



RELAZIONE IDROGEOLOGICA E IDRAULICA

Data
5 Dicembre 2023

Committente
UNIFER Spa

Cantiere
Via Campo del Greco, Ceprano (FR)

Tipologia di lavoro
Relazione idrogeologica-idraulica per la richiesta di Nulla
Osta ai fini idraulici per scarico in corpo idrico superficiale

UNIFERSpa-Relazione-Idrogeologica-Idraulica.pdf



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

RELAZIONE IDROGEOLOGICA-IDRAULICA

1. PREMESSA

La Società UNIFER SPA ha incaricato lo studio professionale **GEORES**, nella persona del Dott. Geol. Enrico Tallini, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n° 1323, di redigere la presente relazione idrogeologica-idraulica per la richiesta di Nulla Osta ai soli fini idraulici per scarico in corpo idrico superficiale.

Elaborati allegati:

- Allegato n. 1: Corografia Generale, in scala 1:25.000;
- Allegato n. 2: Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000;
- Allegato n. 3: Stralcio Carta Geologica d'Italia, in scala 1:50.000;
- Allegato n. 4: Stralcio Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio;
- Allegato n. 5: Stralcio Cartografia PAI, rischio frana, in scala 1:10.000;
- Allegato n. 6: Stralcio Cartografia PAI, fasce fluviali, in scala 1:10.000;
- Allegato n. 7: Stralcio Cartografia PAI, rischio idraulico, in scala 1:10.000;
- Allegato n. 8: Planimetria con ubicazione punto di immissione, in scala 1:1.000;
- Allegato n. 9: Bacino idrografico di riferimento, in scala 1:5.000;
- **Allegato n. 10: relazione di verifica e calcolo idraulico**

2. UBICAZIONE DELL'AREA

Il sito oggetto dell'intervento in esame è ubicato nel Comune di Ceprano (FR), in Via Campo del Greco n. 10, ad una quota topografica di circa 100 m s.l.m. Rientra nella Sezione N° 402070 della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000 e nel Foglio Catastale n. 37 particella 481.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO e GEOMORFOLOGICO

L'area in studio si estende in sinistra idrografica del Fiume Sacco, ad una distanza di circa 250 metri, e presenta una morfologia sub-pianeggiante con quote topografiche medie intorno ai 100 metri s.l.m. I principali processi morfogenetici che hanno contribuito al modellamento dell'area sono legati all'azione fluviale erosiva e deposizionale del Fiume Sacco. Attualmente i processi erosivi si esplicano

Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

mediante l'azione delle acque meteoriche e incanalate che incidono i litotipi affioranti in maniera differenziale a seconda del grado di compattezza. Nella zona in esame gli interventi antropici, legati alle attività industriali e alle infrastrutture stradali, hanno in parte mascherato e modificato l'assetto topografico della valle fluviale e le naturali caratteristiche idrologiche. Nel sito in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali recenti, di età pleistocenica-clocenica, costituiti principalmente da depositi ghiaioso-sabbiosi. Dal rilevamento geologico, effettuato nell'area interessata dall'intervento in oggetto, non sono state riscontrate evidenze di superficie relative a instabilità geomorfologica in atto, pertanto l'area può considerarsi a bassa potenzialità di dissesto, come peraltro confermato dalla cartografia PSAI allegata al presente lavoro (Allegati 5-6-7).

Il rilevamento geologico e le informazioni ricavate dalla Carta Geologica d'Italia, Foglio "Ceccano" N° 402 (scala 1:50.000) hanno messo in evidenza i litotipi affioranti nell'area in esame e anche rappresentati nella carta geologica allegata (Allegato 3). Si tratta dei depositi appartenenti al SINTEMA DI CEPRANO e al SINTEMA DI ISOLETTA, caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati, prevalentemente ghiaioso - sabbiosi (Pleistocene Medio Finale - Pleistocene Sup.).

Si specifica inoltre che il sito non rientra in aree soggette a vincolo idrogeologico (figura 1)

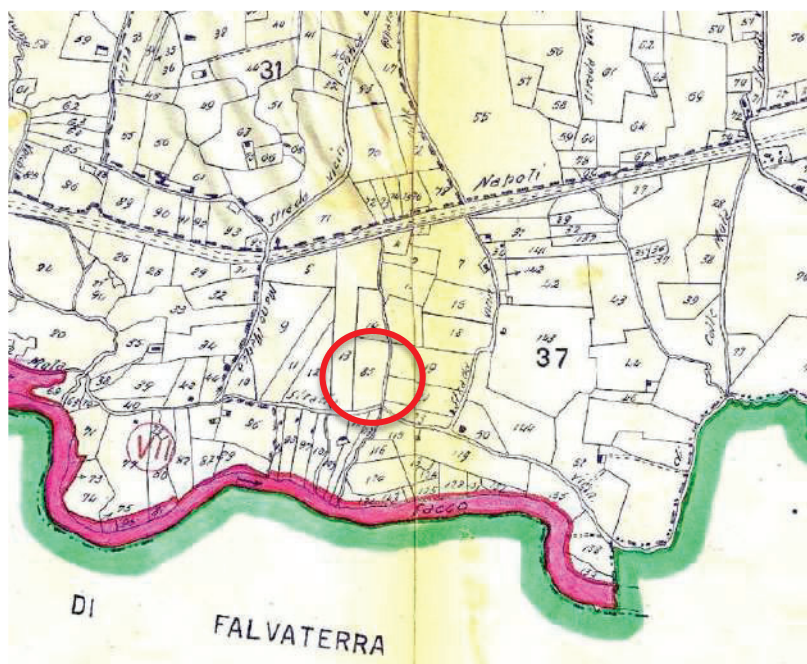


Figura 1: il sito non rientra in aree sottoposte a vincolo idrogeologico



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL SITO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame ricade all'interno della Valle del Fiume Sacco, affluente destro del Fiume Liri, e rappresenta il livello di base di tutti i corsi d'acqua presenti nella zona d'indagine. In questo tratto il Fiume Sacco presenta ampi meandri ed una direzione di scorrimento complessivamente verso Est. Dalla Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio in scala 1:100.000 (Allegato 4) si osserva come l'area in esame ricada all'interno del "COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI". Tale complesso è costituito da alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture eluviali e colluviali (Olocene). Il complesso dei Depositi Alluvionali Recenti, affiorante nel sito d'interesse, è caratterizzato da una potenzialità acquifera variabile da bassa a medio alta. Le informazioni ricavate da misure piezometriche eseguite all'interno di n. 2 piezometri presenti in sito indicano la presenza di una falda idrica superficiale a circa -4.00 m dal p.c.

5. ANALISI IDROLOGICO-IDRAULICA e RISULTATI

5.1 studio idrologico-idraulico

I risultati dello studio idraulico sono dettagliatamente esposti in *allegato 10*, riportato in calce al presente elaborato. Sono qui indicate la quota del livello idrico corrispondente alla piena duecentennale per le sezioni analizzate e gli altri dati *output* derivanti dal calcolo.

Nel modello adottato è stato considerato un numero significativo di sezioni sia a monte che a valle del punto di immissione. Il tratto di fosso analizzato è molto ampio, circa 140 m.

Il bacino imbrifero del fosso in esame è rappresentato su idonea base cartografica (allegato 9 e *figura 2* della relazione di calcolo).

Di seguito i principali parametri morfologici dello studio idrologico-idraulico (per i dettagli si rimanda alla relazione di calcolo allegata):

Sezioni d'alveo utilizzate nel modello idraulico	n°15 (per il dettaglio vedi relazione di calcolo idraulico in allegato)
Estensione del bacino	0.12 kmq
Lunghezza asta principale	0.38 km
Pendenza media percorso idraulico	0.01 m/m



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

La verifica idraulica è stata eseguita con l'utilizzo del software HECRAS 6.0 Beta 3 in condizioni di moto permanente per un tempo di ritorno pari a 200 anni (vedi allegato 10).

5.2 coefficiente di deflusso

Non tutto il volume d'acqua che precipita sulla superficie del bacino contribuisce alla formazione dei deflussi superficiali, perché parte di esso si infiltra nel terreno o si invasa momentaneamente nelle depressioni superficiali per la particolare conformazione geomorfologica del bacino. Nel presente lavoro si è tenuto conto delle caratteristiche del bacino in relazione a:

- natura litologica dei terreni
- presenza, estensione e tipo di copertura vegetale

I terreni che hanno una buona permeabilità riducono il deflusso superficiale contribuendo ad aumentare la perdita per infiltrazione. La presenza di una fitta copertura vegetale rallenta il deflusso superficiale e favorisce quindi anch'essa l'infiltrazione.

Il bacino in esame presenta dimensioni modeste ed è caratterizzato unicamente dalla formazione dei depositi alluvionali, che possono presentare permeabilità molto variabile.

Figura 2 - Carta idrogeologica con Ubicazione del sito in esame; il bacino idrografico è costituito da litoitpi di natura alluvionale, che possono presentarsi in granulometria fine o medio-grossolana



In base anche a prove pregresse eseguite in sito, è stato appurato che il primo sottosuolo presenta una granulometria mista (alternanza di strati argillosi e sabbiosi). Pertanto è possibile attribuire un coefficiente di deflusso, in via cautelativa, pari a 0.4 (0.079 km²).

Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili. con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Coefficiente di deflusso attribuito ai litotipi alluvionali presenti in sito (valori f. razionale)

Sono inoltre presenti in sito numerose aree pavimentate, per le quali è stato utilizzato un coefficiente di deflusso, in via cautelativa, pari a 0.9 (0.041 km²).



In giallo, bacino in esame

In rosso, aree pavimentate (circa 0.041 km²)

MEDIA PONDERATA:

$$\text{media} = [(0.4 * 0.079 \text{ kmq}) + (0.9 * 0.041 \text{ kmq})] / 0.12 \text{ kmq} = 0.57$$

Il coefficiente di deflusso adottato per il calcolo è pari a 0.57, derivante dalla media ponderata delle diverse permeabilità riscontrate in sito.



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

5.3 REGIME IDROLOGICO DEL FOSSO RECETTORE

Il bacino imbrifero di riferimento per il fosso in esame presenta dimensioni modeste (appena 0.12 kmq); inoltre le osservazioni eseguite in sito nel corso di diversi mesi hanno indicato come il fosso in esame si presenti, nel periodo estivo, in secca.

