

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H03000180008

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE

NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA

CHIUSURA ANELLO NORD

TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

Fosso d'Acquatraversa

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.


N R 4 E 1 2 R 0 9 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	C. CESALI	Febbraio 2022	F. CABAS	Febbraio 2022	T. PAOLETTI	Febbraio 2022	A. VITTOZZI Agosto 2023
B	Emissione esecutiva per consegna al CSLLPP	C. CESALI	Agosto 2023	F. CABAS	Agosto 2023	T. PAOLETTI	Agosto 2023	

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili - Servizio delle varianti
Dot. Ing. Antonio VITTOZZI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° 12.0783


File:

n. Elab.:

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO												
IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR4E</td> <td>12</td> <td>R 09 RI</td> <td>ID 0001 001</td> <td>B</td> <td>2 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	2 di 35
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	2 di 35								


INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2	INQUADRAMENTO GENERALE.....	8
3	IL BACINO IDROGRAFICO DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA	10
4	ANALISI IDROLOGICA.....	12
4.1	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI	12
4.1.1	<i>V.A.P.I.: REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE DELL'ITALIA CENTRALE</i>	12
4.1.2	<i>REGISTRAZIONI PLUVIOMETRICHE PRESSO LE STAZIONI DI MISURA DI INTERESSE</i>	25
4.2	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO E DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DI RIFERIMENTO	30
5	BIBLIOGRAFIA	35

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B	FOGLIO 3 di 35

INDICE DELLE FIGURE

<i>FIGURA 1 – INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO IN PROGETTO.....</i>	<i>5</i>
<i>FIGURA 2 – INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTEVENTO IN PROGETTO (LOTTO 1B) SU CARTA TECNICA REGIONALE (CTR, 1:5000).</i>	<i>8</i>
<i>FIGURA 3 – SOTTOBACINO DI INTERESSE DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA.....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURA 4 - VAPI: ZONE OMOGENEE AL I E II LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE.</i>	<i>16</i>
<i>FIGURA 5 - VAPI: AREE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE (APO).</i>	<i>19</i>
<i>FIGURA 6 – SOTTOBACINO DI INTERESSE DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA VS SOTTOZONE OMOGENEE VAPI ITALIA CENTRALE.....</i>	<i>23</i>
<i>FIGURA 7 – SOTTOBACINO DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA: CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA, DA PROCEDURA VAPI ITALIA CENTRALE.....</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 8 – FOSSO ACQUATRAVERSA: STAZIONI PLUVIOMETRICHE NELL'AREA DI INTERVENTO.....</i>	<i>26</i>
<i>FIGURA 9 – FOSSO D'ACQUATRAVERSA, VALORI DI PORTATA AL COLMO: CONFRONTO CON I DATI DERIVATI DA STUDI DISPONIBILI SUL TERRITORIO.</i>	<i>33</i>
<i>FIGURA 10 – FOSSO D'ACQUATRAVERSA: IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO, PER I TEMPI DI RITORNO CONSIDERATI.....</i>	<i>34</i>

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

INDICE DELLE TABELLE

<i>TABELLA 1 – SOTTOBACINO DI INTERESSE DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA: CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE.....</i>	<i>11</i>
<i>TABELLA 2 – VALORI DEI PARAMETRI A(TR), B, M PER LA SOTTOZONA VAPI A10.....</i>	<i>24</i>
<i>TABELLA 3 - STAZIONI PLUVIOMETRICHE DI RIFERIMENTO: PERIODO DI OSSERVAZIONE/FUNZIONAMENTO E NUMEROSITÀ CAMPIONARIA.....</i>	<i>25</i>
<i>TABELLA 4 - STAZIONI PLUVIOMETRICHE DI RIFERIMENTO: PARAMETRI DELLE CURVE DI PIOGGIA PER TR = 200 ANNI E VALORI DELL'AREA DEL SINGOLO TOPOIETO ALL'INTERNO DEL SOTTOBACINO DI RIFERIMENTO.</i>	<i>28</i>
<i>TABELLA 5 - VALORI DEL CURVE NUMBER (CN) PER LE DIFFERENTI COPERTURE DEL SUOLO DEL CLC (ELABORAZIONE ADIS).</i>	<i>32</i>
<i>TABELLA 6 – SOTTOBACINO DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA: VALORI DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA DI PROGETTO, PER VARI TEMPI DI RITORNO.</i>	<i>32</i>
<i>TABELLA 7 – SOTTOBACINO DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA: VALORI DELLA PORTATA AL COLMO DI PROGETTO, PER VARI TEMPI DI RITORNO.</i>	<i>33</i>
<i>TABELLA 8 – SOTTOBACINO DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA: VALORI DELLA PORTATA AL COLMO DI PROGETTO, PER VARI TEMPI DI RITORNO, SECONDO GLI STUDI CONDOTTI DALLA PROVINCIA DI ROMA.</i>	<i>33</i>

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	5 di 35

1 PREMESSA

Il presente studio è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica “Gronda Merci di Roma Cintura Nord”, che prevede la chiusura dell’Anello Ferroviario mediante la connessione della stazione di Valle Aurelia con la linea che da Roma Smistamento conduce a Tiburtina, passando per le fermate/stazioni di Vigna Clara e di Tor di Quinto.

Nello specifico, la presente relazione si riferisce al **LOTTO 1b** della “Gronda Merci di Roma Cintura Nord”, che comprende l’intervento di **nuovo collegamento Vigna Clara - Tor di Quinto con interscambio a Tor di Quinto tra la nuova linea e la linea Roma - Civita Castellana – Viterbo** (Figura 1).

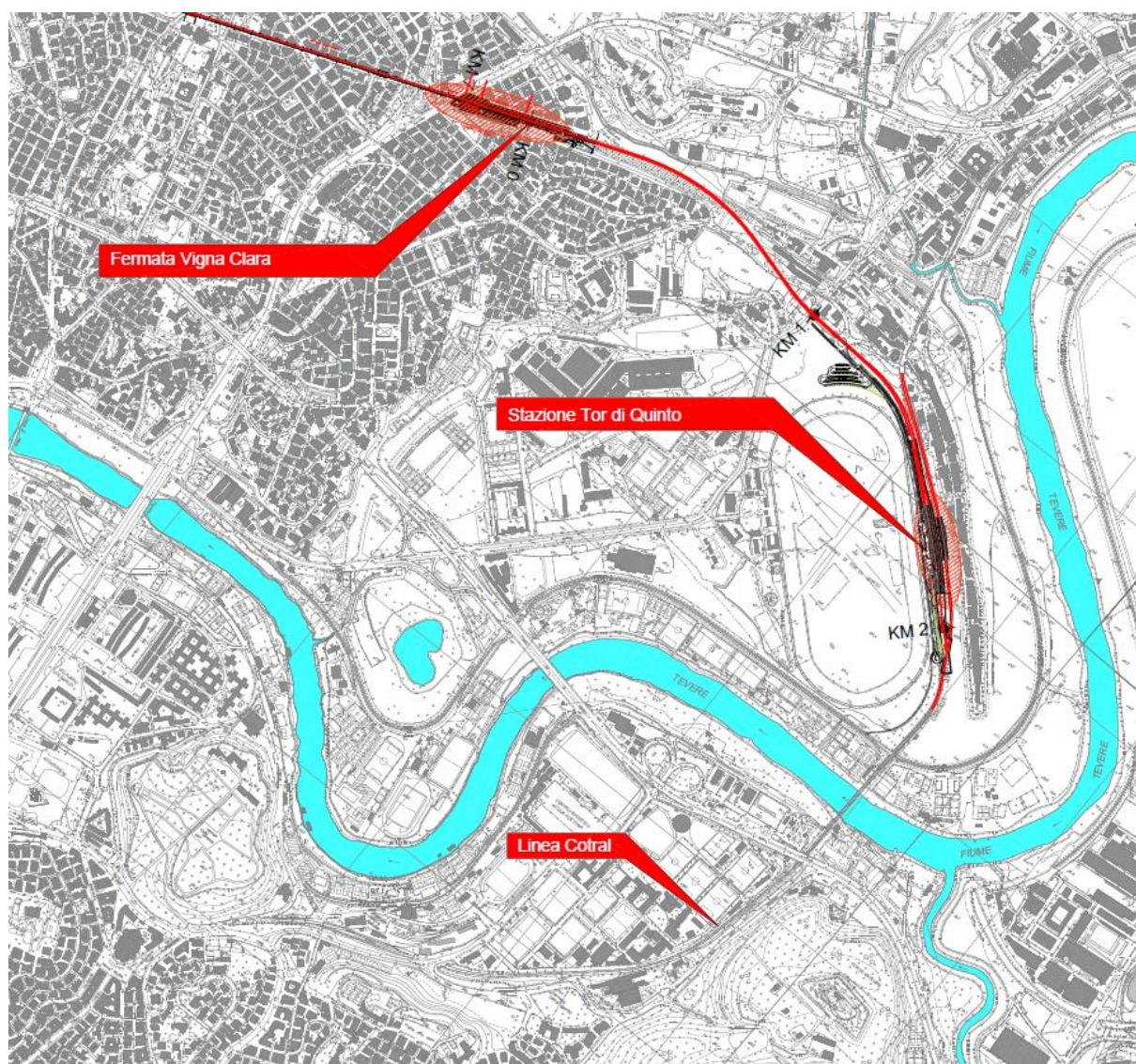



Figura 1 – Inquadramento dell’intervento in progetto.

	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B	FOGLIO 6 di 35

Nello specifico, sono previste in progetto le seguenti opere:


- Fabbricato tecnologico e cabina TE a Vigna Clara;
- Viadotto Flaminia di lunghezza circa 800 m doppio binario con impalcato a sezione mista acciaio/cls;
- Nuova stazione Tor di Quinto interamente su una struttura scatolare. La livelletta ferroviaria è tale quindi da consentire lo scavalco della linea Roma Nord, che mantiene la sua quota a piano campagna e che trova la sua nuova posizione planimetrica all'interno dello scatolare di sottoattraversamento ferroviario;
- Nuova viabilità della stazione Tor di Quinto;
- Modifiche alla stazione Tor di Quinto della linea Roma Civita Castellana Viterbo.

