratteristiche idrografiche dei bacini interferenti con il tracciato stradale

4.4.1 Caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici

Le caratteristiche morfologiche di ciascun bacino sono state valutate attraverso l'elaborazione del modello DTM 10 m della Regione Toscana, tramite software GIS. I metadati sono stati scaricati dal Geoportale della Regione Toscana (<https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>).

Si riporta, di seguito, a titolo esemplificativo, la procedura per il calcolo delle caratteristiche morfologiche del bacino del Torrente Argomenna.

In maniera analoga sono stati indagati i restanti bacini.

Il bacino analizzato, di cui si riporta lo sviluppo nel seguito, è quello interessato dal Torrente Argomenna. Dal modello Digital Elevation Model (DEM) ufficiale con passo 10 m, è stato possibile ricostruire impluvi e displuvi del bacino, dunque il tracciato del Torrente Argomenna ed i confini del bacino. Ciò noto, si è misurata l'area A, l'altitudine massima H_{MAX}, l'altitudine della sezione di chiusura H₀ nonché la lunghezza dell'asta fluviale, l'altitudine massima dell'asta H_{MAX ASTA} e la pendenza media dell'asta i_a, essendo:

$$i_a = \frac{H_{\max\ asta} - H_0}{L_{\text{asta}}}$$

La pendenza media del bacino i_b è stata invece determinata in funzione della lunghezza totale delle curve di livello entro il bacino L_t [m], dall'equidistanza delle curve di livello e [m], della superficie del bacino A [m²], attraverso l'equazione proposta da Chow nel 1964:

$$i_b = 100 \frac{L_t e}{A}$$

Nel caso in esame L_t = 1503797.00 m, e = 5 m, A = 20065317.00 m² da cui una pendenza media i_b = 37.47%.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 20 di 25
		Data 10/2023	