Dallo studio effettuato emerge pertanto che il fosso interessato dalla scarico, alla sezione di chiusura considerata, presenta un regime idrologico a carattere discontinuo, ed è soggetto a secche prolungate.

Per tali corsi d'acqua le condizioni estreme di portata nulla sono superiori al periodo temporale di riferimento, corrispondente ai 120 giorni l'anno.

Dati regime idrologico del fosso:

portata minima	0 m ³ /s
portata massima (per un Tr circa 10 anni)	2 m ³ /s circa

5.4 RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE E CONCLUSIONI

Dalle analisi e verifiche idrauliche numeriche eseguite è emerso quanto segue:

- ✓ nel tratto analizzato, in cui si realizza lo scarico, tutte le portate (considerando anche l'ulteriore apporto derivante dallo scarico) risultano contenute in alveo considerando la piena Tr 200 anni.
- ✓ l'effetto dei contributi provenienti dal lotto industriale sul regime idraulico del fosso, in condizioni di massima piena (Tr 200 anni), si manifesta con l'innalzamento del profilo idraulico di circa 14 cm in corrispondenza della sezione R.S. 20 (da 98,85 m a 98,99 m) con un rigurgito a monte fino ad una distanza di 10 m. L'innalzamento dei livelli idrici è di circa 6 cm in corrispondenza della sezione 10 (da 97,17 m a 97,23 m).
Tali valori dimostrano che, nell'ipotesi più cautelativa di sovrapposizione degli effetti, le maggiori altezze dei tiranti idraulici sono sempre contenute nelle sezioni d'alveo e non provocano fenomeni di esondazione nelle aree circostanti e tantomeno nei piazzali del lotto industriale.



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER SPA
Cantiere	Loc. Via Campo del Greco, Ceprano (FR)
Tipologia di lavoro	Relazione idrogeologica idraulica per scarico in corpo idrico superficiale

- ✓ **In considerazione di tutti gli aspetti precedentemente menzionati, lo scarico in progetto non altera in alcun modo l'attuale regime idrodinamico naturale del corso d'acqua limitrofo e si esprime per esso giudizio di piena compatibilità idraulica.**
- ✓ Dallo studio eseguito si riconosce che il fosso interessato dalla scarico presenta un regime idraulico a carattere discontinuo, fortemente dipendente dalle precipitazioni, nel quale le condizioni estreme di portata nulla sono superiori al periodo temporale di riferimento, corrispondente ai 120 giorni l'anno.

