



**Cofinanziato dall'Unione europea**  
**Meccanismo per collegare l'Europa**



**Regione Lombardia**

*Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità*



**FERROVIENORD**



**SEA Società Esercizi Aeroportuali S.p.A.**

CODICE COMMESSA	LIVELLO PROGETTAZIONE	D.P.R. 207/10	PROGRESSIVO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
M 2 0	D	f	0 1 8	IT	- -	R 1	-

**MXP-AT RAILINK - COLLEGAMENTO FERROVIARIO  
MALPENSA TERMINAL 2 - LINEA RFI SEMPIONE**  
*Progetto Definitivo*

**RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE**  
**Relazione di calcolo smaltimento acque**

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1	Mag 2019	Integrazione di cui nota RL D.G. Ambiente prot. n. T1.2019.00.12832 del 15.04.2019		
	0	Dic 2017	PRIMA EMISSIONE		LB

**FERROVIENORD**

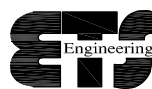
**NORD\_ING**

Progettista



**NORD\_ING**

Collaborazione



Via A. Mazzi, 32 - Villa d'Alme (BG) - tel. 035/6313111 - fax. 035/545066  
e-mail: [Info@etseng.it](mailto:Info@etseng.it) - url: [www.etseng.it](http://www.etseng.it)  
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:2000 - Cert. n. SQ00461 CSICERT

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
Piazzalunga	Locatelli	Parietti	Mag 2019
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
0338-2017			
SECONDA EMISSIONE			1
PRIMA EMISSIONE			-

---

**INDICE**

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO E PRINCIPI GENERALI</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO E DELLE MODALITA' DI CALCOLO DEL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GESTIONE E CONTROLLO DELLE ACQUE METEORICHE</b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>METODO DELLE SOLE PIOGGE</b>	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>PROCEDURA DETTAGLIATA</b>	<b>11</b>
4.2.1	Calcolo del regime pluviometrico	11
4.2.2	Tempo di corrivazione o metodo cinematico lineare	12
4.2.3	Calcolo della portata delle acque meteoriche	13
4.2.4	Dimensionamento del sistema disperdente	14
<b>5.</b>	<b>ALLEGATO A – CALCOLO VOLUME LAMINAZIONE TRINCEA DISPERDENTE N. 3 MEDIANTE PROCEDURA DETTAGLIATA</b>	<b>17</b>

---

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la descrizione delle opere civili relative al **sistema di smaltimento acque di piattaforma** da realizzarsi per il collegamento ferroviario tra il Terminal 2 dell'Aeroporto intercontinentale di Malpensa, capolinea della linea ferroviaria Milano - Malpensa in concessione a FERROVIENORD, e il tracciato ferroviario esistente Milano-Domodossola di RFI.

Il collegamento ferroviario fa parte di un sistema infrastrutturale molto più ampio il cui sviluppo risulta essere strategico per il miglioramento dell'intera rete delle infrastrutture che garantiscono l'accessibilità all'Aeroporto di Malpensa, sia per il traffico passeggeri che per le spedizioni aeree di merci.

Il tracciato si sviluppa in parte in sotterraneo (galleria artificiale e galleria naturale) e in parte a cielo aperto (trincea).

Le quote del piano campagna sono comprese tra +231 m. s.l.m. circa e +265 m. s.l.m. circa.

I terreni attraversati sono di origine fluvioglaciale e sono costituiti essenzialmente da ghiaie sabbiose localmente limose che costituiscono l'acquifero indifferenziato dell'alta pianura.

La soggiacenza della falda è compresa tra -20 e -50 m dal piano campagna.

## **2. INQUADRAMENTO NORMATIVO E PRINCIPI GENERALI**

La raccolta e il controllo delle acque costituiscono una problematica emergente nell'ambito della progettazione edilizia. L'allontanamento delle acque piovane dalle superfici urbanizzate è sempre avvenuto essenzialmente attraverso un sistema di tubazioni di raccolta che a loro volta scaricavano nei collettori fognari comunali.

Questo metodo di smaltimento può tuttavia comportare problemi sul piano della tutela della risorsa idrica superficiale e sotterranea.

Negli ultimi anni questo tema è stato trattato in maniera approfondita dalla normativa in materia, a partire dal Testo Unico sulle Acque (D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152) e le successive correzioni e integrazioni (D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 258). A tal proposito si fa riferimento al Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n. 4 (*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26*) nonché la stessa Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (*Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche*).

La Regione Lombardia ha deliberato il **Regolamento Regionale 23 novembre 2017 - n. 7** recante i criteri e i metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) e di recente ha emanato il nuovo **Regolamento Regionale 19 aprile 2019 - n. 8** che ha apportato alcune modifiche al precedente regolamento e su cui si basa il presente studio.

