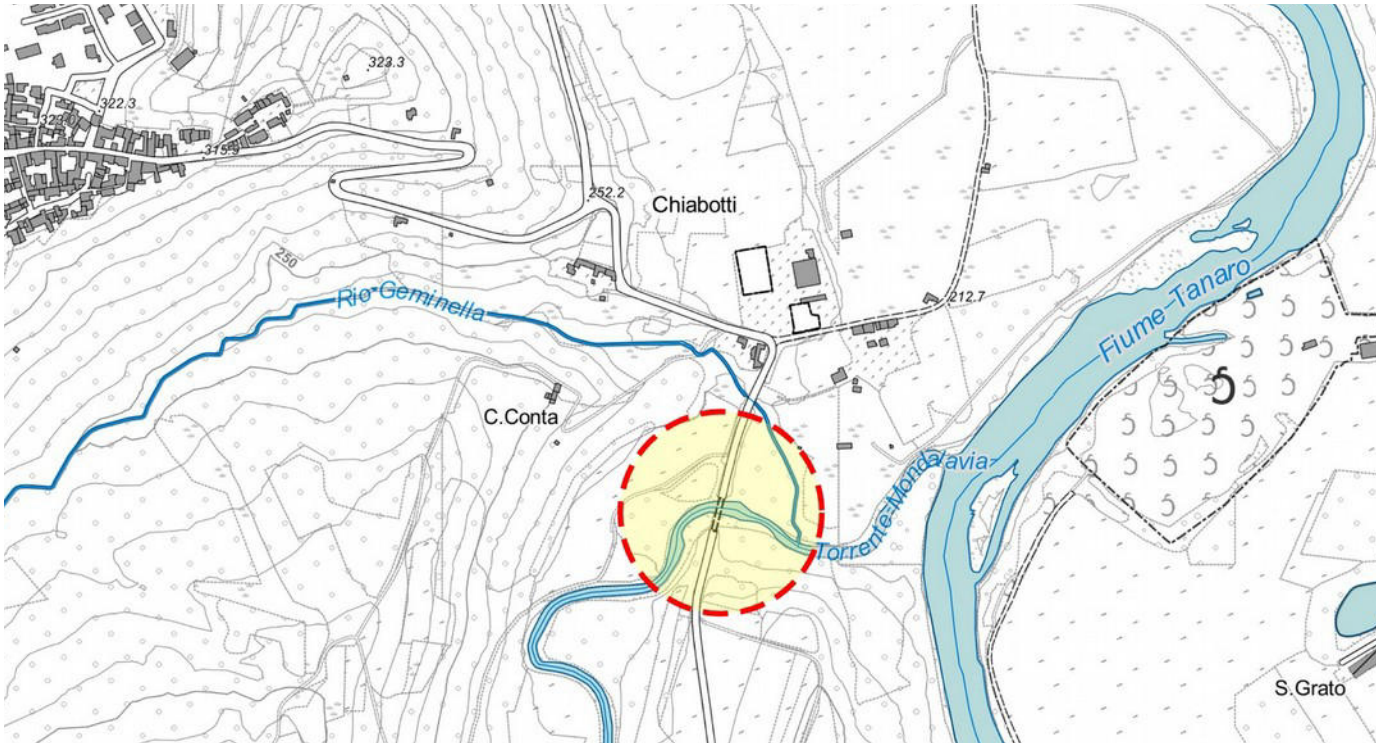
Regione Piemonte	Comune di Narzole	Provincia di Cuneo

Verifica idraulica della Sezione del Ponte S.P. 205/T.Mondalavia per per staffaggio condotta servizi

Relazione Idraulica

Ubicazione	*S.P. 205/T.Mondalavia*	**Codice documento**	20_01_I_Rev.00	**Data**	Febbraio 2020
Richiedente	*TECNOEDIL S.p.A.*				
Progettista	*Ing. Claudio Borgna*				
Professionista incaricato	Studio Geologico dr. andrea bredy	*Via A. Campana 14* *12016 Peveragno (CN)* *Cell. +39 3404923790* *C.F.: BRDNDR71C03E379A* *P.IVA: 08367860015* *e-mail: andrea.bredy@geologipiemonte.it*			



INDICE

1. PREMESSA.....2

2. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE E IDROLOGICHE DELL'AREA.....2

3. VERIFICA IDRAULICA DEL PONTE S.P. 205/T. MONDALAVIA.....5

3.1. CALCOLO DELLE PORTATE.....6
3.2. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO DEL T.MONDALAVIA.....6
3.3. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....7
3.4. DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE.....7
3.5. METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI DEFLUSSI DEL BACINO.....9
3.6. CALCOLO DELLE PORTATE.....9

4. VERIFICHE IDRAULICHE DEL PONTE SUL T.MONDALAVIA.....11

5. CONCLUSIONI.....14

1. PREMESSA

Il presente studio idraulico viene redatto su incarico dell'Ing. Borgna al fine di verificare l'efficienza idraulica del ponte della S.P. 205 sul Torrente Mondalavia nel Comune di Narzole in relazione al progetto della TECNOEDIL S.p.A. di installare sull'intradosso una condotta acquedottistica.

