

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

Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di San Vito di Cadore

PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Ettore de la GRENNELAIS

MANDATARIA



MANDANTI

SWSTM



IL DIRETTORE TECNICO

Ing. R. Zanon
Ord. Ingg. Provincia di Padova n. 2351



IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Q.T.Thai Huynh
Ord. Ingg. Provincia di Padova n. 4280

IL PROGETTISTA

Ing. M. Faccioli
Ord. Ingg. Provincia di Verona n. 3049

IDROLOGIA ED IDRAULICA

Elaborati generali

Relazione Idrologica e idraulica

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	N.PROG.	MSVE14E2102-T00ID00IDRRE01B.docx			
MSVE14	E	2102	CODICE ELAB.	T00ID00IDRRE01	B	-
B	Emissione (recepimento osservazioni)		10.2021	M. Faccioli	S. Flora	Q.T. Thai Huynh
A	Emissione		08.2021	M. Faccioli	S. Flora	Q.T. Thai Huynh
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
3.1	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	6
3.2	PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	7
3.3	IL PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO P.A.T.	10
3.4	INTERFERENZE IDRAULICHE	11
3.4.1	IL BACINO DEL BOITE	12
3.4.2	IL BACINO DEL RU SEC.....	13
3.4.3	BACINI MINORI.....	13
4	IDROLOGIA.....	17
4.1	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA E REGIME PLUVIOMETRICO	17
4.1.1	ANALISI STATISTICO-PROBABILISTICA REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	18
4.2	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI – METODO DEL CURVE NUMBER	29
4.3	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	33
4.4	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	34
4.5	INTERFERENZE IDROGRAFICHE MINORI: METODOLOGIA DI VERIFICA.....	36

1 PREMESSA

Nella presente Relazione vengono trattati gli aspetti idrologici e idraulici relativi al progetto esecutivo della variante di San Vito di Cadore, compresa 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 da porre a base dello studio idraulico necessario sia al corretto dimensionamento idraulico delle opere di attraversamento stradale (tombini a cui afferiscono i bacini minori), sia alla verifica della compatibilità idraulica delle opere proposte con l'assetto idrogeologico delle aste fluviali, così come definito nell'ambito delle vigenti norme, direttive e strumenti di pianificazione di bacino.

La determinazione delle portate e la modellazione idrologica e idraulica dei corsi d'acqua maggiori, nonché le analisi effettuate in seguito alle note della Conferenza dei Servizi (CdS) del progetto definitivo (nota del Distretto Alpi Orientali prot. n. 104 del 30 novembre 2020, nota N.86 del 16 ottobre 2017, nota N.146 del 23 Novembre 2017 che chiedono di fornire adeguata analisi modellistica di supporto alla soluzione progettuale) è oggetto degli elaborati specifici allegati, a cui si rimanda per tutti i dettagli.

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 idrologiche e idrauliche;
- individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con l'opera di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica generale;
- delineazione dello studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti secondari;
- analisi dell'interferenza tra la viabilità di progetto e l'idrografia superficiale;

Lo studio e dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma stradale viene trattato in una relazione specifica (MSVE14E2102-T00ID01IDRRE01A), a cui si rimanda per tutti i dettagli.

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. Come richiesto dalla CDS, sono stati utilizzati dati pluviometrici più aggiornati rispetto a quanto presente nel progetto definitivo, il tutto in conformità alle indicazioni riportate negli studi specialistici relativi ai corsi d'acqua maggiori (T. Boite e Ru Sec).

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.

Nella sezione idraulica viene delineato il procedimento di calcolo per la verifica idraulica degli attraversamenti dei corpi idrici minori con i relativi risultati, mentre il loro dimensionamento viene riportato in un elaborato specifico assieme al dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma stradale, forniti i procedimenti di calcolo alla base del dimensionamento dei diversi elementi e i risultati della verifica.

Le modellazioni idrauliche del torrente Boite e Ru Sec e gli aspetti relativi all'“invarianza idraulica” vengono trattati rispettivamente nello studio specialistico (elaborato MSVE14E2102-T00ID01IDRRE01A) e nello “Studio di Compatibilità Idraulica” allegati al progetto (elaborato MSVE14E2102-T00ID00IDRRE02A).