Il Regolamento prevede che le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle nuove aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono risultare maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

In tal senso, sono privilegiati gli interventi di smaltimento dei volumi invasati finalizzati al riuso dei volumi stoccati (irrigazione aree verdi, lavaggio mezzi, reti duali, ...); in secondo luogo, l'infiltrazione nel suolo e nel sottosuolo superficiale e quindi lo scarico in corpi idrici superficiali e, solo in ultima istanza, la pubblica fognatura (art. 5 del Regolamento).

### **3. DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO E DELLE MODALITA' DI CALCOLO DEL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA**

Il Regolamento Regionale 19 aprile 2019 - n. 8 (nel seguito indicato come 'Regolamento') prevede differenti modalità di calcolo, in funzione della classe di intervento e dell'ambito territoriale in cui esso ricade, come da tabella di cui all'art. 9 dello stesso Regolamento sotto riportata.

**Tabella 1 – Classe di intervento ai sensi del Regolamento n. 8/2019**

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Ai sensi dell'art. 3 comma 5) del Regolamento, *“le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione e non all'intero comparto”*.

Gli interventi riguardano la gestione delle acque meteoriche di dilavamento delle nuove superfici impermeabili come ad esempio quelle dei nuovi piazzali collegati alle uscite di sicurezza dei tratti in galleria della nuova linea ferroviaria.

Poiché tutti gli interventi riguardano la realizzazione di nuove superfici che sorgono su aree verdi, le superfici scolanti che dovranno essere considerate saranno proprio quelle asfaltate dei nuovi piazzali, considerando un coefficiente di deflusso pari a 1 come previsto dal Regolamento.

Le opere sono ubicate nei Comuni di Gallarate, Casorate Sempione e Somma Lombardo e quindi, secondo l'Allegato C del Regolamento di cui agli stralci sotto riportati, i siti di intervento ricadono negli Ambiti Territoriali: Area A ("area ad alta criticità idraulica") per il Comune di Gallarate e Area B ("area a media criticità idraulica") per il Comune di Casorate Sempione e per il Comune di Somma Lombardo.

**Tabella 2 – Ambito Territoriale Comune di Gallarate (VA)**

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
FORMIGARA	CR	B	
FORNOVO SAN GIOVANNI	BG	B	
FORTUNAGO	PV	C	
FRASCAROLO	PV	B	
FUIPIANO VALLE IMAGNA	BG	C	
FUSINE	SO	C	
GABBIONETA BINANUOVA	CR	B	
GADESCO PIEVE DELMONA	CR	B	
GAGGIANO	MI	B	
GALBIATE	LC	A	1
GALGAGNANO	LO	B	
GALLARATE	VA	A	1

**Tabella 3 – Ambito Territoriale Comune di Casorate Sempione (VA)**

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
CASLINO D'ERBA	CO	C	
CASNATE CON BERNATE	CO	A	1
CASNIGO	BG	C	
CASORATE PRIMO	PV	B	
CASORATE SEMPIONE	VA	B	

**Tabella 4 – Ambito Territoriale Comune di Somma Lombardo (VA)**

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
SERRAVALLE A PO	MN	B	
SESTO CALENDE	VA	C	
SESTO ED UNITI	CR	B	
SESTO SAN GIOVANNI	MI	A	1
SETTALA	MI	A	1
SETTIMO MILANESE	MI	B	
SEVESO	MB	A	1
SILVANO PIETRA	PV	B	
SIRMIONE	BS	B	
SIRONE	LC	A	1
SIRTORI	LC	A	1
SIZIANO	PV	B	
SOIANO DEL LAGO	BS	B	
SOLARO	MI	A	1
SOLAROLO RAINERIO	CR	B	
SOLBIATE	CO	A	1
SOLBIATE ARNO	VA	A	1
SOLBIATE OLONA	VA	A	1
SOLFERINO	MN	B	
SOLTO COLLINA	BG	C	
SOLZA	BG	A	1
SOMAGLIA	LO	B	
SOMMA LOMBARDO	VA	B	

Nella tabella seguente, si riportano i dati principali caratteristici degli interventi da realizzare al fine di individuare la classe di intervento di ogni singola area e quindi la relativa modalità di calcolo prevista dal Regolamento ai sensi della tabella 1 sopra riportata:

**Tabella 5 – Classe di intervento e definizione modalità di calcolo**

TRINCEA DISPERDENTE	POSIZIONE	SUPERFICIE INTERVENTO (mq)	COMUNE	CRITICITA' IDRAULICA	CLASSE DI INTERVENTO (Impermeabilizzazione potenziale)	MODALITA' DI CALCOLO
Trincea n. 1	Racc. Milano 55+922 - Tratta 1 e 2	2 640	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 2	Racc. Milano 55+720 - Tratta 3 e 4	2 460	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 3	Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6 - US.6	11 420	Casorate Sempione	B	ALTA	Procedura dettagliata
Trincea n. 4	Racc. Milano 55+215 - Tratta 7	3 630	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 5	Racc. Milano 54+765 - Tratta 8 - US.5	5 490	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 6	Racc. Milano 52+388 - Acque galleria - US.1	700	Somma Lombardo	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 7	US. 2	490	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 8	US. 3	1 850	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 9	US. 4	1 075	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 10	US. 7	745	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 11	TE RFI	2 275	Gallarate	A	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 12	ACS	8 630	Gallarate	A	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 13	Sottopasso via Verdi	2 975	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge
Trincea n. 14	Sottopasso faunistico	700	Casorate Sempione	B	MEDIA	Metodo sole piogge

