

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H03000180008

**DIREZIONE TECNICA
S.O. OPERE CIVILI**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE

NPP 0258: GRONDA MERCI DI ROMA – CHIUSURA ANELLO NORD

TRATTA: VIGNA CLARA – TOR DI QUINTO

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica drenaggio di piattaforma (ferrovia)

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NR4E	12	R	09	RI	ID0002	002	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	C. Cesali	Febbraio 2022	F.Cabas	Febbraio 2022	T. Paoletti	Febbraio 2022	A. Vittozzi
B	EMISSIONE DEFINITIVA	E. Pacitti	Agosto 2023	C. Cesali	Agosto 2023	T. Paoletti	Agosto 2023	Agosto 2023

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili - Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Rom.
N° 420783

File: NR4E12R09RIID0002002B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO	8
4	PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	10
5	DATI IDROLOGICI DI PROGETTO	11
6	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	18
7	DESCRIZIONE SMALTIMENTO IDRAULICO DI PIATTAFORMA FERROVIARIA	20
7.1	SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA FERROVIARIA IN RILEVATO	20
7.2	SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA FERROVIARIA IN VIADOTTO	20
7.3	SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA FERROVIARIA SU SCATOLARE DI PROGETTO	21
8	INVARIANZA IDRAULICA	23
8.1	SISTEMI DI LAMINAZIONE AD INFILTRAZIONE	27
8.2	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO VASCA DI LAMINAZIONE STAZIONE VIGNA CLARA	30
8.2.1	<i>Dimensionamento impianto di sollevamento</i>	<i>31</i>
9	EFFETTI CLIMATICI	32

1 PREMESSA

Il progetto della chiusura dell'anello nord di Roma è stato oggetto di Progettazione Preliminare (Legge Obiettivo) nell'ambito del più ampio progetto di Gronda Merci di Roma, costituito dalla Cintura Nord e dalla Gronda Sud. Il progetto preliminare è stato oggetto di VIA nel 2004, che si è conclusa con parere positivo, ma con prescrizioni molto impattanti per il tracciato della gronda Sud.

Gli interventi si compongono nello specifico di un itinerario di gronda alla capitale per il traffico merci e un potenziamento per i servizi di tipo metropolitano, al fin di rendere la rete meno vulnerabile a crisi localizzate.

L'area interessata dall'intervento riguarda il territorio di Roma e provincia, ma l'area vasta di ripercussione dei suoi effetti ha carattere regionale e interregionale, essendo Roma un nodo cruciale di attraversamento tra nord e sud del Paese. In Figura 1 è rappresentato lo schematico del nodo di Roma secondo quanto previsto dalla legge obiettivo.

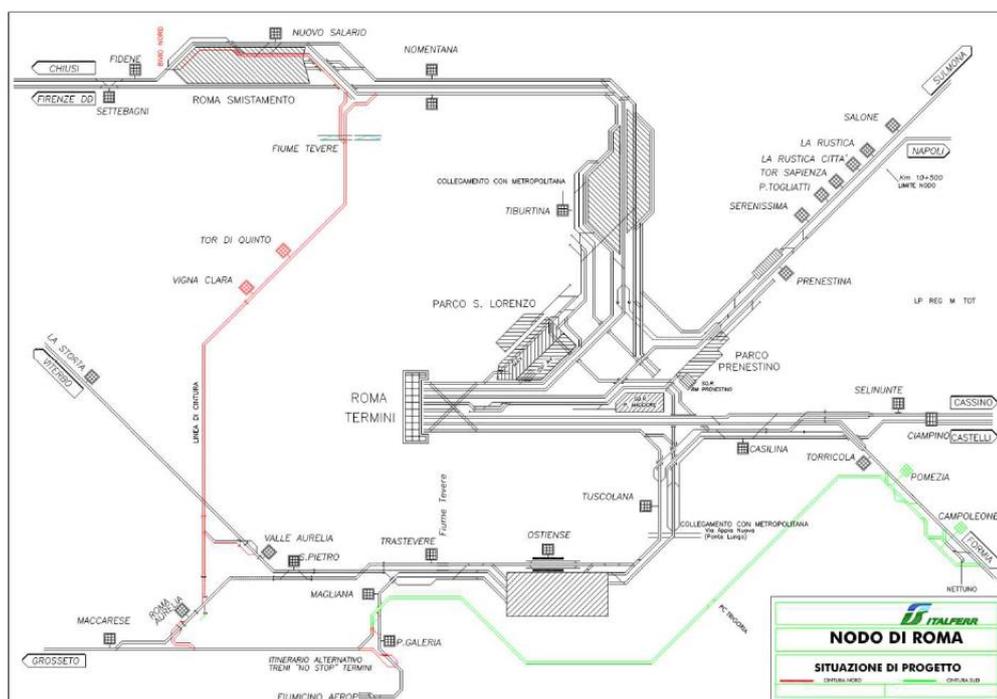


Figura 1 - Schematico del nodo di Roma secondo quanto previsto dalla legge obiettivo

Per il suo valore trasportistico, è stato deciso di riprendere la progettazione della Cintura Nord, che consentirebbe di potenziare l’offerta commerciale nel nodo e creare un servizio a ring con vocazione prevalentemente di trasporto passeggeri.

Il presente progetto prevede, come stato di fatto, il progetto di riattivazione della tratta Valle Aurelia – Vigna Clara a doppio binario.

Del progetto oggetto della presente documentazione attualmente risultano realizzati:

- galleria Monte Mario;
- sede ferroviaria da Valle Aurelia fino a Vigna Clara;
- stazione di Vigna Clara;
- raddoppio tratta Valle Aurelia - Vigna Clara

Di seguito il piano schematico di progetto.

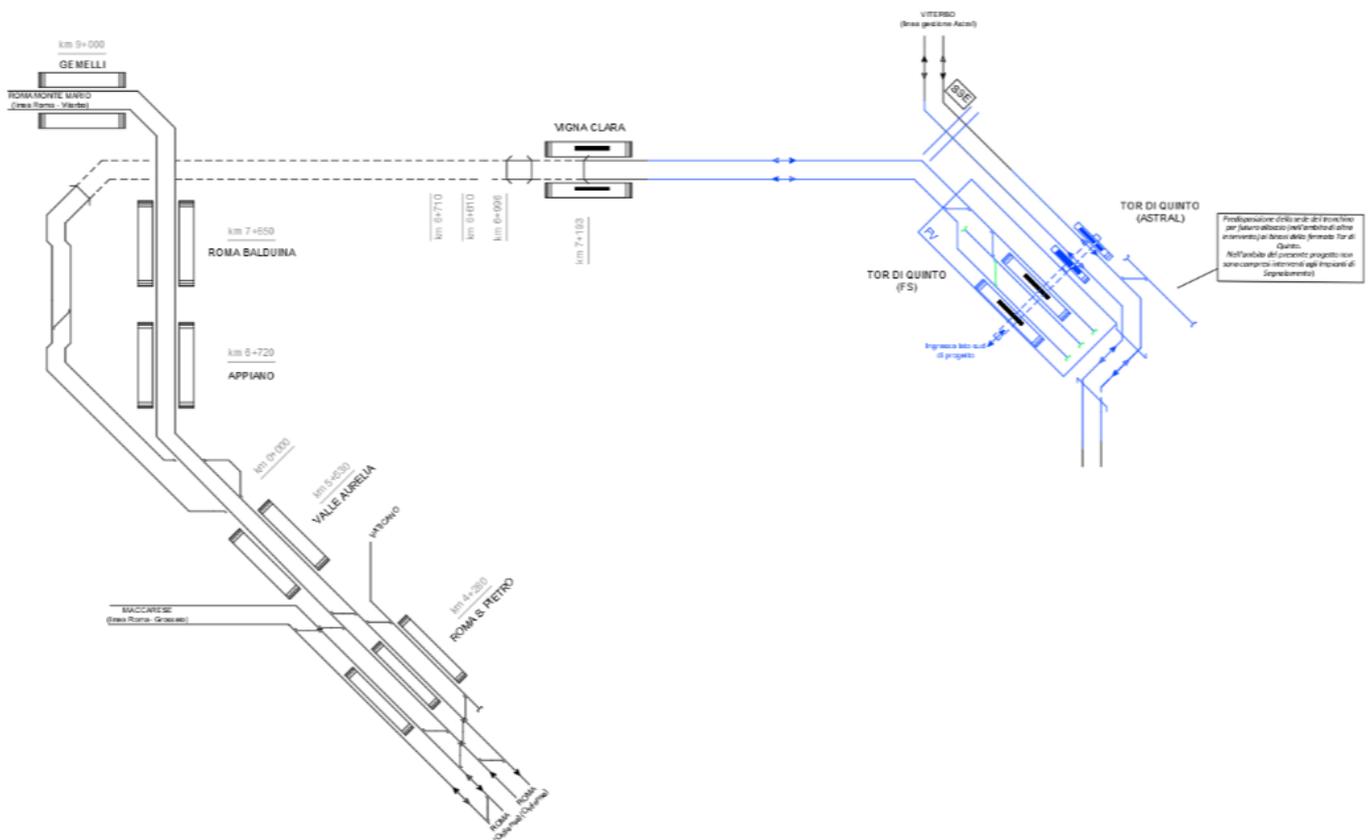


Figura 2 - Scenario Schematico di Progetto del Lotto

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 3).