Dal punto di vista del dimensionamento delle opere idrauliche, si fa riferimento sia alle indicazioni delle NTC2018 (e relativa circolare applicativa del 2019) sia alle indicazioni riportate nel Capitolato Anas, di seguito riepilogati:

- drenaggio della piattaforma stradale: $Tr=25$ anni;
- fossi di guardia dell'asse principale $Tr=50$ anni;
- fossi di guardia delle strade secondarie $Tr=25$ anni;

In particolare, a titolo indicativo e non esaustivo dovranno essere verificate:

- tubazioni di collettamento; che dovranno avere diametro minimo 300 mm e coefficiente di riempimento inferiore al 50% per diametri < 400 mm e 70% per diametri ≥ 400 mm. Per particolari esigenze, in corrispondenza delle opere d'arte (viadotti e gallerie) il diametro minimo potrà essere ridotto a 250 mm.
- vena d'acqua defluente in carreggiata a bordo del cordolo; che dovrà risultare inferiore ad 1 m per banchine da 1.75 m;
- fossi di guardia;
- canali di gronda;
- opere di attraversamento del corpo stradale;
- opere di restituzione al reticolo superficiale;

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente e successivi aggiornamenti;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee;
- Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Veneto;
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE n. 2948 del 06 ottobre 2009, L. 3 agosto 1998, n. 267 - Modalità operative ed indicazioni tecniche relative alla valutazione di compatibilità idraulica per la redazione di strumenti urbanistici.
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del fiume Brenta;
- Piano di Assetto del Territorio (PAT) del Comune di San Vito di Cadore (BL);
- Capitolato Speciale d'Appalto Anas, Servizi di Ingegneria e Architettura.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato di progetto ha un percorso complessivo di circa 2.3 km e inizia con una rotatoria leggermente disassata rispetto all'attuale sede della SS51, all'ingresso meridionale dell'abitato, in località La Scura. Da questa rotatoria il tracciato segue il fianco sinistro della valle del Boite con un percorso in curva (prima in sinistra e poi in destra) e in discesa fino ad intersecare l'attuale Via Senes (che viene deviata). Il tracciato scavalca quindi, in viadotto, l'incrocio tra la Via Senes e la Via per Serdes (quest'ultima attraversa il torrente con un ponte). Quindi risale in quota con un percorso sub-parallelo a quello del Boite, attraversa con un ponte il Ru Sec (affluente di sinistra del Boite) e con un'ampia curva si reinnesta alla sede attuale in corrispondenza dell'incrocio per il Cimitero e la Via del Lago. Il reinnesto è previsto con una rotatoria che consente tutte le manovre in entrata e in uscita alla nuova strada.