Nel tratto iniziale del collegamento *Vigna Clara – Tor Quinto*, tra le progressive 0+200 e 0+600 circa, il tracciato ferroviario si sviluppa in affiancamento al **Fosso d'Acquatrasversa**, caratterizzato nel tratto in questione, presso località *Due Ponti* (ovvero nella parte bassa di confluenza con il Fiume Tevere), da un'ampia zona di rischio idraulico (secondo i documenti della pianificazione di bacino vigente) determinata sia dal rigurgito delle piene del *Fiume Tevere* sia dalle piene dirette del fosso stesso. La sovrapposizione delle due situazioni costituisce un nodo idraulico di particolare criticità.

Si è reso necessario pertanto uno studio idrologico – idraulico del Fosso d'Acquatrasversa finalizzato alla verifica/conferma della “attuale” situazione di pericolosità/rischio idraulico nell'area di intervento ovvero alla verifica di compatibilità idraulica del tratto di linea ferroviaria adiacente al corso d'acqua.

Nel dettaglio, le analisi idrologiche sono state effettuate secondo le seguenti fasi:

- raccolta ed elaborazione delle osservazioni/registrazioni pluviometriche disponibili e di studi idrologici-idraulici pregressi;
- definizione dell'altezza totale di precipitazione, con
 - i. valutazione della precipitazione netta, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al deflusso, pari alla precipitazione totale depurata da quella che risulta persa in conseguenza a perdite idrologiche (i.e. immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione)
 - ii. trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle caratteristiche dell'onda di piena, in particolare del relativo colmo, per vari tempi di ritorno;
- applicazione delle procedure di regionalizzazione delle piogge (VA.P.I.) dell'Italia Centrale (Calenda et al. 2003) e delle curve di possibilità pluviometrica relative alla/e stazione/i di misura ricadente/i nel sottobacino di interesse.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Le analisi sono state sviluppate in accordo alla pianificazione di bacino attualmente in vigore, nello specifico al *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale* (P.G.R.A.A.C., ultimo aggiornamento 2019), nonché alle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano Stralcio di Assetto Idrologico del Fiume Tevere (2014), alle Norme tecniche delle costruzioni (NTC2018 e relativa circolare applicativa n.7/2019) e al Manuale di Progettazione Ferroviaria (MdP, 2020).

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito, la normativa nazionale e i regolamenti di riferimento:

- Regio Decreto (R.D.) n. 3918/1877
- *R.D. 27 luglio 1904, n. 523*
- *R.D. 27 luglio 1904, n. 368*
- *R.D. n. 3267/1923*
- *R.D. 17 maggio 1926, n. 1126*
- *R.D. n. 215/1933*
- *Legge n. 183/1989, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*
- *D.M. del 14 febbraio 1997 "Direttive tecniche per l'individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico"*
- *D.L. n. 180/1998 (Decreto Sarno)*
- *Legge n. 365/2000 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile" (legge Soverato)*
- *D.Lgs. n. 49/2010 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni"*
- *D.Lgs. n. 152/2006 "Norma in materia ambientale"*
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico (P.A.I.) del Fiume Tevere, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Norme tecniche di attuazione (aggiornamento 2014)*
- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (aggiornamento dicembre 2019)*
- *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) – D.M. 17 gennaio 2018*
- *Circolare esplicativa delle NTC 2018 n. 7 del 21 gennaio 2019*
- *Manuale di Progettazione Ferroviaria (RFI DTC SI PS MA IFS 001 E – Dicembre 2020)*

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	8 di 35

2 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area oggetto di studio riguarda il nuovo collegamento *Vigna Clara - Tor di Quinto (LOTTO 1b)*, che si sviluppa, nel tratto iniziale (tra le progressive 0+200 e 0+600), in adiacenza al *Fosso d'Acquatraversa*. Si precisa che non sono previste opere di attraversamento o interventi sul *Fosso d'Acquatraversa*.

Nella figura seguente, l'inquadramento della tratta ferroviaria in progetto su *Carta Tecnica Regionale*.

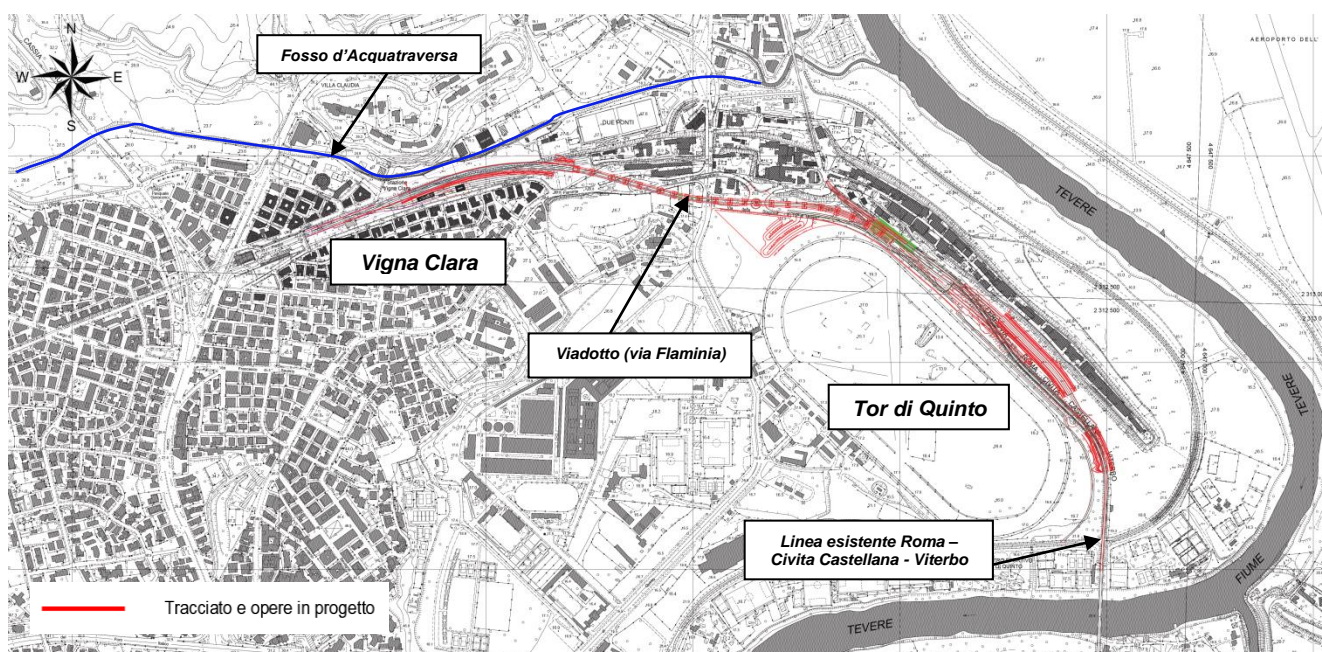



Figura 2 – Inquadramento generale dell'intervento in progetto (LOTTO 1b) su Carta Tecnica Regionale (CTR, 1:5000).

Nello specifico, il tracciato ha inizio nella fermata di *Vigna Clara*. Non sono previsti interventi nell'ambito della fermata esistente. Gli interventi sul "ferro" pertanto iniziano a partire dalla fine dei marciapiedi.

In ambito fermata è previsto l'inserimento di un nuovo fabbricato tecnologico e di una nuova sottostazione elettrica. In uscita dai marciapiedi e per circa 500m il tracciato si mantiene in rilevato al di sopra del fascio dei binari esistenti, di cui è pertanto prevista la demolizione.

Superata la zona di sovrapposizione con il fascio di binari esistente, il tracciato prende quota per superare in viadotto, l'intersezione con via Flaminia Vecchia. In corrispondenza di detta intersezione, si prevede l'inserimento di due pile all'interno delle aiuole esistenti a centro viabilità.

Relativamente alle fasi realizzative, si prevedono la deviazione provvisoria della *Flaminia* ed eventuali parzializzazioni del traffico, mentre in fase definitiva si prevede di riportare la viabilità esattamente alla configurazione attuale. Saranno effettuati alcuni espropri temporanei per consentire la realizzazione delle deviate provvisorie stradali.

	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B	FOGLIO 9 di 35

Superata l'intersezione con via Flaminia Vecchia, è presente un tratto di circa 100m di rilevato tra muri. In questa zona il corpo del rilevato ferroviario interferisce con una stazione carburanti, che sarà pertanto oggetto di esproprio. Superato tale tratto, la linea torna in viadotto, scavalca via Tor di Quinto, e si raccorda con lo scatolare di ingresso alla stazione di Tor di Quinto. Lungo questo tratto la linea mantiene una distanza tra piano del ferro e piano campagna mediamente pari a 12-13 metri, costeggiando via della Stazione di Tor di Quinto, oggetto di adeguamento.


La stazione di Tor di Quinto si sviluppa, pertanto, interamente su una struttura scatolare, a partire dai deviatori di ingresso fino ai deviatori di uscita. La livelletta ferroviaria è tale quindi da consentire lo scavalco della linea FS *Roma Nord*, che mantiene la sua quota a piano campagna e che trova la sua nuova posizione planimetrica all'interno dello scatolare di sottoattraversamento ferroviario.

In ambito stazione è prevista, oltre ai due binari di corsa, una precedenza promiscua tra binario pari e binario dispari e due marciapiedi di lunghezza pari a 250m, di cui uno laterale e uno a isola, quest'ultimo a servizio del binario di corsa e del binario di precedenza. Si prevede inoltre l'ubicazione in stazione del fabbricato tecnologico.

A livello planimetrico, le strutture della nuova stazione di Tor di Quinto risultano interferenti con la linea esistente *Roma – Civita Castellana – Viterbo* (Linea Cotral). La risoluzione di tale interferenza comporta lo spostamento planimetrico dei binari esistenti della linea ferroviaria *Cotral Roma Nord*.

Durante le fasi di costruzione sarà garantito, a meno di periodi limitati dovuti ad esempio all'allaccio della linea esistente con la tratta deviata, il mantenimento dell'esercizio sulla linea *Roma – Civita Castellana – Viterbo*.