## **4. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GESTIONE E CONTROLLO DELLE ACQUE METEORICHE**

### **4.1 METODO DELLE SOLE PIOGGE**

Come indicato in tabella 5, in tutti i casi (tranne quello della trincea n. 3 relativa alla uscita di sicurezza n. 6), ai fini del dimensionamento del volume di laminazione, verrà applicato il “Metodo delle sole piogge”.

A tale scopo, è necessario innanzitutto calcolare la durata critica per l’invaso di laminazione che corrisponde alla durata tale per cui il volume di laminazione è massimo e quindi il volume di laminazione per ciascuno degli interventi in oggetto:

$$D_w = (Q_{lim}/2,78 * S * \phi * a * n)^{1/n-1} \quad (1)$$

$$W_0 = 10 * S * \phi * a * D_w^n - 3,6 * Q_{lim} * D_w \quad (2)$$

Essendo:

$Q_{lim}$  = portata massima scaricabile nel ricettore =  $S * \phi * U_{lim}$

$S$  = superficie scolante totale dell’intervento (come da tab. n. 5)

$\phi$  = coeff. deflusso medio ponderale (pari ad 1 poiché le nuove superfici sono completamente impermeabili)

$U_{lim}$  = portata limite ammissibile per lo scarico nel ricettore = 10 l/(s\*ha) per aree tipo A (art. 8 comma 1 lett. a) del Regolamento) e 20 l/(s\*ha) per aree tipo B (art. 8 comma 1 lett. b) del Regolamento)

$a$  = coefficiente pluviometrico orario [mm/h] =  $a_I * w_T = 62,47$  mm/ora<sup>n</sup> (per gli interventi ricadenti nei Comuni di Gallarate e Casorate Sempione – stazione pluviometrica: Busto Arsizio); 62,37 mm/ora<sup>n</sup> (per l'intervento ricadente nel Comune di Somma Lombardo – stazione pluviometrica: Lonate Pozzolo)

$a_I$  = parametro della curva di possibilità pluviometrica (dato ricavato da Portale Idrologico Geografico ARPA Lombardia) = 31,73 mm/ora<sup>n</sup> (per gli interventi ricadenti nei Comuni di Gallarate e Casorate Sempione – stazione pluviometrica: Busto Arsizio); 31,66 mm/ora<sup>n</sup> (per l'intervento ricadente nel Comune di Somma Lombardo – stazione pluviometrica: Lonate Pozzolo);

$w_T$  = parametro della curva di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno pari a 50 anni (dato ricavato da Portale Idrologico Geografico ARPA Lombardia) = 1,96875 (per gli interventi ricadenti nei Comuni di Gallarate e Casorate Sempione – stazione pluviometrica: Busto Arsizio); 1,97001 mm/ora<sup>n</sup> (per l'intervento ricadente nel Comune di Somma Lombardo – stazione pluviometrica: Lonate Pozzolo)

$n$  = coefficiente di scala [adimensionale] - per durate di pioggia superiori a 1 ora (dato da Portale Idrologico Geografico ARPA Lombardia) = 0,3435 (per gli interventi ricadenti nei Comuni di Gallarate e Casorate Sempione – stazione pluviometrica: Busto Arsizio); 0,3493 mm/ora<sup>n</sup> (per l'intervento ricadente nel Comune di Somma Lombardo – stazione pluviometrica: Lonate Pozzolo)

$n$  = coefficiente di scala [adimensionale] - per durate di pioggia inferiori a 1 ora = 0,5 (come da allegato G del Regolamento, valido per tutti gli interventi)

Dalla (1) si calcola quindi la durata critica  $D_w$ .

I risultati sono riassunti nella tabella n. 6 seguente:

**Tabella 6 – Durata critica  $D_w$**

TRINCEA DISPERDENTE	SUPERFICIE INTERVENTO (mq)	Coeff.deflusso medio	Portata lim. ammissibile scarico (l/s*ha)	Portata costante uscente $Q_{lim}$ (l/s)	$a$ (mm/ora <sup>n</sup> )	$n$ (adimensionale)	DURATA CRITICA $D_w$ (ore)	DURATA CRITICA $D_w$ (min)
Trincea n. 1	2 640	1	20	5,28	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 2	2 460	1	20	4,92	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 4	3 630	1	20	7,26	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 5	5 490	1	20	10,98	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 6	700	1	20	1,40	62,37	0,3493	5,49	329,34
Trincea n. 7	490	1	20	0,98	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 8	1 850	1	20	3,70	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 9	1 075	1	20	2,15	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 10	745	1	20	1,49	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 11	2 275	1	10	2,28	62,47	0,3435	15,19	911,24
Trincea n. 12	8 630	1	10	8,63	62,47	0,3435	15,19	911,24
Trincea n. 13	2 975	1	20	5,95	62,47	0,3435	5,28	317,03
Trincea n. 14	700	1	20	1,40	62,47	0,3435	5,28	317,03