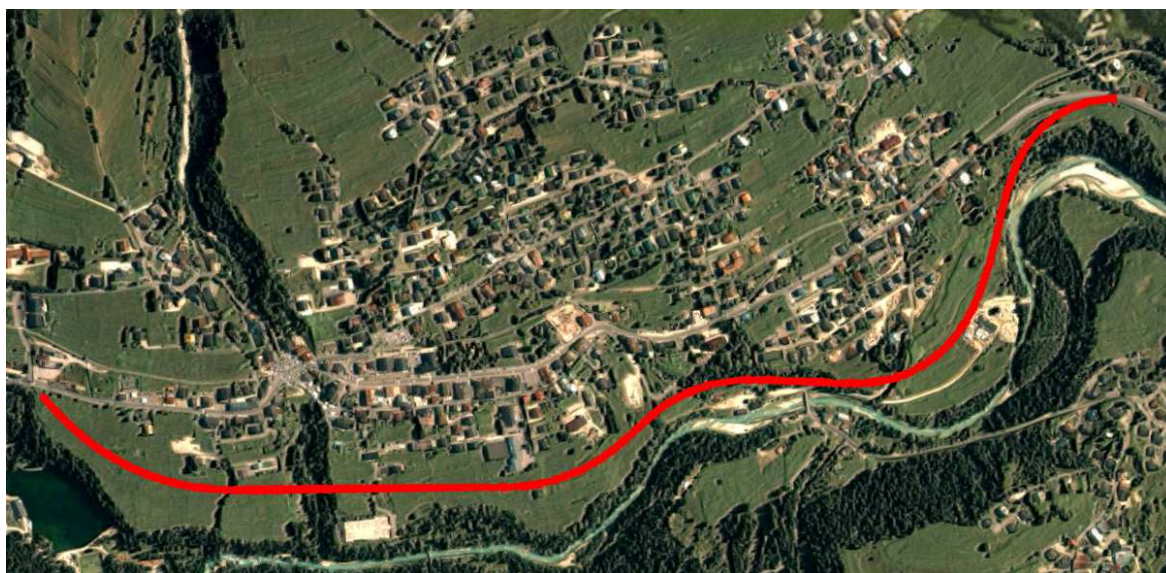


Figura 3.1 – Tracciato di progetto della variante di San Vito di Cadore.

Le opere d'arte principali presenti lungo il tracciato sono rappresentate dal viadotto di scavalco della Via Senes e dal Ponte di attraversamento del Ru Sec. Sono presenti anche gallerie artificiali, alcune parzialmente scoperte con la funzione di attenuazione del rumore generato dal traffico stradale e di mascheramento.

La prima opera presenta una certa complessità di inserimento a causa dei vincoli della livelletta stradale (quella di progetto e quella della Via Senes vincolata dall'innesto al ponte sul Boite esistente) e inoltre dalla forte obliquità dei due tracciati. Non si prevedono però criticità idrauliche in quanto i franchi sono superiori alle prescrizioni delle attuali normative e, soprattutto, non viene scavalcato l'alveo di piena.

Per quanto riguarda lo scavalco del Ru Sec, si è ritenuto di studiare una soluzione che potesse consentire di limitare l'impatto paesaggistico introducendo al contempo una struttura di ampia luce, tale da scavalcare ampiamente il corso d'acqua, perimetrato dal PAI con una fascia fluviale.

La scelta è ricaduta su una struttura a travata unica in acciaio autoprotetto a cassone, che limita gli spessori strutturali dando ampia luce idraulica al di sotto della strada.

3.2 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 predispose 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 e 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 perimetrate, in considerazione delle conoscenze disponibili, tutte le aree pericolose presenti sul territorio. Pertanto, le cartografie allegato 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 qualificazione e tutela delle caratteristiche e delle risorse del territorio.

Dall'analisi delle planimetrie del rischio idraulico allegate al PGRA, nell'area di San Vito 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 3.2 – Planimetrie delle aree con Rischio Idraulico del PGRA.