Frosinone, 05 Dicembre 2023

GEORES STUDIO TECNICO ASSOCIATO

Dott. Geol. Enrico Tallini

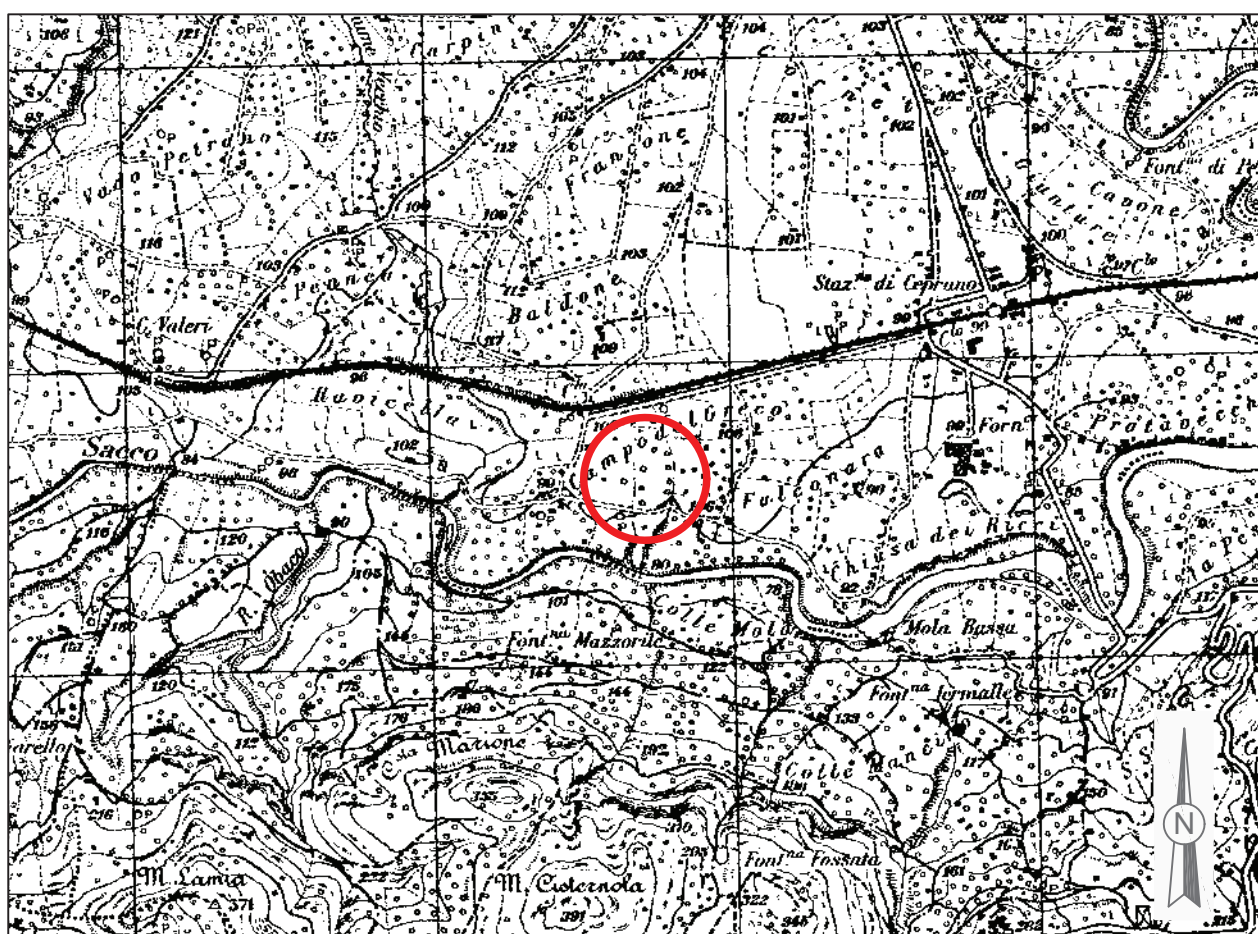




Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica idraulica

COROGRAFIA GENERALE

Foglio n.160 Tav 4 SO - Scala 1:25.000



LEGENDA

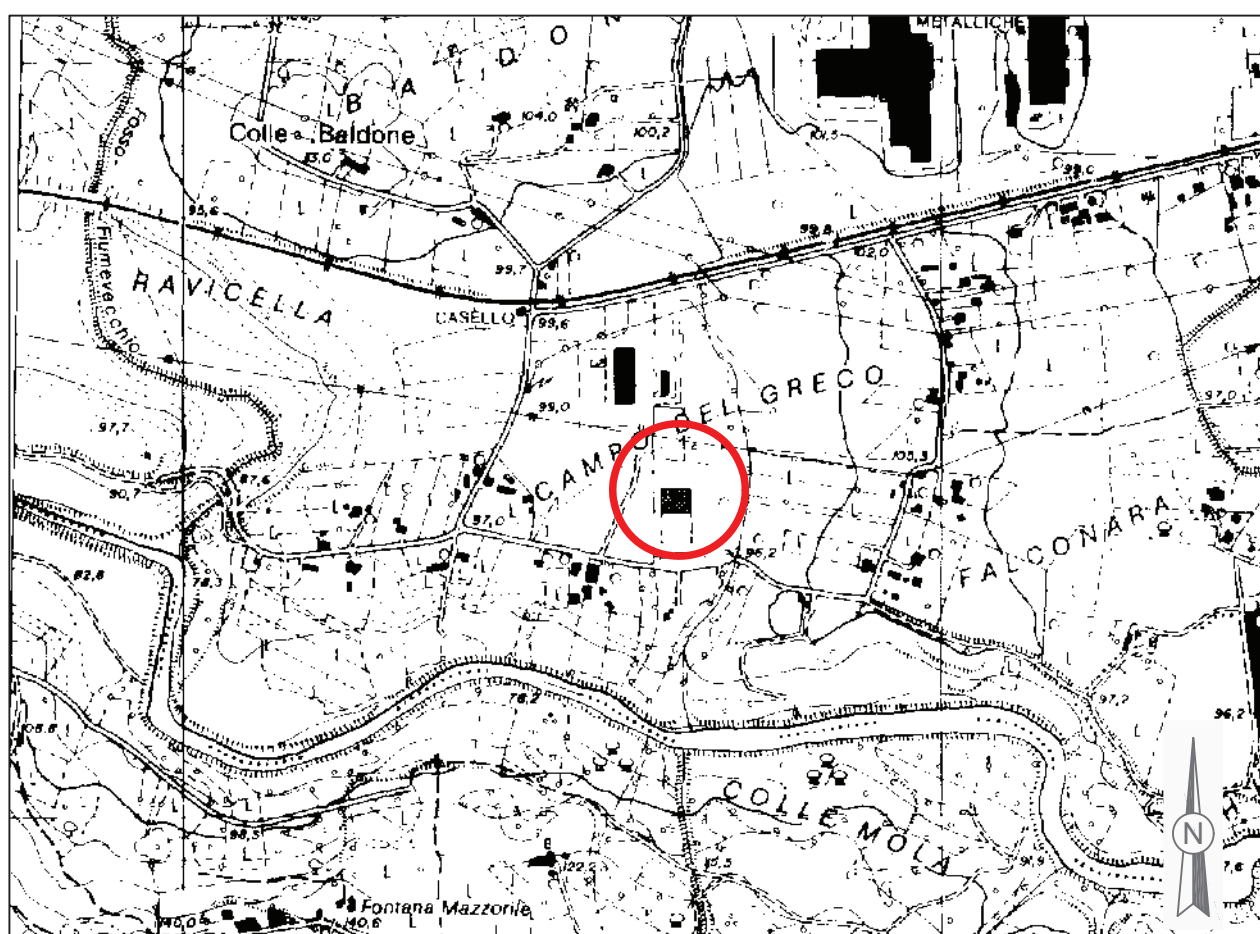
 Area di studio



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica-idraulica

CARTA TECNICA REGIONALE

Sezione n. 402070 - Scala 1:10.000



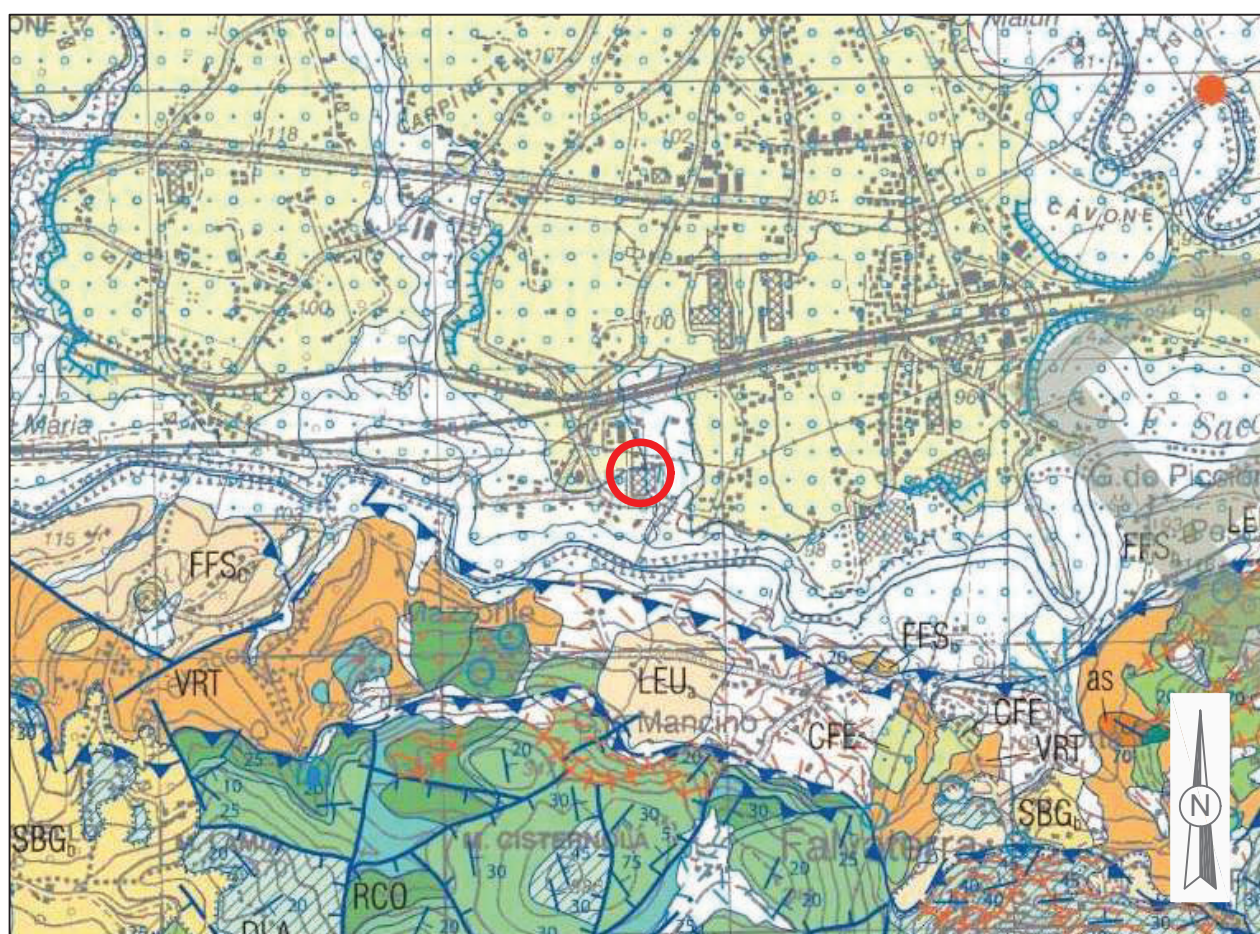
LEGENDA

 Area di studio

Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica idraulica

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Foglio n. 402 "Ceccano"



LEGENDA

ISL SINTEMA DI ISOLETTA: depositi alluvionali terrazzati, prevalentemente ghiaioso - sabbiosi (Pleistocene Sup.)

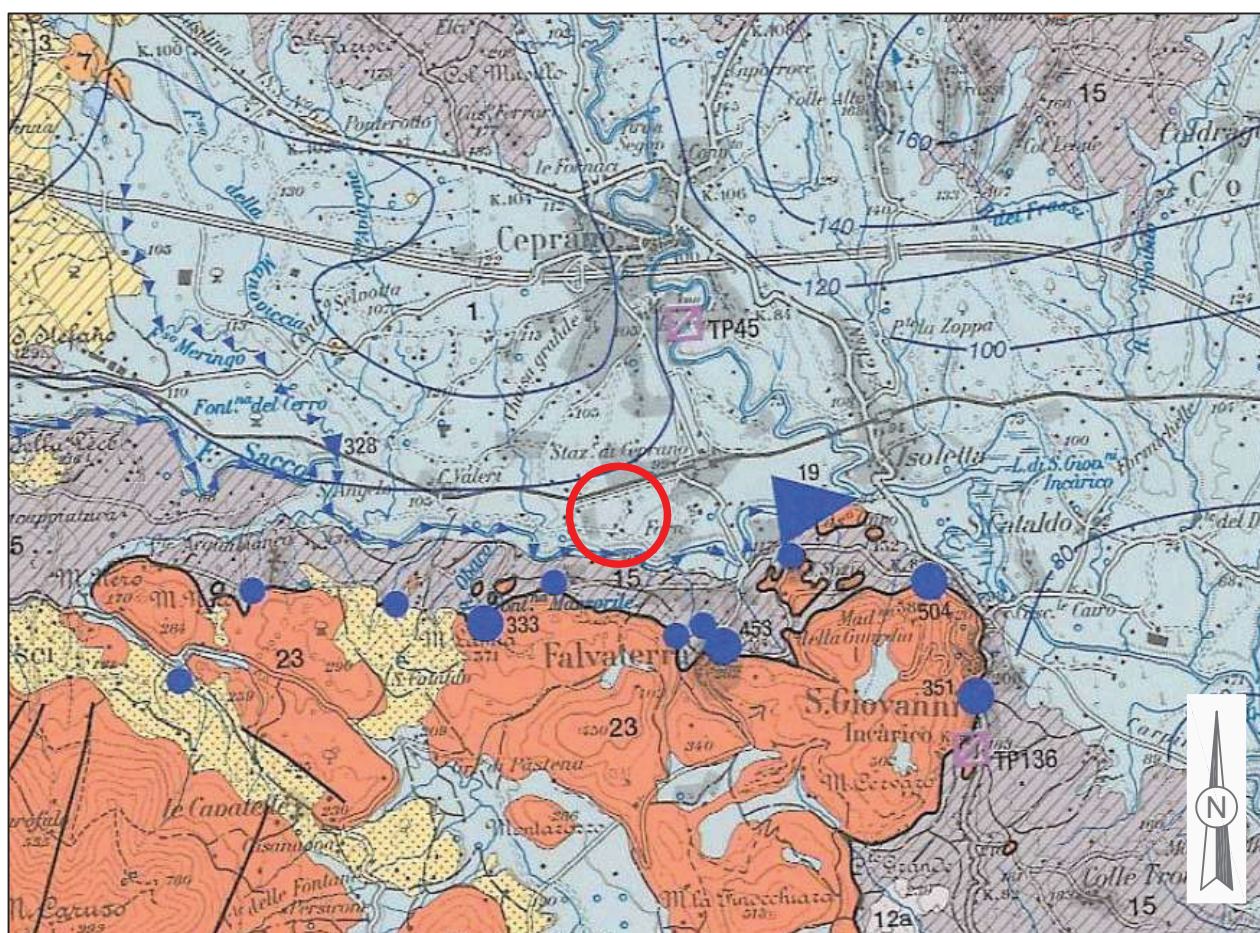
CEP SINTEMA DI CEPRANO: depositi alluvionali terrazzati, prevalentemente ghiaioso - sabbiosi (Pleistocene Medio Finale)

 Area di studio

Titolo	Stralcio carta geologica d'Italia - Foglio n. 402 "Ceccano"	
Scala		Allegato n° 3

Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica-idraulica

STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO



LEGENDA

1

COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - Potenzialità acquifera da bassa a medio alta. Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazze e coperture eluviali e colluviali (Olocene)

