



S.S. n° 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di San Vito di Cadore

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE ANAS S.p.A.

Coordinamento Territoriale Nord Est - Area Compartimentale Veneto

IL PROGETTISTA:

Ing. Pietro Leonardo CARLUCCI

IL GEOLOGO:

Geol. Emanuela AMICI

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Dott. Marco FORMENTELLO

Arch. Lisa ZANNONER

ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:



Ing. Geol. Massimo Pietrantoni
Ordine Ingegneri Roma n. A-36713
Ordine Geologi Lazio A.P. n. 738

visto: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gabriella MANGINELLI

PROTOCOLLO:

DATA:

N. ELABORATO:

IDROLOGIA - IDRAULICA Relazione Idrologica e Idraulica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00ID00IDRRE01_A

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

MSVE14 D 1711

CODICE ELAB. T00 ID00 IDR RE01

A

-

D

C

B

A

EMISSIONE

SETTEMBRE 2017

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

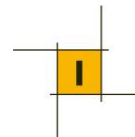
VERIFICATO

APPROVATO

**Piano straordinario “Cortina 2021”
SS 51 “di Alemagna”
Attraversamento dell’abitato di Valle di Cadore**

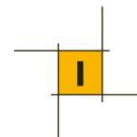
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Idrologica e Idraulica



INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	2
2.1.	Localizzazione dell'area d'intervento e descrizione del tracciato	2
2.2.	Pianificazione di Assetto Idrogeologico	2
2.3.	Il Piano di Assetto del Territorio P.A.T.	6
2.4.	Interferenze idrauliche	6
3.	IDROLOGIA	9
3.1.	Caratterizzazione climatica e regime pluviometrico	9
3.2.	Trasformazione afflussi-deflussi – Metodo del Curve Number	14
3.3.	Calcolo del tempo di corrivazione	18
3.4.	Calcolo delle portate di progetto	19



1. PREMESSA

Nella presente Relazione vengono trattati gli aspetti idrologici e idraulici relativi al progetto definitivo dell'attraversamento di Valle di Cadore, compreso tra gli interventi per il Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021.

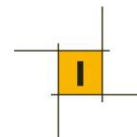
In particolare viene fornita la caratterizzazione idrologica-idraulica dell'area di interesse e vengono individuate le principali problematiche legate all'interazione tra l'infrastruttura e il sistema delle acque superficiali. Vengono determinati inoltre i valori di colmo delle massime portate di piena dei bacini interferiti.

In particolare vengono affrontati i seguenti punti:

- inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento;
- caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico e idraulico;
- individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con l'opera di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- delimitazione dello studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti principali;
- analisi dell'interferenza tra la viabilità di progetto e l'idrografia superficiale.

Nella sezione idrologica della presente relazione viene descritta l'attività di acquisizione ed elaborazione dei dati di pioggia esistenti. Lo studio e le elaborazioni dei dati raccolti consentiranno di associare, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, una corretta valutazione dell'evento meteorico generatore della portata di dimensionamento.

Vengono determinate, quindi, le curve di possibilità pluviometrica aventi pertinenza sulla zona in esame, necessarie per la stima, note le caratteristiche dei bacini idrografici scolanti, delle portate massime da utilizzare nello studio idraulico.



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1. Localizzazione dell'area d'intervento e descrizione del tracciato

Il tracciato di progetto ha un percorso complessivo di circa 0.8 km, quasi interamente in galleria. Il tracciato inizia a ovest di Valle, con la diversione della SS51 e l'imbocco in una galleria naturale (L= 589 m, unica opera d'arte presente nel progetto) e termina al centro del paese con una rotatoria di innesto sulla SS51 Alemagna.



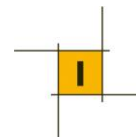
2.2. Pianificazione di Assetto Idrogeologico

Relativamente agli aspetti connessi alla difesa del suolo, l'area interessata dalle opere in progetto ricade nell'ambito territoriale di competenza del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.

La normativa di riferimento in materia di valutazione e gestione del rischio di alluvioni è la Direttiva europea 2007/60/CE conosciuta anche come "Direttiva Alluvioni".

La Direttiva, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

Il recepimento della normativa europea da parte della legislazione nazionale ha portato alla definizione dei Distretti idrografici, soggetti competenti per gli adempimenti previsti dalla Normativa, tra i quali fondamentale importanza ha la redazione delle mappe di pericolosità idraulica e rischio idraulico. In Italia, sono stati individuati 8 Distretti Idrografici. Il territorio dei Distretti è stato a sua volta suddiviso in Unit of Management (UoM) ovvero unità territoriali omogenee di riferimento per la gestione del rischio di alluvione corrispondenti ai principali bacini idrografici, ognuna delle quali fa riferimento alla relativa Autorità Competente o Competent Authority (CA).



L'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali opera sui bacini idrografici nelle regioni Friuli Venezia Giulia e Veneto e marginalmente in Lombardia, nelle Province Autonome di Trento e di Bolzano, nonché su alcuni bacini transfrontalieri al confine con Svizzera, Austria e Slovenia.

L'ambito territoriale copre circa 40.000 km², in cui vivono circa 7,1 milioni di abitanti.

Al Distretto delle Alpi orientali appartengono 14 bacini idrografici:

- il bacino idrografico dell'Adige, già bacino nazionale
- i bacini idrografici dell'Isonzo, del Tagliamento, del Livenza, del Piave e del Brenta - Bacchiglione, già bacino nazionale;
- i bacini idrografici del Lemene e del Fissero – Tartaro - Canalbianco, già bacini interregionali
- il bacino dello Slizza (ricadente nel bacino del Danubio), del Levante, quello dei tributari della Laguna di Marano-Grado, quello della pianura tra Piave e Livenza, quello del Sile e quello scolante della Laguna di Venezia, già bacini regionali.

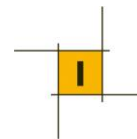
Strumento fondamentale dell'Autorità di Distretto è il Piano di Bacino idrografico, definito come “lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono individuate e programmate le azioni finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque”.

L'attività di pianificazione in tema di difesa del suolo e gestione delle risorse idriche nel distretto idrografico si concretizza perciò nel Piano di Bacino, realizzato attraverso “piani stralcio”, in particolare il Piano di Gestione delle Acque ed il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA.