Contestualmente, si prevede il mantenimento in esercizio della fermata Tor di Quinto sulla linea *Roma Nord*, sia essa nella posizione esistente o nella futura posizione di progetto, eventualmente attraverso viabilità di accesso provvisorio e comunque evitando la commistione di flussi tra traffico di cantiere e traffico passeggeri.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

3 IL BACINO IDROGRAFICO DEL FOSSO D'ACQUATRAVERSA

Il collegamento ferroviario in progetto (*Tratta Vigna Clara – Tor di Quinto, LOTTO 1b*) si sviluppa (nella parte iniziale, in uscita dalla Fermata di Vigna Clara, in località *Due Ponti*) in affiancamento al *Fosso d'Acquatrasversa*, ovvero nella sua parte bassa di confluenza prima nel *Fosso della Crescenza* e quindi nel *Fiume Tevere*.

Il fosso dell'Acquatrasversa ha inizio subito a sud dell'abitato di La Giustiniana, a quota di m. 125 s.l.m. e scende a valle per SE; solo nel tratto a valle esso piega per est prima di confluire nel fosso della Crescenza (in destra idraulica) a quota m. 17 s.l.m..

Esso praticamente non riceve alcun affluente sulla sinistra mentre sulla destra i più importanti, da monte a valle, sono: il fosso di M. Arsiccio (confluenza a quota m. 63 s.l.m.), il fosso della Valle dell'Insugherata (confluenza a quota m. 44 s.l.m.), il fosso di Valle della Rimessola (confluenza a quota m. 40 s.l.m.) ed il fosso dei Frati (confluenza a quota m. 30 s.l.m.).

Il sottobacino ha forma allungata da NO a SE e la sua lunghezza è di circa 8 km. La sua larghezza aumenta gradatamente fino a 3 km risalendo dalla foce fino a metà del bacino; diminuisce poi fino ad annullarsi nell'alto bacino. Il limite del sottobacino, procedendo dalla confluenza con il fosso della Crescenza in senso orario, passa per Contrada Tor di Quinto (m. 47 s.l.m.), Forte Trionfale (m. 120 s.l.m.), abitato di Ottavia (m. 145 s.l.m.), abitato di La Giustiniana (m. 150 s.l.m.); segue poi il tracciato della via Cassia dal km 14 al km 8 ed infine, passando per la tenuta Inviolatella, raggiunge il Tevere. Il bacino occupa una regione di basse colline dai dolci pendii, incisa però in genere da fossi profondi e stretti. Il fondo valle del Fosso dell'Acquatrasversa è però abbastanza ampio. Nella parte bassa del bacino ricadono i quartieri periferici nordoccidentali della città di Roma. In prossimità della foce il bacino è attraversato dalla SS. Cassia e dalla SS. Flaminia. La superficie di questo sottobacino è di 16,7 kmq, la sua altitudine media è di m. 83 s.l.m., il suo fattore di forma è 2. La lunghezza d'asta del fosso è di km 8,6 e la sua pendenza media è del 1,2%. Della superficie non edificata del bacino il 20% è coperta da bosco, il 10% è lasciata a pascolo, il rimanente è coltivato a seminativo.

Affiorano in questo bacino terreni di ambiente marino (*Pm*) marnosi e sabbiosi su oltre il 5% dell'area totale; quelli della «serie continentale» di facies salmastra (qm) e limo palustre (qt) del Basso Pleistocene su circa il 30%; le alluvioni recenti (qa) su circa il 10%; i terreni vulcanici, comprendenti il tufo stratificato di Sacrofano (S13), il tufo rosso a scorie nere (Vv4) ed il tufo stratificato de La Storta (Sg1) affiorano invece su oltre il 50% dell'area del bacino.

Le argille pleistoceniche sono prettamente impermeabili; i terreni vulcanici sono invece a permeabilità varia: impermeabile nell'insieme è da considerare il tufo stratificato di Sacrofano (S13), permeabile il tufo rosso a scorie nere (Vv4) e poco permeabile nell'insieme il tufo stratificato de La Storta (Sg1).

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	11 di 35

Nella figura seguente, si riporta il sottobacino del Fosso d'Acquatraversa con sezione di chiusura ubicata nel tratto di maggiore vicinanza alla linea ferroviaria in progetto (rif. NR4E12R09C4ID0001001).

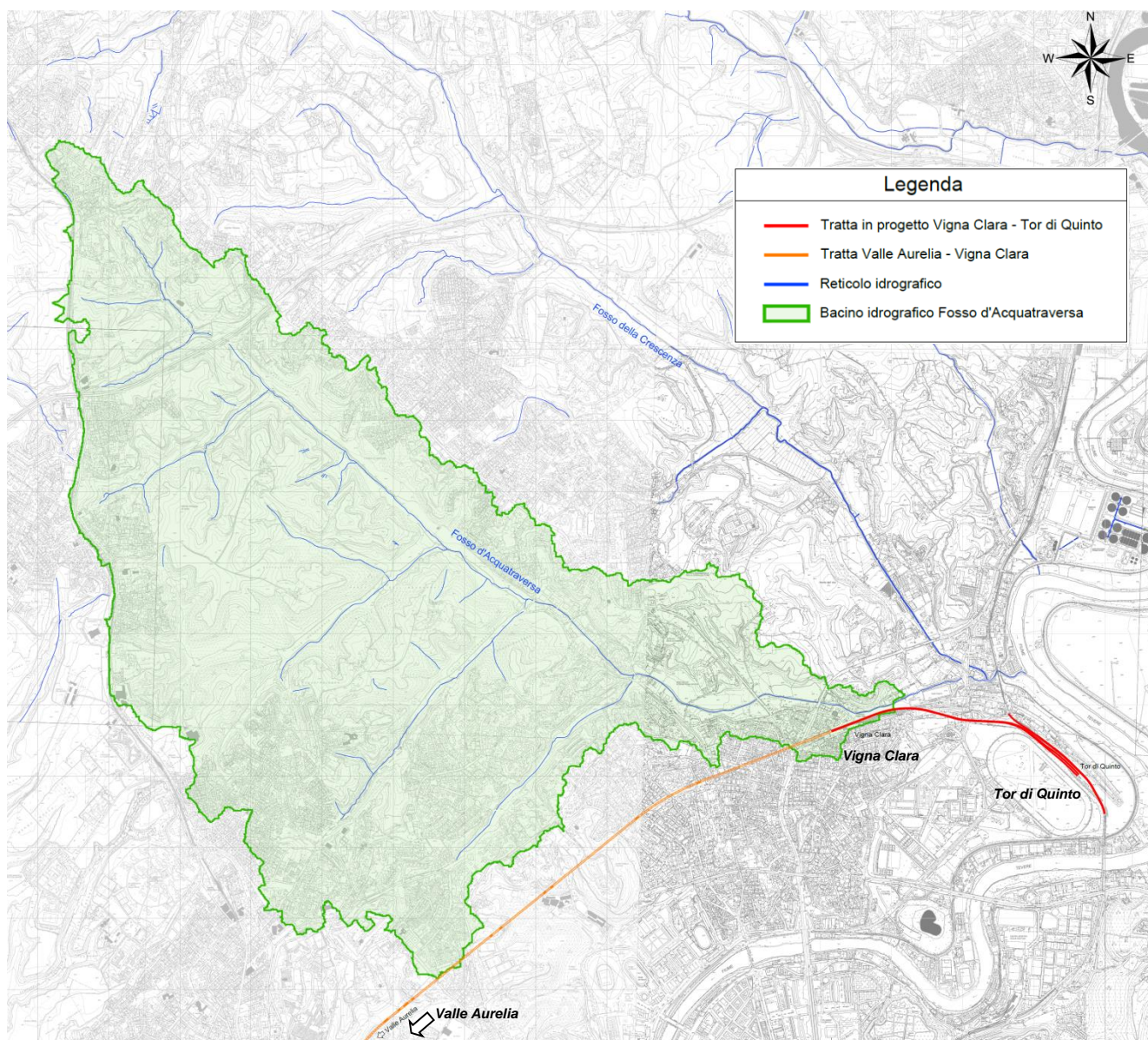



Figura 3 – Sottobacino di interesse del Fosso d'Acquatraversa.

In Tabella 1 sono mostrate invece le relative caratteristiche morfometriche.

S (km ²)	L (km)	H_{max} (m slm)	H_{min} (m slm)	H_{med} (m slm)	P_{bac} (m/m)	P_{pasta} (m/m)
14.13	7.5	156.60	17.35	95.99	0.206	0.014

Tabella 1 – Sottobacino di interesse del Fosso d'Acquatraversa: caratteristiche morfometriche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

4 ANALISI IDROLOGICA

4.1 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

4.1.1 *V.A.P.I.: regionalizzazione delle piogge dell'Italia Centrale*

Gli afflussi naturali sono stati determinati, per assegnati tempi di ritorno, tramite l'impiego di piogge estreme regionalizzate nell'ambito del progetto VAPI-CNR dello studio del GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) con il modello probabilistico che adotta la distribuzione TCEV (*Two-Component Extreme Value*).

L'adozione di tale metodo di indagine idrologica è stata ritenuta più appropriata per l'area in oggetto, in quanto garantisce risultati già ampiamente testati e quindi ritenuti sufficientemente cautelativi rispetto a quelli desumibili dai metodi tradizionali di elaborazione statistica. Con il modello regionalizzato, in base alla scelta del tempo di ritorno che coincide con la scelta del "rischio idraulico", si ottengono le intensità di pioggia critiche.

Base dati utilizzata


L'area interessata dalla studio riguarda i bacini di competenza dell'Ufficio di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), ossia il bacino del Tevere e i bacini minori con foce nel tratto laziale del litorale Tirrenico, tra il fosso Tafone (incluso) e il fiume Garigliano (escluso). Per tenere conto delle informazioni al contorno la regionalizzazione delle piogge è stata eseguita su un'area molto più ampia, che interessa un intero tratto dell'Italia Centrale, che si estende dal promontorio di Piombino alla foce del Garigliano sul Tirreno, e include i litorali marchigiano e abruzzese sull'Adriatico.