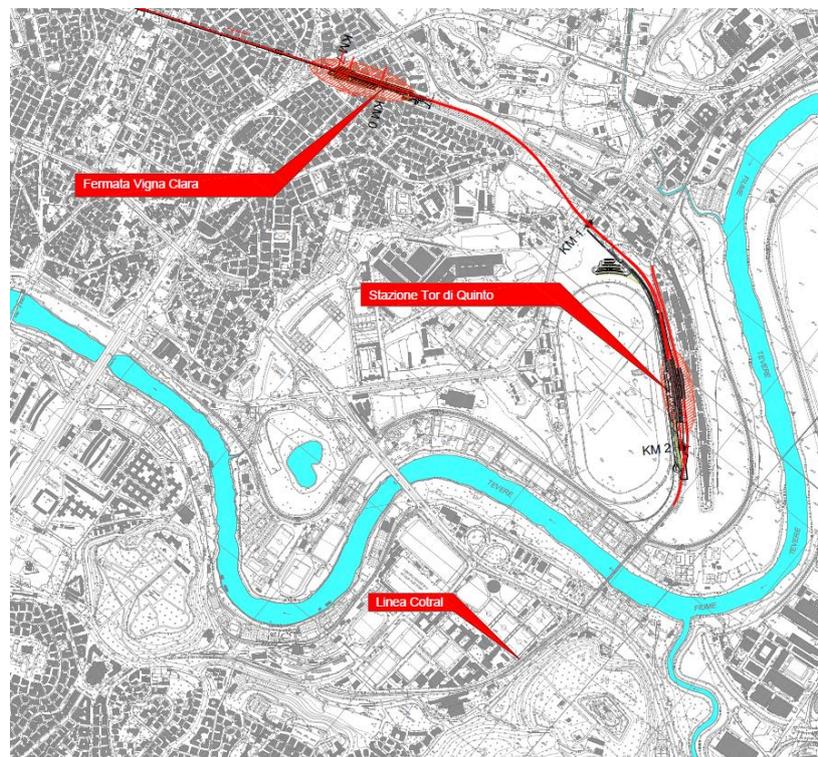


Figura 3 – Inquadramento dell’intervento in progetto.

In particolare, il presente documento descrive i sistemi di drenaggio delle opere e dei manufatti idraulici annessi alla realizzazione degli interventi di progetto, volti alla raccolta, al collettamento ed allo smaltimento delle acque meteoriche precipitate sulla sede ferroviaria e sulle aree ad essa afferenti, nonché sulle aree di stazione e delle viabilità di progetto.

Sono quindi riportati i criteri e le metodologie adottate per il dimensionamento dei manufatti e i recapiti finali individuati per lo scarico delle acque raccolte, nel rispetto del principio dell’invarianza idraulica.

In conformità al manuale di Progettazione Ferroviario i sistemi di drenaggio devono essere dimensionati e verificati per un evento critico di durata inferiore all’ora (scroscio) e per un prefissato tempo di ritorno T_r , posto pari a 100 anni per le aree afferenti al sistema di drenaggio disposto a presidio della sede ferroviaria (sistema di drenaggio di linea).

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme in vigore a livello nazionale e/o europeo:

- Decreto Legislativo 152/2006 Norme in materia ambientale;
- Circolare MIn.LL.PP.N.11633. 1974- Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto;
- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17 gennaio 2018_5.1 Ponti_5.1.2.3. Compatibilità idraulica;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019_ Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018_C 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica;
- Manuale di progettazione di ITF/RFI 2023;
- Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni Decreto Min. Lav. Pubblici 12/12/85
- UNI EN 1433:2008“Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni - Classificazione, requisiti di progettazione e di prova, marcatura e valutazione di conformità”;
- UNI EN 124:2015 “Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali - Parte 1: Definizioni, classificazione, principi generali di progettazione, requisiti di prestazione e metodi di prova”.
- UNI EN 13476-1:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- UNI EN 13476-3:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-

U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, Tipo B;

- D. Lgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- D. Lgs 23 Febbraio 2010, n. 49 “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvioni”;
- Piano di Tutela delle acque Regionale (PTAR) della Regione Lazio approvato con deliberazione del Consiglio regionale 27 settembre 2007, n. 42 e successive integrazioni 23 novembre 2018;
- PS5- Piano di bacino Stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla foce e s.m.i. Decreto Segretariale n. 58/2016 del 22 Dicembre 2016 ed alle relative Norme Tecniche di Attuazione, contenenti le modifiche ed integrazioni elaborate nella seduta del CT del 20 gennaio 2016.
- Delibera di Giunta n 117 del 24/03/2020, approvazione “Linee Guida sulla invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali - D.lgs 49/2010 - Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni” .

3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

Gli interventi previsti in progetto per il LOTTO 1b riguardano:

- 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.

Il tracciato ha pertanto inizio nella fermata di *Vigna Clara*. Non sono previsti comunque 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 500 m 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.

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.

4 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'intervento in progetto nel suo complesso si inserisce nel tratto metropolitano del Fiume Tevere, da Castel Giubileo alla foce, corridoio fluviale caratterizzato principalmente dal regime idraulico (piene e magre) proprio del tratto (dipendente dalla regolazione operata dalla traversa di Castel Giubileo e prima dalla Diga di Corbara, nonché dalla confluenza del Fiume Aniene), dalle opere idrauliche presenti (muraglioni ed argini), dalle aree golenali disponibili tra le arginature con i loro attuali utilizzi (circoli sportivi, etc.), dai numerosi ponti, dalle banchine e dalle presenze archeologiche.

Tale tratto urbano è da tempo all'attenzione dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale che, allo scopo della sua completa pianificazione, ha elaborato uno specifico piano di bacino stralcio denominato "Progetto di piano di bacino del fiume Tevere, 5° stralcio funzionale, per il tratto metropolitano da Castel Giubileo alla foce" (PS5), adottato dal Comitato Istituzionale in data 31/07/2003 con delibera n. 104.

Il Piano è stato poi approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 3 Marzo 2009 (G.U. n. 114 del 19 Maggio 2009) a seguito della deliberazione del Comitato Istituzionale del 15 dicembre 2008, n. 115; la prima variante è stata approvata con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 10 aprile 2013 (GU 12 agosto 2013 n. 188) a seguito della deliberazione del Comitato Istituzionale del 18 luglio 2012 n. 124; la seconda variante è stata recentemente approvata con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 giugno 2019 (GU del 20 agosto 2019 n.194) a seguito della deliberazione della Conferenza Istituzionale Permanente del 14 dicembre 2017, n. 6.

Il Piano disciplina e tutela gli aspetti idrogeologici e ambientali che caratterizzano la vasta area di propria competenza (1724 kmq, Roma Capitale e 38 Comuni dell'hinterland) con l'obiettivo di salvaguardare il sistema delle acque superficiali-sotterranee e valorizzare i Corridoi fluviali principali (Tevere, Aniene), nonché 14 Corridoi ambientali del reticolo secondario, introducendo per la prima volta nella Regione il concetto di invarianza idraulica: "ogni nuova trasformazione dello stato del suolo non deve costituire un aggravio di portata del reticolo idrografico".

5 DATI IDROLOGICI DI PROGETTO

Per la definizione delle portate transitanti nei sistemi di drenaggio si deve far riferimento alle curve di possibilità pluviometrica definite nelle relazioni idrologiche annesse – *NR4E12R09RIID0001001* e *NR4E1AR29RIID0001001* (a corredo del PFTE del limitrofo lotto 1A, Valle Aurelia-Vigna Clara) – relative ad un tempo di ritorno pari a 100 [anni] per la piattaforma ferroviaria. I parametri caratteristici di tali curve sono ottenuti partendo dall’analisi idrologica descritta nel relativo studio idrologico, di cui di seguito si riportano le conclusioni.

Per il dimensionamento e la verifica idraulica del sistema di smaltimento e drenaggio della piattaforma ferroviaria, della piattaforma stradale e dei piazzali, per i quali è stato adottato il “Metodo della corrivazione”, sono stati messi a confronto i parametri ricavati con il Metodo VAPI e il Metodo Gumbel (applicato per l’elaborazione delle registrazioni pluviometriche disponibili), quest’ultimo risultato più cautelativo (par. 3.2.2 della Relazione Idrologica *NR4E1AR29RIID0001001*), almeno per durate inferiori all’ora. Nello specifico, come mostrato nella figura seguente, con riferimento alla procedura VA.P.I. dell’Italia centrale, l’intervento in progetto (*Lotto 1b*) ricade nella sottozona omogenea **A10**.