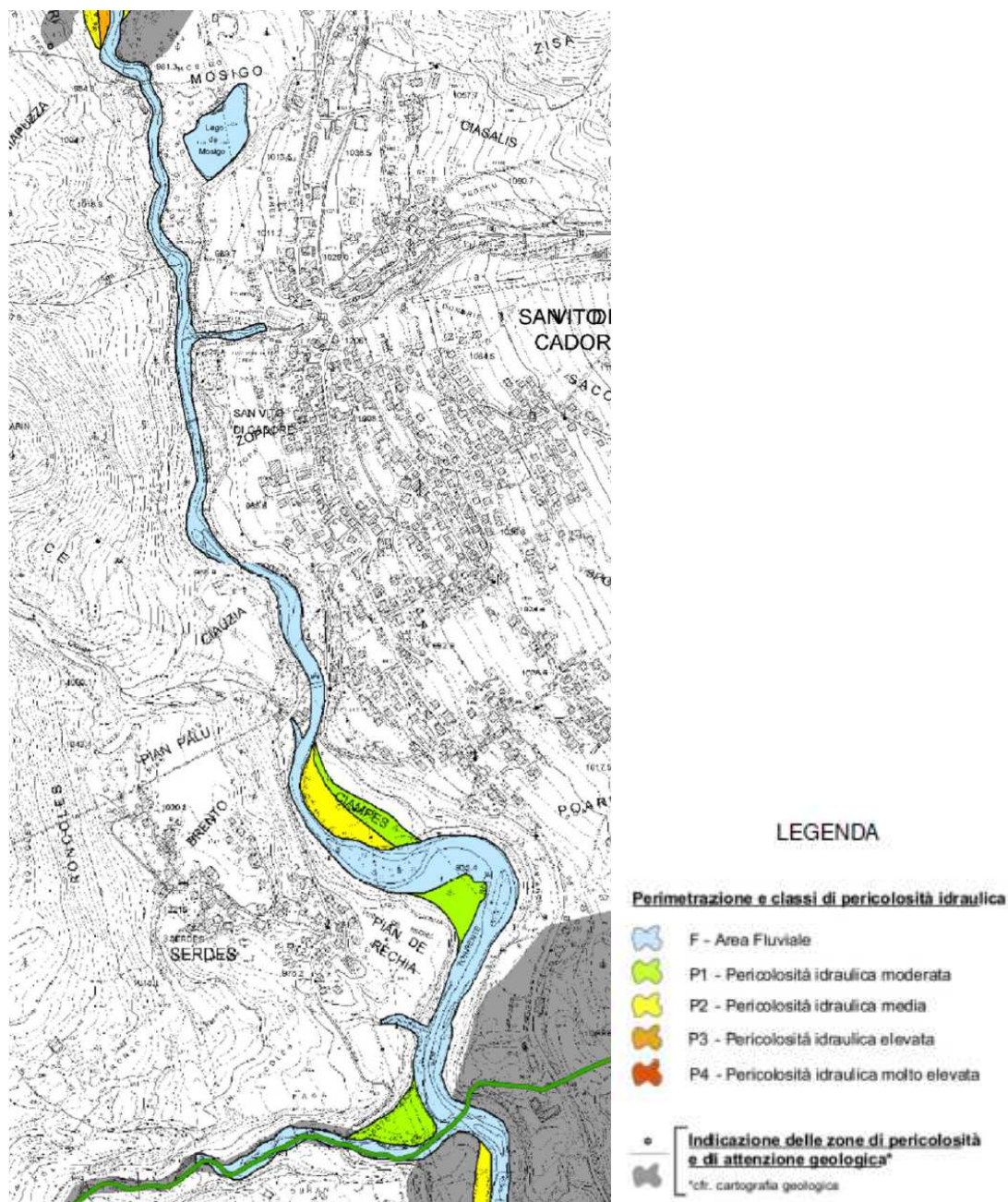


Figura 3.3 – Aree con Pericolosità Idraulica secondo il PAI.

3.3 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 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 perimetrare come Aree con Pericolosità Idraulica a seguito delle modellazioni eseguite nell’ambito della VCI.