Dalla (2) si calcola il volume di laminazione  $W_0$ .  
I risultati sono riassunti nella tabella n. 7 seguente:

**Tabella 7 – Volume di laminazione  $W_0$** 

TRINCEA DISPERDENTE	SUPERFICIE INTERVENTO (mq)	DURATA CRITICA $D_w$ (ore)	DURATA CRITICA $D_w$ (min)	VOLUME LAMINAZIONE $W_0$ (mc)
Trincea n. 1	2 640	5,28	317,03	191,72
Trincea n. 2	2 460	5,28	317,03	178,65
Trincea n. 4	3 630	5,28	317,03	263,61
Trincea n. 5	5 490	5,28	317,03	398,68
Trincea n. 6	700	5,49	329,34	51,47
Trincea n. 7	490	5,28	317,03	35,58
Trincea n. 8	1 850	5,28	317,03	134,35
Trincea n. 9	1 075	5,28	317,03	78,07
Trincea n. 10	745	5,28	317,03	54,10
Trincea n. 11	2 275	15,19	911,24	237,44
Trincea n. 12	8 630	15,19	911,24	900,69
Trincea n. 13	2 975	5,28	317,03	216,04
Trincea n. 14	700	5,28	317,03	50,83

Il volume specifico di invaso  $w_0$  è dato dal rapporto tra il volume di laminazione  $W_0$  sopra calcolato e la superficie scolante impermeabile dell'intervento e pertanto:

$$w_0 = W_0 / (S \cdot \phi) \quad (3)$$

dalla (3), si calcola il volume specifico di invaso, come da tabella 8 sotto riportata:

**Tabella 8 – Volume specifico di invaso  $w_0$** 

TRINCEA DISPERDENTE	SUPERFICIE INTERVENTO (mq)	VOLUME LAMINAZIONE $W_0$ (mc)	VOLUME SPECIFICO DI INVASO $w_0$ (mc/ha <sub>imp.</sub> )
Trincea n. 1	2 640	191,72	726,20
Trincea n. 2	2 460	178,65	726,20
Trincea n. 4	3 630	263,61	726,20
Trincea n. 5	5 490	398,68	726,20
Trincea n. 6	700	51,47	735,32
Trincea n. 7	490	35,58	726,20
Trincea n. 8	1 850	134,35	726,20
Trincea n. 9	1 075	78,07	726,20
Trincea n. 10	745	54,10	726,20
Trincea n. 11	2 275	237,44	1043,67
Trincea n. 12	8 630	900,69	1043,67
Trincea n. 13	2 975	216,04	726,20
Trincea n. 14	700	50,83	726,20

Poiché i valori del volume specifico di invaso  $w_0$  calcolati sono superiori rispetto a quelli previsti per le aree sia di tipo A che di tipo B ad alta e media criticità ovvero rispettivamente 800 mc e 500 mc per ettaro impermeabile (art. 12 comma 2 lett. a) e lett. b) del Regolamento)

e, a maggior ragione, dei medesimi valori fissati dal Regolamento decurtati del 30% in presenza di sole strutture di infiltrazione corredate da prove di permeabilità), i volumi di laminazione da considerare sono effettivamente quelli calcolati alla tabella 7.

Il presente progetto di invarianza idraulica prevede un sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche verso un sistema di dispersione (senza scarico in un corpo idrico superficiale) costituito da una serie di moduli alveolari interrati disposti su strati sovrapposti. Le trincee disperdenti adottate consentono contemporaneamente di:

- accumulare un determinato volume di acqua al suo interno ( $V_{\text{accumulo}}$ )
- disperdere nel terreno sottostante un volume di acqua ( $V_{\text{disperso}}$ )

Ciascun modulo, avente dimensioni pari a 800x800x320 mm, è in grado di accumulare acqua per un volume pari al 96% del suo volume lordo:

$$V_{\text{modulo}} = 0,800 \text{ m} \cdot 0,800 \text{ m} \cdot 0,320 \text{ m} \cdot 0,96 = 0,1966 \text{ mc/modulo} = 196,6 \text{ l/modulo}$$

Nella tabella 9 seguente, si riporta la geometria delle trincee disperdenti necessarie per contenere il volume di laminazione sopra calcolato:

**Tabella 9 – Geometria trincee disperdenti**

TRINCEA DISPERDENTE	VOLUME LAMINAZIONE $w_0$ CALCOLATO (mc)	NUM. MODULI Lunghezza	NUM. MODULI Larghezza	NUM. MODULI Altezza	NUMERO MODULI Totale	VOLUME LAMINAZIONE $w_0$ INSTALLATO (mc)
Trincea n. 1	191,72	18	7	8	1008	198,18
Trincea n. 2	178,65	19	6	8	912	179,31
Trincea n. 4	263,61	34	5	8	1360	267,39
Trincea n. 5	398,68	26	10	8	2080	408,94
Trincea n. 6	51,47	9	4	8	288	56,62
Trincea n. 7	35,58	10	5	4	200	39,32
Trincea n. 8	134,35	max 17	max 6	8	704	138,41
Trincea n. 9	78,07	10	5	8	400	78,64
Trincea n. 10	54,10	9	4	8	288	56,62
Trincea n. 11	237,44	22	7	8	1232	242,22
Trincea n. 12	900,69	64	9	8	4608	905,97
Trincea n. 13	216,04	16	9	8	1152	226,49
Trincea n. 14	50,83	12	6	4	288	56,62

Si verifica che il volume di laminazione installato è sempre superiore a quello calcolato.

Si rimanda agli elaborati grafici specifici per un maggiore dettaglio circa la geometria delle trincee disperdenti.

Come detto sopra, il sistema di dispersione funge contemporaneamente da accumulo e da dispersione.

Il volume disperso dipende dal coefficiente di permeabilità del terreno e dalla superficie totale in pianta del sistema disperdente.

Sulla base delle prove di permeabilità effettuate relative al terreno posto tra 4,50 mt. e 7,50 mt. di profondità rispetto al piano campagna (si rimanda allo specifico documento di progetto) e della superficie in pianta della trincea disperdente come sopra calcolata, si calcola la portata dispersa nel terreno secondo la seguente formulazione:

$$Q_{inf} = A_{disperdente} * K \quad (4)$$

I risultati della portata dispersa nel terreno sono riportati nella seguente tabella 10:

**Tabella 10 – Portata dispersa nel terreno**

TRINCEA DISPERDENTE	VOLUME LAMINAZIONE $W_0$ CALCOLATO (mc)	NUM. MODULI Lunghezza	NUM. MODULI Larghezza	SUPERFICIE IN PIANTA (mq)	CODICE SONDAGGIO (rif. relazione prove permeabilità')	PERMEABILITA' K (m/s)	PORTATA DISPERSA $Q_{inf}$ (mc/s)
Trincea n. 1	191,72	18	7	80,64	S5	0,0038	0,3064
Trincea n. 2	178,65	19	6	72,96	S4	0,0014	0,1021
Trincea n. 4	263,61	34	5	108,80	S4	0,0014	0,1523
Trincea n. 5	398,68	26	10	166,40	S3	0,00094	0,1564
Trincea n. 6	51,47	9	4	23,04	S1	0,0032	0,0737
Trincea n. 7	35,58	10	5	32,00	S1	0,0032	0,1024
Trincea n. 8	134,35	max 17	max 6	56,32	S1	0,0032	0,1802
Trincea n. 9	78,07	10	5	32,00	S2	0,00049	0,0157
Trincea n. 10	54,10	9	4	23,04	S5	0,0038	0,0876
Trincea n. 11	237,44	22	7	98,56	S5	0,0038	0,3745
Trincea n. 12	900,69	64	9	368,64	S5	0,0038	1,4008
Trincea n. 13	216,04	16	9	92,16	S5	0,0038	0,3502
Trincea n. 14	50,83	12	6	46,08	S4	0,0014	0,0645

Il tempo di svuotamento del sistema disperdente è dato dal rapporto tra il volume di laminazione  $W_0$  e le portate uscenti dallo stesso:

$$t_{svuot} = W_0 / (Q_{lim} + Q_{inf}) \quad (5)$$

Il calcolo del tempo di svuotamento è riassunto nella tabella 11 sotto riportata:

**Tabella 11 – Tempo di svuotamento**

TRINCEA DISPERDENTE	VOLUME LAMINAZIONE $W_0$ CALCOLATO (mc)	PORTATA DISPERSA $Q_{inf}$ (mc/s)	PORTATA USCENTE $Q_{lim}$ - da tabella 6 (mc/s)	TEMPO DI SVUOTAMENTO (minuti)
Trincea n. 1	191,72	0,3064	0,0053	10,25
Trincea n. 2	178,65	0,1021	0,0049	27,81
Trincea n. 4	263,61	0,1523	0,0073	27,53
Trincea n. 5	398,68	0,1564	0,0110	39,69
Trincea n. 6	51,47	0,0737	0,0014	11,42
Trincea n. 7	35,58	0,1024	0,0010	5,74
Trincea n. 8	134,35	0,1802	0,0037	12,17
Trincea n. 9	78,07	0,0157	0,0022	72,97
Trincea n. 10	54,10	0,0876	0,0015	10,13
Trincea n. 11	237,44	0,3745	0,0023	10,50
Trincea n. 12	900,69	1,4008	0,0086	10,65
Trincea n. 13	216,04	0,3502	0,0060	10,11
Trincea n. 14	50,83	0,0645	0,0014	12,85

Grazie all'ottima permeabilità del terreno, lo svuotamento della trincea disperdente è garantito in pochi minuti, ben al di sotto del limite di 48 ore stabilito all'articolo 11, comma 2, lettera f) del Regolamento e quindi pienamente accettabile.