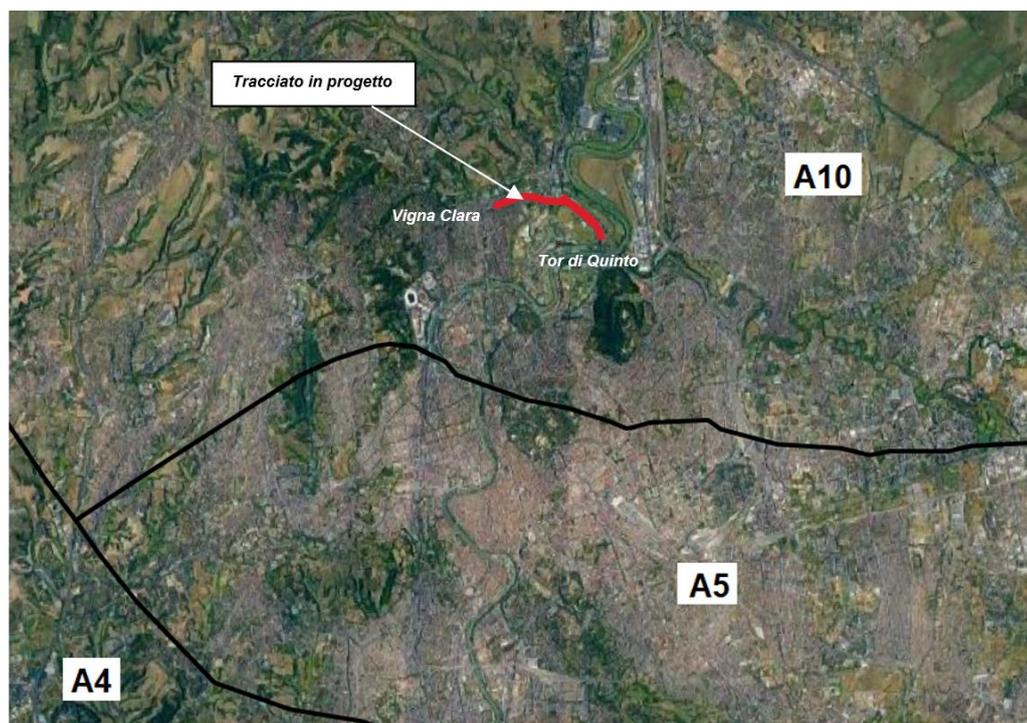


Figura 4 – Intervento in progetto (Lotto 1b) vs sottozona omogenee VAPI Italia Centrale.

Nella tabella seguente, sono indicati i valori (relativi alla sottozona di interesse e ai tempi di ritorno di riferimento precedentemente considerati) dei parametri della curva di possibilità pluviometrica (CPP) derivata dalla procedura di regionalizzazione V.A.P.I., descritta dall'equazione (*) sottostante. Tali valori si riferiscono ad una quota media di +20.0 m slm.

SZO	$a (Tr25)$	$a (Tr50)$	$a (Tr100)$	b	m
<i>A10</i>	73.3	86.0	104.5	0.14152	0.7415

Tab. 1 – Valori dei parametri $a(Tr)$, b , m per la sottozona VAPI A10, per i tempi di ritorno di 25 e 100 anni.

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

Nello specifico, 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; $a(Tr)$, è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

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, sono state prese in considerazione due stazioni pluviometriche e sono stati recuperati tutti i dati di pioggia registrati, disponibili fino all'anno 2021.

STAZIONE PLUVIOMETRICA	periodo osservazione	# osservazioni
<i>Roma Nord</i>	1995 - 2021	15
<i>Roma Acqua Acetosa</i>	1994 - 2021	15

Tab. 2 – Stazioni pluviometriche di riferimento: periodo di osservazione/funzionamento e numerosità campionaria.



Figura 5 – Stazioni pluviometriche nell’area di intervento.

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.

Nella tabella seguente sono riportati i valori a e n delle curve di possibilità pluviometrica relative ad ogni stazione pluviometrica (valide per durate superiori all'ora), per i tempi di ritorno di riferimento per la definizione delle opere di drenaggio della piattaforma.

Stazione pluviometrica	a_{25}	n_{25}	a_{50}	n_{50}	a_{100}	n_{100}
<i>Roma Nord</i>	79.64	0.13	92.01	0.12	104.3	0.11
<i>Roma Acqua Acetosa</i>	83.21	0.10	96.06	0.09	108.84	0.08

Tab. 3 – Stazioni pluviometriche di riferimento: parametri a e n per diversi tempi di ritorno (per durate superiori all'ora).

L'utilizzo di tali parametri (validi per durate $> 1h$) per durate più brevi può portare ad un'errata valutazione delle intensità di pioggia e pertanto delle altezze d'acqua considerate come riferimento. Per il presente progetto si è fatto quindi riferimento ad una metodologia di stima derivante da osservazioni sperimentali. In letteratura sono infatti disponibili numerosi studi ed esperienze che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di breve durata siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora secondo uno schema tipico.

Nel dettaglio, è stato dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia h , con t minore di 60 minuti, e quella di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno T , è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(t)$$

Avendo indicato con f un simbolo funzionale. Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale può essere espresso nella semplice forma:

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

in cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti, s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame.

Nel caso in oggetto per il dimensionamento e la verifica degli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio della piattaforma stradale (tempi di ritorno TR 25 anni) e ferroviaria (tempi di ritorno TR 100 anni), per le quali si utilizzano dati di pioggia sub orari, si applica la formula di Bell nella seguente formulazione:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot d^{0.25} - 0.5$$

applicabile per durate:

$$5 \leq \tau \leq 120 \text{ min}$$

Dove:

- $h_{\tau,Tr}$ indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo τ riferita al periodo di ritorno Tr
- $h_{60,Tr}$ è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora, con periodo di ritorno Tr
- τ è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia h_{τ} relativa all'evento di durata τ ($5 \leq \tau \leq 120$ min), valutata sulla base dei parametri relative alle CPP considerate (parametro $a = h_{60,Tr}$) e la relazione di Bell, passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n .

Nella tabella seguente sono riportati dunque i valori a e n delle curve di possibilità pluviometrica relative ad ogni stazione pluviometrica (valide per durate inferiori all'ora), per i tempi di ritorno di riferimento per la definizione delle opere di drenaggio della piattaforma.

Stazione pluviometrica	a_{25}	n_{25}	a_{50}	n_{50}	a_{100}	n_{100}
<i>Roma Nord</i>	83.03	0.469	95.91	0.469	108.73	0.469
<i>Roma Acqua Acetosa</i>	86.75	0.469	100.14	0.469	113.46	0.469

Tab. 4 – Stazioni pluviometriche di riferimento: parametri a e n per diversi tempi di ritorno (per durate inferiori all'ora).

Di seguito, si riporta il confronto in forma grafica tra le curve di possibilità pluviometrica dedotte dalla metodologia VAPI e derivanti dall'elaborazione statistica secondo Gumbel dei dati di pioggia disponibili, per durate superiori e inferiori all'ora, per un tempo di ritorno di 100 anni.

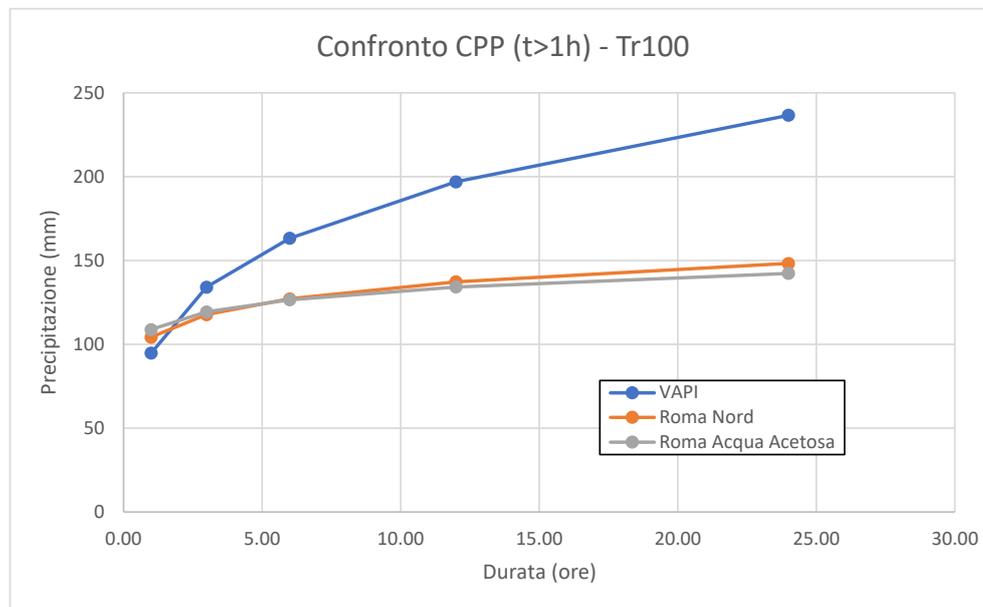


Figura 6 – Confronto tra curve di possibilità pluviometrica determinate con varie metodologie (Tr100, t > 1h).

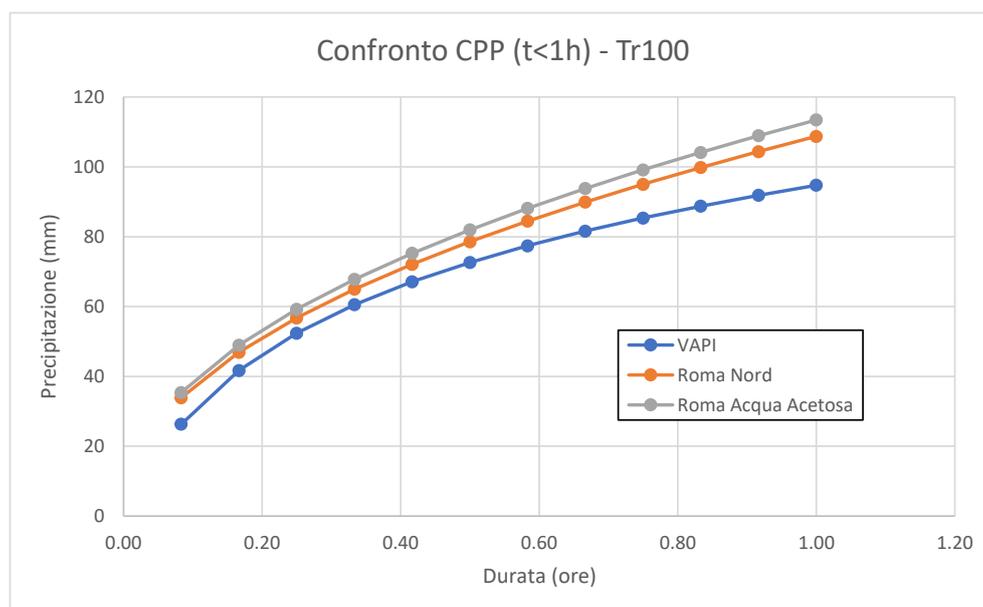


Figura 7 - Confronto tra curve di possibilità pluviometrica determinate con varie metodologie (Tr100, t < 1h).