A seguire verranno pertanto analizzati gli aspetti idraulici in modo da dimostrare la compatibilità dell'intervento ed effettuata la verifica idraulica del ponte per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

In sintesi il progetto prevede la posa di una tubazione acquedottistica preisolata di polietilene (PE) ed il suo staffaggio all'intradosso del ponte. La posa della condotta sull'intradosso del ponte non diminuirà la luce attuale. Per ogni approfondimento si manda alla documentazione progettuale.

2. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE E IDROLOGICHE DELL'AREA

L'area in studio si ubica ad Est del concentrico comunale di Narzole ne pressi del fondovalle del Fiume Tanaro.

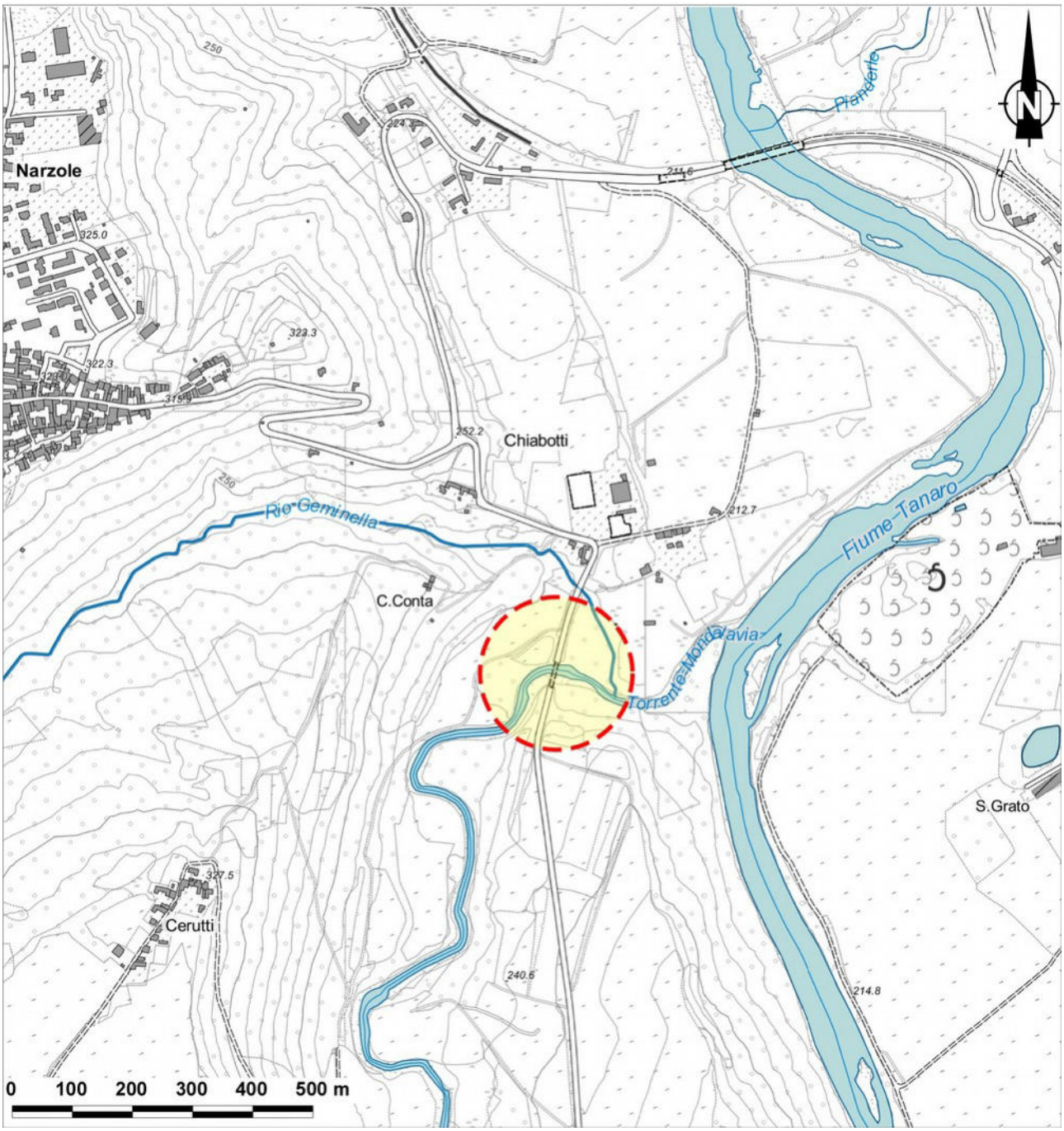
Il Torrente Mondalavia si trova all'interno del bacino idrografico del Fiume Tanaro nel quale confluisce in sponda sinistra a circa 250 m di distanza dal ponte oggetto di studio.

Nella zona in studio il corso d'acqua ha un andamento sinuoso ed immediatamente a monte del ponte sulla S.P. compie un'ampia curva verso destra mentre a valle scorre rettilineo per circa 100 m per poi compiere una seconda curva verso sinistra.

Il ponte presenta due campate ad arco divise da un pilastro centrale. Così come riportato negli elaborati di progetto è stato realizzato un rilievo topografico di dettaglio del ponte dal quale emerge che l'alveo attivo scorre al di sotto della campata sinistra che dal pelo libero dell'acqua ha un'altezza di 6,4 m al centro che si riduce a 3,8 ai bordi dell'arco. La larghezza è di 14,9 m alla base dell'arco e diminuisce a 13,6 alla base. La campata di destra è uguale a quella sinistra ma la base è interrata e l'altezza al centro dell'arco è di 5,8 m.