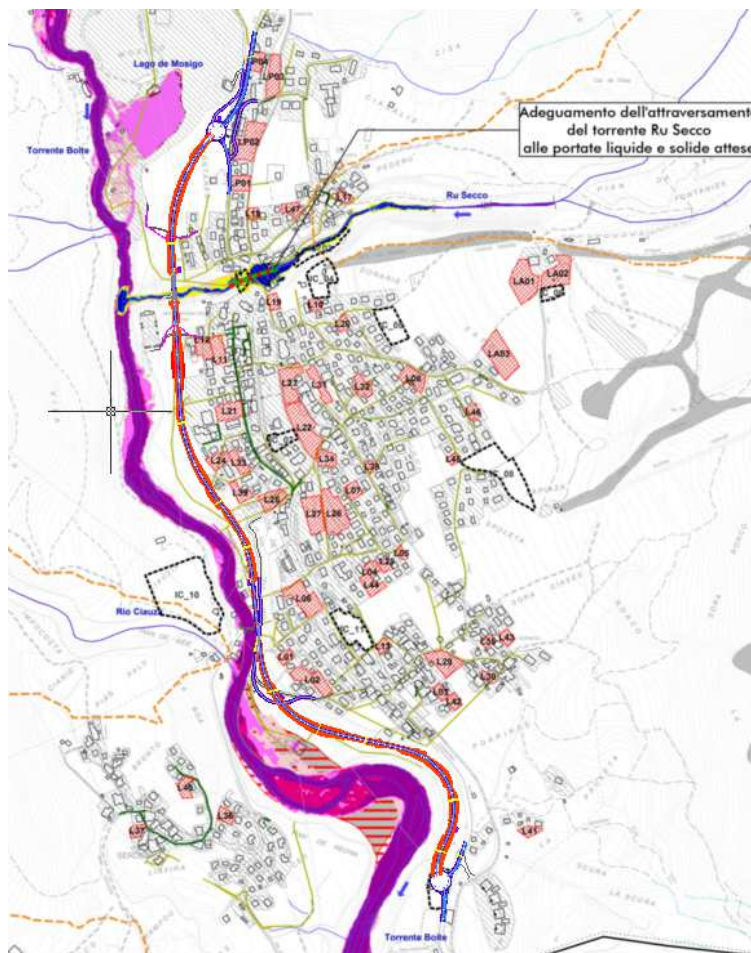


Figura 3.4 – sovrapposizione del tracciato alla Carta di Compatibilità Idraulica del P.A.T. di San Vito di Cadore.

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

3.4 INTERFERENZE IDRAULICHE

La principale e unica interferenza del tracciato in progetto con il reticolo idrografico principale è costituita dall’attraversamento del Torrente Ru Sec (affluente di sinistra del Boite) risolto con un ponte ad un’unica luce di 80m.

In base allo studio specialistico allegato al presente progetto (elaborati MSVE14E2102-T00ID01IDRRE01A, MSVE14E2102-T00ID01IDRPL06A, MSVE14E2102-T00ID01IDRPL07A, MSVE14E2102-T00ID01IDRPL08A, MSVE14E2102-T00ID01IDRPL09A, MSVE14E2102-T00ID01IDRPL10A, MSVE14E2102-T00ID01IDRPF01A, MSVE14E2102-T00ID01IDRSZ01A), si evince che la quota di piena trecentennale si attesta attorno ai 974 m s.m.m., sia nello stato di fatto sia nello stato di progetto, con quindi un franco di circa sette metri rispetto all’intradosso del ponte di progetto (quota minima in sinistra idrografica pari a circa 981 m s.m.m.).

Per il resto del tracciato le interferenze sono relative all'intercettazione di aree di compluvio e fossi minori il cui deflusso è verso il torrente Boite.

Nell'ambito del presente progetto si è posta attenzione nel valutare gli effetti idraulici indotti dalla realizzazione delle opere proposte sia direttamente sul corso d'acqua, sia indirettamente sul territorio a questo limitrofo. In particolare, è stata effettuata una analisi di compatibilità idraulica delle opere in linea con gli indirizzi formulati dal P.A.I. per le interferenze con i corsi d'acqua principali (si veda a questo riguardo lo studio specifico relativo ai due corsi d'acqua maggiori, relazione MSVE14E2102-T00ID01IDRRE01A).

Tutti gli altri manufatti idraulici minori sono stati verificati idraulicamente rispetto ad eventi di piena con tempi di ritorno duecentennali, come da prescrizione n. 104 del 30 novembre 2020 da parte dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali, quindi in linea con le prescrizioni delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni. Gli imbocchi dei rispettivi tombini vengono realizzati mediante pozzettoni grigliati con fondo ribassato in modo tale da limitare i fenomeni di ostruzione delle tubazioni stesse; tali tubazioni presenta un diametro minimo lungo l'asse principale di 150cm, come richiesto dal Capitolato Speciale d'Appalto di Anas.

3.4.1 Il bacino del Boite

Tra i maggiori affluenti del Piave, nel quale confluisce presso il paese di Perarolo di Cadore, il Torrente Boite nasce alle falde meridionali della Croda del Becco e, nel suo percorso di 45 km attraversa la Conca Ampezzana e la parte occidentale del Cadore.

Il bacino del torrente ha un'estensione di 395 km², quindi, un decimo dell'estensione dell'intero bacino montano del Piave. Il suo spartiacque unisce alcune delle più alte e note montagne quali le Tofane, il M. Cristallo e il M. Antelao che dall'alto dei suoi 3264 m domina le montagne circostanti.

Per estensione del bacino imbrifero il corso d'acqua è, tra gli affluenti del fiume Piave secondo solo al Torrente Cordevole, il cui corso caratterizza la parte sud-orientale della provincia di Belluno.

L'asta principale del torrente attraversa, con direzione da nord-ovest verso sud-est tutta la Conca Ampezzana e la parte iniziale della Valboite fino all'altezza di Borca di Cadore. Di qui il suo corso si porta in direzione da Ovest ad Est, mantenendo tale andamento fino alla confluenza.