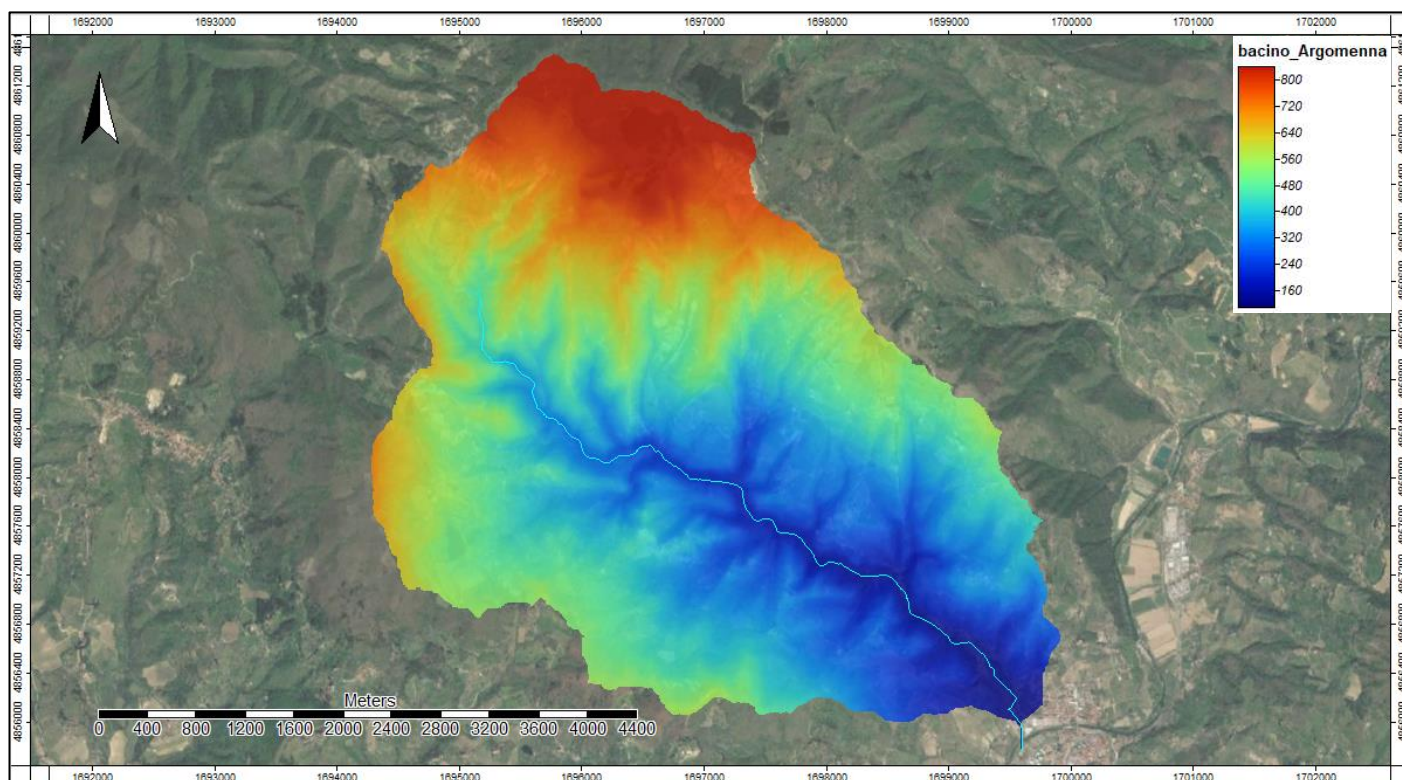


Figura 16 – Digital Terrain Model (DTM) risoluzione 10x10 m del bacino del Torrente Argomenna