Come si può osservare nella sezione trasversale al rio l'alveo attivo scorre nella campata di sinistra, con riferimento alla direzione di deflusso del corso d'acqua, il cui fondo è più inciso. Nella campata di destra il fondo è rilevato di almeno un metro rispetto al fondo alveo attivo e pertanto solo in caso di un aumento consistente delle portate è interessato dal passaggio delle acque del rio.

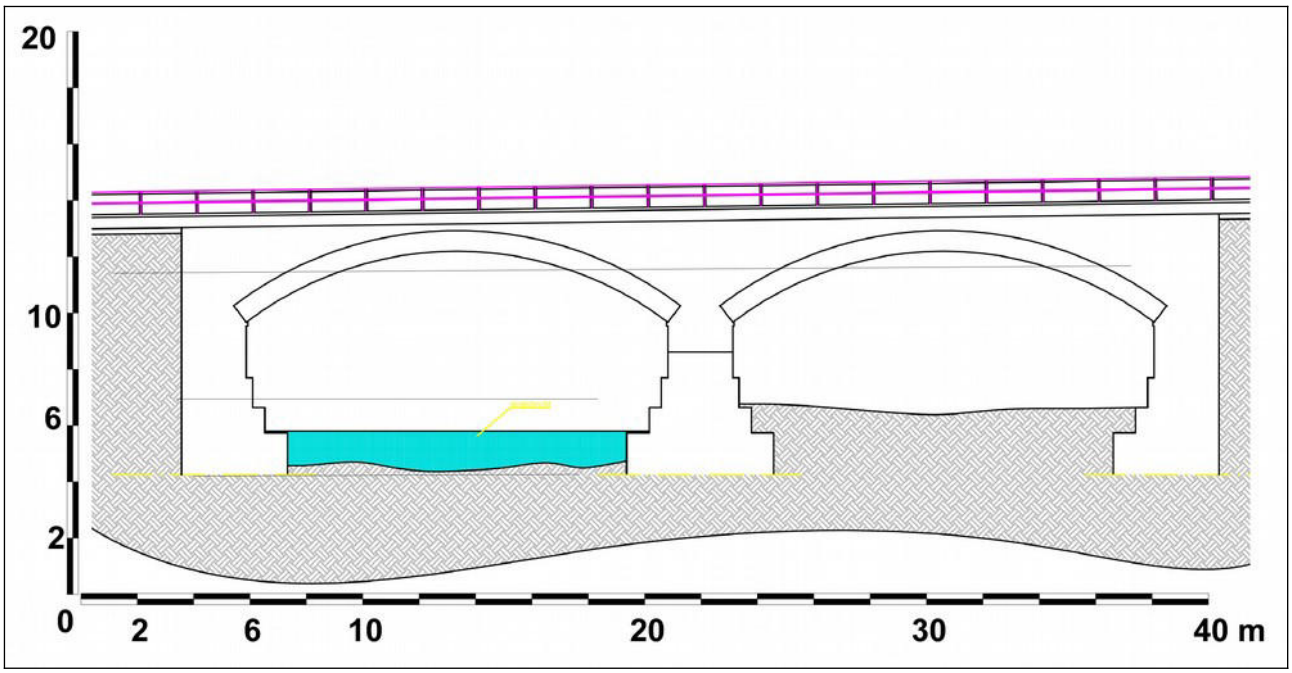
Come si può osservare dalle immagini fotografiche tutta la zona marginale all'alveo attivo è ricoperta da abbondante vegetazione infestante. Tutte le opere in muratura del ponte in alveo sono rivestite in mattoni tranne alla base del pilastro centrale e delle sponde dove è presente un rivestimento in c.a.. A valle del ponte è presente una soglia in cls.