Il Comitato istituzionale (con delibera n. 1 del 17.12.2015) ha stabilito che il PGRA non costituisce automatica variante dei PAI dei bacini componenti il distretto idrografico delle Alpi Orientali, che continuano a costituire riferimento per gli strumenti urbanistici di pianificazione e gestione del territorio, nonché per la pianificazione di settore che consideri l'assetto idrogeologico del territorio. Pertanto, ai fini della verifica della rispondenza del progetto agli strumenti di pianificazione territoriale, si fa riferimento al piano redatto dalla Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico), competente sull'area in esame precedentemente all'entrata in vigore della Direttiva Alluvioni.

Questa Autorità ha redatto ed adottato con delibera del Comitato istituzionale del 3/03/2004 un Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), previsto dalle Leggi 267/'98 e 365/'00, configurato come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica ed idrogeologica del Piano generale di bacino previsto dalla L. 183/'89.

Tale Piano ha recepito quanto già prodotto dall'Autorità di Bacino riguardo ai bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione e Livenza.



Il Piano è costituito fondamentalmente dalle fasi conoscitiva, propositiva, programmatica, contenute in una relazione generale, e dalla cartografia con la perimetrazione delle aree pericolose ed a rischio.

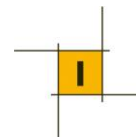
Si ritiene opportuno sottolineare che nella prima redazione del piano non sono state perimetrare, in considerazione delle conoscenze disponibili, tutte le aree pericolose presenti sul territorio. Pertanto le cartografie allegate al Piano devono considerarsi un documento preliminare, e non esaustivo, delle reali e potenziali pericolosità idrauliche e geologiche presenti nei bacini idrografici. In particolare questa casistica si presenta per i territori sottesi dalla rete idrografica montana, che interessa il territorio in cui ricade il tracciato di progetto, dove gli studi di settore sono in corso di elaborazione. In attesa di tali approfondimenti il piano pertanto individua precisi criteri da utilizzare da parte del pianificatore in assenza di specifiche perimetrazioni. Per le finalità generali dei Piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (art. 3 della L. 183/89 e dall'art. 1, comma 1 della L. 267/98), il PAI costituisce lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino.

Il Progetto di Piano stralcio per la sicurezza idraulica del medio e basso corso, che è indubbiamente strettamente connesso con il Piano per l'assetto idrogeologico, ha come fine quello di assicurare al territorio afferente al bacino idrografico del fiume Piave, con particolare riferimento al medio e basso corso dell'asta principale, un livello di sicurezza compatibile con l'utilizzo antropico del territorio e rispettoso del principio di precauzione.

Il progetto individua un sistema integrato di interventi strutturali e non strutturali da realizzare nel breve, medio e lungo periodo. Gli interventi proposti nel progetto di Piano rappresentano un sistema integrato ed organizzato di interventi che permette di verificare in progress gli effetti dei vari interventi sull'idrosistema garantendo comunque l'esecuzione di parti finite e funzionali di opere. La priorità degli interventi strutturali e non strutturali è finalizzata pertanto a massimizzare il rapporto efficacia-costi allo scopo di ottenere subito i maggiori risultati in termini di sicurezza acquisibile in un'ottica di conservazione del "territorio fluviale", mantenendo comunque la possibilità di limitare eventualmente le opere programmate nel medio e lungo periodo in relazione alle nuove ed ulteriori informazioni acquisite attraverso l'attuazione delle azioni programmate nel breve periodo.

Il Piano si prefigge l'obiettivo di garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geologico, attraverso il ripristino degli equilibri idraulici, geologici ed ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni.

Il Piano persegue finalità prioritarie di protezione di abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di pregio paesaggistico e ambientale interessati da fenomeni di pericolosità, nonché di riqualificazione e tutela delle caratteristiche e delle risorse del territorio.



Dall'analisi delle planimetrie del rischio idraulico allegate al PGRA, nell'area di Valle non sono segnalate aree aventi Rischio Idraulico, pertanto il progetto è pienamente compatibile con il PGRA. Analogamente, non si segnalano interferenze del tracciato con aree aventi pericolosità idraulica secondo le perimetrazioni del PAI dell' Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione.