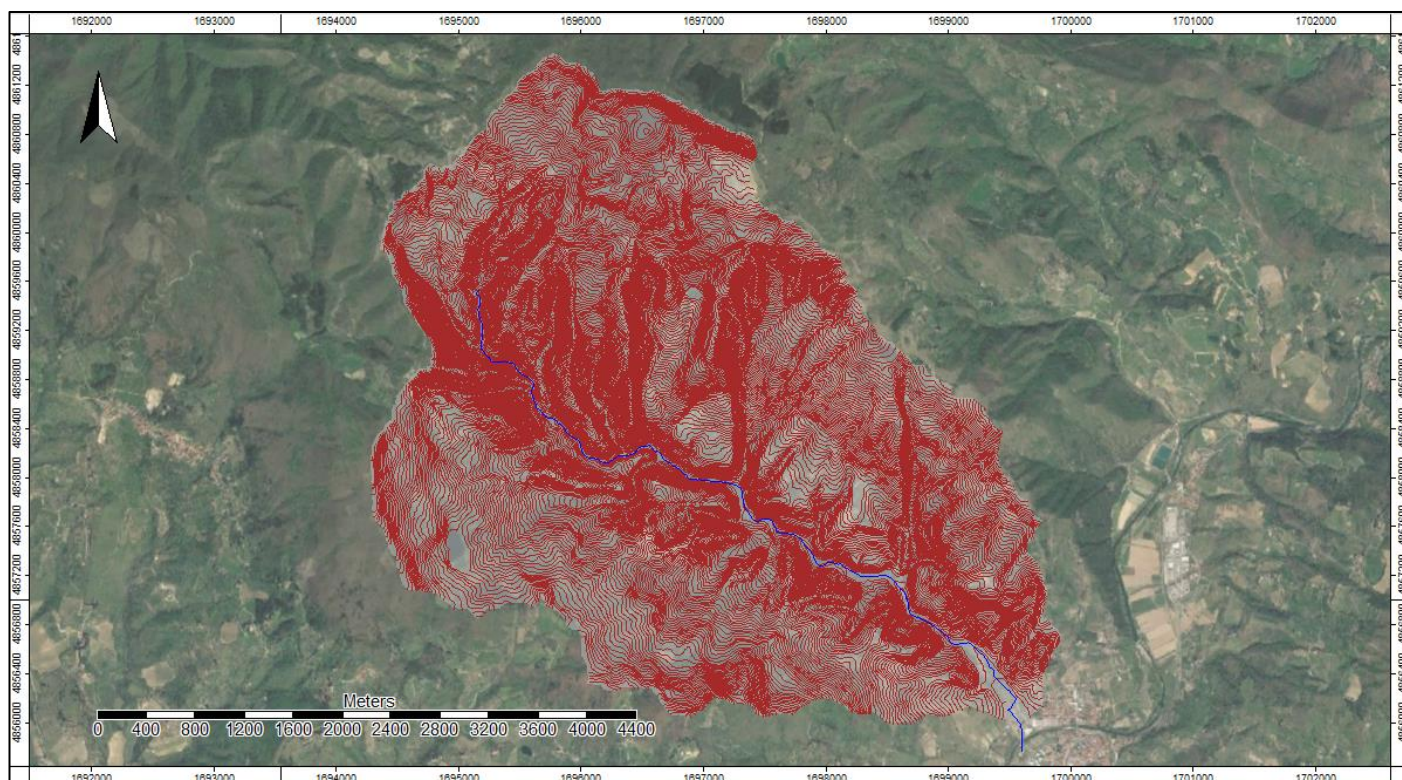


Figura 17 – Curve di livello passo di 5 m del bacino del Torrente Argomenna

Per il calcolo dell'altezza media è necessario ricostruire la curva ipsografica. La curva ipsografica rappresenta la distribuzione delle superfici sottese nelle diverse fasce altimetriche in funzione del perimetro del bacino idrografico. L'elevazione media del bacino è pari a 624.57 m s.l.m.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 21 di 25
		Data 10/2023	