Inquadramento dell'area in studio su base BDTRE Piemonte

Ponte ripreso dalla S.P. 205

Campate del ponte

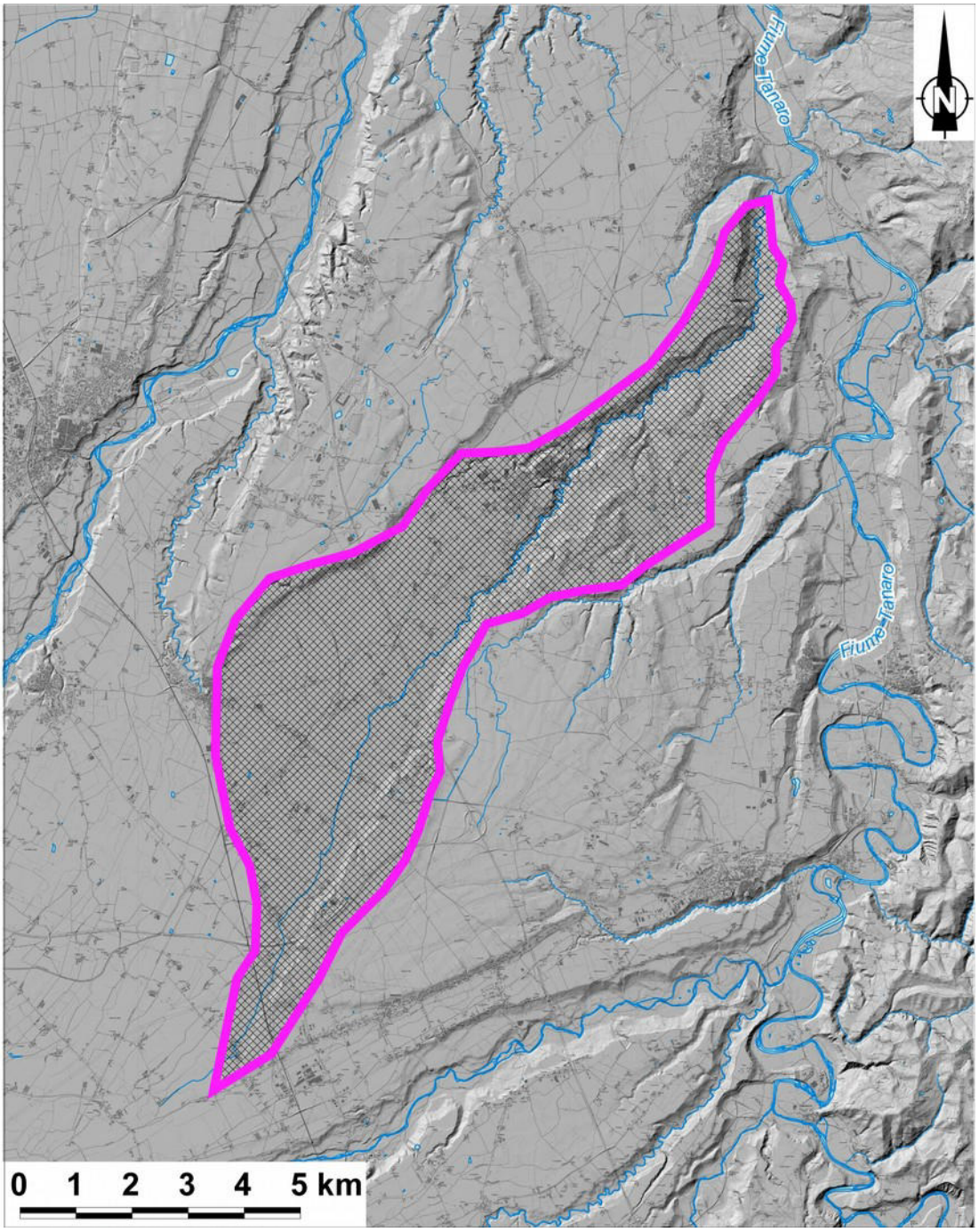


Sezione A-A' del ponte

3. VERIFICA IDRAULICA DEL PONTE S.P. 205/T. MONDALAVIA

Il Torrente scorre verso E-NE in direzione del Fiume Tanaro fino alla confluenza. Il suo bacino risulta stretto ed allungato in direzione SW e drena un ampio settore subpianeggiante che raggiunge il territorio di Magliano Alpi ad una quota di circa 410 m s.l.m.. Nel suo alveo confluiscono numerosi rii laterali anche se il suo bacino non risulta molto gerarchizzato. La lunghezza totale dell'asta torrentizia alla sezione di chiusura in corrispondenza del ponte sulla S.P. 205 risulta di circa 19,45 km.

La sezione di chiusura del bacino è posta ad una quota di 215 m s.l.m. e la quota massima è pari a 408 m s.l.m. E' quindi evidente che si tratta di un bacino piuttosto ampio che presenta una debole pendenza dell'alveo.



Estensione del bacino del T.Mondalavia

3.1. Calcolo delle portate

Il calcolo delle portate di massima piena, cioè il volume d'acqua massimo che passa in una sezione del corso d'acqua in un determinato intervallo di tempo, si basa sulla stima del tempo di corrivazione $\mathbf{T_c}$.

Definita l'area del bacino del corso d'acqua per il quale viene eseguito il calcolo della portata, per tempo di corrivazione si intende il tempo necessario affinchè le acque di afflusso meteorico raggiungano la sezione di chiusura del bacino partendo dai punti più lontani dello stesso bacino imbrifero.

Il parametro $\mathbf{T_c}$ è una costante per ogni bacino, in quanto funzione della morfologia, della litologia e della copertura vegetale

Per il calcolo delle portate, tra i metodi disponibili in letteratura, è stata utilizzata la "formula del metodo razionale" (da D. Turazza):

$$Q = \frac{C_d \cdot h \cdot A}{3{,}6 \cdot T_c}$$

in cui:

C_d = coefficiente di deflusso

h = altezza ragguagliata (pari all'altezza di precipitazione relativa al tempo di corrivazione, per assegnato tempo di ritorno)

A = superficie del bacino

T_c = tempo di corrivazione

Oltre il valore di $\mathbf{T_c}$ la stima della portata di piena è correlata alle caratteristiche morfometriche del bacino, alle altezze ed ai deflussi delle precipitazioni.

I tempi di ritorno utilizzati nei calcoli sono quelli indicati dalle normative di riferimento.