## 4.2 PROCEDURA DETTAGLIATA

Come indicato in tabella 5, la trincea n. 3 relativa all'intervento dell'uscita di sicurezza n. 6 verrà trattata secondo la metodologia di calcolo della procedura dettagliata.

### 4.2.1 CALCOLO DEL REGIME PLUVIOMETRICO

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

L'altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

$$h = a * t^n \quad (6)$$

Essendo:

$h$  = altezza di pioggia [mm]

$t$  = durata dell'evento meteorico [h]

$a$  = coefficiente pluviometrico orario [mm/h]

$n$  = coefficiente di scala [adimensionale]

I parametri  $a$  e  $n$  dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

L'intervento ricade nel Comune di Casorate Sempione per il quale, come da paragrafo 4.1, per un tempo di ritorno pari a 50 anni, si ottengono i seguenti valori:

$a = 62,47$  mm/ora<sup>n</sup>

$n = 0,3435$  (piogge aventi durata superiore a un'ora)

$n = 0,500$  (piogge aventi durata inferiore o uguale a un'ora)

#### 4.2.2 TEMPO DI CORRIVAZIONE O METODO CINEMATICO LINEARE

Tale metodo si basa sul fatto che, in un determinato bacino, le gocce di pioggia che cadono contemporaneamente in punti diversi impiegano tempi differenti per arrivare alla sezione di chiusura dello stesso e che quindi esiste un tempo di corrivazione  $t_c$ , dato dalla somma del tempo di accesso  $t_a$  e del tempo di rete  $t_r$ .

Il tempo di accesso è in genere di difficile determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa e dal livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché dall'altezza di pioggia precedente l'evento critico di progetto. Tuttavia il valore normalmente assunto nella progettazione è compreso entro l'intervallo di 5-15 minuti (i valori più bassi per le aree di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza e i valori più alti nei casi opposti).

Il tempo di rete è il tempo di percorrenza della rete seguendo il percorso più lungo e viene calcolato con la formula seguente:

$$t_r = L/v \quad (7)$$

dove:

$L$  = lunghezza della rete fognaria [m]

$v$  = velocità di prima interazione (assunta pari a 1,0 m/s)

Il tempo di corrivazione è quindi dato da:

$$t_c = t_a + t_r \quad (8)$$

Per l'intervento in oggetto, si può assumere un tempo di corrivazione  $t_c$  pari a 15 minuti.

Nota quindi il tempo di corrivazione  $t_c$  si può determinare l'altezza di pioggia  $h$  (mm), quindi l'intensità di pioggia  $i$  (mm/h) ed infine il coefficiente udometrico  $u$  (l/s \* mq).

Il calcolo dell'altezza di pioggia e dell'intensità critica di pioggia è riportato nella tabella seguente.

**Tabella 12 – Coefficiente udometrico**

TEMPO DI CORRIVAZIONE	CURVA PLUVIOMETRICA		ALTEZZA PRECIPITAZIONE	INTENSITA' CRITICA ORARIA	DEFLUSSO	
	$t_c$	a			n	h
min	mm/ora <sup>n</sup>	-	mm	mm/ora	l/s*ha	l/s*mq
15,00	62,47	0,50	31,23	124,94	347,05	0,0347

#### 4.2.3 CALCOLO DELLA PORTATA DELLE ACQUE METEORICHE

Il calcolo delle portate delle acque meteoriche è stato realizzato utilizzando il cosiddetto metodo cinematico o metodo della corrivazione.

Tale metodo calcola la portata massima al colmo per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione  $t_c$ .

La portata al colmo è data da:

$$Q_m = \varphi * S * i \quad (9)$$

dove:

$Q_m$  = portata massima al colmo [mc/h]

$\varphi$  = coefficiente di afflusso del bacino [adimensionale]

$S$  = superficie del bacino [mq]

$i$  = intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  [mm/h]

Il valore del coefficiente di afflusso  $\varphi$  del bacino è stato assunto pari a 1,0 in quanto l'area è stata considerata totalmente impermeabile.

Il calcolo della portata meteorica per il bacino scolante dell'area oggetto di intervento è riportato nella tabella seguente.

**Tabella 13 – Portata al colmo**

SUPERFICIE		COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	INTENSITA' CRITICA ORARIA	DEFLUSSO		PORTATA AL COLMO		
S				i	u	$Q_m$		
mq	ha		mm/ora	l/s*ha	l/s*mq	mc/h	mc/s	l/s
11 420	1,14	1	124,94	347,05	0,0347	1 426,78	0,3963	396,33

#### 4.2.4 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DISPERDENTE

Il progetto del sistema è legato alla determinazione della capacità d'invaso  $W_m$ , in funzione della portata massima accettabile all'uscita  $Q_{u,max}$ , atta a contenere il più critico evento meteorico con un assegnato tempo di ritorno.