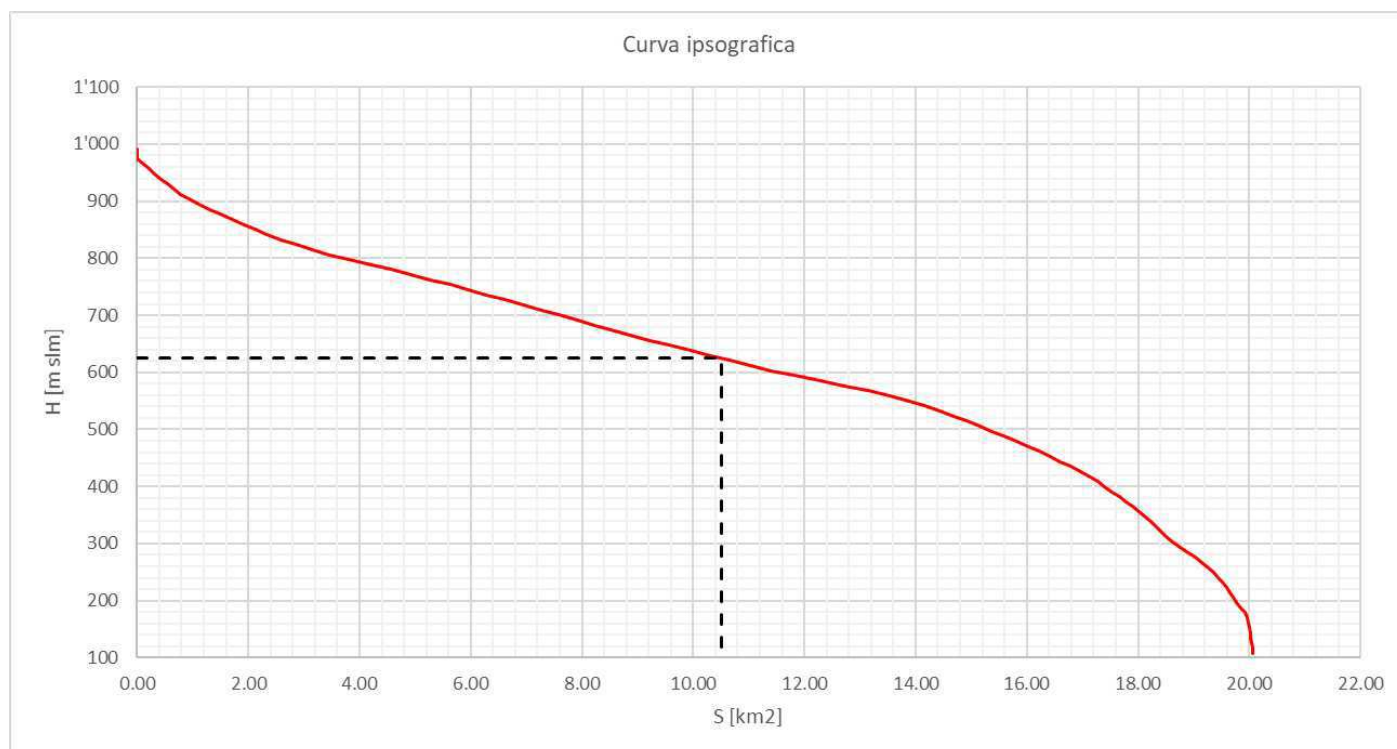


Figura 18 – Curva ipsografica del bacino del Torrente Argomenna con indicazione dell'altezza media del bacino

4.5 Modello di trasformazione afflussi-deflussi: Metodo del Curve Number

Il calcolo della portata di piena è stato effettuato utilizzando il modello di trasformazione afflussi-deflussi del metodo del Curve Number (CN), introdotto dal Soil Conservation Service (SCS).

La formula empirica del Soil Conservation Service (SCS) si basa sulle seguenti assunzioni:

- I coefficienti di deflusso derivano dall'analisi del motoso SCS-CN;
- La durata della pioggia netta è inferiore a 0.133 tc;
- La durata della pioggia è inferiore a 0.2 volte il tempo di crescita dell'onda di piena.

In queste condizioni il valore della portata al colmo segue la relazione:

$$Q_c = 0.28 h_N \frac{A}{t_p} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

in cui:

- h_N è il volume netto di pioggia per unità di superficie ricavata dall'espressione dell'SCS-CN;
- A è la superficie del bacino espressa in km²;
- t_p è il tempo di crescita dell'onda di piena (espressa in ore) dato dalla seguente espressione:

$$t_p = \frac{D}{2} + t_{lag}$$

- D è la durata della pioggia;
- t_{lag} è l'intervallo di tempo tra il centroide della pioggia ed il colmo. Assumendo D pari a 0.133Θ e t_{lag} pari a 0.6Θ , dove Θ indica la durata critica della pioggia, si ottiene la relazione:

$$t_p = \frac{0.133 \theta}{2} + 0.6 \theta = 0.6665 \theta$$

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 22 di 25
		Data 10/2023	

4.5.1 Determinazione della durata critica

La durata critica di pioggia Θ può considerarsi somma di due contributi. La prima delle quali è da attribuirsi al tempo di formazione del deflusso superficiale (t_r) e la seconda al tempo di corrivazione (t_c).

Il primo termine t_r esprime il tempo in cui si forma il deflusso superficiale prima che inizi a scorrere sul bacino, dipende dalla capacità di assorbimento del suolo, dall'intensità e durata della pioggia lorda.

Per piccoli bacini si assume che esso non sia mai superiore al 50% del tempo di corrivazione, quindi, assumendo al massimo $t_r = 0.50 t_c$ si ottiene:

$$\theta = 0.5t_c + t_c = 1.50t_c$$

4.5.2 Determinazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio naturale è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame. Esso varia in funzione delle caratteristiche topografiche, pedologiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo attuati sullo stesso.

Il calcolo del tempo di corrivazione t_c è uno degli aspetti più delicati alla base di una modellazione idraulica, infatti influenza in maniera sostanziale il valore della portata al colmo. È fondamentale prendere in considerazione i campi di applicazione delle varie formule empiriche presenti in letteratura.