Su questo territorio sono state considerate 964 stazioni pluviometriche, di cui sono state raccolte le serie dei massimi annuali delle piogge giornaliere, la cui numerosità è indicata nella tabella seguente.

numerosità della serie	< 20	20 ÷ 29	≥ 30
Numero di stazioni	206	131	627

Tra queste, 309 serie sono attrezzate con strumento registratore: sono state raccolte le serie delle piogge di massima intensità e breve durata, la cui numerosità è:

numerosità della serie	10 ÷ 19	≥ 20
numero di stazioni	86	223

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Ai fini della regionalizzazione dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere sono state complessivamente utilizzate le serie di 628 stazioni pluviometriche, di cui 626 con numerosità di almeno 30 anni e 2 con numerosità compresa tra 30 e 20 anni, queste ultime selezionate per coprire zone che altrimenti sarebbero rimaste scoperte.

Ai fini della regionalizzazione delle piogge di massima intensità e breve durata sono state complessivamente utilizzate le serie di 309 stazioni pluviometrografiche, di cui 86 con numerosità compresa tra 10 e 19 anni.

Distribuzione TCEV


La legge di distribuzione probabilistica per la variabile casuale h_d , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria o sub-oraria d , è la *Two Component Extreme Value* (TCEV), secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (outliers), legati a differenti fenomeni meteorologici.

Tale distribuzione ha la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (log-normale, Gumbel, Fréchet, ecc.) riescono a rendere conto. La funzione di distribuzione di probabilità della h_d è funzione di 4 parametri: $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$, $\Lambda_{s,d}$ e $\Theta_{s,d}$, che esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni ($\Lambda_{b,d}$ e $\Lambda_{s,d}$) e il loro valore medio ($\Theta_{b,d}$ e $\Theta_{s,d}$) con $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ relativi ad una componente base contenente i valori medi e bassi e $\Lambda_{s,d}$, $\Theta_{s,d}$ relativi ad una componente straordinaria contenente i valori più elevati.

$$P(h_d) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}} - \Lambda_{s,d} e^{-\frac{h_d}{\Theta_{s,d}}} \right)}$$

Se si pone $\Theta^* = \Theta_{s,d} / \Theta_{b,d}$ e $\Lambda^* = \Lambda_{s,d} / \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*}$, si può considerare la quaterna di parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$ e $\Theta_{b,d}$. La funzione di distribuzione di probabilità della variabile casuale $x=h_d$ (massimo annuale della pioggia di durata t) è espressa come segue:

$$P(h_d) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\frac{h_d}{\Theta^* \Theta_{b,d}}} \right)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Si può dimostrare che il coefficiente d'asimmetria $\xi(h_d)$ dipende soltanto dai parametri Λ^* e Θ^* , il coefficiente di variazione $\gamma(h_d)$ dipende dai parametri Λ^* , Θ^* e $\Lambda_{b,d}$ e la media $\mu(h_d)$ dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ che si esprime con:

$$\mu(h_d) = \left[\ln \Lambda_{b,d} + 0,5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \Theta_{b,d}$$

dove posto:

$$\beta = \left[\ln \Lambda_{b,d} + 0,5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right]$$

si ha:

$$P(h_d) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\beta \frac{h_d}{\mu_{h,d}}} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\beta \frac{h_d}{\Theta^* \mu_{h,d}}} \right)}$$

Sostituendo nella precedente espressione il coefficiente di crescita $K_T = h_d / \mu_{h,d}$ si ottiene:


$$P(h_d) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\beta K_T} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\beta \frac{K_T}{\Theta^*}} \right)}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $K(Tr)$ della variabile h_d , dove Tr è il tempo di ritorno di h_d :

$$Tr = \frac{1}{1 - P(K_T)}$$

Purtroppo non è esplicitabile in forma esatta, ma può essere invertita con la seguente espressione approssimata, valida per: $0,1 \leq \Lambda^* \leq 0,9$ e $1,1 \leq \Theta^* \leq 10$. Posto:

$$x = \ln\{-\ln[-P(k_T)]\} \quad x_0 = \frac{\Theta^*}{1 - \Theta^*} \ln \Lambda^* \quad A = 0,8288(\Theta^* - 0,4315)^{0,3456}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO												
IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR4E</td> <td>12</td> <td>R 09 RI</td> <td>ID 0001 001</td> <td>B</td> <td>15 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	15 di 35
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	15 di 35								

– per $x \leq x_0$:

$$k = \frac{x + Ae^{-B_1(x-x_0)^{C_1}}}{\beta}$$

con

$$B_1 = 1,345 \frac{\Theta^* - 1}{(\Theta^* - 1,092)^{0,9319}}$$

$$C_1 = 0,8118 + 0,2453e^{-0,1731(\Theta^* - 1)}$$

– per $x \geq x_0$:

$$k = \frac{\Theta^* (x + \ln \Lambda^*) + Ae^{-B^2(x-x_0)^{C_2}}}{\beta}$$

con


$$B_2 = 0,6501(\Theta^* - 1) + 0,009705(\Theta^* - 1)^2$$

$$C_2 = 1 + 0,08680(\Theta^* - 1)^{0,5942}$$

Stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri

Con regionalizzazione delle altezze di pioggia $h(d)_k$ nei diversi pluviometri $k=1,2,\dots,n$ s'intende l'aggregazione di tali variabili in gruppi con caratteristiche stocastiche comuni. Si richiede generalmente che i raggruppamenti abbiano anche riferimenti geografici. Sono stati utilizzati tre livelli di regionalizzazione:

- Regioni omogenee rispetto ai parametri Λ^* e Θ^* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente d'asimmetria $\zeta(h_d)$
- Zone omogenee rispetto ai parametri Λ^* , Θ^* e $\Lambda_{b,d}$, da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione $\gamma(h_d)$
- Sottozone omogenee rispetto ai parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ dai cui dipende la media $\mu(h_d)$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Per potere utilizzare le formule che contengono dati relativi alle precipitazioni in termini di altezze o di intensità si è provveduto alla determinazione di tali parametri sulla base dei dati pluviometrici regionali elaborati nel progetto VAPI.

Al primo e al secondo livello di regionalizzazione sono state identificate tre regioni omogenee, in cui l'ipotesi della costanza del coefficiente di variazione e del coefficiente di asimmetria può essere accettata, rappresentate nella figura seguente, indicate come:

- ZONA A (TIRRENICA), che interessa la fascia del litorale tirrenico e si protende all'interno lungo le valli dei principali corsi d'acqua;
- ZONA B (APPENNINICA), che interessa l'ampia fascia dell'Appennino propriamente detto, con le propaggini dei colli Albani, e i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, nonché, separati da questa zona, i gruppi montuosi nell'entroterra tirrenico a nord-ovest del Tevere (i massicci dell'Amiata e del Cetona con i monti Vulsini; e i monti Cimini con i monti della Tolfa e i monti Sabatini);
- ZONA C (ADRIATICA), che interessa una ristretta fascia del litorale adriatico e si protende con ristrette lingue lungo le valli dei corsi d'acqua.

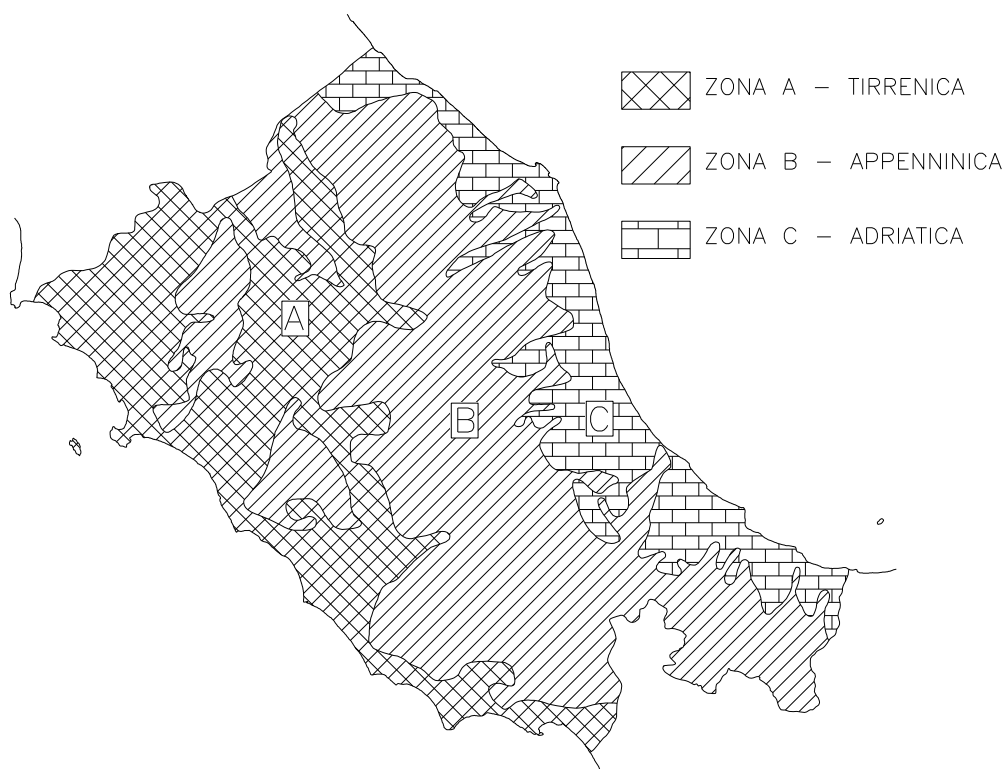



Figura 4 - VAPI: zone omogenee al I e II livello di regionalizzazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

I parametri Λ^* e Θ^* , determinati al primo livello di regionalizzazione per le tre zone, sono indicati nella tabella seguente.