3.2. Caratteristiche morfometriche del bacino del T.Mondalavia

Le caratteristiche morfometriche comprendono i caratteri geometrici, di superficie e di altitudine del bacino in esame. Nella seguente Tabella sono sintetizzate le caratteristiche per il bacino considerato.

		Rio Valle San Lorenzo
Superficie	km^2	47,125
Lunghezza asta principale	km	19,45
Pendenza media Asta	%	1
Quota media Bacino	m s.l.m.	311,5

Caratteristiche morfometriche del bacino del T.Mondalavia con sezione di chiusura al ponte sulla S.P. 205

Per il calcolo della quota media del bacino sono stati considerati degli intervalli altimetrici omogenei e le relative superfici parziali.

3.3. Calcolo del tempo di corrivazione

Sulla base di tali caratteristiche è stato definito il tempo di corrivazione $\mathbf{T_c}$ (o tempo di ritardo) per il tratto di bacino corrispondente alla sezione di chiusura.

Il parametro $\mathbf{T_c}$ è una costante per ogni bacino, in quanto funzione della morfologia, della litologia e della copertura vegetale ed è un parametro indispensabile per le successive valutazioni idrologiche.

Per il calcolo del tempo di corrivazione (t_c) è stato utilizzato il metodo di Giandotti.

La tipica formulazione di Giandotti è riportata di seguito:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

dove :

t_c = tempo di corrivazione (ore);

A = area del bacino (km^2);

L = lunghezza dell'asta principale (km);

H = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m).

Il tempo di corrivazione finale è riportato a seguire:

Tempo di corrivazione = 7,21

Ottenuto il valore di $\mathbf{T_c}$ è possibile considerare la valutazione delle portate di massima piena al colmo ricavando l'altezza di afflusso meteorico (h) per un tempo di ritorno fissato, corrispondente a una durata uguale al tempo di corrivazione.

3.4. Determinazione delle altezze di precipitazione

La determinazione delle portate affluenti ad una determinata sezione di chiusura, in assenza di una serie storica di misure dirette su sezioni strumentate con idrometro, deve necessariamente passare attraverso metodi indiretti, che consentono di ottenere i valori della lama d'acqua defluita in funzione delle precipitazioni affluite al bacino preso in considerazione.

Pertanto per determinare i valori di portata è necessario determinare i valori di altezza di precipitazione, procedimento effettuato sfruttando le metodologie e i dati contenuti nella "*Direttiva Piena di Progetto*" dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Per la suddetta direttiva 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.

Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende 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:

$$h(t) = a\, t^{n}$$

in cui i parametri *a* e *n* dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Per determinare tali parametri sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior

parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nella stazioni di misura è stata effettuata sfruttando la legge del valore estremo del primo tipo, sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.

Tale metodologia è quella riportata nella "*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica"*(Allegato 1 del PAI) pubblicato sul "*Bollettino ufficiale della regione Piemonte – Parte I e II"* (Supplemento al numero 30 – 25 luglio 2002). Tale documento fornisce uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette conducendo un'interpolazione spaziale con il metodo di Kringing dei parametri *a* e *n* delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato.

Tali dati sono stati estrapolati per il bacino del Torrente Mondalavia applicando funzioni di analisi spaziale (attraverso interpolazione su un reticolo di 2 km di lato); analizzando la cartografia allegata al PAI emerge che la porzione di territorio su cui si estende il bacino del torrente in esame ricade parzialmente all'interno al perimetro di 22 differenti celle (BD132, BC133, BD133, BA134, BB134, BC134, BD134, AY135, AZ135, BA135, BB135, BC135, AY136, BA136, AZ136, AY137, AZ137, BA137, AZ138, BA138, AY139). Visto che ogni cella è interessata solo per una parte dal bacino del Rio Valle San Lorenzo è stato calcolata una media pesata dei valori di a ed n per ogni Tempo di Ritorno considerato ottenendo il risultato riportato a seguire.

Parametro	**a Tr 20**	**n Tr 20**	**a Tr 100**	**n Tr 100**	**a Tr 200**	**n Tr 200**	**a Tr 500**	**n Tr 500**
Valore	41,905	0,271	52,105	0,257	57,262	0,254	64,006	0,249

Parametri "a" ed "n" relativi al bacino in studio

Sulla base del tempo di corrivazione determinato in precedenza, è stata calcolata, per ciascun tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione "critica" relativa al bacino sotteso, corrispondente alla pioggia di durata pari al tempo di corrivazione.

Tali valori sono stati riportati a seguire:

	Rio Valle San Lorenzo (h = altezza in mm)
TR = 20 anni	71,57
TR = 100 anni	86,56
TR = 200 anni	94,56
TR = 500 anni	104,66

Altezze di precipitazione critica (in mm)

3.5. Metodologia per la determinazione dei deflussi del bacino

La determinazione del coefficiente di deflusso, in assenza di stazioni di misura dirette, è stata effettuata adottando dei procedimenti indiretti che, partendo dalla valutazione degli afflussi, attraverso l'uso di formule empiriche, consentono di determinare i relativi deflussi caratteristici del bacino in esame.

Nel caso in studio, sono stati confrontati i valori di portata forniti dal metodo cinematico o razionale, basato sulle caratteristiche fisiografiche del bacino, sul suo tempo di corrivazione, sulla natura litologica dei terreni e sulle caratteristiche pluviometriche.