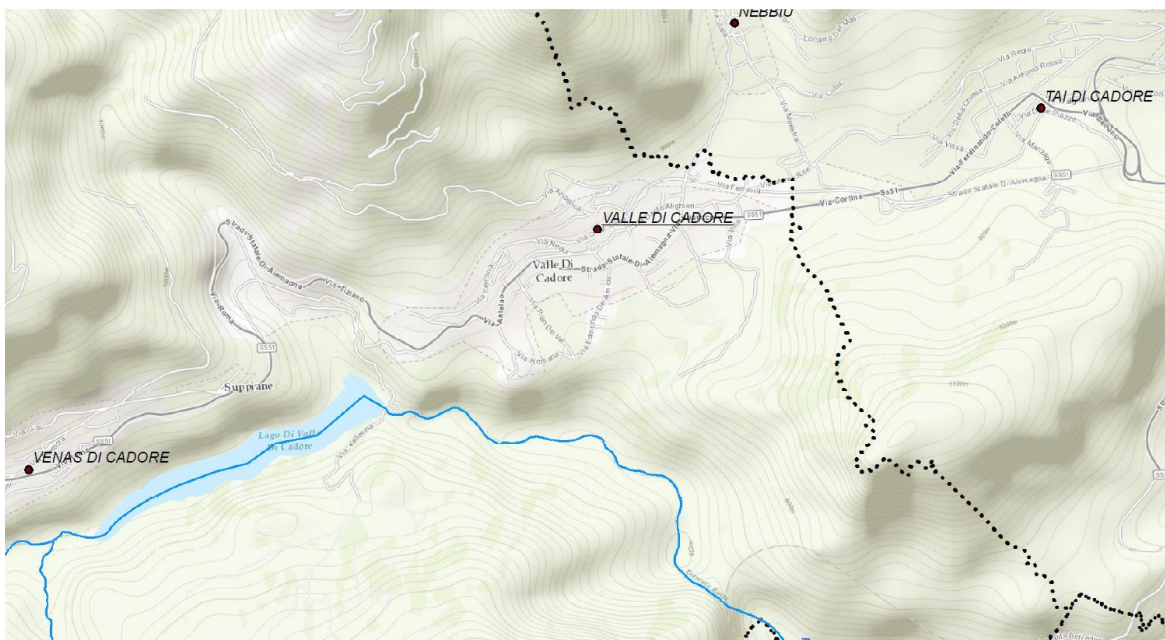


Figura 1: Planimetria dell'area con Rischio Idraulico del PGRA

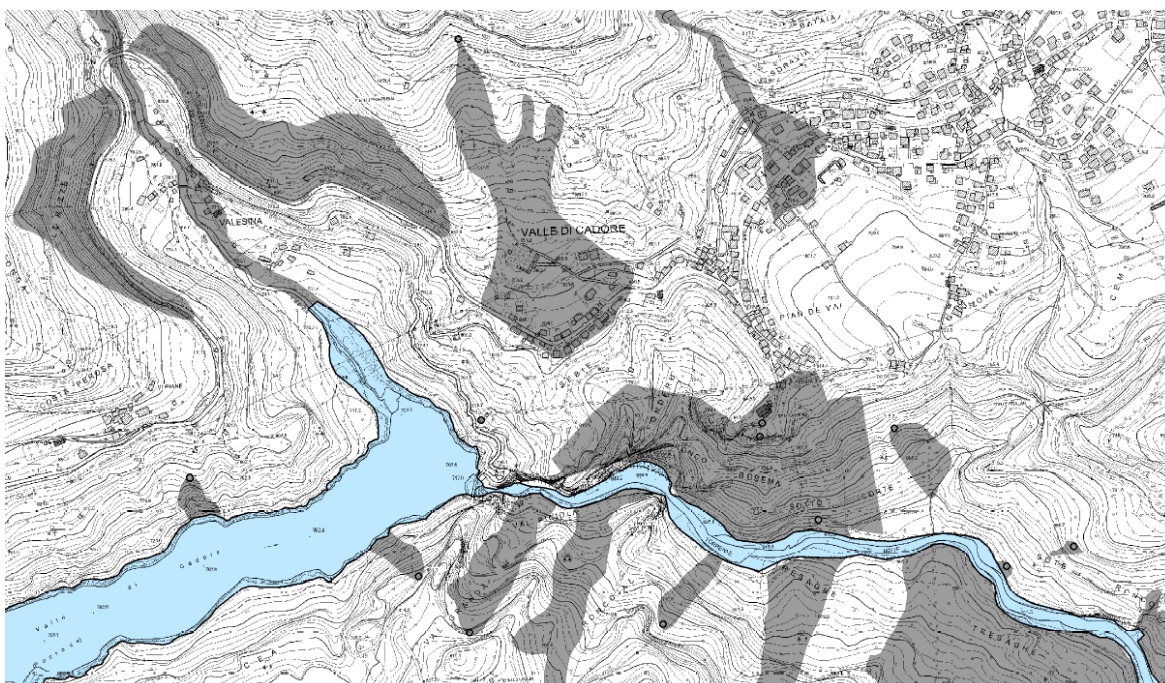
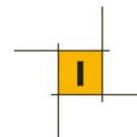


Figura 2: aree con Pericolosità Idraulica secondo il PAI



2.3. Il Piano di Assetto del Territorio P.A.T.

Il Piano di Assetto del Territorio (PAT), come definito dall'articolo 13 della legge regionale 11 del 2004, fissa gli obiettivi e le condizioni di sostenibilità degli interventi e delle trasformazioni ammissibili ed è redatto, dai Comuni, sulla base di previsioni decennali. Il P.A.T. (che sostituisce il Piano Regolatore Generale) determina le scelte strategiche di assetto e di sviluppo del territorio comunale

All'interno del P.A.T. è contenuta la Valutazione di Compatibilità Idraulica (VCI), documento che contiene le valutazioni sulle situazioni di dissesto del territorio ed evidenzia la relativa compatibilità con le previsioni urbanistiche nelle "Zone di attenzione idraulica", definite nell'art. 5 NTA del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici dei fiumi dell'Alto Adriatico (adottato con delibera n.3 CI 09/11/2012).

Dalla sovrapposizione del tracciato con la "Carta di compatibilità idraulica" allegata alla VCI si evince come il tracciato non vada ad interferire con zone perimetrate come Aree con Pericolosità Idraulica a seguito delle modellazioni eseguite nell'ambito della VCI.

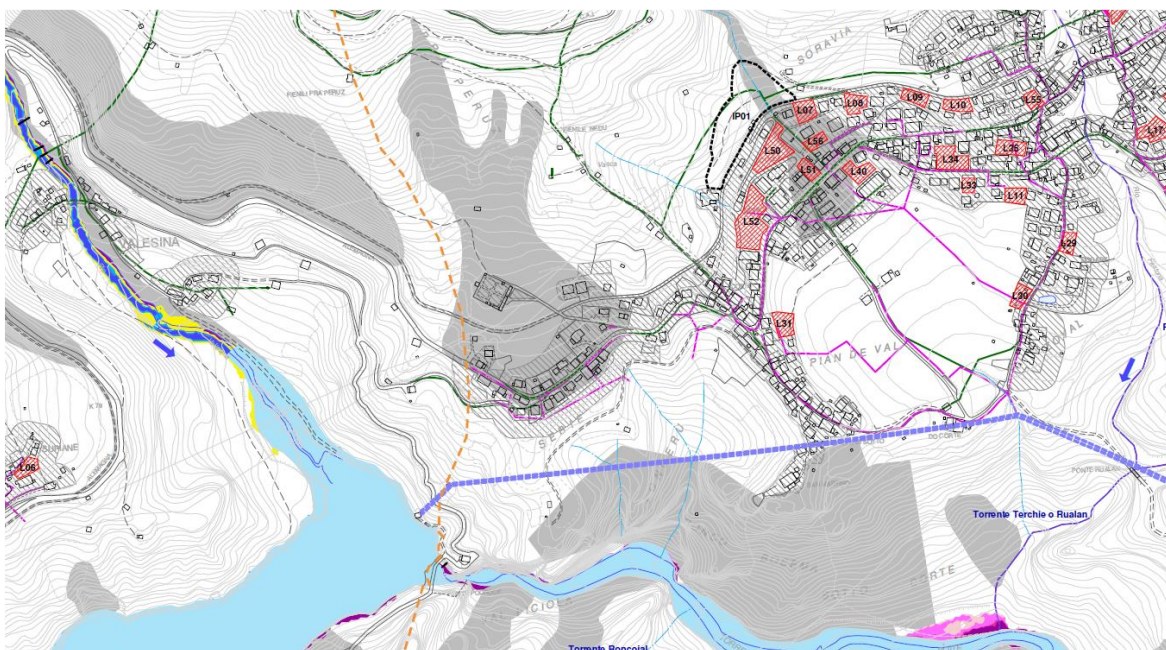


Figura 3: sovrapposizione del tracciato alla Carta di Compatibilità Idraulica del P.A.T. di Valle di Cadore