Si osserva che per durate superiori all'ora, la metodologia VAPI fornisce curve di possibilità pluviometrica più cautelative rispetto a quelle determinate secondo il metodo di Gumbel applicato ai dati di pioggia disponibili.

Per durate inferiori all'ora, invece, le curve di possibilità pluviometrica determinate secondo il metodo di Gumbel applicato ai dati di pioggia disponibili risultano essere più cautelative rispetto a quelle derivanti dall'applicazione della metodologia VAPI.

6 STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Per la stima delle portate al colmo di piena necessaria per il dimensionamento del sistema di drenaggio e presidio idraulico è stato utilizzato il metodo razionale; alla base di tale procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{\phi h S}{3,6 t_c} (m^3 / s)$$

dove

- ϕ = *coefficiente di deflusso del bacino*;
- h = *altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm)*;
- S = *superficie del bacino (km²)*;
- t_c = *tempo di corrivazione del bacino (ore)*.

Gli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio della piattaforma ferroviaria saranno dimensionati relativamente ad un tempo di ritorno T_R pari a 100 anni.

Il tempo di corrivazione è determinato, facendo riferimento al percorso idraulico più lungo fino alla sezione di chiusura considerata, mediante la relazione:

$$t_c = t_a + t_r \text{ (ore)}$$

con

- t_a = tempo di accesso alla rete;

- $$t_r = \sum_i \frac{L_i}{3600 \cdot V_i}$$

tempo di rete, pari alla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso idraulico più lungo. Per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque meteoriche di dilavamento il tempo di accesso alla rete è assunto pari a 5 minuti.

Il tempo di rete è calcolato, in prima approssimazione, considerando una velocità di scorrimento $V_i=1,00$ m/s; in base a tale valore si imposta il calcolo la portata di progetto. Si può quindi determinare, in moto uniforme la velocità di scorrimento del collettore così da calcolare un nuovo tempo di rete. Tale procedura iterativa ha termine quando le differenze tra i risultati relativi a due passi successivi sono trascurabili.

Il coefficiente di deflusso ϕ è assunto pari a:

- 0.9 per le superfici pavimentate;
- 0.5 per le trincee, i rilevati ;
- 0.4 per le aree a verde.

7 DESCRIZIONE SMALTIMENTO IDRAULICO DI PIATTAFORMA FERROVIARIA

In questo capitolo, vengono illustrati gli elementi principali ed accessori costituenti i sistemi di drenaggio in progetto.

7.1 Smaltimento idraulico piattaforma ferroviaria in rilevato

Nei tratti in cui il corpo ferroviario si trova in rilevato, le acque meteoriche vengono canalizzate mediante un cordolo bituminoso a lato della piattaforma ed allontanate dalla sede ferroviaria per mezzo di embrici disposti lungo le scarpate del rilevato ferroviario.

Al piede del rilevato, l'acqua viene collettata per mezzo di fossi di guardia, dimensionati con tempo di ritorno centennale, necessari alla raccolta delle acque di piattaforma provenienti dagli embrici e dalle scarpate del corpo del rilevato. Tali elementi presentano una sezione trapezia con pendenza delle sponde pari a 1:1 base $b=0.50\text{m}$, altezza $h=0.50\text{m}$. Nel rispetto del principio di invarianza idraulica (per i dettagli si rimanda al capitolo successivo) si è scelto di predisporre degli elementi disperdenti per favorire l'infiltrazione nel sottosuolo. In particolare, tale elemento è costituito da un bauletto disperdente con profondità variabile tra 0.50 – 1 m costituito da ciottoli con pezzatura media di 0.10, confinato all'interno di un geotessuto drenante, che ne previene l'intasamento.

7.2 Smaltimento idraulico piattaforma ferroviaria in viadotto

Nei tratti in cui il corpo ferroviario si sviluppa in viadotto, si prevede in corrispondenza del bordo esterno dell'impalcato un foro nel quale si innesta un bocchettone in PVC Ø160 che intercetta le acque afferenti la semipiattaforma ferroviaria e le consegna ad un collettore in PVC Ø315- Ø400- Ø500 corrente sotto l'impalcato.

Esso prosegue fino alla pila o spalla dove tramite discendente (pluviale) scarica le acque nei fossi di guardia di tipo disperdente muniti di bauletto drenante posti al piede del manufatto.

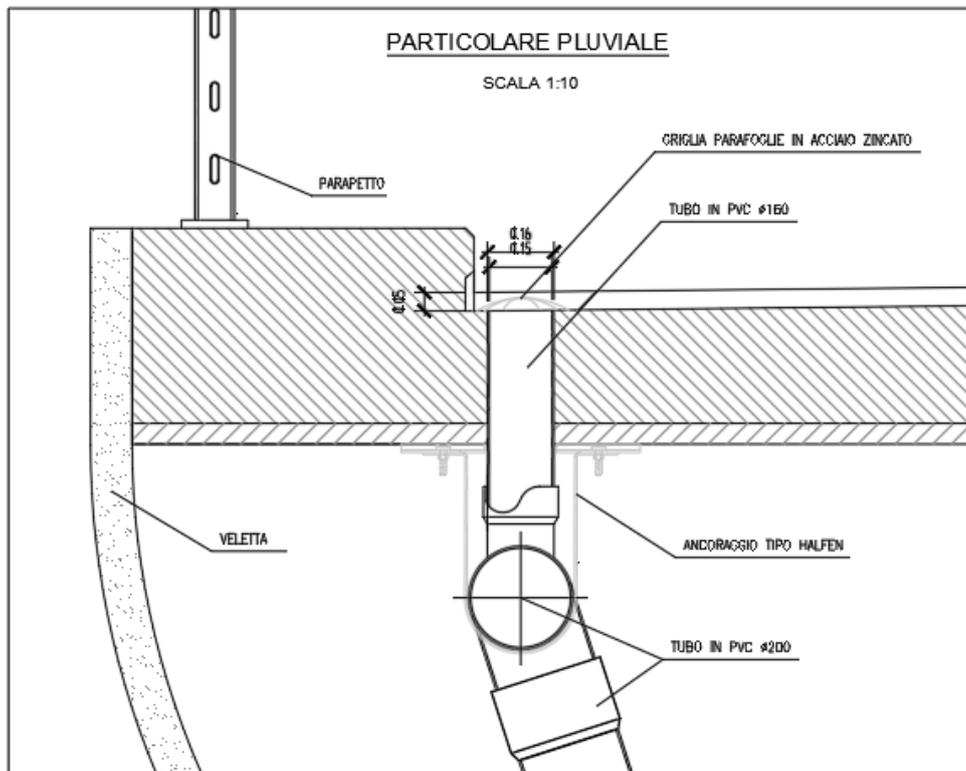


Figura 8 - Particolare smaltimento acque di piattaforma ferroviaria in viadotto

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

7.3 Smaltimento idraulico piattaforma ferroviaria su scatolare di progetto

Nei tratti in cui il corpo ferroviario si sviluppa sullo scatolare di progetto a servizio della nuova stazione ferroviaria di Tor di Quinto si prevede in corrispondenza del muro esterno superiore una serie di tubi quadri con dimensioni 0.14m x 0.14m in PVC con passo P=10m che intercettano le acque afferenti alla piattaforma ferroviaria e alla banchina di stazione e le convogliano esternamente alla struttura; i suddetti collettori hanno esito in un tubo in PVC con dimensioni variabili DN400-DN500 appeso lateralmente al manufatto e corrente lungo lo scatolare.

In corrispondenza dei punti di recapito tramite discendente (pluviale) scarica le acque nei fossi di guardia di tipo disperdente muniti di bauletto drenante posti al piede del manufatto.