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Valori del coefficiente di deflusso

Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente di deflusso, che risulta essere l'elemento con maggiore "sensibilità", le caratteristiche di permeabilità e di uso del suolo del bacino, inducono ad attribuire un valore pari a **0,5**, in analogia con quanto riportato nella direttiva PAI che fa riferimento ai dati raccomandati da *Handbook of Happlied Hydrology, Ven Te Chow, 1964.*

Il valore scelto risulta peraltro coerente con il contesto territoriale locale, debolmente antropizzato con presenza in gran parte del bacino di un substrato marnoso-argilloso, parzialmente boscato e pendenze moderate.

3.6. Calcolo delle portate

I valori ricavati vanno quindi introdotti in una delle formule di valutazione della portata disponibili in letteratura.

Per il caso in esame è stata utilizzata la seguente la Formula del metodo razionale (da D. Turazza)

$$Q = \frac{C_d \cdot h \cdot A}{3{,}6 \cdot T_c}$$

in cui:

C_d = coefficiente di deflusso (assunto pari a 0,5)

h = altezza ragguagliata (pari all'altezza di precipitazione relativa al tempo di corrivazione, per assegnato tempo di ritorno)

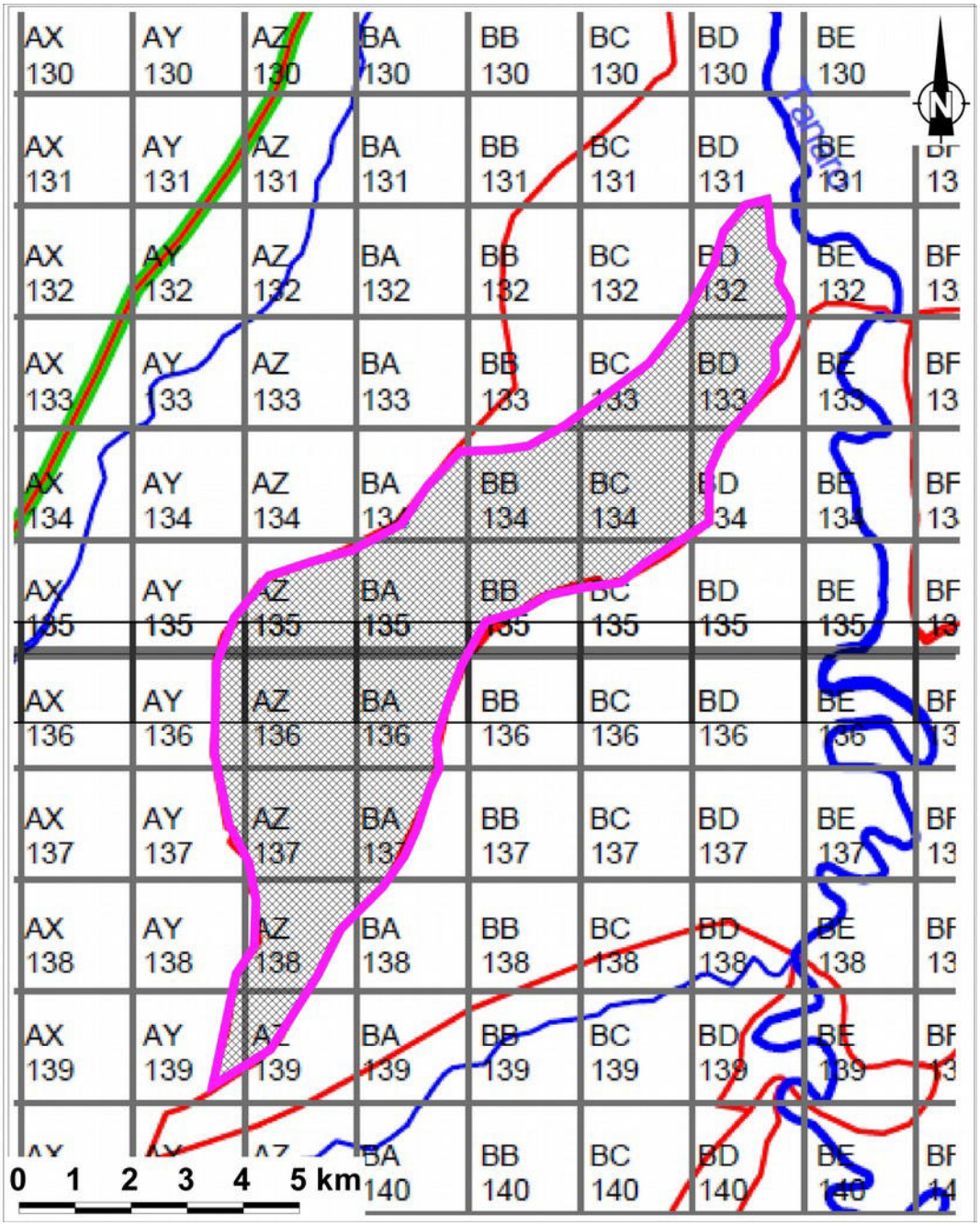
A = superficie del bacino

T_c = tempo di corrivazione

Da cui, dall'elaborazione dei dati estratti per il bacino del Rio Valle San Lorenzo, si sono ottenuti i seguenti valori di portata Q:

- **Tr 20 anni: 65,05 m³**
- **Tr 100 anni: 78,68 m³**
- **Tr 200 anni: 85,96 m³**
- **Tr 500 anni: 95,13 m³**

Nelle verifiche idrauliche riportate successivamente verranno utilizzati questi valori di portata calcolati per il bacino in studio.