Le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione sono tre:

- 1) L'equazione differenziale di continuità della vasca

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t) / dt \quad (10)$$

dove:

$Q_e(t)$  = portata, nota o predeterminata, in ingresso alla vasca all'istante generico (t); essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa

$Q_u(t)$  = portata in uscita dalla vasca all'istante generico (t); essa è, in generale, variabile nel tempo e dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca (bocche a battente fisse o regolabili, sfioratori a stramazzo fissi o regolabili, sollevamento meccanico)

$W(t)$  = volume invasato nella vasca all'istante t

- 2) La relazione funzionale tra il volume invasato W e il livello idrico h nell'invaso

$$W(t) = W(h(t)) \quad (11)$$

che dipende esclusivamente dalla geometria della vasca.

- 3) La legge di efflusso che governa l'uscita dalla vasca

$$Q_u(t) = Q_u(h(t)) \quad (12)$$

che dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Il volume di acqua entrante nella vasca  $W_e$  per effetto di una pioggia di durata t risulta:

$$W_e = \varphi * S * h(t) = \varphi * S * a * t^n \quad (13)$$

Nello stesso tempo il volume uscente dalla vasca sarà:

$$W_u = Q_u * t \quad (14)$$

Il volume invasato sarà quindi:

$$W = W_e - W_u = (\varphi * S * a * t^n) - (Q_u * t) \quad (15)$$

Il volume da assegnare alla vasca è il valore massimo di questo volume che si ottiene per una precipitazione di durata critica.

Il volume della vasca di raccolta e dispersione, calcolato sulla superficie complessiva di 11.420 mq, risulta pari a 829,32 mc.

Si rimanda all'allegato A alla presente relazione.

Analogamente a quanto già previsto per gli altri interventi calcolati in precedenza con il metodo delle sole piogge, si prevede anche per l'intervento n. 3 la realizzazione di un sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche verso un sistema di dispersione costituito da una serie di moduli alveolari interrati disposti su strati sovrapposti, analoghi per caratteristiche e dimensioni a quelli in precedenza considerati.

Nella tabella 14 seguente, si riporta la geometria della trincea disperdente necessaria per contenere il volume di laminazione sopra calcolato:

**Tabella 14 – Geometria trincea disperdente n. 3**

TRINCEA DISPERDENTE	POSIZIONE	COMUNE	VOLUME LAMINAZIONE W <sub>0</sub> CALCOLATO (mc)	NUM. MODULI Lunghezza	NUM. MODULI Larghezza	NUM. MODULI Altezza	NUMERO MODULI Totale	VOLUME LAMINAZIONE W <sub>0</sub> INSTALLATO (mc)
Trincea n. 3	Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6 - US.6	Casorate Sempione	829,32	44	12	8	4224	830,47

Come detto sopra, il sistema di dispersione funge contemporaneamente da accumulo e da dispersione.

Il volume disperso dipende dal coefficiente di permeabilità del terreno e dalla superficie totale in pianta del sistema disperdente.

Sulla base delle prove di permeabilità effettuate relative al terreno posto a 6,00 mt. di profondità rispetto al piano campagna (sondaggio S4 - si rimanda allo specifico documento di progetto) e della superficie in pianta della trincea disperdente, si calcola la portata dispersa nel terreno come da tabella 15 sotto riportata:



**Tabella 15 – Portata dispersa nel terreno trincea disperdente n. 3**

TRINCEA DISPERDENTE	VOLUME LAMINAZIONE $W_0$ CALCOLATO (mc)	NUM. MODULI Lunghezza	NUM. MODULI Larghezza	SUPERFICIE IN PIANTA (mq)	CODICE SONDAGGIO (rif. relazione prove permeabilità)	PERMEABILITA' K (m/s)	PORTATA DISPERSA $Q_{inf}$ (mc/s)
Trincea n. 3	829,32	44	12	337,92	S4	0,0014	0,4731

Il tempo di svuotamento del sistema disperdente, come già descritto nella formula (5) in precedenza riportata, è dato dal rapporto tra il volume di laminazione  $W_{lam}$  e le portate uscenti dallo stesso e quindi risulta:

**Tabella 16 – Tempo di svuotamento trincea disperdente n. 3**

TRINCEA DISPERDENTE	VOLUME LAMINAZIONE $W_0$ CALCOLATO (mc)	PORTATA DISPERSA $Q_{inf}$ (mc/s)	PORTATA USCENTE $Q_{im}$ (mc/s)	TEMPO DI SVUOTAMENTO (minuti)
Trincea n. 3	829,32	0,4731	22,84	0,59

Anche in questo caso, in analogia ai precedenti, grazie all'ottima permeabilità del terreno, lo svuotamento della trincea disperdente è immediato e quindi pienamente accettabile poiché ben al di sotto del limite di 48 ore stabilito all'articolo 11, comma 2, lettera f) del Regolamento.