I terreni solcati dal torrente sono in prevalenza dolomitici e calcareo-dolomitici, pur con la presenza di formazioni triassiche con facies arenacee e calcareo-marnose presso Cortina e nella parte finale del suo corso. L'alveo scorre su roccia a partire, all'incirca, dall'abitato di Borca.

La variazione nella natura dei terreni attraversati è rispecchiata dalla variazione nella morfologia della valle a cavallo di questo paese.

A monte si hanno pendii relativamente dolci di terreni con forte componente argillosa, una valle ampia con estesi terrazzamenti (si pensi all'ampiezza della valle presso S. Vito o alla "Dogana Vecia").

A valle di Borca, invece, il torrente scorre incassato tra sponde rocciose sub-orizzontali alte fino a parecchie decine di metri, presso Valle di Cadore la gola arriva ad essere profonda anche 150 m.

Il Boite non viene attraversato dal tracciato di progetto, ma corre parallelo ad esso per tutta la sua lunghezza. Come evidenziato in precedenza, l'alveo incassato e la notevole pendenza longitudinale nell'area di progetto fanno sì che non si determinino situazioni di interferenza fra i livelli di piena ed il tracciato di progetto.

Il P.A.T. di San Vito di Cadore fornisce i valori di portata per il Boite in corrispondenza delle frazioni di Chiapuzza e Villanova, rispettivamente a nord e sud di San Vito, che vengono riassunti nella seguente tabella:

Sezione	Superficie Bacino [km ²]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	u ₁₀₀ [m ³ /s/km ²]
Boite a Chiapuzza	244.24	360	1.47
Boite a Villanova	297.37	440	1.48

Per ulteriori dettagli su questo corso d'acqua si rimanda allo studio specialistico allegato al presente progetto (elaborato MSVE14E2102-T00ID01DRRE01A).

3.4.2 Il Bacino del Ru Sec

Il Ru Sec è un affluente in sponda sinistra del torrente Boite. Nasce dalle alture a tergo dell'abitato di San Vito di Cadore, il suo bacino è delimitato dal monte Antelao (3264 m di altezza), dalla Cima Bel Prà (2917) e dalla Cima Scoter (2674). La Forcella Piccola (2120) separa il bacino del Ru Sec da quello del torrente Otén.

Numerosi sono le incisioni che contribuiscono alla formazione del Ru Sec, la principale è costituita dal Ru de Salvella che nasce alle pendici dell'Antelao e lungo il suo corso riceve i contributi provenienti dalla Valle della Forcella Piccola, dal Ru da Sacco e dal Ru de Rociai.

Dal punto di vista geomorfologico, il Ru Sec presenta, come molti tributari del Boite, un alveo modellato prevalentemente in terreni sciolti, alluvionali o morenici, talora detritici e di frana, in cui è evidente un'intensa attività di erosione e trasporto solido. Nel corso di intensi e prolungati eventi piovosi si possono ivi verificare fenomeni di erosione di sponda, esondazione e deposito alluvionale. Solo brevi tratti degli alvei sono modellati in rocce lapidee tenaci, poco suscettibili all'erosione.

Per ulteriori dettagli su questo corso d'acqua si rimanda allo studio specialistico allegato al presente progetto (elaborato MSVE14E2102-T00ID01DRRE01A).

3.4.3 Bacini minori

Il tracciato di progetto non interferisce direttamente con corpi idrici minori (fossi, canalizzazioni, etc.) ma, correndo a mezza costa lungo il versante della valle del Boite, determina la formazione di bacini delimitati dalla morfologia del terreno e dal tracciato stesso.

I bacini in esame presentano estensioni generalmente inferiori a 1.0 km², privi di aste torrentizie definite, delimitati a monte dall'abitato di San Vito. A monte del centro abitato sono presenti incisioni molto marcate e incise nei tratti montani più acclivi che poi spariscono una volta arrivate nel tratto di valle, a causa della elevata permeabilità del terreno che ne

determina l'infiltrazione delle portate nel sottosuolo e della presenza di aree urbanizzate in cui le viabilità diventano superfici preferenziali di scorrimento.

Si evidenzia la presenza di alcuni manufatti al di sotto dell'attuale strada regionale che non verranno alterati dalla viabilità di progetto.