ZONA	Λ^*	Θ^*
A	0.174	3.490
B	0.762	1.241
C	0.795	2.402

Il parametro Λ_b , determinato al secondo livello di regionalizzazione per le tre zone, e la corrispondente funzione β assumono invece i seguenti valori:


ZONA	Λ_b	β
A	29.31	4.480
B	22.02	4.359
C	27.81	5.301

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa per cui, fissato un valore Tr del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile per cui si riportano di seguito, i valori di K_T ottenuti numericamente per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tr (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	300	500	1000
K_T (SZO A)	0.89	1.22	1.49	1.84	1.97	2.29	2.45	2.98	3.52	3.84	4.23	4.77
K_T (SZO B)	0.96	1.25	1.45	1.64	1.70	1.83	1.89	2.07	2.26	2.39	2.51	2.70
K_T (SZO C)	0.90	1.29	1.59	1.90	2.01	2.22	2.32	2.64	2.96	3.14	3.38	3.70

Nelle pratiche approssimazioni è possibile fare riferimento alla seguente espressione semplificata:

$$k_T = \left(\frac{\Theta^* \Lambda^*}{\eta} + \frac{\Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\Theta^*}{\eta} \ln T$$

	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

che dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV nell'area esaminata, diventa:

- (SZO A) $K_T = -0.6086 + 0.779 \text{Ln}T$
- (SZO B) $K_T = 0.6419 + 0.289 \text{Ln}T$
- (SZO C) $K_T = 0.5296 + 0.459 \text{Ln}T$

Per valori del tempo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso delle espressioni semplificate è sempre inferiore al 10%.

Piogge brevi

Considerata la relativa limitatezza dei dati pluviografici rispetto alla quantità di dati pluviometrici, è stato elaborato un modello probabilistico, relativo alle piogge brevi che impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere.

Per impiegare l'informazione regionale, si è assunta l'ipotesi che la curva di crescita, stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore.

Leggi di probabilità pluviometriche

Al terzo livello di regionalizzazione sono state individuate delle zone omogenee in cui è accettabile l'ipotesi che la media del massimo annuale dell'altezza giornaliera $\mu(h_g)$, che prende il nome di pioggia indice, dipenda linearmente dalla sola quota z della stazione:

$$\mu(h_g) = C Z + D$$

I parametri della precedente espressione non assumono unico valore per l'intera regione esaminata: è stato invece possibile identificare delle aree pluviometriche omogenee (APO), in ognuna delle quali se ne può ottenere una stima univoca.

Nello specifico, sono state individuate 78 APO (*Aree Pluviometriche Omogenee*), rappresentate nella figura seguente, in cui i parametri della regressione assumono i valori indicati nella sottostante tabella.

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	19 di 35

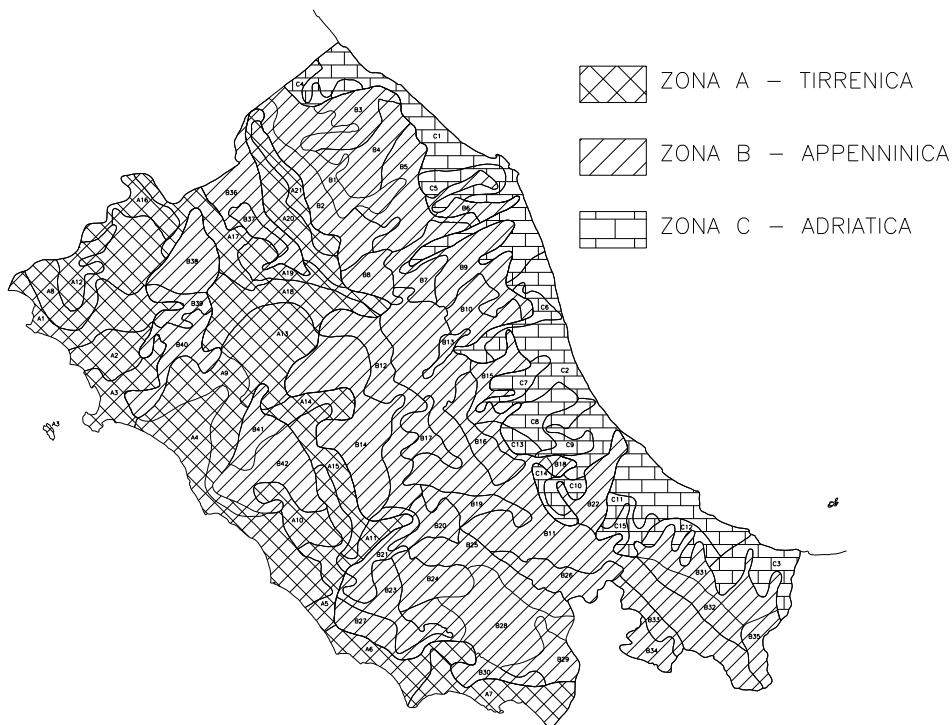


Figura 5 - VAPI: aree pluviometriche omogenee (APO).

Sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)
A1	10	0.01892	55.64
A2	8	0.02785	59.22
A3	9	0.02738	64.43
A4	13	0.03390	67.67
A5	7	0.03031	60.09
A6	8	0.13518	66.15
A7	7	0.03582	67.72
A8	16	0.01680	62.79
A9	7	0.02671	61.61
A10	5	0.06301	67.83
A11	3	0.07624	41.70
A12	6	0.01510	72.77
A13	9	0.02714	50.42
A14	4	0.02517	62.33
A15	4	0.03647	68.78
A16	4	0.02592	52.00
A17	7	0.10165	15.14
A18	11	0.02208	58.80
A19	5	0.03408	41.11

Sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)
B19	6	0.01418	36.02
B20	5	0.01098	57.23
B21	6	0.15691	16.83
B22	7	0.01890	76.65
B23	5	0.04972	60.54
B24	7	0.07960	30.38
B25	10	0.02089	64.28
B26	9	0.13532	-48.29
B27	5	0.05786	67.35
B28	12	0.03599	63.48
B29	5	0.03152	87.30
B30	4	0.05066	68.93
B31	11	0.00116	60.07
B32	7	0.04004	27.64
B33	6	0.01264	54.93
B34	4	0.25615	-85.09
B35	5	0.07432	15.64
B36	7	0.05270	40.46
B37	2	0.03513	33.42

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	20 di 35

Sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)	Sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)
A20	7	0.03637	49.62	B38	10	0.01874	40.79
A21	4	0.02854	43.38	B39	4	0.04514	38.13
B1	13	0.03028	43.52	B40	8	0.04250	58.21
B2	5	0.02250	42.59	B41	4	0.08894	34.37
B3	11	0.03478	49.18	B42	9	0.02237	71.20
B4	10	0.02747	62.61	C1	19	0.00482	57.46
B5	13	0.03136	53.96	C2	34	0.02822	64.04
B6	6	0.03764	44.54	C3	8	0.05900	42.12
B7	9	0.01863	49.36	C4	5	0.06381	49.63
B8	4	0.02219	50.91	C5	6	0.01574	61.16
B9	16	0.04546	46.32	C6	5	0.01374	58.39
B10	9	0.04145	37.12	C7	5	0.00985	62.40
B11	44	0.02300	35.60	C8	7	0.07690	50.19
B12	13	0.04292	45.49	C9	6	0.02767	51.23
B13	2	0.01793	20.47	C10	7	0.11377	38.98
B14	13	0.05343	55.04	C11	5	0.02573	57.44
B15	6	0.00153	69.69	C12	4	0.02395	44.17
B16	12	0.02565	22.88	C13	3	0.04634	-5.21
B17	5	0.00722	64.41	C14	4	0.03330	32.01
B18	3	0.00128	62.43	C15	4	0.00655	57.57

Per ottenere le leggi di probabilità pluviometrica, l'elaborazione effettuata è stata rivolta a stabilire una relazione durata-intensità-frequenza, attraverso una legge a tre parametri del tipo:


$$i_d(T) = \frac{a(T_r)}{(b+d)^m} (*)$$

dove: b = è un parametro di trasformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata d , sia dal tempo di ritorno; m = è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno; $a(T_r)$ = è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

La stessa espressione può essere messa nella forma:

$$i_d(T) = i_o(T_r) \left(\frac{b}{b+d} \right)^m$$

dove $i_o(T)$ è l'intensità con tempo di ritorno T_r . La pioggia indice è data dalla media di i_d che risulta:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

$$\mu_{it} = \mu_{io} \left(\frac{b}{b+d} \right)^m$$

dove μ_{io} è la media dell'intensità istantanea. Il coefficiente di crescita da introdurre nella distribuzione TCEV funzione di kT è quindi:

$$k_T = \frac{i_t}{\mu_{io}} \left(\frac{b+t}{b} \right)^m$$

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 logaritmico delle leggi IDF relative a diversi tempi di ritorno; per ricavare tali parametri sono state fatte le seguenti ipotesi:

A. sul tutto il territorio considerato:

- l'intensità media di 24 ore μ_{i24} è proporzionale all'intensità media giornaliera μ_{id} : $\mu_{i24} = \delta \cdot \mu_{id}$ dove il coefficiente di proporzionalità è assunto costante su tutto il territorio considerato con valore $\delta=1.15$;
- il rapporto tra l'intensità media della pioggia di 5' e quella 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)

$$r = \frac{\mu_{i5'}}{\mu_{i1}} = \left(\frac{b+1}{b+0,0833} \right)^m = 3.36$$

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 zone omogenee identificate per i massimi giornalieri dell'anno:

- l'intensità istantanea media μ_{io} è dipendente dalla quota z della stazione pluviometrica secondo la relazione:

$$\frac{\mu_{io}(z)}{\bar{\mu}_{io}} = \frac{\mu_{hd}(z)}{\bar{\mu}_{hd}}$$

dove $\bar{\mu}_{io}$ e $\bar{\mu}_{hd}$ sono la media sulla zona omogenea di μ_{io} e μ_{hd} .

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	22 di 35

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

$$m = \frac{\ln\left(\frac{\bar{\mu}_{io}}{\bar{\mu}_{i24}}\right)}{\ln\left[1 + \frac{24(r^{1/m} - 1)}{1 - 0,0833r^{1/m}}\right]}$$

I valori regionali dei parametri b , m e $\bar{\mu}_{io}/\bar{\mu}_{i24}$ che compaiono nelle espressioni precedenti sono riportati nella tabella seguente.