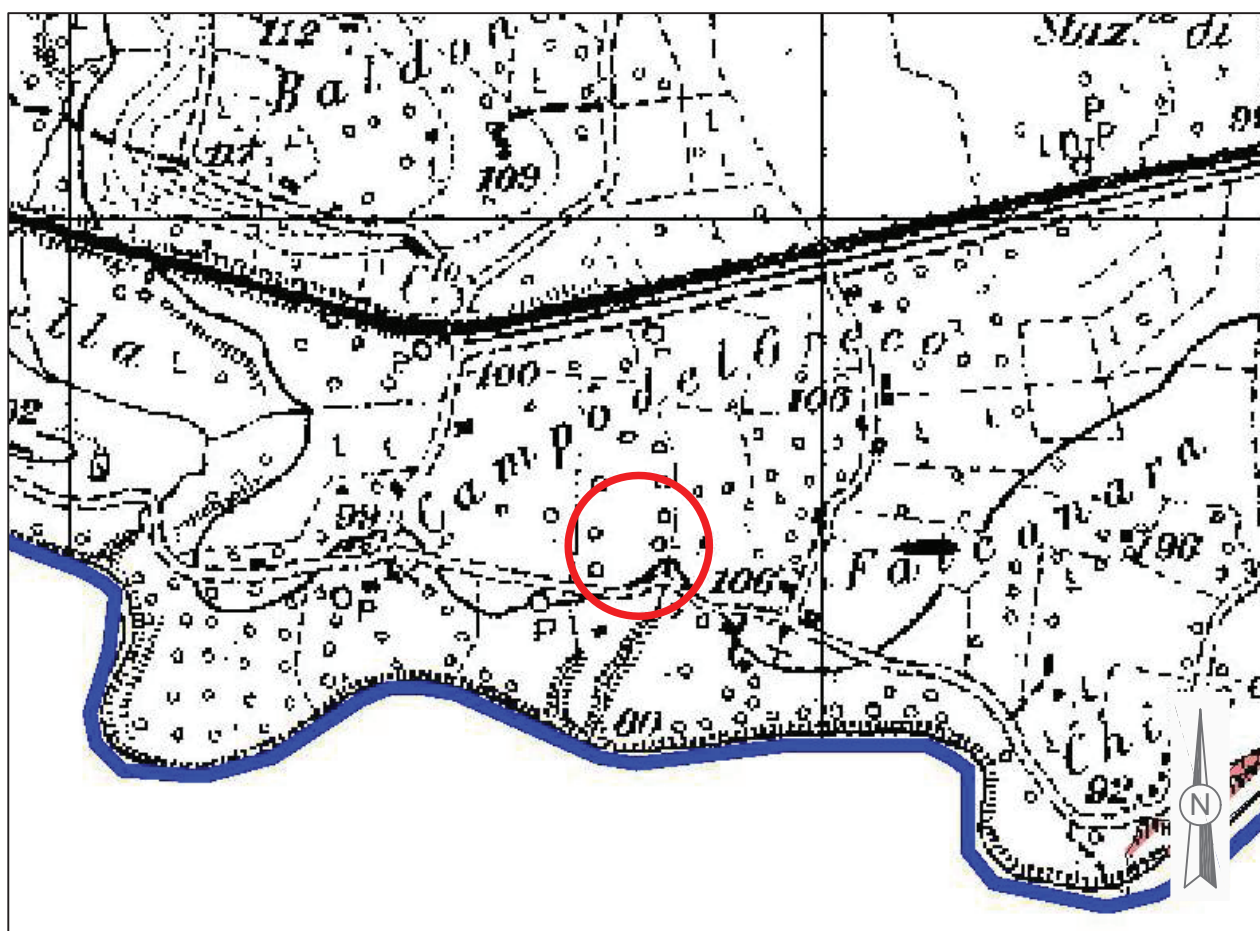
 Area di studio



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica-idraulica

STRALCIO CARTOGRAFIA PAI

Carta del rischio frana - Scala 1:10.000



LEGENDA

L'area non rientra in zone cartografate a rischio

 Area di studio

Titolo	Stralcio cartografia PAI	
Scala	1:10.000	Allegato n° 5

Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica-idraulica

STRALCIO CARTOGRAFIA PAI

Carta delle fasce fluviali - Scala 1:10.000



LEGENDA

L'area non rientra in zone cartografate a rischio

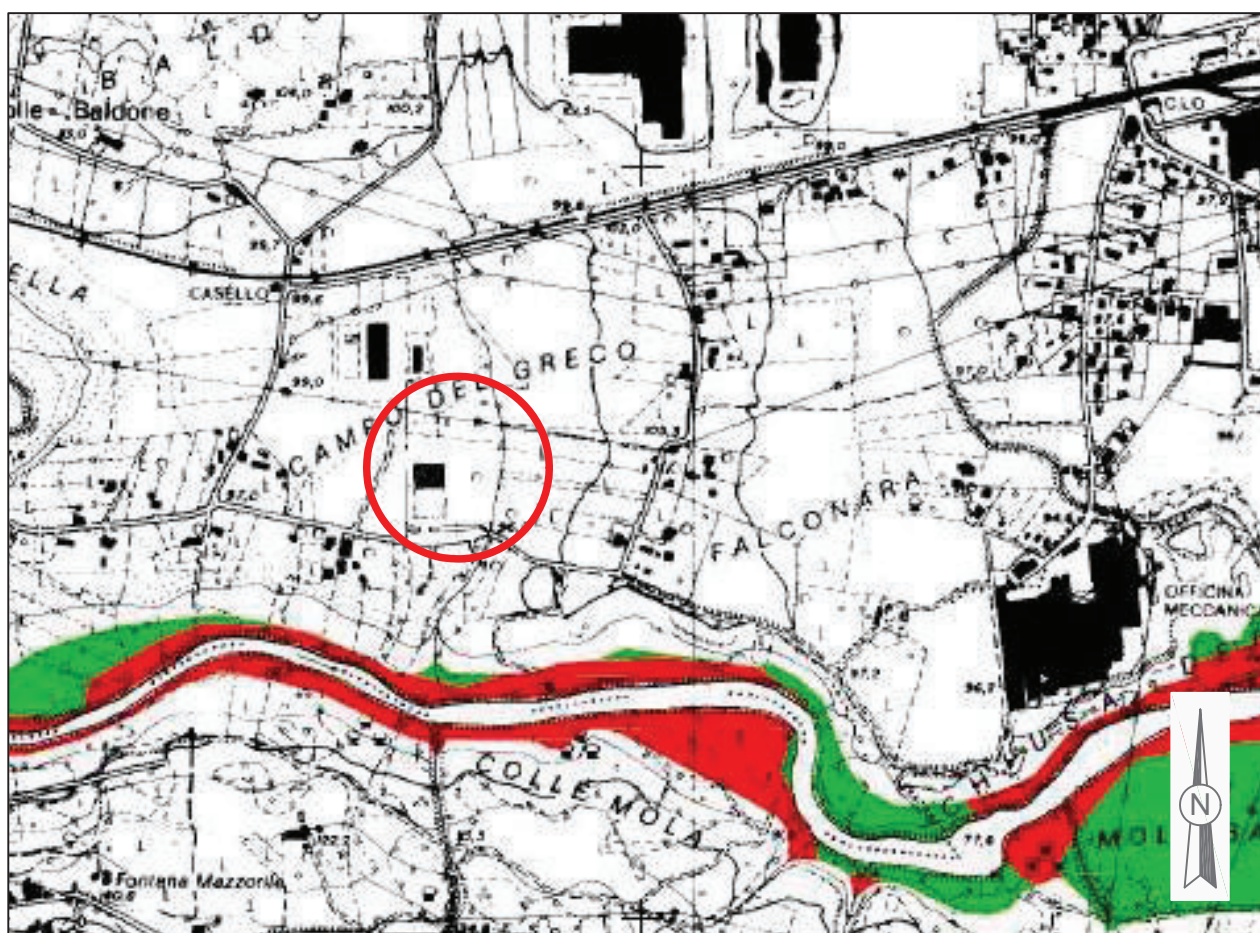
 Area di studio



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica-idraulica

STRALCIO CARTOGRAFIA PAI

Carta del rischio idraulico - Scala 1:10.000



LEGENDA

L'area non rientra in zone cartografate a rischio

 Area di studio

Titolo	Stralcio cartografia PAI	
Scala	1:10.000	Allegato n° 7



Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologica-idraulica

PLANIMETRIA di DETTAGLIO con UBICAZIONE del PUNTO DI IMMISSIONE



LEGENDA

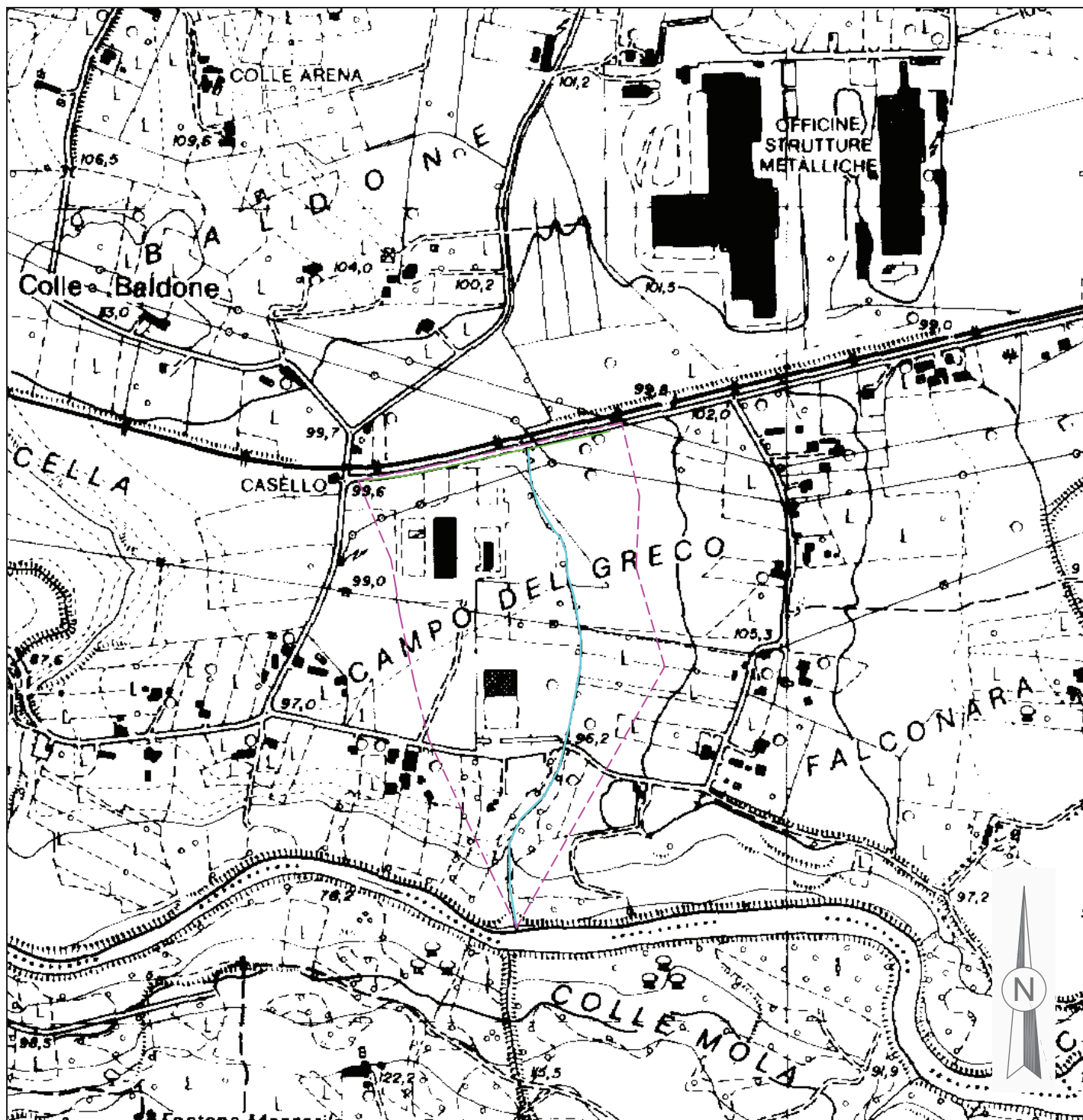
- Settore di immissione in corpo idrico superficiale