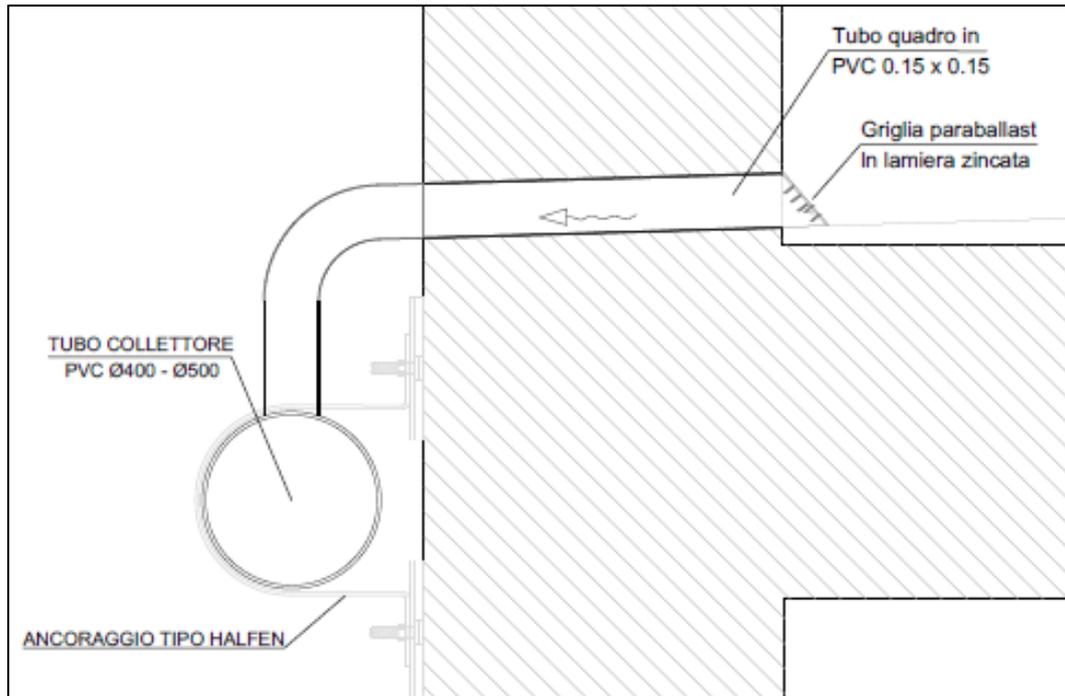


Figura 9 - Particolare smaltimento acque di piattaforma ferroviaria su scatolare di progetto

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

8 INVARIANZA IDRAULICA

La seconda variante o il II aggiornamento del P.S.5 (*Progetto di piano di bacino del fiume Tevere, 5° stralcio funzionale, per il tratto metropolitano da Castel Giubileo alla foce*), recentemente approvata/o con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 giugno 2019 (a sedici anni dalla prima adozione), ha introdotto per la prima volta nella Regione Lazio il concetto/principio di invarianza idraulica, fornendo, nelle relative Norme tecniche di attuazione (NTA) e allegati, indicazioni/disposizioni per la sua disciplina ed applicazione, da rispettare/osservare su tutto il territorio del P.S.5.

Nello specifico, la tipologia delle norme da applicare dipende da due parametri (cfr. artt. 3 ÷ 8 delle NTA):

- *Classe di Risposta Idraulica al Grado di Impermeabilizzazione*
- *Classe di Trasformazione del Territorio*

Il primo parametro è stimato sulla base delle variazioni percentuali delle portate e dei volumi valutate ipotizzando differenti gradi di impermeabilizzazione del suolo o dei terreni che caratterizzano il bacino in esame e definendo opportuni indici la cui combinazione determina la classificazione del bacino in termini di

risposta idraulica al cambiamento di impermeabilizzazione secondo le seguenti categorie:

- *bacino in categoria 1 – bassa risposta idraulica alla variazione del grado di impermeab.*
- *bacino in categoria 2 – media risposta idraulica alla variazione del grado di impermeab.*
- *bacino in categoria 3 – alta risposta idraulica alla variazione del grado di impermeab.*

Procedendo poi a combinare quest'ultimo parametro con quello relativo al grado assoluto di impermeabilizzazione dei suoli (Imp.), determinato a livello di area romana, secondo le seguenti classi:

- *CLASSE 1: Imp. minore o uguale al 5%*
- *CLASSE 2: Imp. minore o uguale al 35%*
- *CLASSE 3: Imp. Maggiore di 35 %*

è possibile quindi stimare la classe finale di risposta idraulica al grado di impermeabilizzazione (1, 2, 3). Per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato "*La risposta di un bacino rispetto alla variazione del grado di impermeabilizzazione*" delle NTA.

Il secondo parametro è stimato mediante la seguente classificazione dimensionale degli interventi di trasformazione delle superfici (art. 3 delle NTA):

- a) *intervento di dimensione marginale*: intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1ha;
- b) *Interventi di dimensione modesta*: intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha;
- c) *Intervento di dimensione significativa*: intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha;
- d) *Intervento di dimensione marcata*: intervento su superfici superiori a 10 ha.

Noti i due parametri sopra introdotti, l'intervento da attuare al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica può essere dedotto dalla seguente matrice.

Classe di trasformazione	Classe di Risposta Idraulica		
	1	2	3
a	BP	BP	BP
b	VC0	VC0	VC0
c	VC50	VC50	VC50
d	VC50	RID75	RID50

Tab. 5 – Principio di invarianza idraulica: norme ed interventi da attuare (NTA del P.S.5).

Nello specifico,

- **BP** = tecniche di buona pratica costruttiva (tetti verdi; pavimentazioni drenanti; trincee drenanti, aree verdi drenanti,.....).
- **VC0** = sono ammesse varie tipologie di intervento; nell'eventuale dimensionamento dei volumi compensativi è possibile tenere conto dell'effetto di laminazione operato dalla rete, dai canali e dai pluviali. Inoltre, le luci dell'organo di scarico non dovranno eccedere le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e i tiranti ammessi nell'invaso non dovranno eccedere il metro.
- **VC50** = è necessario individuare il volume compensativo atto a garantire l'invarianza idraulica; a tal fine andranno dimensionati i tiranti e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'intera area in trasformazione ai valori precedenti l'intervento (ante operam) per un evento pluviometrico con Tempo di Ritorno pari a 50 anni.

- **RID75** = è necessario individuare il volume compensativo atto a garantire l'invarianza idraulica, a tal fine andranno dimensionati i tiranti e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'intera area in trasformazione ai valori precedenti l'intervento (ante operam) per la quota parte dell'area non sottoposta a trasformazione, mentre per la parte soggetta a trasformazione urbanistica la portata defluente dovrà essere pari al 75% di quella in condizioni originarie (in conseguenza di ciò l'intervento determinerà una riduzione della portata massima defluente rispetto alle condizioni originarie del 25% per la parte soggetta a trasformazione). L'evento pluviometrico di progetto avrà Tempo di Ritorno pari a 50 anni.
- **RID50** = è necessario individuare il volume compensativo atto a garantire l'invarianza idraulica; a tal fine andranno dimensionati i tiranti e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'intera area in trasformazione ai valori precedenti l'intervento (ante operam) per la quota parte dell'area non sottoposta a trasformazione, mentre per la parte soggetta a trasformazione urbanistica la portata defluente dovrà essere pari al 50% di quella in condizioni originarie (in conseguenza di ciò l'intervento determinerà una riduzione della portata massima defluente rispetto alle condizioni originarie del 50% per la parte soggetta a trasformazione). L'evento pluviometrico di progetto avrà Tempo di Ritorno pari a 50 anni.

I metodi cui far riferimento, in genere, per le determinazioni relative al calcolo dei volumi di compenso sono:

- formule speditive per il calcolo del volume specifico di invaso;
- il metodo delle piogge;
- il metodo della corrivazione;
- il metodo dell'invaso (rif. Manuale di progettazione delle fognature - edizione Hoepli Capitolo 10 paragrafo 4)

I volumi minimi così determinati non dovranno, comunque, risultare inferiori a quanto ottenuto applicando l'espressione semplificata, ricavata dal metodo dell'invaso, che esprime l'incremento del volume di invaso specifico richiesto all'aumentare del coefficiente di afflusso per effetto delle nuove urbanizzazioni e della regolarizzazione del territorio non urbanizzato (interno all'area d'intervento) con corrispondente perdita di capacità di invaso delle depressioni e delle rugosità superficiali.

$$w = w_0 \left(\frac{\varphi}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 \cdot I - w_0 \cdot P$$

La precedente relazione esprime i volumi specifici di invaso (w) richiesti per mantenere il coefficiente udometrico costante in un'area di cui si impermeabilizza una quota I e si lascia permeabile una quota P .

A tal fine, i volumi di riferimento (w_0), valutati con i volumi dei piccoli invasi, possono assumersi pari a 100-150 mc/ha nelle zone di bonifica e circa 50 mc/ha nel caso di territorio non impermeabilizzato in ambito urbano (15 mc/ha per il territorio impermeabilizzato). I termini φ_0 e w_0 (in mc/ha) rappresentano il coefficiente di afflusso e il volume specifico di invaso prima della trasformazione dell'uso del suolo, mentre φ e w (in mc/ha) quelli successivi alla trasformazione. Il termine " n " è il parametro della curva di possibilità pluviometrica ($h=a \cdot T_p^n$). Il volume totale a servizio dell'area di nuova urbanizzazione non dovrà risultare inferiore a $W=w \cdot A$, essendo A l'area totale, in ha, oggetto di trasformazione. L'applicazione di tale formula semplificata assume valore di confronto rispetto ai valori comunque determinati attraverso studi specifici. Recentemente anche la Regione Lazio (*Direzione: LAVORI PUBBLICI, STAZIONE UNICA APPALTI, RISORSE IDRICHE E DIFESA DELSUOLO*) si è "espressa" sul tema, approvando le "Linee Guida sulla invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali", con la DGR n. 117 del 24/03/2020. Tali linee guida prendono di fatto le mosse dalle NTA del P.S.5 e si applicano al territorio regionale non interessato da specifiche norme in materia emanate dalle competenti Autorità di Bacino Distrettuale.