Tombino esistente su attuale sedime della SS51, asse di progetto "R1" alla progressiva 0+070

Interessato dal bacino denominato "B01", quest'opera si trova in corrispondenza di un tratto di Statale che verrà solamente ripavimentato.

Nella figura a lato è visibile il tratto di canale grigliato a monte della SS51 e il pozzettone grigliato di salto sul ciglio stradale, da cui è stata scattata la fotografia.



Tombino esistente 1,00x1,00m sull'attuale sedime della SS51 in corrispondenza della progressiva 2+170 dell'Asse Principale

Interessato dal bacino denominato "B09", tale manufatto non viene alterato dalla viabilità di progetto, si garantirà solamente la presenza di un fosso e tombino a monte della viabilità di progetto per garantire il deflusso delle acque da esso scaricate.



Manufatto di attraversamento sull'attuale sedime della SS51 in corrispondenza della progressiva 2+260 dell'Asse Principale

Interessato dal bacino denominato "B10", tale manufatto non viene alterato dalla viabilità di progetto. Nella fotografia a lato è visibile il pozzettone grigliato a valle della SS51, da cui esce un tubo indicativamente DN60cm (stimato a vista).



I bacini interferiti dal tracciato e le relative caratteristiche morfologiche sono elencati nella tabella seguente, in cui vengono indicati i seguenti dati:

- Superficie* 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 chiusura;
- Lunghezza* la lunghezza dell'asta principale, considerata come quella a maggior sviluppo planimetrico del reticolo idrografico sotteso alla sezione di chiusura;
- Pendenza* pendenza media dell'asta principale

Questi dati sono stati rivisti rispetto al progetto definitivo in quanto la loro estensione non trovava un reale riscontro nella conformazione morfologica del territorio.

Tabella 1 – caratteristiche morfologiche dei bacini interferiti.

Bacino		Superficie (km ²)	H _{max} bacino (m s.m.)	H _{med} bacino (m s.m.)	H _{min} bacino (m s.m.)	Lunghezza bacino (km)	Pendenza bacino (m/m)
Codice	Asse e progressiva						
B01	R1 0+070	0.52	1250	1200	1014	1.00	2.4
B02	RACC SS51 0+110	0.06	1030	1025	1009	0.09	2.4
B03	AP 0+255	0.13	1011	1015	991	0.33	0.6
B04	AP 0+770	0.20	1125	1030	979	1.00	0.4
B05	AP 1+010	0.35	1320	1090	967	1.70	0.9
B06	V.Senes 0+320	0.62	1325	1055	948	1.80	1.1
B07	AP 1+690	0.14	1160	1035	945	1.20	1.2
B08	AP 1+950	0.12	1105	1020	945	0.70	1.2
B09	AP 2+175 (esistente)	1.15	2340	1510	945	2.60	1.2
B10	AP 2+260	0.17	1110	995	960	0.51	2.6

Negli elaborati MSVE14E2102-T00ID00IDRCO01A e MSVE14E2102-T00ID00IDRCO02A è riportata la perimetrazione dei bacini maggiori e di quelli minori.

I dati relativi al Ru Sec e al T. Boite sono riportati nella relazione specialistica allegata al presente progetto, a cui si rimanda per tutti i dettagli.

4 IDROLOGIA

Lo studio idrologico è volto alla determinazione 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.

Anche in questo caso, per l'analisi dettagliata dei bacini del T. Boite e del Ru Sec ai fini della determinazione delle portate di progetto, si rimanda allo studio specialistico allegato al presente progetto (elaborato MSVE14E2102-T00ID01IDRRE01A).

4.1 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 4.1), 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 4.1 – Carta delle precipitazioni medie annue.

4.1.1 **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”), già presente nel progetto definitivo.

- Ai dati pluviometrici più recenti desumibili dal portale Arpav, così come estrapolate dallo studio del TESAF, che si basa sull'elaborazione dei dati registrati nelle 5 stazioni ARPAV prossime all'area in esame e risulta pertanto rappresentativo dell'intero bacino del Ru Sec e dei suoi principali affluenti, utilizzato per ottemperare alla nota prescrizione n. 104 del 30 novembre 2020 da parte dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali che richiede l'utilizzo di dati idrologici più aggiornati.