La VCI presentata per il P.A.T. di Valle di Cadore contiene analisi idrologiche di dettaglio, i cui risultati saranno assunti come riferimento nel prosieguo del presente studio.

2.4. Interferenze idrauliche

Essendo il tracciato di progetto in larga parte in galleria, non sussistono interferenze idrauliche con corpi idrici di rilievo. Presso gli imbocchi si determina interferenza con le acque provenienti dal versante.

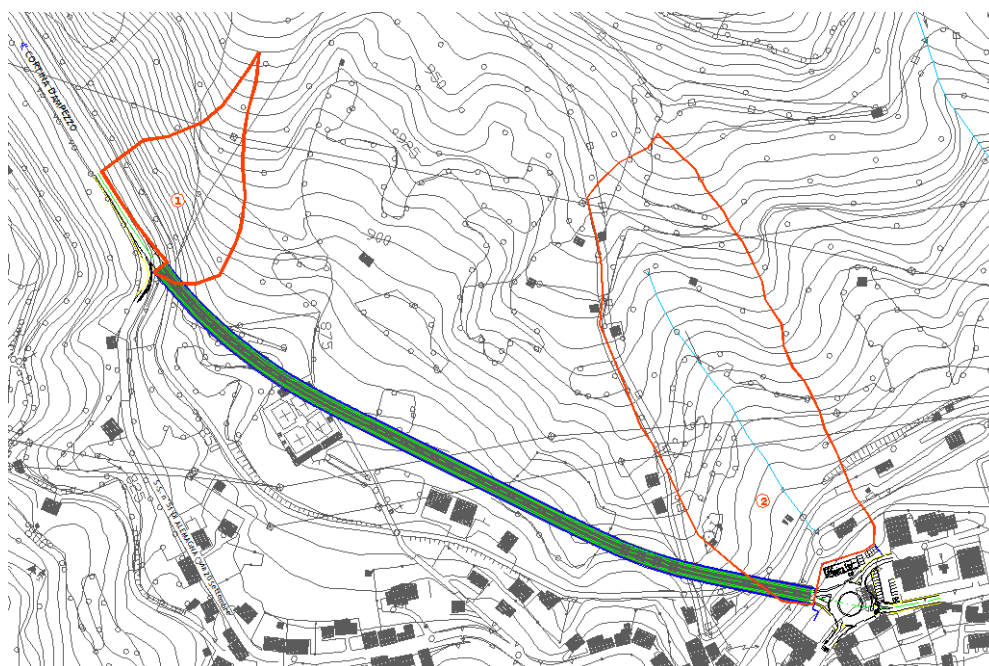
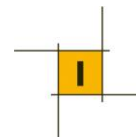


Figura 4: bacini interferiti dal tracciato di progetto

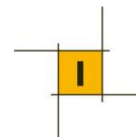
I bacini in esame presentano estensioni limitate, solamente quello sull'imbocco est è dotato di una asta torrentizia definita.

I bacini interferiti dal tracciato e le relative caratteristiche morfologiche sono elencati nella tabella seguente, in cui

- A l'area del bacino idrografico;
- H_{max} la quota massima del bacino dell'asta fluviale principale;
- H_{min} la quota minima del bacino, coincidente con la quota minima dell'asta fluviale principale alla sezione di chiusura;
- H_{med} la quota media del bacino idrografico rispetto alla sezione di chiusa;
- L la lunghezza dell' asta principale, considerata come quella a maggior sviluppo planimetrico del reticolo idrografico sotteso alla sezione di chiusura;
- i pendenza media dell'asta principale

Tabella 1: caratteristiche morfologiche dei bacini interferiti

Corso d'acqua	Bacino						
	Codice	A	H _{max}	H _{med}	H _{min}	L	i
		Kmq	m s.m.	m	m	km	m/m
1		0.012	840	860	835	0.10	0.50

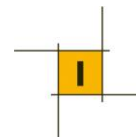


2	0.046	920	900	845	0.28	2.66
---	-------	-----	-----	-----	------	------

Nell'elaborato P00ID00IDRCO01A è riportata la perimetrazione dei bacini interferiti.

Il progetto non prevede opere di attraversamento per le portate dei bacini individuati, poiché:

- il bacino n.1 viene drenato dalla canalizzazione esistente in fregio al muro di controripa presente sulla SS51 Alemagna.
- il bacino n.2 viene drenato dall'opera esistente sotto la viabilità comunale e sottopassante il tracciato di progetto.



3. IDROLOGIA

Lo studio idrologico è volto alla determinazioni delle portate di progetto da considerare per il corretto dimensionamento delle opere di attraversamento dei corpi idrici esistenti e del sistema di drenaggio di piattaforma.

La valutazione delle portate di progetto deriva da una analisi statistica dei dati disponibili, in modo da stabilire una relazione fra le portate ed il corrispondente tempo di ritorno T_r . Esistono diversi metodi per la valutazione delle portate di progetto, a seconda dei dati di partenza:

- analisi statistica delle misure idrometriche, per i corpi idrici dotati di stazioni di misura. Questo metodo è applicabile laddove le stazioni di misura esistano e siano sufficientemente prossime alla sezione di chiusura del bacino considerata
- metodi di regionalizzazione delle portate: possono essere utilizzati su vasti bacini strumentati, laddove, con tecniche di regressione statistica, l'intera informazione idrometrica può essere utilizzata per correlare la portata nella sezione fluviale considerata con le caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino
- metodi di trasformazione afflussi/deflussi: in caso di bacini non strumentati, le portate di progetto possono essere valutate a partire da una analisi statistica dei dati di precipitazione atmosferica, da trasformarsi in portate per mezzo di modelli di trasformazione afflussi/deflussi.