Bacino del Torrente Mondalavia sotteso alla sezione di chiusura sul ponte oggetto di studio con indicazione delle celle con lato 2km del P.A.I.

4. VERIFICHE IDRAULICHE DEL PONTE SUL T.MONDALAVIA

Al fine di verificare l'efficienza idraulica del ponte oggetto di studio in funzione del progetto di posa della tubazione acquedottistica è stata realizzata una verifica idraulica della sezione del ponte in moto uniforme.

Per l'esecuzione della verifica è stato utilizzato il software Piena della Programgeo srl, in licenza d'uso, utilizzando i seguenti parametri di scabrezza (Ks di Strickler):

- Alveo attivo: Ks=25 m/s1/3
- Sponde rivestite in mattoni: Ks=60 m/s1/3
- Aree ricoperte da vegetazione: Ks=25 m/s1/3

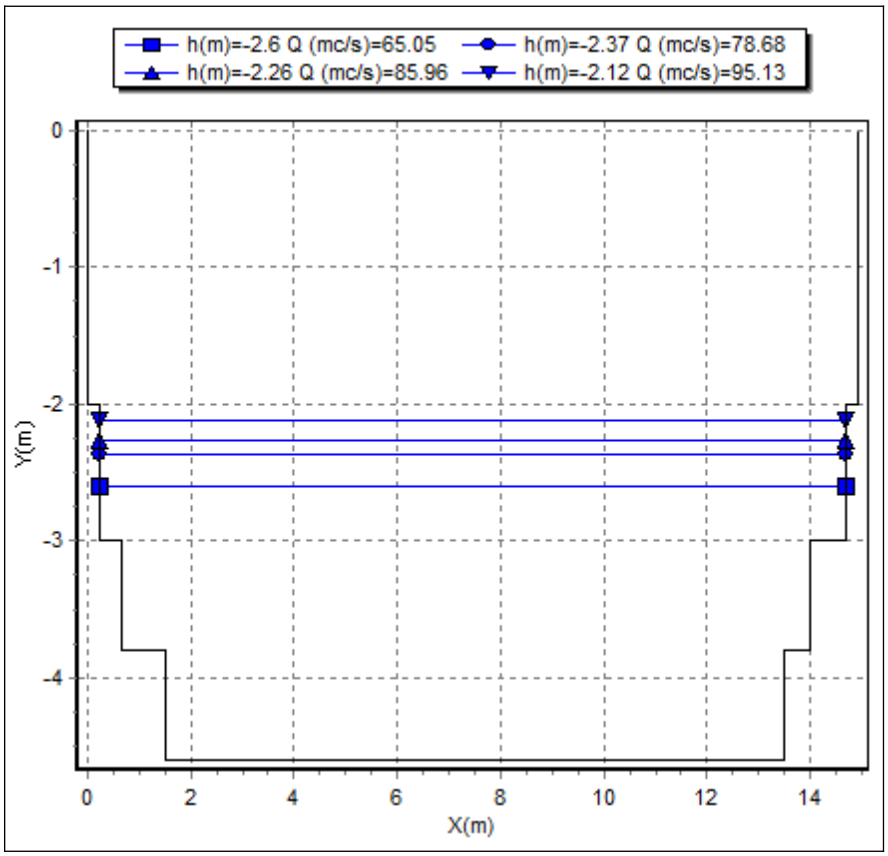
Tipo superficie	m (m1/2)	K_s ($m^{1/3}s^{-1}$)
CANALI APERTI (Rh ≈1)		
Rivestiti con:		
conglomerati bituminosi	0,33-0,76	57-75
mattoni	0,39-0,76	57-72
calcestruzzo	0,29-0,76	57-77
pietrame ad opera incerta	1,00-4,00	20-50
pietre	2,33-5,67	15-30
Scavati o dragati:		
in terra diritti ed uniformi	0,67-2,33	30-60
in terra con curve uniformi	1,00-4,00	20-50
in terra senza manutenzione o in roccia	1,00-4,00	20-50
CORSI D'ACQUA MINORI (Rh ≈ 2) (larghezza in piena <30 m)		
con sezioni regolari	1,39-4,89	20-45
con sezioni irregolari	3,62-6,99	15-25
torrenti con pochi massi	2,19-4,89	20-35
torrenti con grossi massi	3,63-6,99	15-25
CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Rh ≈ 4) (larghezza in piena ≥ 30 m)		
con sezioni regolari	1,53-3,29	30-45
con sezioni irregolari	3,29-5,94	20-30
AREE GOLENALI		
a pascolo	1,50-4,00	20-40
coltivate	1,00-4,00	20-50
con vegetazione spontanea	2,33-4,00	20-30

Valori di Ks (Strickler) e di m (Kutter) di riferimento (da manuale software Piena – Programgeo srl)

E' stata considerate una pendenza dell'alveo cautelativa, 0,5%, definita sulla base delle cartografie di base disponibili. La sezione del ponte nel software di calcolo è stata schematizzata in modo cautelativo in quanto la sezione effettiva è maggiore.