Titolo	Planimetria di dettaglio	
Scala	1:1.000	Allegato n° 8



PLANIMETRIA BACINO IDROGRAFICO
DI RIFERIMENTO -
Scala 1:5.000

Data	Dicembre 2023
Committente	UNIFER S.p.a
Cantiere	Via Campo del Greco n. 10 - Ceprano (FR)
Lavoro	Relazione idrologico-idraulica



LEGENDA

-  fosso in esame
-  canali secondari
-  bacino idrografico di riferimento
=0.12 kmq circa



ALLEGATO 10

ANALISI IDROLOGICA E VERIFICA IDRAULICA DEL FOSSO IN LOCALITA' CAMPO DEL GRECO NEL COMUNE DI CEPRANO

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI D' INTERVENTO	2
3. ANALISI IDROLOGICA ED ELABORAZIONI STATISTICHE PER LA ZONA DI CEPRANO	4
4. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	9
4.1 Portate di massima piena	11
5. VERIFICA IDRAULICA	13
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	17
7. ALLEGATI.....	18

1. PREMESSA

Il presente studio idrologico è finalizzato alla verifica idraulica delle acque di scarico provenienti dalle aree di scolo dello stabilimento industriale della Società UNIFER S.p.A. ubicato nel Comune di Ceprano in località Campo del Greco. Lo studio è integrato al Procedimento di Istanza Autorizzazione ai Soli Fini Idraulici e di Concessione di area demaniale ai sensi del R.D. 368/1904, R.D. 523/1904 e Regolamento Regionale n. 1/2022 e ss. mm. ii. (ID N. 21-2023-OO.II.93).

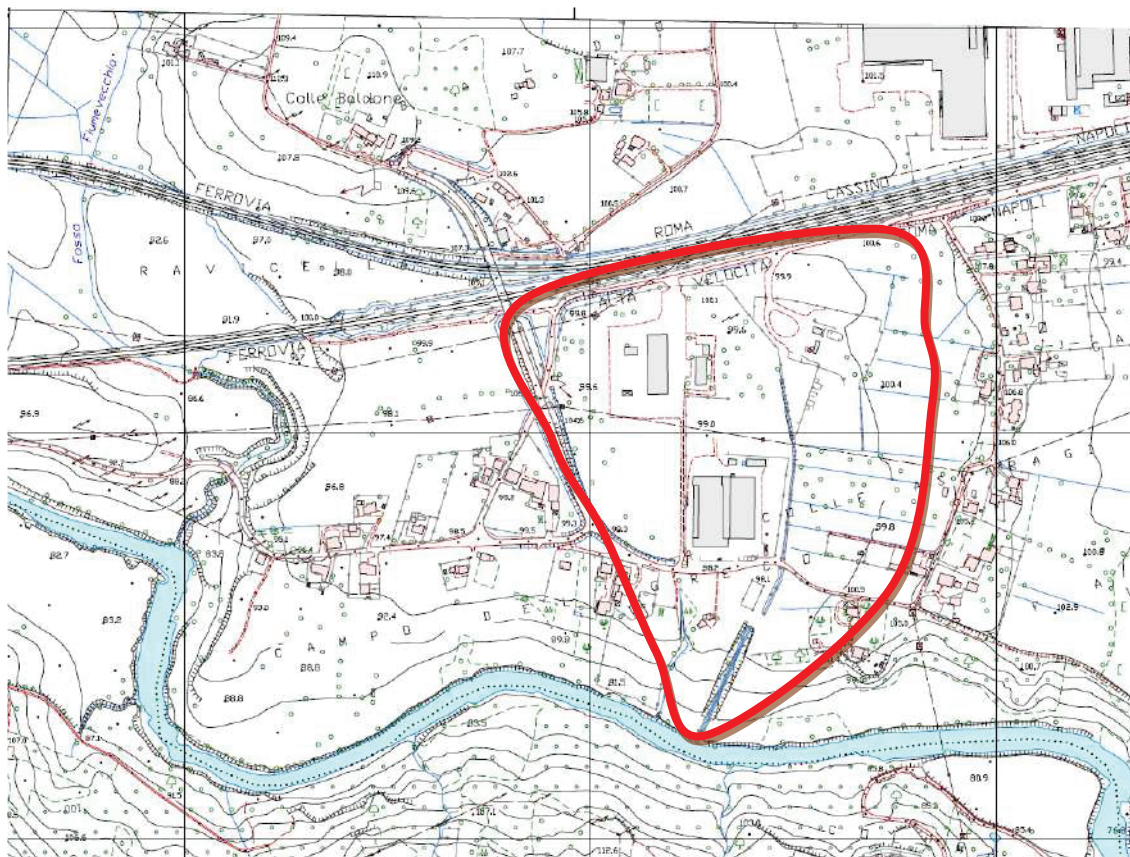
2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI D' INTERVENTO

L'area in oggetto, adibita ad uno stabilimento industriale della Società UNIFER S.p.A., è ubicata nel Comune di Ceprano (FR) in Via Campo del Greco 10/A, su un lotto di terreno distinto in Catasto al Foglio 37 mappale n. 481.



ortofoto

Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale l'area rientra nella sezione n° 402073 (Falvaterra).



Bacino imbrifero apparente

Il lotto industriale è lambito sul lato sud dalla Via Campo del Greco e ad est dal fosso oggetto del presente studio.

Sul lato più a sud dell'area la rete di drenaggio delle superfici impermeabili (coperture e piazzali) converge nella canalizzazione di scarico che allontana le acque di scolo nel punto di recapito del fosso.

Il corso d'acqua principale, su cui viene svolta l'analisi, è un fosso che raccoglie i deflussi superficiali di un bacino di circa 0.12 kmq. Il fosso confluisce a circa 250 m di distanza dal punto di scarico in riva destra del Fiume Sacco.

Il corso d'acqua nel tratto d'interesse è prevalentemente a debole pendenza con un dislivello massimo di circa 2,12 mt, compreso tra la

massima quota a monte (98,87 m.s.l.m.) e la quota in corrispondenza della sezione di chiusura (96,75 m.s.l.m.). La pendenza media è del 1,5%.

Nel bacino si denota un livello medio di antropizzazione dovuto alla presenza di insediamenti industriali e infrastrutture viarie e ferroviarie inserite in un suolo ricoperto parzialmente da aree incolte e/o appezzamenti di terreno agricolo. Il bacino si estende dalla linea ferroviaria Roma-Cassino fino al limite inferiore rappresentato dal Fiume Sacco.

Nel Cap. 4 della presente relazione sono riportati nel dettaglio i dati morfologici del bacino sotteso.

Il piazzale soggetto al dilavamento delle acque meteoriche è dotato di idonee pendenze e di superfici impermeabili, che garantiscono una raccolta uniforme delle acque sull'intera superficie scolante attraverso la presenza delle canalette di raccolta e dalle caditoie, in cui le acque vengono intercettate e inviate tramite le tubazioni interrate all'interno della vasca di accumulo dimensionata in modo tale da contenere le acque di prima pioggia (le prime acque meteoriche di dilavamento relative ad ogni evento meteorico preceduto da 48 ore di tempo asciutto, per un'altezza di 5 mm di precipitazione uniformemente distribuita) come richiesto dalla normativa vigente:

3. ANALISI IDROLOGICA ED ELABORAZIONI STATISTICHE PER LA ZONA DI CEPRANO

L'analisi relativa alle precipitazioni sul bacino imbrifero prevede lo studio delle curve di possibilità climatica, per tempi di ritorno pari a 10, 30, 50, 100 e 200 anni, riferite alle stazioni presenti nel bacino e ad esso limitrofe.

La metodologia utilizzata si basa sull'elaborazione di dati storici di precipitazione e più specificatamente di dati che riguardano eventi meteorici particolarmente intensi, cioè le precipitazioni di massima intensità e breve durata, normalmente definiti in idrologia scrosci.

Tali eventi meteorici vengono registrati dai pluviografi e sistematicamente riportati sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico.

Gli eventi di pioggia vengono misurati con le altezze massime di precipitazione di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate dalle stazioni pluviografiche ricadenti nel bacino di interesse o nelle immediate vicinanze di questo.

I dati elaborati nel presente studio sono stati rilevati alla Stazione meteo di Esperia e Itri e risalgono al periodo temporale compreso tra il 1971 e il 2018.

Tuttavia, confrontando le piogge registrate da tale pluviometro con quelle dei pluviometri circostanti (Ceccano, Ceprano e Frosinone), che hanno avuto un intervallo di registrazione delle piogge più recenti, si possono ritenere rappresentativi i risultati dell'intensità di pioggia ottenuti.

Nella tabella 1 sono riportate le registrazioni dei pluviometri di Ceccano, Ceprano e Frosinone.

Stazione di : Quota (m s.l.m.) :		Ceprano, Ceccano, Frosinone			
		Numero di osservazioni : N = 20			
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1978	36,70	49,80	77,50	87,80	82,30
1979	29,40	58,20	67,40	101,80	134,40
1980	32,00	40,00	46,00	59,40	63,80
1981	60,60	70,00	68,20	68,90	76,40
1982	22,20	45,65	55,56	76,00	120,20
1983	23,45	26,56	36,00	54,30	94,30
1984	36,87	49,87	48,60	57,00	69,60
1985	38,00	38,00	43,76	92,90	120,00
1986	34,60	37,65	43,76	67,54	68,56
1987	31,80	31,80	40,80	51,40	83,60
1988	25,20	47,40	65,80	77,40	87,20
1989	33,00	49,80	76,20	79,40	79,80
1990	27,40	38,20	55,80	106,80	139,40
1991	33,60	39,00	45,00	55,40	66,80
1992	59,40	68,00	68,40	68,40	68,40
1993	23,60	47,40	56,40	61,00	64,80
1994	25,60	27,40	37,00	56,60	96,20
1995	35,00	47,80	48,00	60,00	67,00
1996	40,40	48,00	64,60	92,40	133,00
1997	33,80	38,60	41,20	53,40	66,40

Tabella 1

Per la stazione di riferimento si pongono su un diagramma cartesiano le coppie di valori h_{max} e d e si interpolano i punti con una curva. Ponendo la relazioni tra le due variabili su un diagramma cartesiano si vede che esse sono ben interpolate da equazioni monomie del tipo :

$$h = at^n$$

che su scala logaritmica appaiono come delle rette di equazione:

$$\log(h) = A + n\log(t)$$

con un'interpolazione lineare dei punti, si ricavano i coefficienti A ed n con il metodo dei minimi quadrati.