**5. ALLEGATO A – CALCOLO VOLUME LAMINAZIONE  
TRINCEA DISPERDENTE N. 3 MEDIANTE PROCEDURA  
DETTAGLIATA**

ALLEGATO A - CALCOLO DEL VOLUME DELLA TRINCEA DISPERDENTE N. 3

D (min)	D (ore)	We (mc)	Wu (mc)	W <sub>0</sub> (mc)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,02	92,10	1,37	90,73
2	0,03	130,25	2,74	127,51
3	0,05	159,52	4,11	155,41
4	0,07	184,20	5,48	178,72
5	0,08	205,94	6,85	199,09
10	0,17	291,25	13,70	277,54
15	0,25	356,70	20,56	336,15
20	0,33	411,89	27,41	384,48
25	0,42	460,50	34,26	426,24
30	0,50	504,46	41,11	463,34
35	0,58	544,87	47,96	496,91
40	0,67	582,49	54,82	527,68
45	0,75	617,83	61,67	556,16
50	0,83	651,25	68,52	582,73
55	0,92	683,04	75,37	607,66
60	1,00	713,41	82,22	631,18
65	1,08	733,29	89,08	644,22
70	1,17	752,20	95,93	656,27
75	1,25	770,24	102,78	667,46
80	1,33	787,51	109,63	677,87
85	1,42	804,08	116,48	687,59
90	1,50	820,02	123,34	696,68
95	1,58	835,39	130,19	705,20
100	1,67	850,24	137,04	713,20
105	1,75	864,61	143,89	720,72
110	1,83	878,54	150,74	727,79
115	1,92	892,06	157,60	734,46
120	2,00	905,19	164,45	740,75
125	2,08	917,98	171,30	746,68
130	2,17	930,43	178,15	752,27
135	2,25	942,57	185,00	757,56
140	2,33	954,42	191,86	762,56
145	2,42	965,99	198,71	767,28
150	2,50	977,30	205,56	771,74
155	2,58	988,37	212,41	775,96
160	2,67	999,21	219,26	779,95
165	2,75	1 009,83	226,12	783,71
170	2,83	1 020,24	232,97	787,27
175	2,92	1 030,45	239,82	790,63
180	3,00	1 040,47	246,67	793,80
185	3,08	1 050,31	253,52	796,78
190	3,17	1 059,97	260,38	799,60
195	3,25	1 069,47	267,23	802,24
200	3,33	1 078,81	274,08	804,73
205	3,42	1 088,00	280,93	807,07
210	3,50	1 097,05	287,78	809,26
215	3,58	1 105,95	294,64	811,31
220	3,67	1 114,72	301,49	813,23
225	3,75	1 123,36	308,34	815,02
230	3,83	1 131,87	315,19	816,68
235	3,92	1 140,26	322,04	818,22
240	4,00	1 148,54	328,90	819,64
245	4,08	1 156,70	335,75	820,95
250	4,17	1 164,76	342,60	822,16
255	4,25	1 172,71	349,45	823,25
260	4,33	1 180,55	356,30	824,25
265	4,42	1 188,30	363,16	825,15
270	4,50	1 195,96	370,01	825,95
275	4,58	1 203,52	376,86	826,66
280	4,67	1 210,99	383,71	827,28
285	4,75	1 218,38	390,56	827,81
290	4,83	1 225,68	397,42	828,26
295	4,92	1 232,90	404,27	828,63
300	5,00	1 240,03	411,12	828,91
305	5,08	1 247,10	417,97	829,12
310	5,17	1 254,08	424,82	829,26
315	5,25	1 260,99	431,68	829,32
320	5,33	1 267,83	438,53	829,30
325	5,42	1 274,60	445,38	829,22
330	5,50	1 281,30	452,23	829,07
335	5,58	1 287,94	459,08	828,86
340	5,67	1 294,51	465,94	828,57
345	5,75	1 301,02	472,79	828,23
350	5,83	1 307,46	479,64	827,82
355	5,92	1 313,85	486,49	827,36
360	6,00	1 320,18	493,34	826,83
365	6,08	1 326,45	500,20	826,25
370	6,17	1 332,66	507,05	825,61
375	6,25	1 338,82	513,90	824,92
380	6,33	1 344,93	520,75	824,17
385	6,42	1 350,98	527,60	823,37
390	6,50	1 356,98	534,46	822,52
395	6,58	1 362,93	541,31	821,62
400	6,67	1 368,83	548,16	820,67

Dati bacino e pluviometria

S	superficie scolante	1,142	ha
φ	coeff. deflusso medio	1	-
a	parametro c.p.p.	62,47	mm/ora <sup>n</sup>
n	parametro c.p.p.	0,3435	> 1 ora
n	parametro c.p.p.	0,5	< 1 ora
Ulim	portata lim. amm. scarico	20	l/(s*ha)