Con riferimento agli interventi in progetto, in particolare quelli previsti nel nuovo tratto di collegamento *Vigna Clara – Tor di Quinto*, in assenza di tecniche di buona pratica costruttiva (e.g. trincee drenanti, aree verdi drenanti, etc.....), il grado assoluto di impermeabilizzazione dei suoli risulterebbe pari alla **CLASSE 3: Imp. Maggiore di 35 %**, mentre la classificazione dimensionale degli interventi di trasformazione delle superfici risulterebbe pari alla **CLASSE C**.

Dalla combinazione di questi due parametri, secondo la matrice della tabella precedente sarebbe necessario l'intervento denominato "VC50" al fine di rispettare il principio dell'invarianza idraulica, ottimizzabile con l'adozione, laddove possibile, di soluzioni di drenaggio "green" sostenibili (e.g. SUDS).

8.1 Sistemi di laminazione ad infiltrazione

A seguito di quanto sopra esposto la rete di drenaggio a servizio della piattaforma ferroviaria è stata dimensionata al fine di soddisfare quanto sopra riportato e indicato dalla normativa regionale.

Ad inizio intervento si prevede un sistema di laminazione costituito da una vasca con un sistema di pompaggio già prevista nel lotto 1A; in questa vasca verranno recapitate le acque delle semipiattaforma sud che va dalla stazione di Vina Clara fino alla spalla ovest del viadotto di progetto sita al km 0+670; per tale sistema di laminazione si rimanda al paragrafo successivo. Poiché la semipiattaforma nord ricalca la sede ferroviaria esistente per quasi la totalità del tratto si ritiene opportuno recapitare le acque al ricettore naturale senza alcun intervento particolare ritenendo sufficiente per la laminazione il volume invasato dal sistema drenante previsto. Dal km 0+370 al km 0+850 le acque sono recapitate in un bacino di laminazione BL1 a nord della spalla ovest; in corrispondenza della spalla est al km 1+440 si scaricano le acque afferenti il tratto di viadotto da km 0+850 al km 1+440 e il tratto di ferrovia prevista sullo scatolare di progetto dal km 1+440 al km 1+800 circa nel fosso drenante FD1. La semipiattaforma sud sullo scatolare dal km 1+800 circa fino a fine struttura, parte della farfalla e circa 200 m di semipiattaforma della linea storica Roma-Civita-Castellana-Viterbo hanno esito nel fosso drenante FD4; in maniera analoga le acque afferenti alla semipiattaforma nord prevista sullo scatolare dal km 1+800 a fine struttura sono recapitate nel fosso drenante FD3. Infine le acque afferenti il tratto in allargamento in corrispondenza della nuova stazione della linea ferroviaria storica Roma-Civita Castellana-Viterbo sono convogliate nel fosso drenante FD2.

Si riporta in allegato la tabella relativa al volume di laminazione richiesto per soddisfare l'invarianza idraulica.

Sistema di infiltrazione	Area servita (m ²)	Volume minimo di invasato (m ³)	Portata ammissibile sul corpo ricettore (l/s)
Bacino di laminazione BL1	1735	153.87	3.47
Fosso D1	11412	1012.11	22.82
Fosso D2	4117	365.13	8.23
Fosso D3	2780	246.55	5.56
Fosso D4	3950	350.32	7.9

Tab. 6 – Volumi minimi di laminazione e portata massime di restituzione

Poiché per ogni sistema di laminazione non si prevede il recapito nel reticolo idraulico naturale o artificiale esistente ma si opera una restituzione tramite infiltrazione nel terreno non si hanno limitazioni di portata sul corpo ricettore.

Di seguito si riportano le verifiche per l'infiltrazione del bacino di laminazione BL1 e dei fossi drenanti a servizio della ferrovia di progetto; per tutti i sistemi di infiltrazione si utilizzerà un bauletto drenante di fondo profondo 0.50m-1.00m costituito da materiale ghiaioso con $d_{50} = 10\text{cm}$ avvolto da geotessuto filtrante.

Per il dimensionamento dei sistemi di laminazione si procede calcolando le differenze tra portata afferente e portata infiltrata al variare della durata dell'evento meteorico.

La portata afferente è pari a:

$$Q_{aff} = \varphi \cdot i(t_p) \cdot A$$

con

- φ = coefficiente di deflusso
- $i(t_p)$ = intensità di pioggia per durata dell'evento meteorico t_p
- A = area drenata

La portata infiltrata è:

$$Q_{inf} = k \cdot C(t_p) \cdot L$$

con

- k = permeabilità del terreno (m/s)
- C = contorno bagnato del fosso non rivestito funzione del t_p
- L = lunghezza fosso non rivestito

Il contorno bagnato per la lunghezza del fosso non rivestito, comprensivo del contorno del bauletto drenante, indica la superficie efficace e utile all'infiltrazione; essa sarà funzione dell'altezza generata nel fosso derivata dal volume affluito al tempo di pioggia t_p .

Noto il volume afferrito al tempo t_p si stima la portata di infiltrazione in base al tirante originato.

Il volume accumulato all'interno del fosso non rivestito sarà pari a:

$$V_{acc} = (Q_{aff} - Q_{inf}) \cdot t_p$$

Nota la geometria del sistema di infiltrazione è possibile calcolare la Q_{inf} per diversi tempi di pioggia t_p ; si definisce tempo critico di pioggia quello che massimizza il V_{acc} e il tirante massimo che si genera all'interno del complesso drenante. Per il bacino di laminazione BL1 si fa riferimento al valore di permeabilità $k = 9 \cdot 10^{-7}$ m/s del sondaggio S1, mentre per il resto dei sistemi di infiltrazione quali i fossi trapezi con sponde 1 su 1, si utilizzerà la permeabilità $k = 1.2 \cdot 10^{-5}$ m/s del sondaggio S4 (la falda si attesta mediamente a 4.5-5 m e a 6.5-7 m da p.c., rispettivamente in corrispondenza dei sondaggi S1 e S4).

Trattandosi di acque afferenti alla piattaforma ferroviaria, in ottemperanza al Manuale di Progettazione ferroviaria, si fa riferimento alla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di $Tr=100$ anni, ed in particolare a 3 parametri (VAPI), in luogo delle durate critiche (superiori all'ora) che si attestano in corrispondenza di ogni elemento/sistema di laminazione:

- $a_{100} = 104.5$
- $b_{100} = 0.142$
- $m_{100} = 0.741$

Per tenere conto delle variazioni climatiche si opera un incremento delle piogge pari al 20% sulla base degli studi descritti nel successivo capitolo "Effetti Climatici". Si riportano di seguito le verifiche dei sistemi di laminazione sopra indicati.

Sistema di infiltrazione	Area servita (m ²)	Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Altezza (m)	Profondità bauletto drenante (m)	Volume disponibile (m ³)	Altezza utile invaso (m)	Durata critica (h)	Altezza massima invaso (m)	Volume massimo di invaso (m ³)
Bacino di laminazione BL1	1735	10	15	2.5	0.5	516.68	2.2	75.15	2.04	491.16
Fosso D1	11412	2	287	1.5	1	1692.96	1.0	7.23	0.81	1368.13
Fosso D2	4117	0.75	550	0.50	1	408.09	0.50	2.2	0.47	287.15
Fosso D3	2780	1.5	130	1	1	377.9	1	4.58	0.89	277.35
Fosso D4	2780	1	234	1	0.5	522.85	1	4.52	0.92	411.94

Tab. 7 – Verifiche sistemi di laminazione e infiltrazione a servizio della ferrovia di progetto

8.2 Impianto di sollevamento Vasca di laminazione Stazione Vigna Clara

Nel Lotto 1A è prevista la realizzazione di una vasca di laminazione (VLS lotto 1B; VL4 lotto 1A) in cls, al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica, di dimensione in pianta pari a 8.00mx6.00m e altezza $H=2.00m$. Nella vasca vengono recapitate le acque di smaltimento le acque del piazzale di stazione, quelle delle coperture dei fabbricati (FA03 e FA04) e quelle provenienti dal piazzale SSE, per poi scaricare, durante fase di transitorio di realizzazione tra lotto 1A e lotto 1B, nella canaletta in cls esistente sul lato opposto attraverso un collettore di attraversamento sotto binario DN200. A causa dei dislivelli di quota tra vasca di laminazione e canaletta di recapito, è necessario installare all'interno della vasca un impianto di sollevamento.