Avendo già precedentemente ordinato in ordine decrescente i valori delle altezze di pioggia, dai valori della prima riga (che sono i più elevati), si avrà la curva di possibilità pluviometrica del primo caso critico che consente di ricavare, per qualunque durata il valore di altezza di pioggia massima che può essere raggiunto o superato una sola volta negli N anni.

Uguale ragionamento se si elaborano i valori posti nella seconda riga; si ottiene così la curva di possibilità pluviometrica del secondo caso critico che fornisce, per ogni durata, il valore dell'altezza di pioggia massima che può essere raggiunto o superato due volte negli N anni, e così via per ognuna delle righe presenti.

Nel caso di studio, N è pari a 27 anni, avendo la stazione in esame registrato dal 1978 al 1997, con la mancata acquisizione di alcuni anni.

Per ricostruire un evento di piena di tempo di ritorno fino a 10 anni, o ancora maggiore, bisogna utilizzare uno strumento analitico che permetta di stimare la massime altezze di pioggia indipendentemente dalla dimensione campionaria. Per fare ciò le altezze di pioggia rilevate dai dati storici, devono essere sostituite da altezze stimate di assegnata probabilità di non superamento, cioè di tempo di ritorno.

In genere le piogge di massima intensità seguono abbastanza bene la legge di Gumbel.

La probabilità cumulata della distribuzione di Gumbel è espressa dalla seguente relazione:

$$P(x) = \exp(-e^{-\alpha(x-\varepsilon)})$$

dove:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma(x)}$$

$$\varepsilon = E(x) - 0.45006\sigma(x)$$

dove:

$\sigma(x)$ rappresenta la deviazione standard della variabile considerata;

$E(x)$ la media della variabile considerata.

Stimati questi parametri si può ricavare dalla relazione di Gumbel, espressa in forma esplicita rispetto alla variabile x , la massima altezza di pioggia per ogni durata (1, 3, 6, 12, 24 h) per ogni valore di $P(x)$ cioè del tempo di ritorno esistendo la relazione:

$$P = \frac{T-1}{T}$$

Di nuovo su un diagramma cartesiano (h, t), si possono interpolare i punti mediante una curva analoga alla prima curva di caso critico (sempre secondo la relazione $h = at^n$).

Le curve così ricavate sono chiamate curve di probabilità pluviometrica e forniscono le altezze di pioggia massime per qualsiasi durata e per quel tempo di ritorno.

Al variare del tempo di ritorno, al contrario delle curve di possibilità pluviometrica dei diversi casi critici, le curve di probabilità pluviometrica, hanno lo stesso esponente n dipendendo questo dalle caratteristiche idrologiche e climatiche del sito, sono quindi parallele tra di loro.

Con l'aumentare della durata t , l'evento estremo è caratterizzato da un'altezza di pioggia via via maggiore e da un'intensità via via minore ($i = at^{n-1}$).

Si riportano di seguito i risultati più rappresentativi dello studio effettuato per la stazione pluviometrica di Esperia e Itri.

ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI (Metodo di Gumbel)

N =	20	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		34,13	44,96	54,30	71,39	89,11
$\sigma(h_t)$		10,28	11,48	13,11	17,14	25,95
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,12	0,11	0,10	0,07	0,05
$U_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		29,51	39,79	48,40	63,68	77,43

Tabella 1 – Analisi statistica dei dati pluviografica

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	47,54	59,92	71,40	93,74	122,95
30 anni	$h_{max} =$	56,62	70,06	82,98	108,89	145,89
50 anni	$h_{max} =$	60,77	74,69	88,27	115,81	156,36
100 anni	$h_{max} =$	66,36	80,94	95,41	125,13	170,49
200 anni	$h_{max} =$	71,94	87,16	102,52	134,43	184,56

Tabella 2 – Valori per ciascuna durata t, della media, dello scarto quadratico medio e dei due parametri della legge di Gumbel

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$		
10 anni	→	$h=44.865 \times t^{0.2989}$	
30 anni	→	$h=52.91 \times t^{0.2963}$	
50 anni	→	$h=56.581 \times t^{0.2954}$	
100 anni	→	$h=61.532 \times t^{0.2943}$	
200 anni	→	$h=66.463 \times t^{0.2934}$	

Tabella 3 – Altezze di pioggia massime regolarizzate

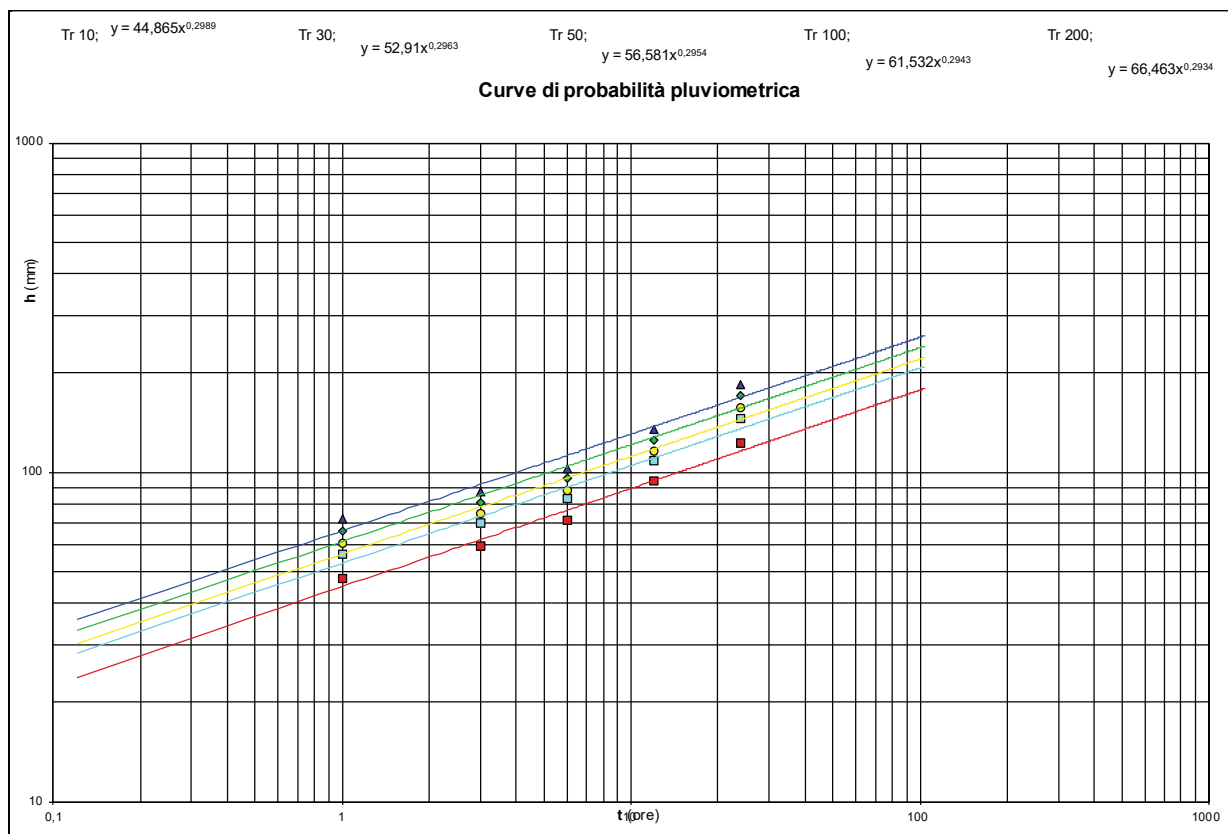


Grafico 1 – Curve di probabilità pluviometrica

4. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Per verificare le portate di piena per bacini non strumentati si ricorre a diversi metodi di calcolo, cioè modelli matematici classificati come modelli concettuali o deterministici, in funzione della descrizione che viene impiegata per definire il problema nei suoi termini fisici.

In genere il comportamento di un bacino (l'insieme delle superfici scolanti, il sottosuolo e il reticolo geografico), nel rapporto con gli eventi pluviometrici che vi si producono, può descriversi assegnando al bacino stesso la funzione di un operatore. Un operatore che trasforma le precipitazioni in portate e quindi gli afflussi in deflussi.

Visto a scala di bacino, il fenomeno della formazione delle piene è fondamentalmente frutto della combinazione di due processi idrologici. Da una parte il rifiuto del terreno ad assorbire una certa quota della pioggia, dando origine al ruscellamento delle acque in eccesso. Dall'altra parte c'è lo scorrimento superficiale di queste acque lungo la rete idrografica, ossia

attraverso l'insieme di canalizzazioni, permanenti ed occasionali, che trasportano le acque al recapito finale.

La risposta idrologica del bacino ad una certa sollecitazione meteorica dipende quindi dalla risposta del terreno (cioè del complesso dei terreni che costituiscono il bacino) e dalla risposta della sua rete idrografica.

La prima trasforma la sollecitazione lorda di pioggia nella sua componente netta, che la seconda provvede a trasformare nell'idrogramma di piena che si può osservare alla sezione di chiusura del bacino.

L'analisi, la rappresentazione e la simulazione matematica di un evento di piena a scala di bacino si compie di tre fasi:

- determinazione dello ietogramma delle piogge di progetto che investono il bacino $i(t)$;
- la valutazione delle piogge nette $p(t)$ che, a causa del rifiuto del complesso dei terreni del bacino di assorbire una parte più o meno rilevante di $i(t)$, determinano il deflusso superficiale;
- la valutazione dell'effetto complessivo di laminazione, di concentrazione e di trasporto da parte della rete di drenaggio superficiale del bacino in esame.

Il risultato di questi diversi momenti della modellazione idrologica è la valutazione dell'idrogramma di piena allo sbocco del bacino $q(t)$ e in particolare della portata al colmo Q_p , dell'istante in cui si verifica il picco dell'idrogramma stesso.