Nel progetto sono state adoperate le seguenti formule empiriche:

a. *Formula di Kirpich (applicabile per bacini di $A < 0.5 \text{ km}^2$):*

$$t_c = 0.000325 (L/1000)^{0.77} i_b^{-0.385} \quad [h]$$

b. *Formula di Aronica (applicabile per bacini di $A < 10 \text{ km}^2$):*

$$t_c = \frac{\frac{1}{M d} \sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_0}} \quad [h]$$

Con M e d costanti numeriche tabellate in funzione del tipo di copertura e della permeabilità del terreno.

Tipo di copertura	M	Permeabilità	d
Terreno nudo	0.667	Terreni semi-impermeabili	1.270
Terreni coperti con erbe rade	0.250	Terreni poco permeabili	0.960
Terreni coperti da bosco	0.200	Terreni mediamente permeabili	0.810
Terreni coperti da prato permanente	0.167	Terreni molto permeabili	0.690

c. *Formula del Soil Conservation Service (SCS):*

$$t_c = 1.67 \cdot 2.587 \frac{L^{0.8}}{1900 i_b^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad [h]$$

d. *Formula di Viparelli:*

$$t_c = \frac{L}{3.6 V} \quad [min]$$

e. *Formula di Pezzoli:*

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad [h]$$

dove:

- A [Km^2] è l'area del bacino idrografico;
- L è la lunghezza dell'asta principale (nelle formule di Kirpich, Aronica, Pezzoli è espressa in km, mentre per le formule dell'SCS e di Viparelli è in m);
- CN è il Curve Number;
- H_0 [m slm] è l'altezza media del bacino idrografico;

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 23 di 25
		Data 10/2023	

- i_b [m/m] è la pendenza media del bacino idrografico;
- i_a [m/m] è la pendenza media dell'asta principale;
- V [m/s] è la velocità media di deflusso all'interno dei canali assunto pari ad 1 m/s.

Nel caso in esame, il tempo di corrivazione adottato è pari al tempo di corrivazione medio dei valori calcolati in funzione del campo di applicazione delle varie formule empiriche utilizzate trascurando eventuali outsider. Per il bacino del fosso MV31775 non è stato preso in considerazione il tempo di corrivazione ottenuto con la formula di Pezzoli, mentre per il fosso MV31900, il bacino Residuo 1 e 2 sono stati trascurati i valori dei tempi di corrivazione ottenuti con le formula di Kirpich e Pezzoli.

BACINO	tc Kirpich [h]	tc Aronica [h]	tc SCS [h]	tc Viparelli [h]	tc Pezzoli [h]	tc medio [h]
T. Argomenna	0.00	0.00	0.92	2.03	1.81	1.59
F. Borro del Falchetto	0.00	0.61	0.42	0.67	0.38	0.52
Fosso MV31775	0.00	0.59	0.32	0.43	0.23	0.45
Fosso MV31900	0.14	0.43	0.21	0.29	0.19	0.31
Residuo 1	0.11	0.26	0.20	0.19	0.12	0.22
Residuo 2	0.08	0.19	0.20	0.13	0.07	0.17
Fosso del Pieve	0.00	0.41	0.52	0.64	0.34	0.48

Tabella 9 – Tabella riepilogativa dei tempi di corrivazione adottati nei calcoli

4.5.3 Determinazione dell'altezza di pioggia netta

Il valore del coefficiente di afflusso è stato calcolato con il metodo SCS-Curve Number che permette di ricavare la pioggia netta.

Il metodo del SCS-Curve Number consiste principalmente nel determinare la quantità di pioggia al netto delle perdite dovute alla permeabilità del terreno ed alle perdite iniziali.

Secondo tale metodo, il volume specifico (altezza) di pioggia netta h_N , dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t , risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda h , caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$h_N = \frac{(h - I_a)^2}{h + S - I_a} \quad [mm]$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione, I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno, senza che si abbia produzione di deflusso. Con questo parametro si tiene conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale.