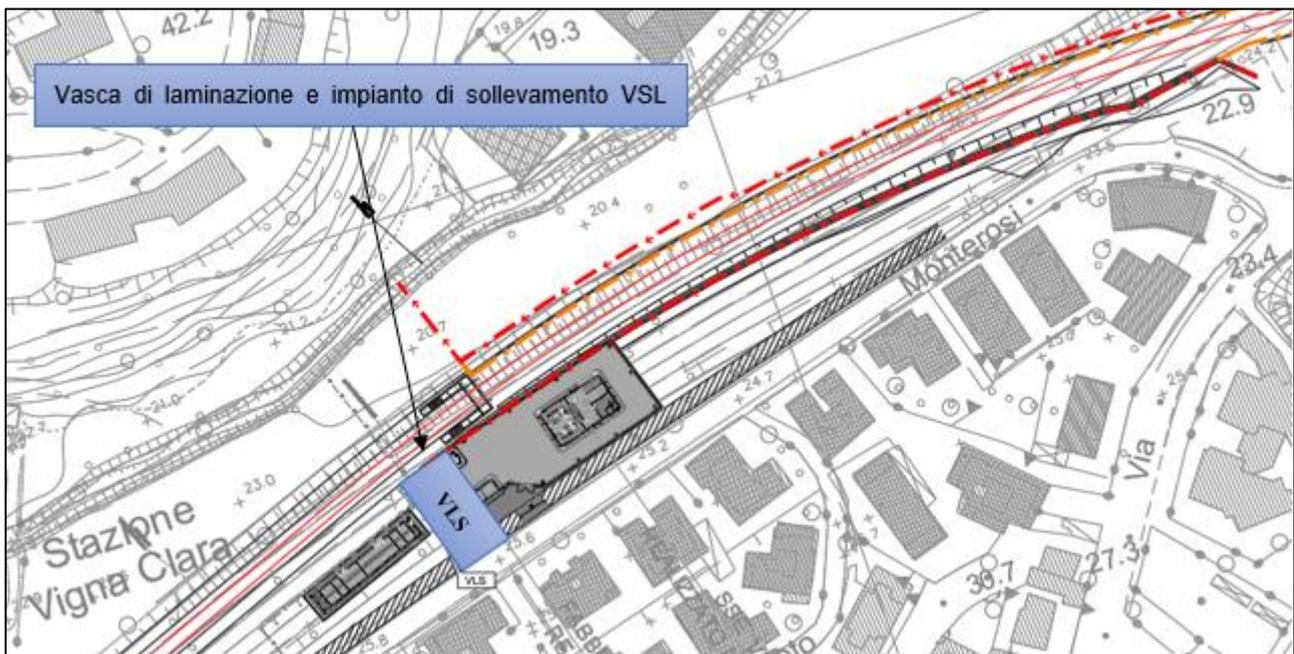


Figura 10 - Stralcio planimetrico stazione di Vigna Clara

Poiché l'impianto di sollevamento servirà anche la semipiattaforma sud della sede ferroviaria del lotto 1B che va dalla stazione alla spalla del viadotto posta alla pk 0+670 per un totale di circa 2585 m², al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica il volume di compenso dell'impianto sarà ampliato di 9 m³ e la portata di rilancio ammissibile sarà incrementata di circa 5.2 l/s.

Considerando che nel lotto 1A si servono 5900m³ per il quali si stimano 20.65 m³ di volume di laminazione se si sommano con i 9m³ sopra calcolati si confermano le dimensioni della vasca VL4 (nel lotto 1A) ora VLS pari a 8.00mx6.00m e altezza H=2.00m

8.2.1 Dimensionamento impianto di sollevamento

Le opere comprese nel presente intervento sono costituite da un gruppo di sollevamento costituito da 2 elettropompe sommergibili (1 come riserva), installate nella vasca interrata di laminazione, a servizio delle acque meteoriche.

La funzione della vasca e quindi dell'impianto è quella di garantire la laminazione delle portate di ingresso e restituire una portata massima pari a 20 l/s*ha al recapito.

La portata totale che deve essere sollevata dalla pompa, tenendo conto di tutti i contributi provenienti la lotto 1A e lotto 1B, deve essere quindi pari a 17 l/s. Il bacino totale servito è pari a 8485m².

Di seguito si riportano le caratteristiche dell'impianto di sollevamento

Vasca di Laminazione VLS

- o Gruppo costituito da n° 2 elettropompe sommergibili (1 in servizio ed 1 in riserva);
- o Portata pompata 17 l/s
- o Prevalenza 3.80 m
- o Diametro condotta premente PEAD DN120
- o Rendimento $\eta=0.70$
- o Potenza assorbita P=0.92 kw

9 EFFETTI CLIMATICI

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC - MATTM, 2015).

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

Secondo la definizione della World Meteorological Organization (WMO), le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale.

Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (Representative Concentration Pathways – RCP), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici.

Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello Special Report on Emission Scenarios (SRES). I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m² - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m² - RCP4.5 e 6 W/m² - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m² - RCP8.5).

Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine "proiezione climatica", riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici.

Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, globali e regionali, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro. I modelli regionali ("Regional Climate Models", RCM) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).

Recentemente l'ISPRA (rif. "Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali", 2015) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli.

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5.

Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione.

Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD), nonché la variazione "media d'insieme" (ENSEMBLE MEAN), con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5.

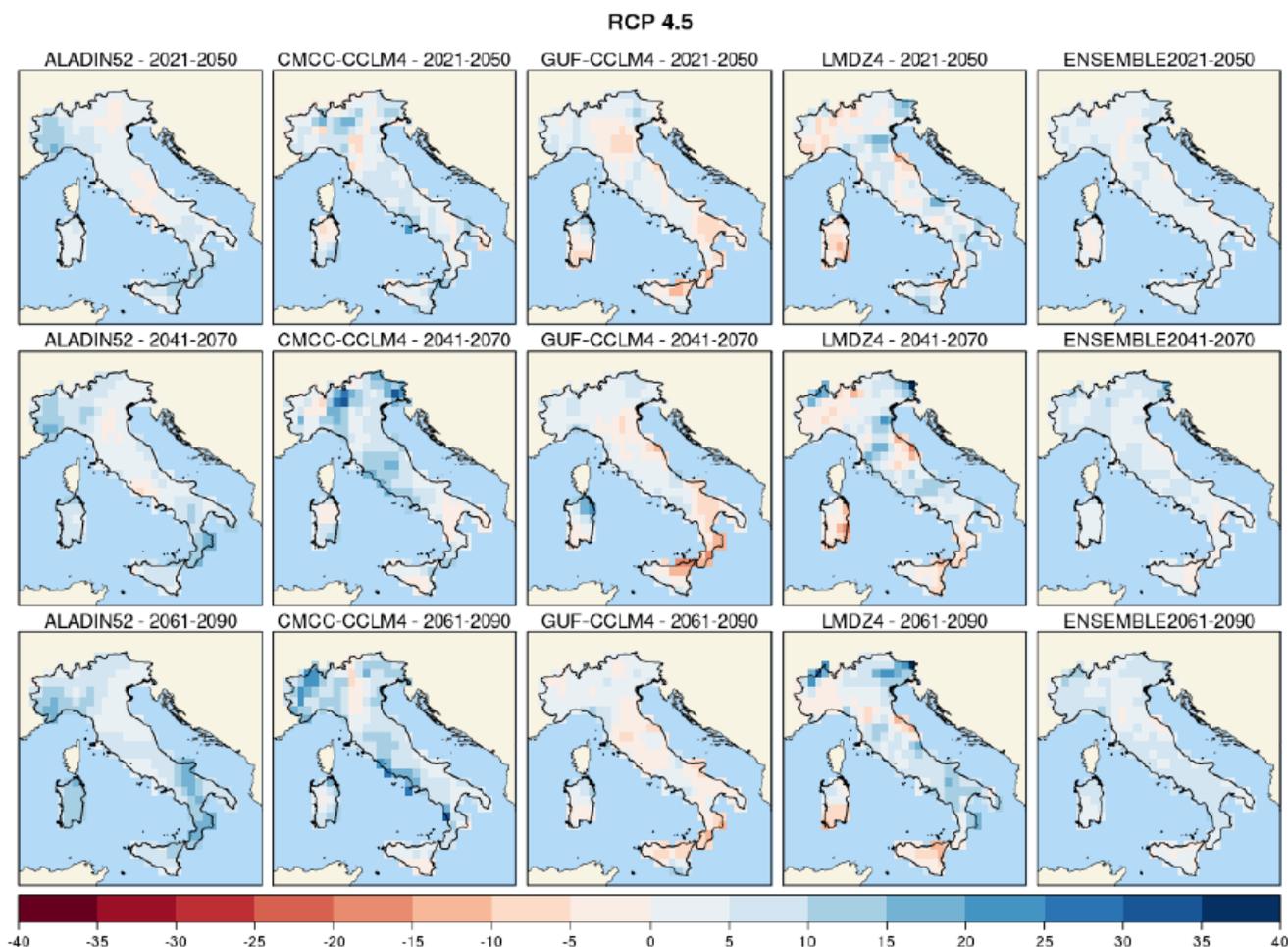


Figura 11 - Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

In entrambi gli scenari, due modelli climatici indicano un aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) e punte superiori a 20 mm in alcune zone.