E' stata ricostruita la sezione di un'arcata per verificare se fosse sufficiente di smaltire le portate di piena calcolate. Il risultato ottenuto è quello illustrato nell'immagine riportata a seguire dove è evidente come la sezione del ponte sulla S.P. 205 sul Torrente Mondalavia sia sufficiente a smaltire le portate di piena per tutti i Tr considerati.

Le altezze idrometriche riferite ai vari tempi di ritorno sono indicate con il segno negativo in quanto vengono considerate a partire dalla quota zero corrispondente all'intradosso del ponte considerato. Si tenga conto che come intradosso del ponte è stato considerata la base dell'arcata e quindi la sezione reale è maggiore a quella verificata.



Sezione di verifica (arcata sx del ponte)

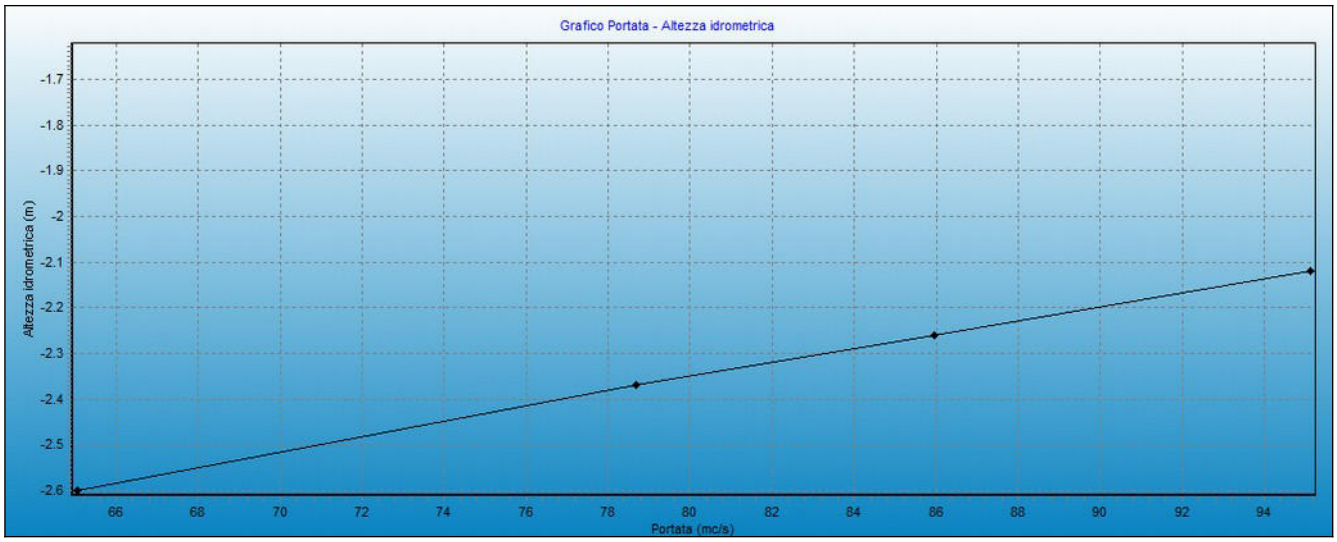


Grafico portate/altezza idrometrica

Committente: TECNOEDIL S.p.A.

Località: S.P. 205 - Ponte Mondalavia Descrizione:

Note: Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo

X (m)	Y (m)	Ks (m^1/3 / s)
0	0	60
0	-2	60
0.25	-2	60
0.25	-3	60
0.65	-3	60
0.65	-3.8	60
1.5	-3.8	25
1.5	-4.6	25
13.5	-4.6	25
13.5	-3.8	25
14	-3.8	60
14	-3	60
14.7	-3	60
14.7	-2	60
14.925	-2	60
14.925	0	60

Inclinazione dell'alveo (%): 0.5

Ks=coef. di scabrezza di Strickler

Tabella verifica sezione d'alveo

Committente: TECNOEDIL S.p.A.

Località: S.P. 205 - Ponte Mondalavia Descrizione:

Note: Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche

Tempo di ritorno(anni)	Portata di verifica (mc/s)	Velocità (m/s)	Altezza idrometrica (m)
20	65.05	2.5	-2.6
100	78.68	2.69	-2.37
200	85.96	2.78	-2.26
500	95.13	2.89	-2.12

Altezze idrometriche e velocità della corrente per Tr 20, 100, 200 e 500 anni

5. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto precedentemente esposto si può affermare che la realizzazione dell'intervento in progetto risulti compatibile con l'assetto idraulico/idrologico dell'area in quanto la sezione del ponte stradale sulla S.P. 205 sul Torrente Mondalavia è sufficiente a smaltire le portate di piena per tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 e 500 anni con un franco di almeno un metro rispetto all'intradosso del ponte.

Il tassellamento della tubazione acquedottistica non diminuirà comunque la luce libera attuale del ponte.

Peveragno, febbraio 2020

Il Geologo, Dott. Andrea Bredy