I parametri S (massimo volume specifico) e I_a (perdita iniziale) sono ricavati dalle seguenti relazioni:

$$I_a = 0.2 S$$

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

con S espressa in mm.

L'indice CN è un parametro adimensionale, compreso tra 0 e 100, decrescente in funzione della permeabilità intesa come caratteristica globale del tipo ed uso del suolo. Pertanto, tale parametro è in funzione della natura del suolo (SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del terreno all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC - Antecedent Moisture Condition), a seconda del valore di altezza di pioggia caduta nei cinque giorni antecedenti l'evento meteorico.

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 24 di 25
		Data 10/2023	

A partire dal valore del CN II (CN relativo alla condizione di umidità media) si ricavano dalle relazioni seguenti i valori del CN per le altre due condizioni: AMC I (terreno secco) e AMC III (terreno da mediamente umido a saturo):

$$CN I = \frac{CN II}{2.3 - 0.013 CN II}$$

$$CN III = \frac{CN II}{0.43 - 0.0057 CN II}$$

La carta contenente i valori del CN II è stata scaricata dal sito della Regione Toscana (<https://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territoriotoscano?inheritRedirect=true>). Tale carta è stata redatta dal Prof. Ing. Fabio Castelli nell'ambito dell'Accordo di Collaborazione Scientifica RT - UniFi "Attività B2: Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC".

Ai fini del calcolo della portata al colmo si è utilizzato, cautelativamente, la condizione di terreno saturo, ovvero il CN III. A titolo esemplificativo si riporta la carta del CN estrapolata per il bacino del Torrente Argomenna.