Il Ru Sec e le altre incisioni minori attraversate dal tracciato di progetto non sono dotate di stazioni di misura dei livelli/portate e pertanto per la valutazione delle portate di progetto si farà ricorso ai metodi di trasformazione afflussi/deflussi.

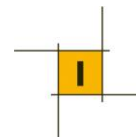
3.1. Caratterizzazione climatica e regime pluviometrico

L'area oggetto del presente studio ricade all'interno del bacino del Piave.

Tutto il bacino del Piave appartiene alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi. La zona presenta una definizione delle stagioni abbastanza marcata, con inverni freddi e asciutti ed estati calde e spesso umide (specialmente in pianura).

Con riferimento al regime pluviometrico (Figura 5), il bacino del Piave può essere suddiviso in quattro zone climatiche: la fascia costiera e di bassa pianura, la fascia dell'alta pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina. L'area oggetto dello studio ricade all'interno della fascia alpina. Questa zona coincide di fatto con la parte settentrionale della provincia di Belluno. La precipitazione media annua diminuisce gradualmente spostandosi verso nord-ovest, e si mantiene relativamente elevata solo verso il confine con il Friuli.

I valori medi annui di precipitazione vanno dai 1500 mm, delle zone meridionali, ai 1100 mm delle dolomiti attorno a Cortina. Gli anni meno piovosi portano 800-1100 mm, quelli più piovosi 1400-2000 mm. Il mese



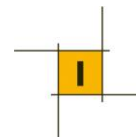
mediamente meno piovoso è febbraio, con 50-80 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno e novembre, con 100-160 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 40-50 mm.



Figura 5: Carta delle precipitazioni medie annue

3.1.1. Analisi statistico-probabilistica regionalizzata delle precipitazioni intense

Per il calcolo delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno nel territorio oggetto dello studio si è fatto riferimento allo studio di regionalizzazione delle precipitazioni estreme condotto nell'ambito dello studio



riguardante il dimensionamento delle opere idrauliche, condotto nel 1996 dall'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione ("Legge 193 del 18/05/1989, Art. 23: Studi finalizzati alla redazione dei Piani di Bacino – Dimensionamento delle opere idrauliche").

Lo scopo principale della regionalizzazione delle precipitazioni estreme è quello di consentire la valutazione, attraverso semplici relazioni matematiche, dell'altezza dell'afflusso meteorico h in una qualsiasi località ricadente all'interno della regione esaminata, una volta fissati il tempo di ritorno Tr e la durata t della precipitazione stessa. Il procedimento che consente di raggiungere questo obiettivo non è una semplice estrapolazione dei risultati delle analisi statistiche usuali, applicate alle singole stazioni pluviometriche, ma si basa su procedimenti che tengono conto dell'andamento generale dei parametri che caratterizzano il legame tra le grandezze h , Tr e t sull'intera superficie della regione esaminata. Le relazioni utilizzate per l'analisi regionale delle precipitazioni sono quindi espresse da una equazione del tipo:

$$h = f(x, y, t, Tr)$$

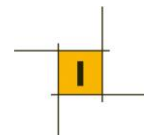
che fa dipendere esplicitamente l'altezza dell'afflusso meteorico h dalla posizione geografica del luogo (x, y) , dalla durata della pioggia (t) e dal tempo di ritorno (Tr) ad essa associato.

Nel caso specifico del bacino del Piave, le attività di studio propedeutiche alla redazione del piano di bacino hanno evidenziato che la predetta relazione assume la seguente forma:

$$h(x, y, t, Tr) = H(x, y) * (1 - 0,3 * \ln \ln (1 - 1/T)) * d^{n(x, y)}$$

dove x e y indicano le coordinate del generico punto del bacino, mentre T (anni), d (ore) e h (mm) indicano rispettivamente il tempo di ritorno, la durata e l'altezza totale di precipitazione ed i coefficienti $H(x)$ e $n(x)$, o funzione della posizione, sono stati valutati nell'ambito dello studio dell'Autorità di bacino, complessivamente per 584 stazioni pluviometriche e successivamente omogeneizzati prevenendo alla redazione di carte delle isolinee dei due parametri che permettono di determinare i valori dei parametri per qualsiasi punto del territorio dell'Autorità.

La distribuzione spaziale dei predetti parametri è indicata in Figura 6 e Figura 7.



Distribuzione Spaziale delle precipitazioni intense. Andamento spaziale del parametro n della relazione $h = H (1 + BY)t^n$