Sottozona	b(h)	m	$\bar{\mu}_{io}/\bar{\mu}_{i24}$
A1	0.1660	0.7810	4.890
A2	0.1528	0.7597	4.683
A3	0.1454	0.7478	4.574
A4	0.1705	0.7881	4.962
A5	0.1621	0.7748	4.828
A6	0.1137	0.6955	4.150
A7	0.1054	0.6816	4.054
A8	0.1323	0.7263	4.389
A9	0.1502	0.7555	4.645
A10	0.1415	0.7415	4.518
A11	0.1744	0.7943	5.026
A12	0.1251	0.7145	4.293
A13	0.1484	0.7526	4.618
A14	0.1521	0.7586	4.673
A15	0.1326	0.7269	4.393
A16	0.1427	0.7434	4.535
A17	0.1728	0.7917	5.000
A18	0.1498	0.7549	4.639
A19	0.1729	0.7919	5.002
A20	0.1456	0.7482	4.577
A21	0.1437	0.7450	4.549
B1	0.1168	0.7006	4.188
B2	0.1603	0.7718	4.799
B3	0.1252	0.7146	4.294
B4	0.1015	0.6748	4.010
B5	0.1302	0.7230	4.361
B6	0.1354	0.7314	4.431
B7	0.1275	0.7185	4.325
B8	0.1768	0.7981	5.066
B19	0.1135	0.6951	4.148
B20	0.1170	0.7010	4.190
B21	0.1585	0.7690	4.772
B22	0.1101	0.6895	4.108
B23	0.1398	0.7387	4.494
B24	0.1040	0.6792	4.038
B25	0.0986	0.6700	3.980
B26	0.0908	0.6565	3.902
B27	0.1366	0.7335	4.449
B28	0.1168	0.7007	4.188
B29	0.0895	0.6542	3.889
B30	0.1222	0.7097	4.256
B31	0.0902	0.6555	3.896
B32	0.1071	0.6844	4.073
B33	0.0806	0.6389	3.813
B34	0.0940	0.6620	3.933
B35	0.0977	0.6684	3.971
B36	0.1434	0.7446	4.545
B37	0.1141	0.6962	4.156
B38	0.1670	0.7826	4.906
B39	0.0971	0.6674	3.965
B40	0.1136	0.6953	4.149
B41	0.1673	0.7830	4.911
B42	0.1279	0.7190	4.329
C1	0.1408	0.7403	4.508
C2	0.1107	0.6905	4.115
C3	0.1156	0.6986	4.173
C4	0.1123	0.6932	4.134
C5	0.1281	0.7195	4.333

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Sottozona	b(h)	m	$\bar{\mu}_{io} / \bar{\mu}_{i24}$	Sottozona	b(h)	m	$\bar{\mu}_{io} / \bar{\mu}_{i24}$
B9	0.1455	0.7479	4.575	C6	0.0957	0.6650	3.950
B10	0.1136	0.6953	4.149	C7	0.1129	0.6942	4.141
B11	0.1035	0.6782	4.032	C8	0.1001	0.6725	3.996
B12	0.1097	0.6887	4.102	C9	0.1076	0.6852	4.079
B13	0.0685	0.6173	3.730	C10	0.1034	0.6781	4.031
B14	0.1380	0.7357	4.468	C11	0.1101	0.6895	4.108
B15	0.1048	0.6804	4.047	C12	0.1100	0.6894	4.107
B16	0.1051	0.6811	4.051	C13	0.0821	0.6414	3.825
B17	0.0889	0.6532	3.884	C14	0.0897	0.6547	3.892
B18	0.1167	0.7005	4.187	C15	0.0863	0.6488	3.861

Il sottobacino del *Fosso d'Acquatraversa* in esame ricade all'interno della *sottozona VA.P.I. A10*, come mostrato nella figura seguente.



Figura 6 – Sottobacino di interesse del Fosso d'Acquatraversa vs sottozone omogenee VAPI Italia Centrale.

Ai fini della determinazione dell'altezza/intensità di pioggia di progetto (tramite l'equazione (*) sopra introdotta) e quindi della valutazione delle portate al colmo del *Fosso d'Acquatraversa*, si riportano nella tabella seguente i valori dei parametri $a(T_r)$, b , m per la sottozona di interesse A10 (la quota media di riferimento è pari a 96 m s.l.m.).

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	24 di 35

In particolare, sono considerati i tempi di ritorno Tr di **50, 200 e 500 anni**, in accordo ai regolamenti e alle normative nazionali (NTC 2018), nonché alla pianificazione di bacino (P.G.R.A.) vigente ed in particolare alla definizione e classificazione delle aree di pericolosità idraulica (per maggiori dettagli, si rimanda comunque alla relazione idraulica annessa, rif. NR4E12R09RIID0002001).

SZO	$a (Tr50)$	$a (Tr200)$	$a (Tr500)$	b	m
A10	92.04	132.07	158.87	0.14152	0.7415

Tabella 2 – Valori dei parametri $a(Tr)$, b , m per la sottozona VAPI A10.

Nella figura seguente, sono mostrate le corrispondenti curve di possibilità pluviometrica (CPP).

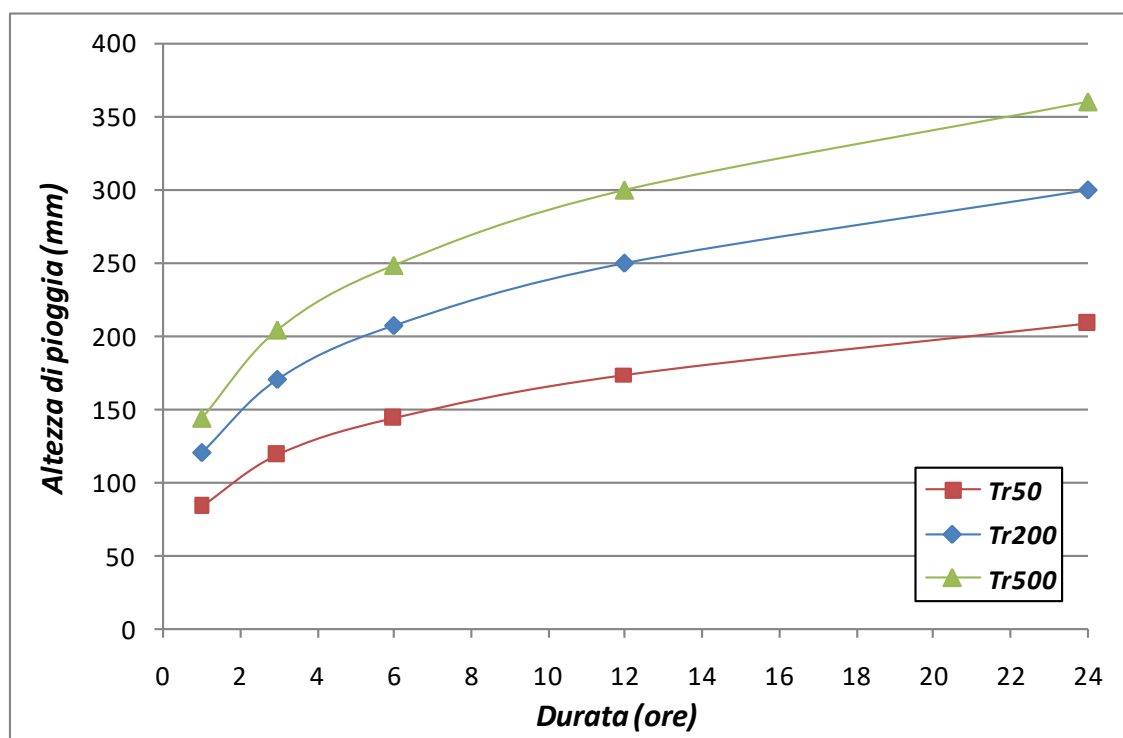



Figura 7 – Sottobacino del Fosso d'Acquatraversa: curve di possibilità pluviometrica, da procedura VAPI Italia Centrale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

4.1.2 Registrazioni pluviometriche presso le stazioni di misura di interesse

Sono state inoltre raccolte le registrazioni pluviometriche (fonte: Annali idrologici) delle stazioni di misura elencate nella tabella sottostante, di riferimento per l'area di intervento.

In particolare, per il bacino del Fosso Acquatraversa sono state prese in considerazione 6 stazioni pluviometriche e sono stati recuperati tutti i dati di pioggia registrati, disponibili fino all'anno 2021.

Stazione pluviometrica	Periodo osservazioni	Numerosità campione
Roma Flaminio (ACEA)	1994-2021	12
Roma Flaminio	1936-2021	41
Roma Monte Mario	1964-2021	21
Monte Mario (ACEA)	1995-2021	11
Roma Nord (ACEA)	1995-2021	15
Roma Acqua Acetosa	1994-2021	15

Tabella 3 - Stazioni pluviometriche di riferimento: periodo di osservazione/funzionamento e numerosità campionaria.