Il primo passo per la stima della portata in bacini non strumentati è il calcolo del tempo di corrivazione.

Nei bacini rurali-cittadini, come è il caso del bacino dei fossi in esame, in cui non sono note le caratteristiche generali del bacino, il tempo di corrivazione si calcola per mezzo di formule globali.

Uno dei metodi è quello di Giandotti.

Si calcola la durata della fase di crescita della piena, cioè il valore del tempo di corrivazione nell'ipotesi veritiera che il colmo sia raggiunto quando tutto il bacino sotteso contribuisce alla formazione della piena. La formula è la seguente:

$$\tau_b = \frac{4\sqrt{S/L} + 1.5\sqrt{L}}{0.8\sqrt{(H-Z)/L}} \quad (1)$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale del corso in Km, H è l'altitudine media del bacino imbrifero sotteso in m s.m.m., Z è la quota della sezione considerata in m s.m.m. e S è l'estensione del bacino in km².

Di solito la formula di Giandotti, si usa per bacini medio grandi con superficie variabile dai 170 ai 70.000 km².

Per bacini di estensioni minori, di superficie minori di 20 km², come è il ns. caso, si usa solitamente la formula di sintesi tra quelle di Kirpich, Wtt-Chow e Pezzoli. La formula è la seguente:

$$\tau_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} \quad (2)$$

dove L è la lunghezza del percorso idraulico principale e P è la pendenza media del percorso idraulico.

Per il calcolo delle portate di massima piena per assegnati tempi di ritorno, si utilizza la formula del metodo razionale, che restituisce, dato il tempo di corrivazione e il coefficiente di deflusso, la portata nei corrispondenti tempi di ritorno.

La formula è:

$$Q_{\max} = \frac{ch(t,T)S}{3.6t_c} \quad (3)$$

dove c è il coefficiente di deflusso,

h(t,T) è l'altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm),

S è la superficie del bacino,

t_c è il tempo di corrivazione trovato e 3.6 è un fattore di conversione che permette di ottenere la portata massima in mc/s.

4.1 Portate di massima piena

Nella seguente tabella sono riassunti i dati morfometrici del bacino sotteso sulla base dei quali sono state determinate le caratteristiche idrologiche che concorrono alla determinazione del tempo di corrivazione.

ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA			
Superficie del Bacino	S =	0,12	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principa	L =	0,38	Km
Altitudine max percorso idraulico	H_{max} =	100,60	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H₀ =	98,15	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	P =	0,01	(m/m)
Altitudine max bacino	H_{max} =	100,60	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H₀ =	98,15	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	H_m =	99,38	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	H_m - H₀ =	1,22	m

Tabella 6 – Dati morfometrici del bacino alla sezione di chiusura

Per quanto riguarda l'incidenza derivante dai contributi di portata dell'intero bacino, dagli studi pluviometrici effettuati ne derivano i seguenti risultati di portata per i diversi tempi di ritorno.

Il tempo di corrivazione risulta pari a 0,32 h. Per il calcolo della portata è stato considerato un coefficiente di deflusso medio pari a 0,57, che viene ricavato dal valore ponderato dei coefficienti di permeabilità delle aree.

Per meglio evidenziare gli apporti nelle condizioni più critiche, si è preso in riferimento la sezione di chiusura più a valle, ovvero quella che coincide con l'intero bacino e per questo più gravosa dal punto di vista della verifica idraulica.

Tale scelta è stata valutata attentamente dopo aver visionato gli elaborati progettuali ed aver effettuato una visita dei luoghi.

I risultati sono riassunti nella seguente tabella 5.

Deflusso c = 0,57 S (km ²) = 0,12 t_C (ore) = 0,32					
Tr (anni)	a	n	t _C (ore)	h(t,T) (mm)	Q _{max} (m ³ /sec)
10	44,8651	0,2989	0,32	31,99	1,88
30	52,9103	0,2963	0,32	37,83	2,22
50	56,5814	0,2954	0,32	40,50	2,38
100	61,5317	0,2943	0,32	44,10	2,59
200	66,4629	0,2934	0,32	47,68	2,80

Tabella 5 – Portate di massima piena per assegnati tempi di ritorno (formula del metodo razionale) – SEZIONE A

5. VERIFICA IDRAULICA

La verifica idraulica è stata eseguita con l'utilizzo del software HECRAS 6.0 Beta 3 in condizioni di moto permanente per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

La modellazione è stata eseguita nelle due condizioni:

- PF1 (in assenza di contributi locali derivanti dall'area industriale)
- PF2 (con i contributi locali derivanti dall'area industriale)

Per quanto riguarda la seconda condizione si è proceduto in modo cautelativo a determinare il contributo derivante dal piazzale come un apporto aggiuntivo (con tempi di corrivazioni propri), senza tenere conto del fatto che lo stesso è stato già incluso nel calcolo globale delle portate massime su descritto riferito alla superficie globale del bacino.

Il valore della portata massima derivante dal piazzale in oggetto è stato calcolato con la medesima formula (3) sopra riportata e con la stessa legge delle altezze di pioggia riportata in tabella 3 per tempi di ritorno di 200 anni.

$$Q_{\max} = \frac{ch(t,T)S}{3.6t_c}$$

In tal caso si adottano i seguenti valori:

$$c = 0,9$$

$$S = 8.430 \text{ m}^2$$

$$t_c = 0,167 \text{ h (10 min)}$$

Il contributo di portata massima così calcolato è dunque pari a:

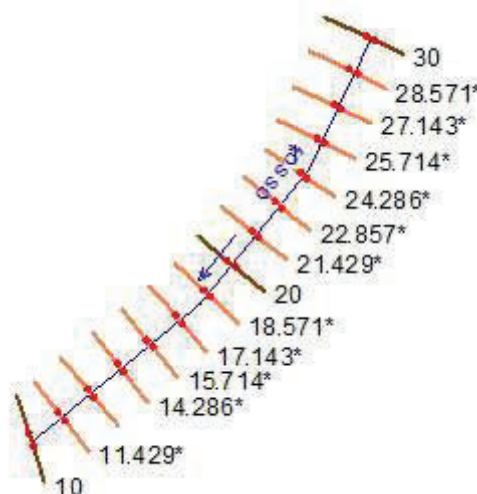
$$Q_{\max \text{ lotto}} = 0,49681 \text{ mc/s (496,81 l/s)}$$

Tale contributo, nell'ipotesi assunta cautelativamente di contemporaneità degli eventi di piena, si va a sommare a quello sopra calcolato nella tabella 5 che risulta pari a 2,80 mc/s.

Poiché nel caso specifico non è possibile determinare con precisione le condizioni al contorno, il tratto del corso d'acqua oggetto di studio è stato esteso per circa 70 ml a monte e 70 ml a valle della sezione di interesse. In tal

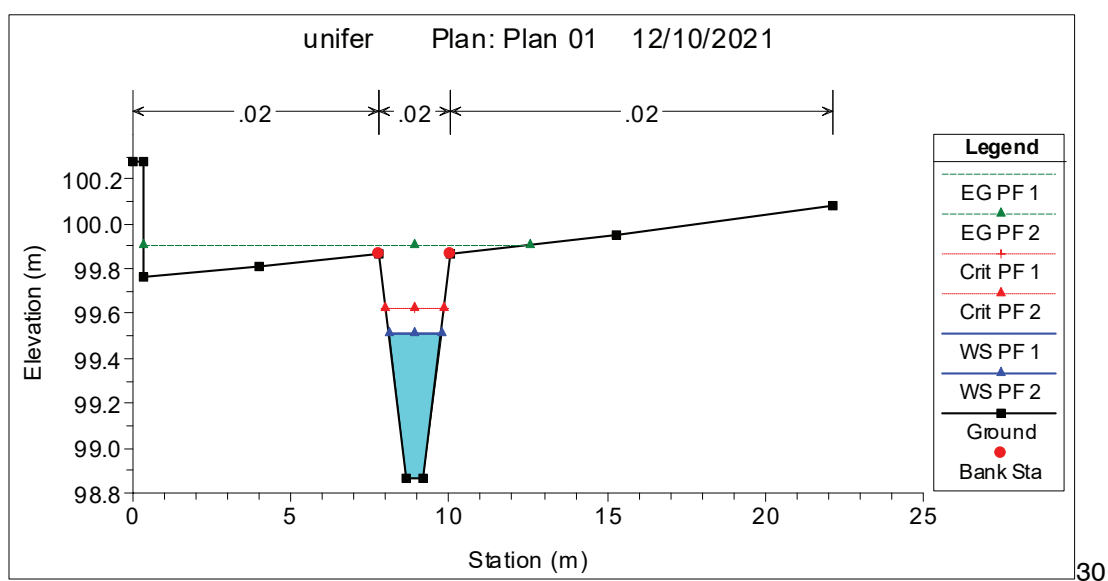
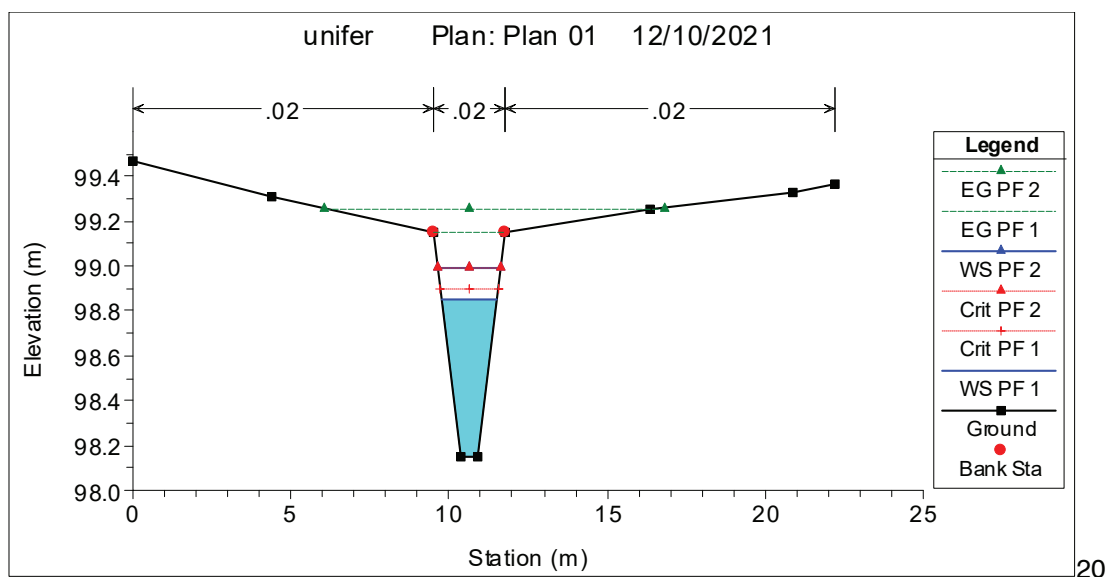
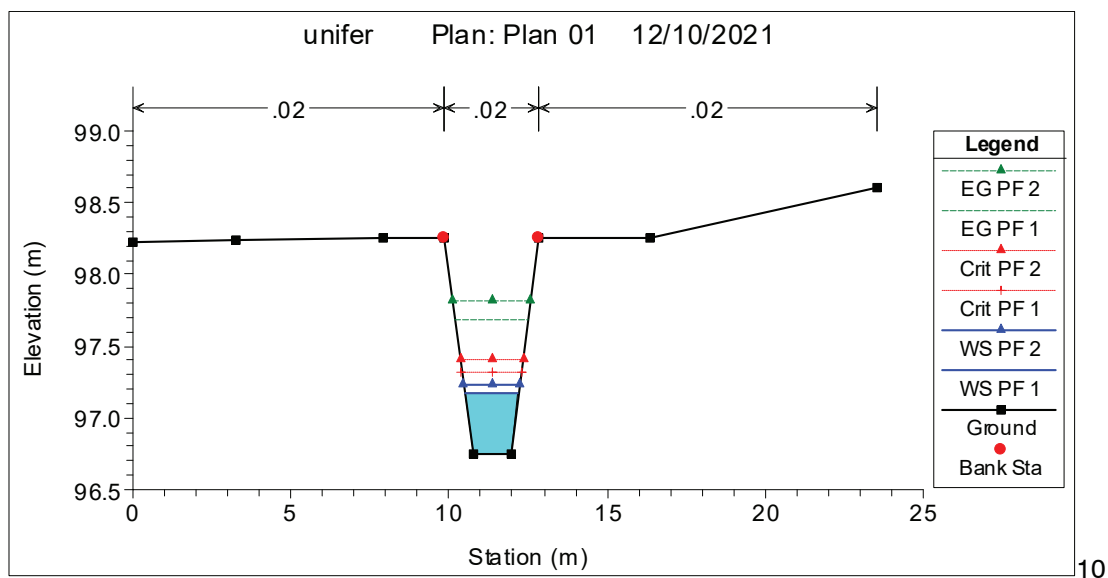
modo l'eventuale errore dovuto alla non corretta conoscenza delle condizioni al contorno viene ad esaurirsi e non influenza il risultato del tratto di effettivo interesse della verifica idraulica. Le condizioni al contorno imposte nell'uso del software di calcolo sono quelle relative all'altezza di moto uniforme (Normal Depth) calcolata in funzione delle formule di Manning, inserendo la pendenza del fondo del canale