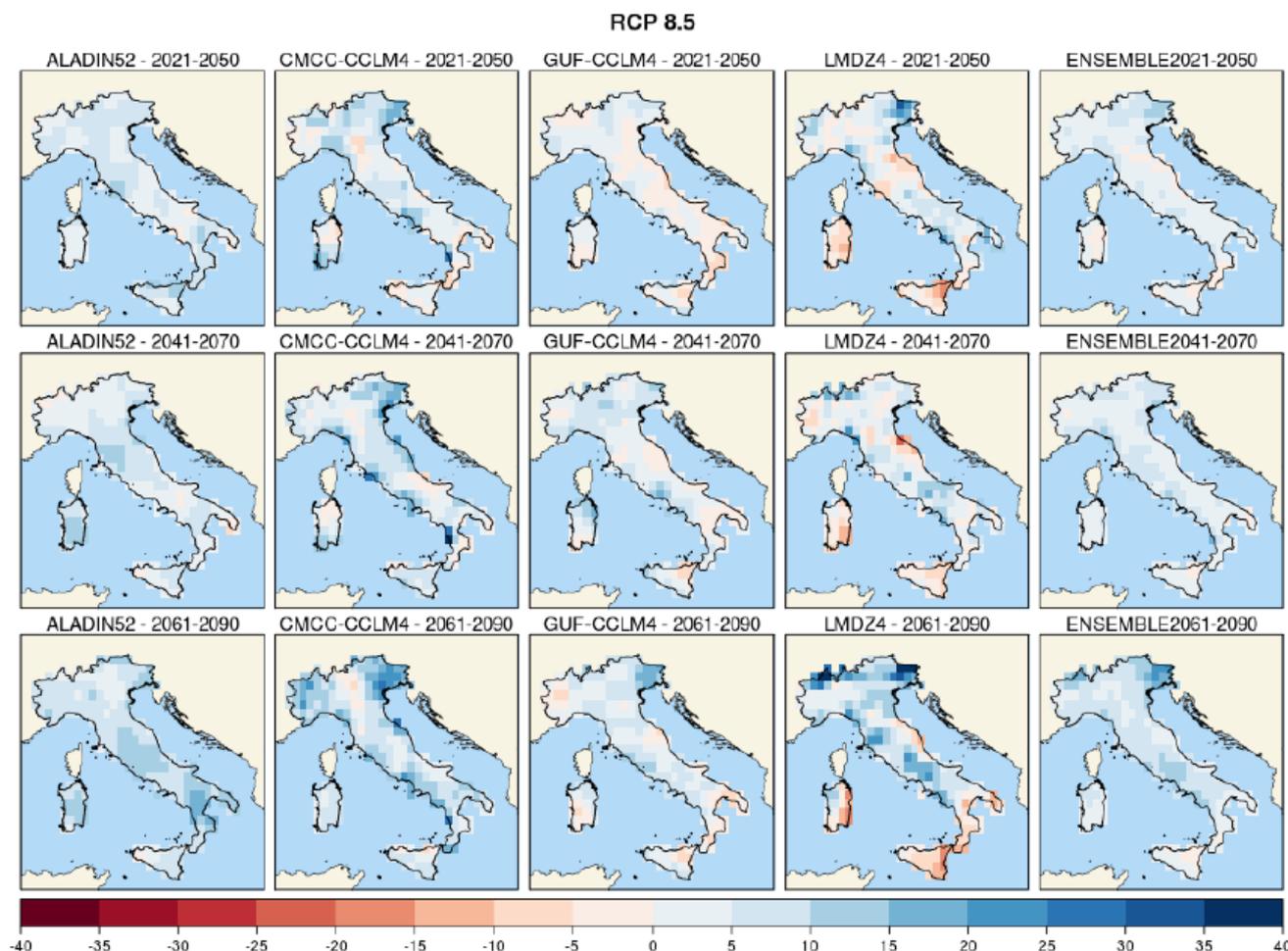


Figura 12 - Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

Nella tabella seguente si riportano i valori di variazione “media di insieme” (ENSEMBLE MEAN) di precipitazione massima giornaliera (h_{24}) (rispetto al valore medio nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), previsti nell’area di intervento, per i tre orizzonti temporali 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, con riferimento allo scenario “massimo” di emissione RCP8.5, dedotti dalle mappe sopra descritte.

Periodo	2021-2050	2041-2070	2061-2090
Variazione media (Ensemble mean) h_{24} (RCP8.5)	+0÷5 mm	+5÷10 mm	+10÷15 mm

Tab. 8 – Valori medi previsti (Ensemble mean, RCP 8.5) di variazione di precipitazione massima giornaliera nell’area di intervento (fonte: ISPRA, 2015).

Con riferimento alle analisi idrologiche sviluppate nel presente studio, ed in particolare ai dati di pioggia registrati presso le stazioni di misura di riferimento, con osservazioni nel periodo climatologico 1971-2000, nella tabella seguente si riportano i valori medi di precipitazione massima giornaliera (h24, nel periodo 1971-2000), per ognuna delle stazioni pluviometriche considerate nel presente studio idrologico (soltanto le stazioni di Roma Macao e Roma Flaminio hanno dati di pioggia registrati nel periodo climatologico di riferimento).

STAZIONE PLUVIOMETRICA	VALORE MEDIO H24 [periodo 1971-2000]
Roma Macao	75.5
Roma Flaminio	75.6

Tab. 9 – Stazioni pluviometriche di riferimento per l’area di studio: valori medi di precipitazione massima giornaliera.

Il valore medio assoluto (media dei valori medi) di precipitazione massima giornaliera (h24, nel periodo 1971-2000) si attesta a **75,53m**.

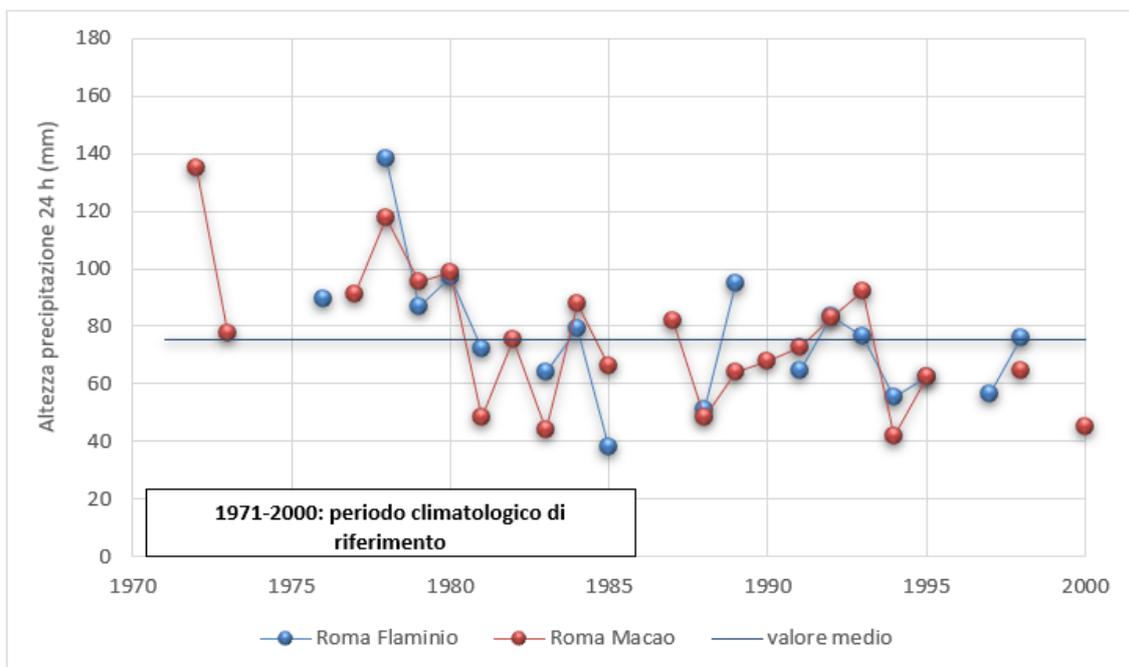


Figura 13 - Stazioni pluviometriche di riferimento per l’area di studio: serie storiche di dati di altezza di pioggia con durata pari a 24 ore.

Prendendo i valori medi riportati nella tabella precedente come riferimento, la variazione massima prevista, ossia +10-15 mm nel trentennio 2061-2090 secondo la “media di insieme” (ENSEMBLE MEAN) dei risultati dei quattro modelli meteo-climatici adottati, corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera compreso tra il 13,2% e il 19,9%.

STAZIONE PLUVIOMETRICA	INCREMENTO % DI H24 AL 2016-2090
Roma Macao	19.9
Roma Flaminio	19.9

Tab. 10 – Stazioni pluviometriche di riferimento per l’area di studio: incremento (%) di precipitazione massima giornaliera previsto al 2061-2090.

Applicando (impropriamente) tale incremento alle altezze di pioggia di progetto, riferite a specifiche durate (i.e. tempi di corrivazione dei singoli bacini), ne deriva un contestuale aumento delle portate al colmo di riferimento, della medesima entità.

Le considerazioni sopra esposte sono prese come riferimento nelle analisi idrauliche a corredo del presente progetto per lo sviluppo di ulteriori verifiche di compatibilità dei sistemi di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria e dei piazzali nei confronti di eventuali variazioni (nello specifico, incrementi) delle precipitazioni per effetto dei cambiamenti climatici.

In particolare, sulla base delle portate incrementate per effetto dei cambiamenti climatici, si procede a verificare che le opere di drenaggio previste in progetto consentano il transito delle portate di riferimento (a pelo libero, senza specifico franco minimo o grado di riempimento) nell'ipotesi di incremento delle precipitazioni, dedotto dalle proiezioni più cautelative (massimo scenario di emissione, massimo orizzonte temporale) ad oggi disponibili. In mancanza di una specifica normativa o linea guida di riferimento (a livello nazionale e/o locale) sul tema, si ritiene che tale criterio di verifica sia ragionevole e conforme alle indicazioni riportate nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (MATTM, 2015). Maggiori dettagli circa le verifiche idrauliche dei singoli elementi di drenaggio saranno fornite nella successiva fase progettuale ovvero di arricchimento per appalto del presente PFTE.