I dati pluviometrici sono stati quindi elaborati statisticamente ricorrendo al metodo di Gumbel, il quale prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti. La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta y :

$$y = \alpha(x - u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri α e u sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione. Per una data durata di precipitazione, si ordinano le N altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad N . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	26 di 35

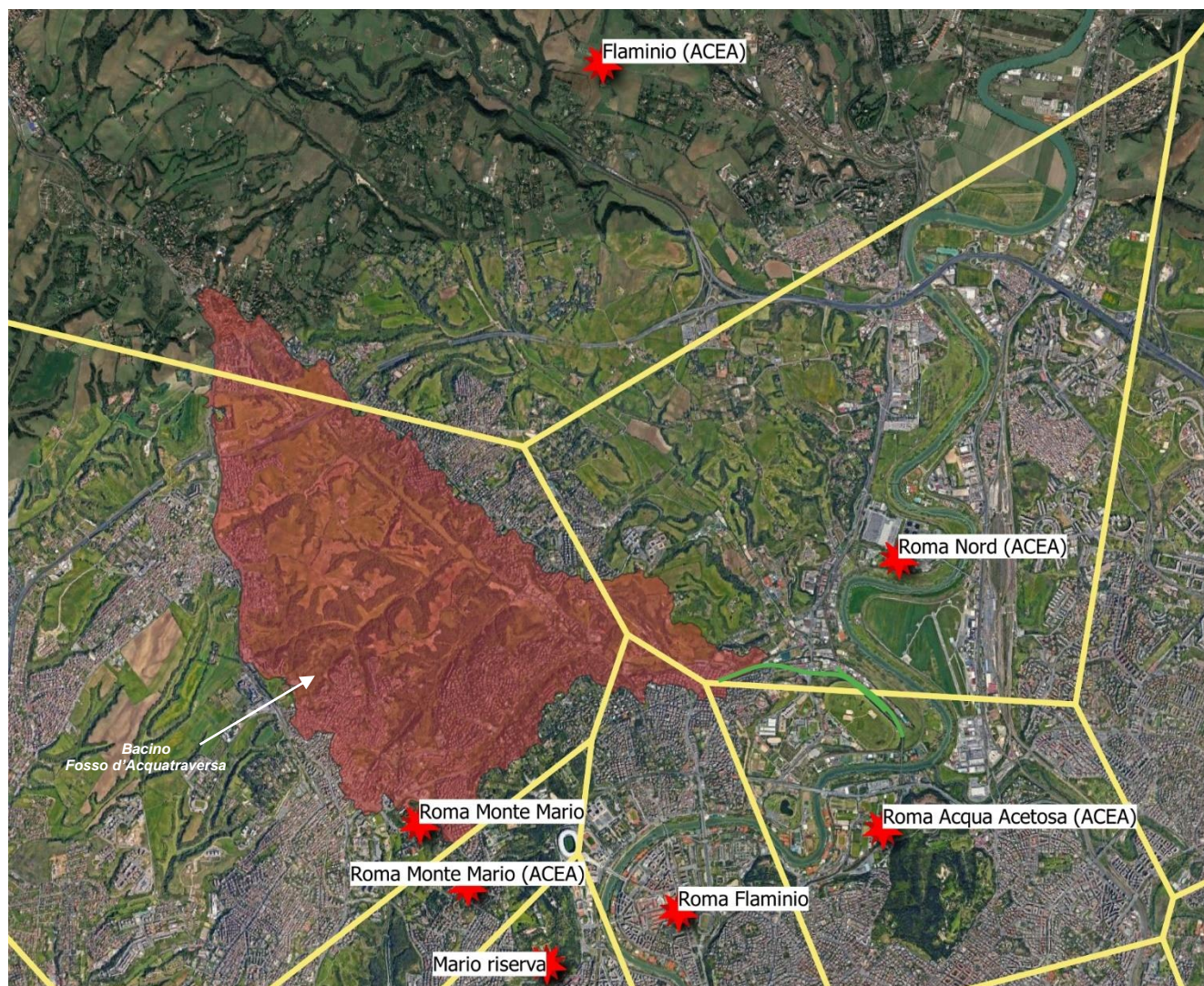



Figura 8 – Fosso Acquatraversa: stazioni pluviometriche nell'area di intervento.

Al denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè:

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad e \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[-\ln \left(\frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende solamente da h con la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri α e u si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Si ottengono quindi per α e u le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Introducendo ora il concetto di tempo di ritorno, T_r , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$


$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

E' stata quindi ricavata l'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di h in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata. A questo scopo, si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica). L'intensità di precipitazione $j(T_r, \tau)$ è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

L'altezza di pioggia (ragguagliata all'area del bacino) può essere valutata mediante l'applicazione del metodo dei poligoni di Thiessen (o dei topoiets). In particolare, il volume di pioggia (V_p) caduto all'interno di un poligono di Thiessen o topoiets è uguale all'altezza di precipitazione misurata nella relativa stazione pluviometrica per l'area del poligono. Il volume di pioggia caduto sull'intero bacino sarà quindi fornito dalla somma dei prodotti di cui prima con l'avvertenza che, per quei topoiets che parzialmente ricadono fuori dalla regione in esame, si dovrà considerare solo l'area della porzione del poligono o del topoiets che appartiene al bacino:


$$V_p = \sum_{i=1}^N h_i (\Omega_i \cap S)$$

in cui i è il generico topoiets/poligono di Thiessen; N , il numero dei topoiets; h_i , l'altezza di pioggia misurata nella stazione; Ω_i è l'area del topoiets; S , la superficie del bacino. Quindi, l'altezza di pioggia (h) ragguagliata all'area può essere dedotta come $h = V_p/S$.

Nella tabella seguente sono riportati i valori a e n (per durate superiori all'ora) relativi ad ogni stazione pluviometrica, per il tempo di ritorno di 200 anni, unitamente ai valori dell'area del singolo topoiets ricadente all'interno del sottobacino di riferimento.

Stazione pluviometrica	a_{200}	n_{200}	S (kmq)
Roma Flaminio (ACEA)	79.0	0.102	0.780
Roma Flaminio	67.6	0.271	0.330
Roma Monte Mario	82.1	0.446	12.17
Monte Mario (ACEA)	76.8	0.296	0.003
Roma Nord (ACEA)	116.6	0.104	0.810
Roma Acqua Acetosa	121.6	0.078	0.030

Tabella 4 - Stazioni pluviometriche di riferimento: parametri delle curve di pioggia per $Tr = 200$ anni e valori dell'area del singolo topoiets all'interno del sottobacino di riferimento.


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Con riferimento al tempo di corrivazione del bacino in esame, come di seguito calcolato ($t_c = 3.44 h$), nella tabella seguente si riporta quindi il confronto tra l'altezza di pioggia di progetto (per una durata pari a t_c e $Tr = 200$ anni) calcolata seconda la procedura VAPI e quella derivante dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate tramite l'elaborazione statistica (secondo Gumbel) delle registrazioni pluviometriche disponibili.

Gumbel	
Tc (ore) - progetto	3.44
h200 (mm)	137.85
i200 (mm)	40.1

VAPI	
a	132.07
b	0.14152
m	0.74149
Tc (ore) - progetto	3.44
i200 (mm)	51.31
h200 (mm)	176.37

In particolare, nel caso specifico, ai fini della determinazione dell'intensità di pioggia di progetto, la metodologia VAPI risulta essere più cautelativa. Pertanto, nel prosieguo delle analisi si farà riferimento a tale metodologia.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

4.2 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO E DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle portate al colmo di progetto e degli idrogrammi di piena di riferimento, da applicare come condizione al contorno nel modello numerico bidimensionale sviluppato (cfr. NR4E12R09RIID0002001), è stato effettuato applicando il metodo di trasformazione afflussi-deflussi proposto da *Nash*.

Il modello di *Nash* descrive il comportamento di un bacino idrografico mediante un numero n (parametro di forma) di invasi disposti in serie ciascuno dei quali caratterizzato da una stessa costante k (parametro di scala) di invaso. La funzione che descrive l'andamento dell'idrogramma è la seguente:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{n-1} e^{-t/k}}{k (n-1)!}$$

Ricorrendo ad una astrazione matematica, il modello di Nash può essere esteso al caso in cui il numero di serbatoi disposti in serie sia un numero reale. In tal caso la funzione fattoriale $(n-1)!$ viene sostituita con la funzione Gamma $\Gamma(\alpha)$ e la funzione $U(t)$ diventa:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{\alpha-1} e^{-t/k}}{k \Gamma(\alpha)}$$


Il tempo di ritardo ed il tempo di picco risultano pari a:

$$t_L = \alpha k \quad t_p = (\alpha - 1)k$$

Pertanto, ai fini della determinazione della portata al colmo e del relativo idrogramma unitario adimensionale, l'applicazione del modello di Nash richiede la conoscenza dei due parametri α (parametro di forma) e k (parametro di scala) legati al tempo di ritardo.

Per la stima di questi parametri è possibile procedere con diversi metodi, sfruttando i numerosi modelli geomorfologici disponibili in letteratura (Rodriguez et al. 1979, Rosso 1984), che sfruttano le caratteristiche del reticolo idrografico opportunamente analizzato secondo varie regole di classificazione (Strahler 1952), o più semplicemente ricorrendo alle espressioni che li correlano al più noto parametro idrologico ovvero il tempo di corrivazione del bacino.

Nella maggior parte dei casi, il parametro di forma n risulta compreso tra 2 e 3 (nel caso specifico è stato assunto $n = 3$), mentre il valore del parametro di scala può essere valutato come $k = 0.5 \cdot \tau_c / (n-1)$.

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

Inoltre, si è assunto quale pioggia di progetto uno ietogramma di tipo Chicago con durata pari al tempo di corrivazione; la depurazione delle piogge lorde è avvenuta con il metodo CN-SCS.

Nello specifico, la determinazione del tempo di corrivazione può essere effettuata mediante l'applicazione di alcune classiche formule empiriche di uso comune; in particolare, in ragione dell'estensione del sottobacino del *Fosso d'Acquatrasversa*, possono essere applicate le seguenti formulazioni:

- *Ventura*

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

- *Pasini*

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

- *Pezzoli*

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

- *Puglisi*

$$\tau_c = 6 L^{2/3} (H_{\max} - H_{\min})^{-1/3}$$

dove i_m è la pendenza media dell'asta principale; A , la superficie del bacino; L , la lunghezza dell'asta principale; H_{\max} e H_{\min} , le quote massima e minima del bacino. Il tempo di corrivazione in tal caso è stato valutato come il minimo valore ottenuto dall'applicazione delle formulazioni sopra descritte, da cui (per il sottobacino in esame) $\tau_c = 3.44$ ore (formula di Pezzoli).

Ai fini della depurazione delle piogge lorde, per la valutazione del Curve Number (CN) si è fatto riferimento alla copertura del suolo, riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° livello (ISPRA, 2018), che caratterizza il sottobacino in esame. In particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN, per assegnata categoria di suolo (A, B, C, D), dedotto da tabelle disponibili in letteratura, di seguito riportate.

Per il sottobacino del Fosso d'Acquatrasversa in esame, in ragione dei terreni/depositi in esso affioranti è stata assunta una categoria del suolo C e una classe di umidità media (II). Per tali caratteristiche, si ottiene un valore medio di CN pari a 81. La pioggia efficace è quindi valutata come $P_e = (P - 0.2 \cdot S) / (P + 0.8 \cdot S)$ con P = altezza di pioggia di progetto corrispondente ad un dato tempo di ritorno Tr e una durata τ_c ; $S = 254 \cdot (100 / CN - 1)$.