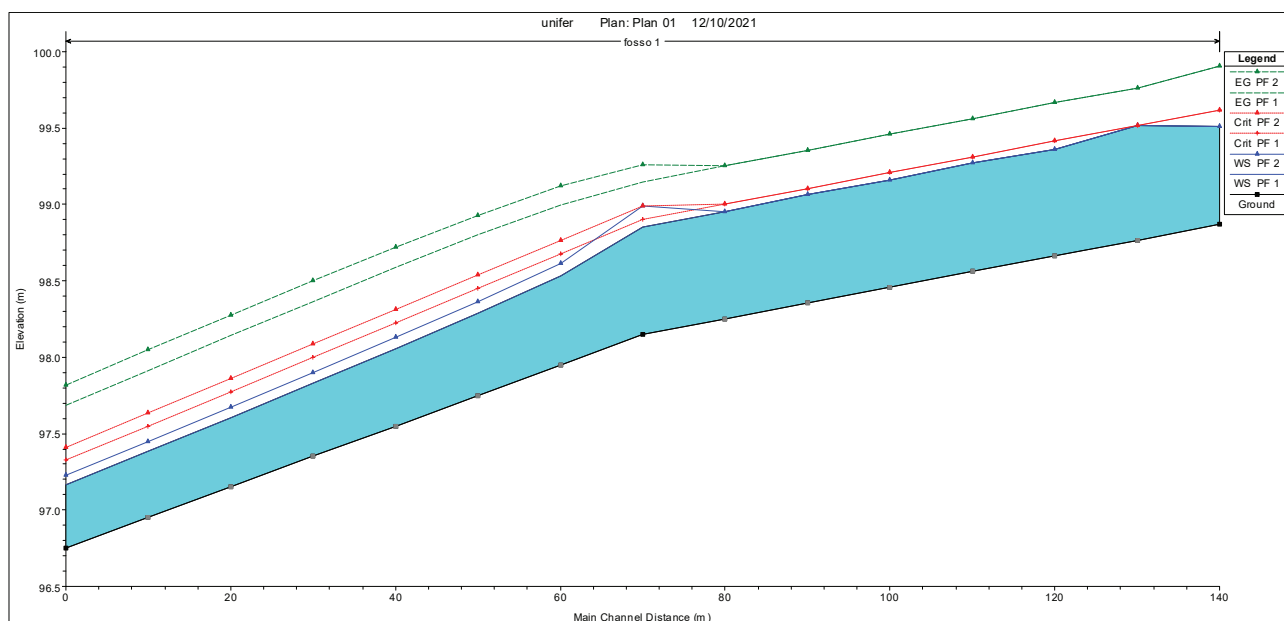
Lo schema idraulico del reticolo idrologico preso in esame è il seguente:



Tenendo presente delle premesse elencate nei paragrafi precedenti, si riportano di seguito i risultati della simulazione effettuata per entrambe le condizioni PF1 (2,80 mc/s) e PF2 ($2,80 + 0.497 = 3,297$ mc/s), adottando a base di calcolo un tempo di ritorno pari a 200 anni.

I risultati di tale verifica sono anche riportati per ogni sezione significativa nei grafici seguenti:





Profilo longitudinale

Reach	River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	30	PF 1	1.92	98.87	99.51	99.62	99.91	0.015007	2.80	0.69	1.65	1.39
1	30	PF 2	1.92	98.87	99.51	99.62	99.91	0.015007	2.80	0.69	1.65	1.39
1	20	PF 1	1.92	98.15	98.85	98.90	99.15	0.010230	2.42	0.79	1.76	1.15
1	20	PF 2	2.42	98.15	98.99	98.99	99.26	0.007479	2.28	1.06	2.02	1.00
1	10	PF 1	1.92	96.75	97.17	97.33	97.68	0.022407	3.19	0.60	1.70	1.71
1	10	PF 2	2.42	96.75	97.23	97.41	97.82	0.022431	3.41	0.71	1.77	1.72

Plan: Plan 01 fosso 1 RS: 30 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	99.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.40	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	99.51	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	99.62	Flow Area (m2)		0.69	
E.G. Slope (m/m)	0.015007	Area (m2)		0.69	
Q Total (m3/s)	1.92	Flow (m3/s)		1.92	
Top Width (m)	1.65	Top Width (m)		1.65	
Vel Total (m/s)	2.80	Avg. Vel. (m/s)		2.80	
Max Chl Dpth (m)	0.64	Hydr. Depth (m)		0.42	
Conv. Total (m3/s)	15.7	Conv. (m3/s)		15.7	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		2.22	
Min Ch El (m)	98.87	Shear (N/m2)		45.50	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		127.45	
Frctn Loss (m)	0.10	Cum Volume (1000 m3)		0.10	
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)		0.24	

Plan: Plan 01 fosso 1 RS: 20 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	99.15	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.30	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	98.85	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	98.90	Flow Area (m2)		0.79	
E.G. Slope (m/m)	0.010230	Area (m2)		0.79	
Q Total (m3/s)	1.92	Flow (m3/s)		1.92	
Top Width (m)	1.76	Top Width (m)		1.76	
Vel Total (m/s)	2.42	Avg. Vel. (m/s)		2.42	
Max Chl Dpth (m)	0.70	Hydr. Depth (m)		0.45	
Conv. Total (m3/s)	19.0	Conv. (m3/s)		19.0	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		2.38	
Min Ch El (m)	98.15	Shear (N/m2)		33.31	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		80.77	
Frctn Loss (m)	0.13	Cum Volume (1000 m3)		0.04	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		0.11	

Plan: Plan 01 fosso 1 RS: 10 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	97.68	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	97.17	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	97.33	Flow Area (m2)		0.60	
E.G. Slope (m/m)	0.022407	Area (m2)		0.60	
Q Total (m3/s)	1.92	Flow (m3/s)		1.92	
Top Width (m)	1.70	Top Width (m)		1.70	
Vel Total (m/s)	3.19	Avg. Vel. (m/s)		3.19	
Max Chl Dpth (m)	0.42	Hydr. Depth (m)		0.35	
Conv. Total (m3/s)	12.8	Conv. (m3/s)		12.8	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		2.17	
Min Ch El (m)	96.75	Shear (N/m2)		61.03	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		194.45	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Come si rileva dai dati precedentemente esposti, l'effetto del contributi provenienti dal lotto industriale sul regime idraulico del fosso, in condizioni di massima piena (Tr 200 anni), si manifesta con l'innalzamento del profilo idraulico di circa 14 cm in corrispondenza della sezione R.S. 20 (da 98,85 m a

98,99 m) con un rigurgito a monte fino ad una distanza di 10 m. L'innalzamento dei livelli idrici è di circa 6 cm in corrispondenza della sezione 10 (da 97,17 m a 97,23 m).

Tali valori dimostrano che , nell'ipotesi più cautelativa di sovrapposizione degli effetti, le maggiori altezze dei tiranti idraulici sono sempre contenute nelle sezioni d'alveo e non provocano fenomeni di esondazione nelle aree circostanti e tantomeno nei piazzali del lotto industriale.

Frosinone, 5 Dicembre 2023



7.= ALLEGATI REL. CALCOLO



SEZIONI IDRAULICHE MAGGIORMENTE
RAPPRESENTATIVE