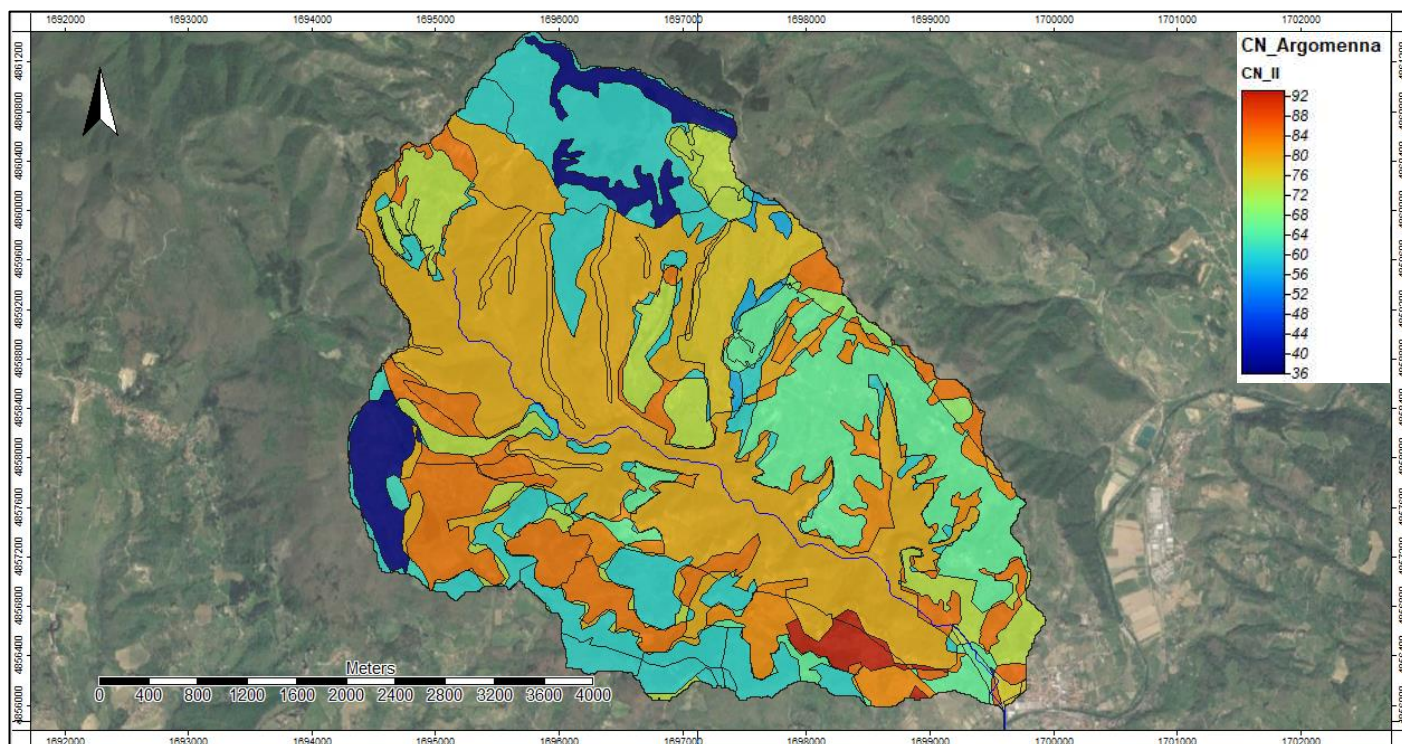


Figura 19 – Estratto della carta del CN II per il bacino del Torrente Argomenna

La metodologia sopra descritta è stata adottata per stimare la portata massima con la quale dimensionare ciascun elemento del sistema di drenaggio.

Riassumendo, la procedura adottata per ciascun bacino si articola nei seguenti passi:

- calcolo del tempo di corrvazione;
- calcolo dell'altezza di pioggia puntuale;
- calcolo della pioggia netta;
- calcolo della portata al colmo.

Alla base della procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avvenga per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrvazione del bacino;

CODIFICA DOCUMENTO T00-ID01-IDR-RE01	PROGETTAZIONE: PROGETTO DEFINITIVO S.S. "Tosco Romagnola" Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la Località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano Variante di Rufina (FI) - LOTTI 2A e 2B	REV. A	FOGLIO 25 di 25
		Data 10/2023	

- il picco di piena abbia il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione della piena nel bacino ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avvengano senza la formazione di significativi invasi. Nel caso si formino invasi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà comunque sovrastimato a favore di sicurezza.

4.5.4 Risultati dei calcoli idrologici e valori di portata per TR 200 anni

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle portate per TR 200 anni dei bacini dei fossi e dei torrenti interferenti con il reticolo stradale di progetto e per i quali è stata valutata la compatibilità idraulica.

BACINO	A [Km ²]	L [Km]	tc [h]	CN III	a	n	Q TR 200 [m ³ /s]
Torrente Argomena	20.07	7.32	1.59	85.35	60.49	0.282	123.54
Fosso Borro del Falchetto	1.12	2.40	0.52	88.45	62.07	0.277	15.64
Fosso MV31775	0.67	1.56	0.45	87.38	61.83	0.275	9.52
Fosso MV31900	0.30	1.06	0.31	93.45	62.11	0.274	7.77
Residuo 1	0.06	0.70	0.22	91.30	62.48	0.269	1.73
Residuo 2	0.05	0.45	0.17	81.71	62.43	0.269	0.76
Fosso del Pieve	0.83	2.31	0.48	80.05	60.31	0.290	6.35

Tabella 10 – Riepilogo della portata TR 200 anni per i bacini idrografici analizzati

La portata calcolata per il Torrente Argomena è la medesima di quella riportata dal Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno nel documento dal nome "Piano di classifica per il riparto della contribuzione consortile" approvato con Delibera Giunta Regionale Toscana n. 936 del 13/09/2021.

Nel documento citato, la portata del Torrente Argomena per un tempo di ritorno di 200 anni, calcolato in riferimento alla sezione di chiusura del bacino idrografico del singolo corso d'acqua, quindi confluenza nel fiume Sieve, è pari a 123.61 m³/s.