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	32 di 35

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D	Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98	PRATI ARTIFICIALI. COLTURE					
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95	FORAGGERE OVE SI PUO RICONOSCERE					
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95	UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I					
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95	SEMINATIVI E UNA CERTA					
CANTIERI	133	90	92	94	95	PRODUTTIVITA, SONO SEMPRE					
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84	POTENZIALMENTE RICONVERTITI A					
CIMITERI	143	57	77	85	89	SEMINATIVO, POSSONO ESSERE					
VIGNETI	221	72	81	88	91	RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67		81	89
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE					
OLIVETI	223	72	81	88	91	ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
ARBORICOLTURA CON ESSENZE						RISAIE	2122	98	98	98	98
FORESTALI	224	67	78	85	89	VIVAI	2123	66	77	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE	2124	98	98	98	98
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A						ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL					
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI						VIGNETO	2412	59	74	82	86
COMPLESSI	242	63	73	82	88	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD					
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA						ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI					
COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI						E SEMINATIVI ARBORATI CON					
SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81	COBERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL					
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83	25%)	2413	59	74	82	86
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGGLIE	313	39	51	63	70	BOSCO DI LATIFOGGLIE	3111	39	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89	ARBORICOLTURA CON ESSENZE					
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86	FORESTALI (LATIFOGGLIE)	3112	39	51	63	70
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98	BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90	CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3122	39	51	63	70
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100	FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE					
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100	STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI					
SALINE	422	100	100	100	100	CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE					
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98	(ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI					
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100	ECC.)	3221	51	58	73	80
MARI	523	100	100	100	100	FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	3222	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E						MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
DENSO	1111	89	92	94	96	GARIGA	3232	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E						AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
NUCLEIFORME A CARATTERE						SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80	AREE DUNALI NON COPERTE DA					
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E						VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE					
FABBRICATI RURALI A CARATTERE	1122	65	67	70	72	A 25M	3312	56	73	82	86
TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE						AREE DUNALI CON COPERTURA					
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E						VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A					
COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95	25 M	3313	56	73	82	86
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI						LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI					
SERVIZI	1212	89	92	94	95	AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI						FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
(SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE						CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98	BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE						BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI,						LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A					
SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96	PRODUZIONE ITTICA NATURALE					
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO						ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E					
E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E						STAGNI COSTIERI					
SIMILI)	1223	92	93	94	95	ESTUARI E DELTA	5211	100	100	100	100
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI						AREE MARINE A PROD. ITTICA					
DISTRIBUZIONE						NATURALE	5231	100	100	100	100
(TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95	ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
DISCARICHE	1321	90	92	94	95	PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTI ECC.					
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO,						ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95	SUGHERETE	31122	39	51	63	70
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88	CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84	ALTRO	31124	39	51	63	70
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85						


Tabella 5 - Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del CLC (Elaborazione ADIS).

Nella tabella seguente, si riportano i valori dell'altezza di pioggia di progetto per il sottobacino in esame, per i vari tempi di ritorno considerati e per una durata pari al tempo di corrvazione del sottobacino ($\tau_c = 3.44$ ore), valutati come anzidetto mediante l'applicazione della procedura VAPI dell'Italia Centrale.

$h_{\tau_c, Tr = 50 \text{ anni}} \text{ (mm)}$	$h_{\tau_c, Tr = 200 \text{ anni}} \text{ (mm)}$	$h_{\tau_c, Tr = 500 \text{ anni}} \text{ (mm)}$
122.9	176.4	212.2

Tabella 6 – Sottobacino del Fosso d'Acquatrasera: valori dell'altezza di pioggia di progetto, per vari tempi di ritorno.

Nella tabella seguente, si riportano invece i valori di portata al colmo, per i vari tempi di ritorno considerati, dedotti applicando il metodo di Nash implementato nel software URBIS.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
	IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B

$Q_{Tr=50 \text{ anni}} (mc/s)$	$Q_{Tr=200 \text{ anni}} (mc/s)$	$Q_{Tr=500 \text{ anni}} (mc/s)$
81.80	136.50	174.30

Tabella 7 – Sottobacino del Fosso d'Acquatraversa: valori della portata al colmo di progetto, per vari tempi di ritorno.

I valori di portata al colmo così determinati sono coerenti con quelli riportati in alcuni studi condotti dalla Provincia di Roma. Nello specifico, in tali studi, per il Fosso d'Acquatraversa con bacino “chiuso” alla confluenza nel Fosso della Crescenza sono indicati i seguenti valori di portata al colmo.

$Q_{Tr=20 \text{ anni}} (mc/s)$	$Q_{Tr=50 \text{ anni}} (mc/s)$	$Q_{Tr=100 \text{ anni}} (mc/s)$
71.0	85.0	95.0

Tabella 8 – Sottobacino del Fosso d'Acquatraversa: valori della portata al colmo di progetto, per vari tempi di ritorno, secondo gli studi condotti dalla Provincia di Roma.

Il confronto mostrato in figura evidenzia come i valori di portata al colmo stimati nel presente studio siano più cautelativi di quelli derivati/estratti dagli studi condotti dalla Provincia di Roma, soprattutto per tempi di ritorno elevati.

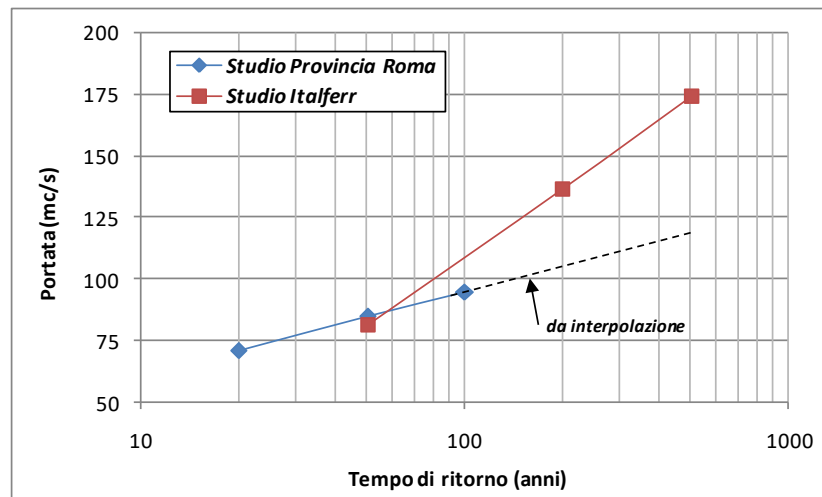


Figura 9 – Fosso d'Acquatraversa, valori di portata al colmo: confronto con i dati derivati da studi disponibili sul territorio.

Nella figura seguente sono mostrati gli idrogrammi di piena di riferimento, corrispondenti ai valori di portata al colmo riportati in Tabella 7.

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R 09 RI	ID 0001 001	B	34 di 35

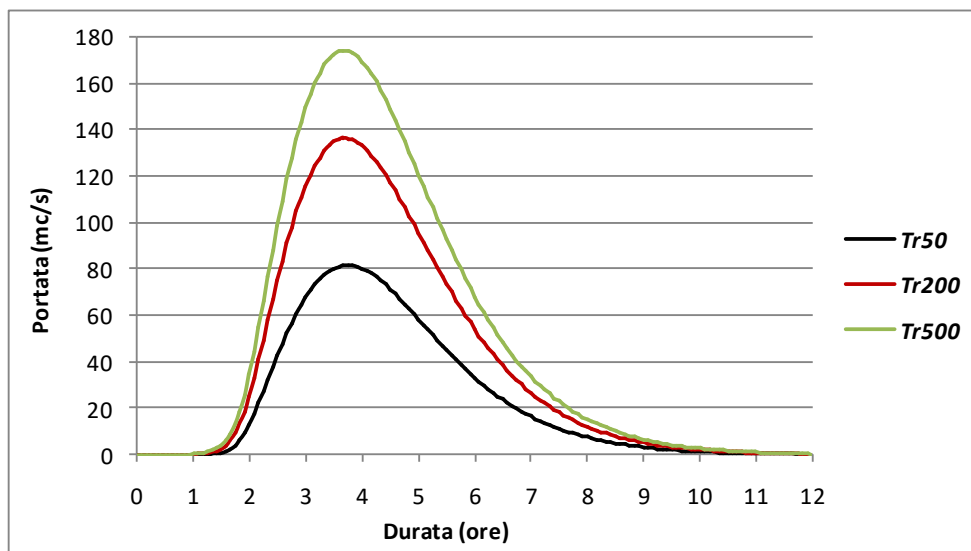



Figura 10 – Fosso d'Acquatraversa: idrogrammi di piena di progetto, per i tempi di ritorno considerati.

Tali idrogrammi sono stati quindi applicati nel modello numerico bidimensionale sviluppato ai fini della determinazione delle aree potenzialmente inondabili per esondazione delle piene di riferimento del *Fosso d'Acquatraversa* nell'area di intervento, come meglio descritto nella relazione idraulica annessa, rif. NR4E12R09RIID0002001.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE LOTTO 1b TRATTA VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO					
IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R 09 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. B	FOGLIO 35 di 35

5 BIBLIOGRAFIA

Ghetti A., “*Idraulica*”, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Maione U., “*Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*”, La Goliardica Pavese, 1977

Marani M., “*Processi e modelli dell'Idrometeorologia*”, Dispense, 2005.

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (ultimo aggiornamento dicembre 2019).

Progetto di piano di bacino del fiume Tevere, 5° stralcio funzionale, per il tratto metropolitano da Castel Giubileo alla foce (PS5) – *Relazione generale*, 2014.

Rodriguez-Iturbe I., Gonzalez-Sanabria M, Bras. R, *A geomorphoclimatic theory on the Instantaneous Unit Hydrograph*, Water Resour. Res. 18(4), pp 877-886, 1982.

Rosso, R, *Nash model relation to Horton order ratios*, Water Resour. Res. 20(7), pp. 914-920, 1984

Strahler, A. N., *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology*, Geological Society of America Bulletin, 63 (11): 1117–1142, 1952.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer, pp. 84-146, 2003.