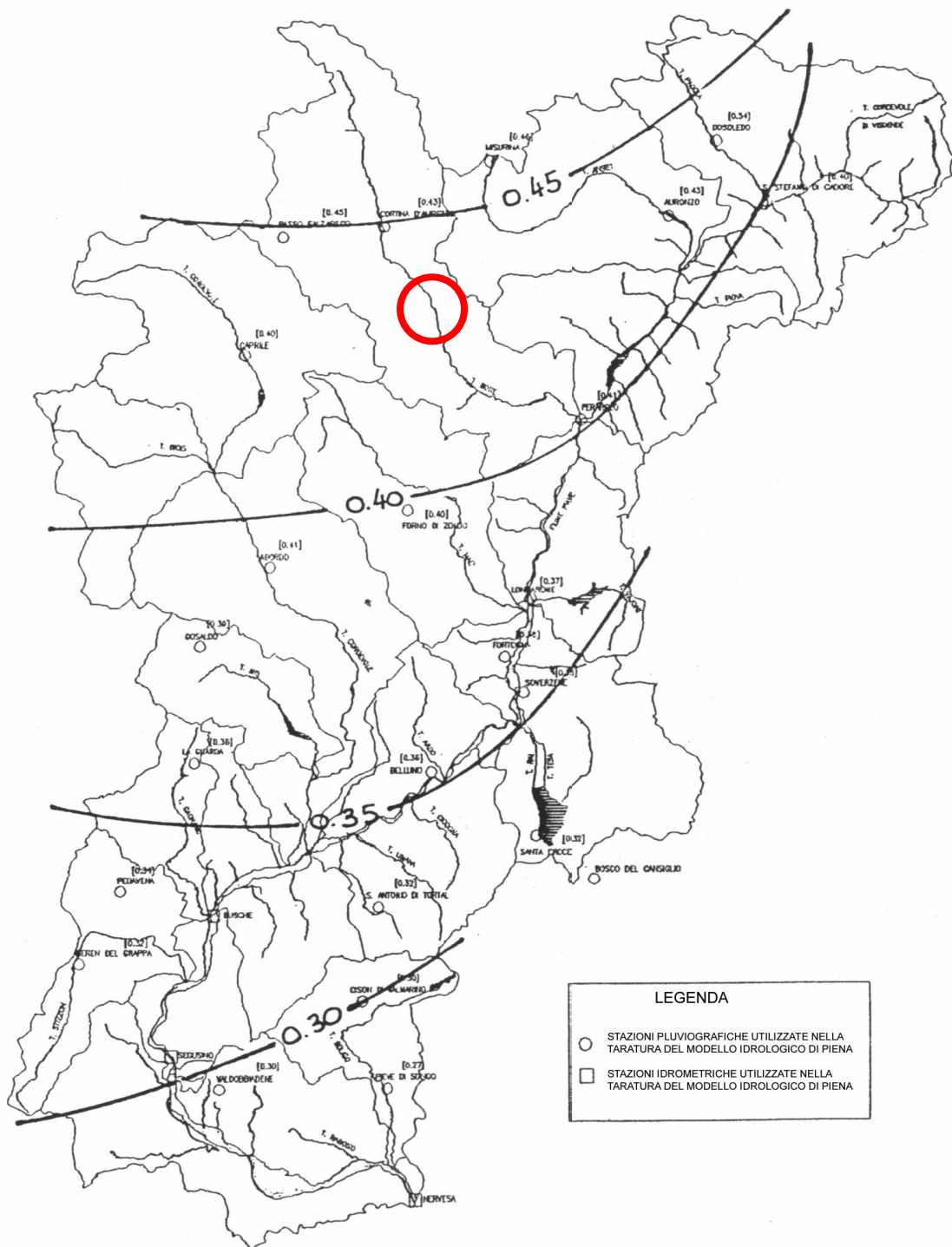
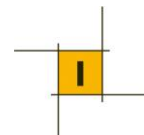


Figura 6: isolinee parametro $n(x)$



Distribuzione Spaziale delle precipitazioni intense. Andamento spaziale del parametro H della relazione $h = H (1+BY)t^n$

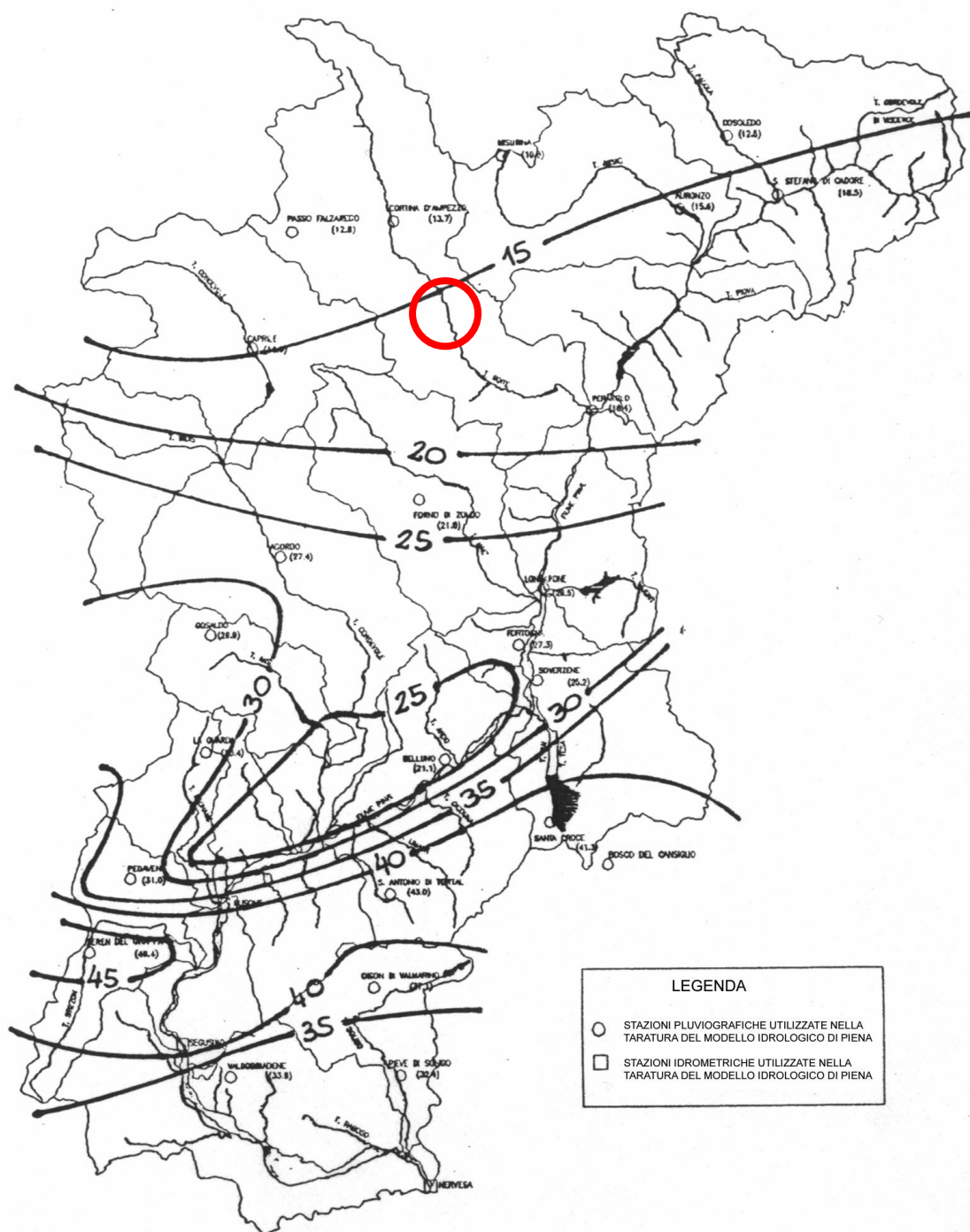
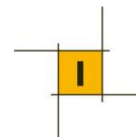


Figura 7: isolinee parametro $H(x)$

Assumendo, come riportato nella VCI allegata al vigente P.A.T., per i parametri $H(x)$ e $n(x)$ i valori:



- $H(x) = 16$
- $n(x) = 0.44$

si possono calcolare le curve di possibilità climatica per diversi tempi di ritorno, scritte nella classica forma

$$h(t) = a t^n$$

Tabella 2: altezze di pioggia per diverse durate t e diversi tempi di ritorno Tr

	Tr							
	5	10	20	25	50	100	200	300
	Y(Tr)							
	1.500	2.250	2.970	3.199	3.902	4.600	5.296	5.702
t [minuti]	h(t;Tr) [mm]							
5	8.18	9.58	10.93	11.36	12.68	13.99	15.30	16.06
10	11.09	13.00	14.83	15.42	17.21	18.98	20.75	21.79
15	13.26	15.54	17.73	18.43	20.57	22.69	24.81	26.04
30	17.99	21.08	24.05	25.00	27.90	30.78	33.66	35.33
60	24.40	28.60	32.63	33.91	37.85	41.76	45.66	47.93

Tabella 3: parametri a , n delle curve di probabilità pluviometrica

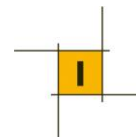
Tr	a	n
5	24.400	0.44
10	28.602	0.44
20	32.633	0.44
25	33.912	0.44
50	37.851	0.44
100	41.761	0.44
200	45.657	0.44
300	47.932	0.44

3.2. Trasformazione afflussi-deflussi – Metodo del Curve Number

La trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi di piena deve tener conto delle perdite idrologiche, ovvero della frazione dell'altrezza di pioggia che contribuisce al deflusso superficiale.

Allo scopo, si è adottata la metodologia del Numero di Curva CN, sviluppata dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti.

La metodologia parte dall'assunto che la precipitazione non contribuisce per intero alla formazione della portata/volume di piena, una parte di essa non raggiunge il reticolo idrografico superficiale: ciò è principalmente dovuto all'infiltrazione nel sottosuolo, all'immagazzinamento in porzioni depresse del terreno e alla ritenzione da parte della vegetazione, tutti fattori che riducono il quantitativo di acqua che raggiunge il reticolo superficiale. La riduzione dipende da diversi fattori, quali il tipo di suolo, l'uso del suolo, la percentuale di saturazione del terreno. La pioggia netta h_e è la parte della pioggia ricavata con le curve di



probabilità pluviometrica che raggiunge il reticolo idrografico superficiale e contribuisce alle portate di progetto.

Per valutare la pioggia netta, si adotta il metodo del Curve Number, messo a punto dallo U.S. Soil Conservation Service (SCS) (SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.). Il metodo si basa sulla definizione del numero di curva o Curve Number CN, un parametro che descrive le condizioni del suolo (tipo, uso, saturazione).

La pioggia netta può essere determinate mediante la seguente espressione

$$h_e = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S}$$

dove:

- h_e (mm) è l'altezza di pioggia netta corrispondente alla durata t considerata;
- P (mm) è la pioggia complessiva caduta nel medesimo intervallo di tempo;
- Ia (mm) rappresenta le perdite iniziali;
- S (mm) è la capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione (mm), descrive il volume di pioggia potenzialmente trattenuto date le condizioni del suolo (tipologia, uso, copertura vegetale, saturazione)

Il parametro S è determinato mediante la seguente relazione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

in cui CN è il cosiddetto Numero di Curva (Curve Number), un indice che considera le condizioni e l'uso del suolo. Il Soil Conservation Service degli Stati Uniti ha predisposto tabelle con i valori di CN per differenti tipologie e usi del suolo.

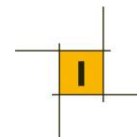
Le perdite iniziali (Ia) sono costituite da alcuni processi quali l'intercettazione della pioggia da parte delle chiome della vegetazione, dall'accumulo nelle locali depressioni del terreno e dall'imbibizione iniziale del terreno. Il parametro Ia dipende da S tramite la seguente relazione (raccomandata dal SCS per l'ambiente agrario statunitense):

$$Ia = 0.2 \times S$$

Per la realtà italiana, si adotta un valore delle perdite iniziali pari alla decima parte della capacità idrica massima del suolo (S), pertanto:

$$Ia = 0.1 \times S$$

I parametri CN e S sono inversamente correlati in modo non lineare: la capacità idrica massima del suolo (S) varia teoricamente da 0 a infinito e con tale equazione si ottiene un campo di variazione del parametro CN, compreso tra 0 e 100. Il parametro CN esprime le condizioni, dal punto di vista della formazione del deflusso,



del complesso suolo-soprassuolo considerate le condizioni di umidità nei cinque giorni antecedenti l'evento di piena. In altri termini riassume l'attitudine propria e specifica del bacino a produrre deflusso.

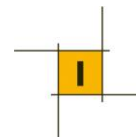
Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna" cioè viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente o quasi in deflusso creando l'evento di piena.

Tale situazione si verifica per la precipitazione che direttamente cade nella rete idrografica o nei pressi della stessa. L'acqua è infatti assimilabile ad una superficie impermeabile dove l'afflusso si trasforma istantaneamente in deflusso.

La seguente tabella riporta i valori di CN per diverse tipologie di suolo e di uso del medesimo:

Tipo di copertura (uso del suolo):	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie:				
buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati:				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali (impermeabilità media %):				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	75	83	87
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabili, tetti	98	98	98	98
Strade:				
Pavimentate con cordoli - fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 4: valori di CN per diverse tipologie di uso del suolo



I valori di CN mostrati in tabella fanno riferimento a differenti tipologie idrologiche di suolo, dipendenti dalla permeabilità del terreno. La classificazione proposta dal SCS è la seguente:

TIPO DI SUOLO	DESCRIZIONE
A	<i>Scarsa potenzialità di deflusso</i> Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde e molto permeabili.
B	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa</i> Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
C	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente alta</i> Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità d'argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	<i>Potenzialità di deflusso molto alta</i> Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 5: tipologie idrologiche di suolo (classificazione SCS)

Le condizioni di umidità del suolo nel bacino prima che inizi il ruscellamento costituiscono un ulteriore importante fattore che può condizionare il valore finale del CN. Nel metodo del CN, la condizione iniziale di umidità è classificata in 3 classi di AMC - Antecedent Moisture Condition:

1. **AMC I:** i suoli costituenti il bacino sono pressoché asciutti
2. **AMC II:** condizioni di umidità media
3. **AMC III:** I suoli costituenti il bacino sono pressoché saturi in conseguenza di precedent event meteorici

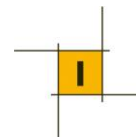
Per tenere in considerazione anche le condizioni di umidità iniziale del terreno (i valori di CN della precedente tabella si riferiscono alla classe AMC II), il SCS suggerisce la seguente tabella di conversione:

AMC Classes			AMC Classes		
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
87	95	98	35	55	74
78	90	96	31	50	70
70	85	94	22	40	60
63	80	91	15	30	50
57	75	88	9	20	37
51	70	85	4	10	22
45	65	82	0	0	0

Tabella 6: tabella di conversione dei valori di CN in differenti classi AMC

Il calcolo della portata di progetto deve essere eseguito nelle condizioni più gravose di saturazione del terreno, vale a dire nella condizione AMCIII. La conversione fra CN(II) e CN(III) si può ottenere analiticamente per mezzo della seguente relazione che ben riproduce i valori della Tabella 6:

$$CN(III) = \frac{23 \times CN(II)}{10 + 0,13 \times CN(II)}$$



Nel caso di terreni variegati possono essere identificate le categorie fondamentali per definire un cosiddetto coefficiente *CN* pesato. Se, in particolare, si chiamano $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ le percentuali della superficie totale *A*, aventi rispettivamente valori del coefficiente *CN1, CN2, CN3, ..., CNn*. Il valore del *CN* da assumere per il bacino è ricavabile col criterio “pesato” attraverso la relazione:

$$CN = p_1 CN_1 + p_2 CN_2 + p_3 CN_3 + \dots + p_n CN_n$$

La classe di suolo individuata per l’area in esame è la tipo B. Le tipologie di uso del suolo caratterizzanti i bacini di interesse sono riportati nella seguente tabella, assieme al relativo valore del *CN(II)*:

Uso del Suolo		Tipo di Suolo SCS
Codice	Descrizione	B
1	Urbanizzato	85
2	Bosco	55

I valori di *CN(II)* e *CN(III)* dei bacini considerati sono riportati nella seguente tabella:

Corso d'acqua	Bacino	% copertura suolo			
Codice	A	Aree residenziali imperme. 65%	Boscoso, copertura fitta	<i>CN(II)</i>	<i>CN(III)</i>
	<i>Kmq</i>	85	55	(-)	(-)
1	0.012	1%	99%	55.3	74.0
2	0.046	10%	90%	58.0	76.1

3.3. Calcolo del tempo di corrivazione

Il calcolo del tempo di corrivazione, t_c , dei bacini può essere effettuato tramite formulazioni empiriche in funzione dei caratteri morfologici del bacino idrografico o dell’asta fluviale.

Per bacini di superficie compresa tra 0.1 e 1 km² si adotta la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.945 (L^3 / DH)^{0.385}$$

dove:

t_c è il tempo di corrivazione in ore;

L , è la lunghezza dell’asta fluviale in km;

DH , è il dislivello altimetrico tra gli estremi dell’asta, in metri.

Sulla base dei caratteri morfologici di seguito sintetizzati, si ottiene:

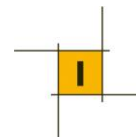


Tabella 7: tempi di corrivazione calcolati

Corso d'acqua	Bacino						KIRPICH
Codice	A	Hmax	H _{med}	H _{min}	L	i	t
	<i>Kmq</i>	<i>m s.m.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>km</i>	<i>m/m</i>	<i>ore</i>
1	0.012	840	860	835	0.10	0.50	0.04
2	0.046	920	900	845	0.28	2.66	0.04

Essendo i bacini di estensione molto ridotta, si ottengono dei valori di t_c molto bassi, privi di significato fisico. Per essi si impone un valore minimo del tempo di corrivazione pari a 0.25 ore (15').

3.4. Calcolo delle portate di progetto

Il calcolo della portata al colmo viene eseguito ipotizzando un idrogramma di forma triangolare, avente tempo di risalita e tempo di discesa pari al tempo di corrivazione.

Pertanto il valore della portata al colmo risulta:

$$Q_c = \frac{h_n A}{3,6T_c}$$

dove: Q_c è la portata al colmo; h_n è la pioggia netta; A è la superficie del bacino.

Sulla base delle curve di probabilità pluviometrica ricavate nel paragrafo 3.1.1 e del valore del CN(II) attribuito ai singoli bacini è stato possibile ricavare i valori dell'altezza di pioggia puntuale di assegnato tempo di ritorno, la corrispondente pioggia netta h_n ed infine il relativo valore della portata di progetto. I risultati sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 8: altezze di pioggia netta h_{ni}

Corso d'acqua	Tempo di Corrivazione	pioggia lorda			CN(II)	CN(III)	S	Ia	pioggia netta		
		h100	h200	h300					h _{n100}	h _{n200}	h _{n300}
Codice	t _c	h100	h200	h300	(-)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	<i>ore</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>
1	0.25	20.98	22.94	24.08	55.3	74.0	89.27	8.93	1.57	2.08	2.40
2	0.25	20.98	22.94	24.08	58.0	76.1	79.97	8.00	1.98	2.57	2.94

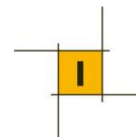


Tabella 9: portate di progetto

Corso d'acqua	Tempo di Corrivazione	pioggia netta			Portate di progetto			cx udometrico		
Codice	tc	h_n100	h_n200	h_n300	$Q100$	$Q200$	$Q300$	$u100$	$u200$	$u300$
	ore	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s/kmq)	(m ³ /s/kmq)	(m ³ /s/kmq)
1	0.25	1.57	2.08	2.40	0.02	0.03	0.03	1.75	2.31	2.67
2	0.25	1.98	2.57	2.94	0.10	0.13	0.15	2.20	2.85	3.26