Si analizzano brevemente i due punti sopra indicati.

Regionalizzazione delle precipitazioni

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 già menzionata 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 già menzionati parametri è indicata in Figura 4.2 e Figura 4.3.

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

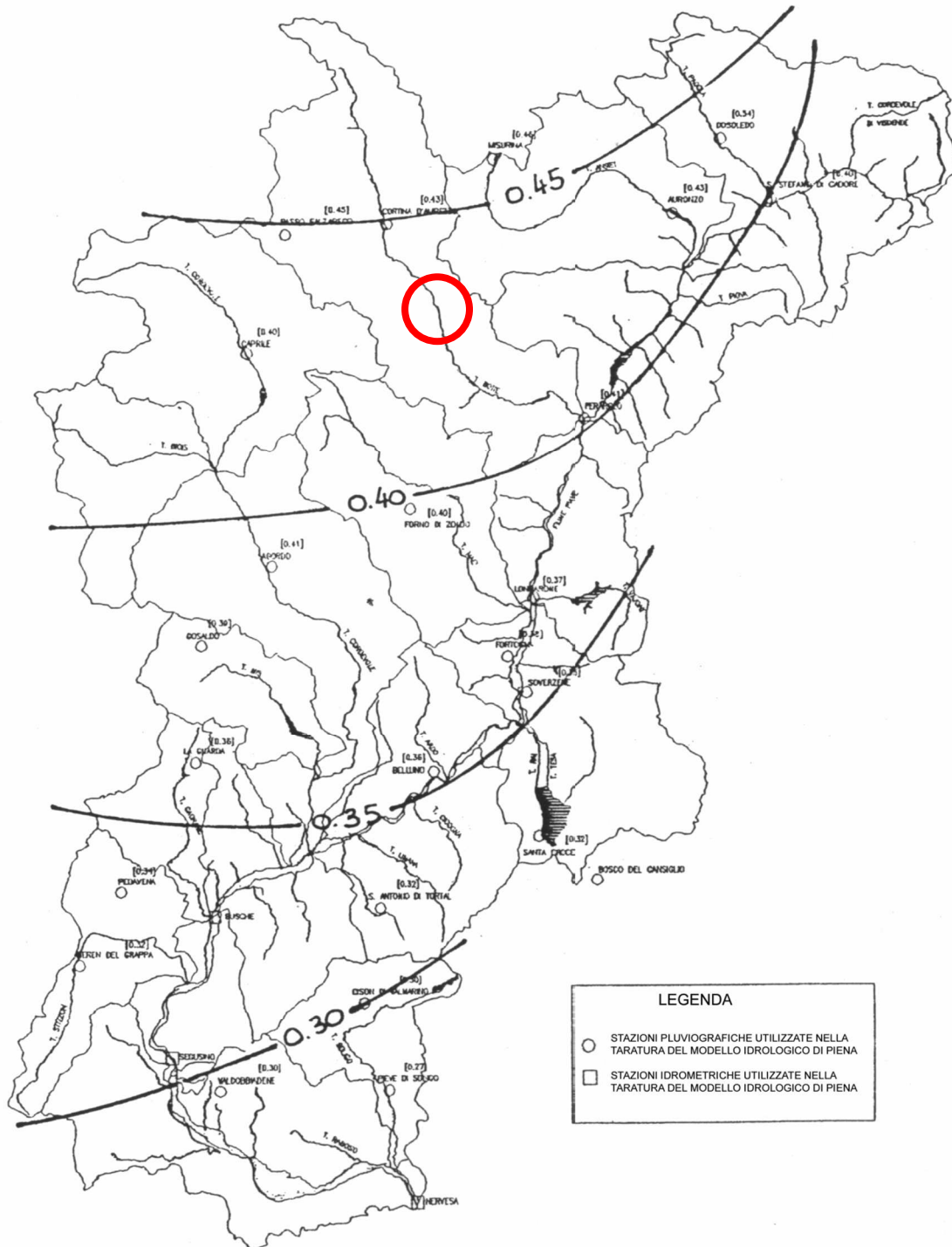


Figura 4.2 – isolinee parametro $n(x)$.

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

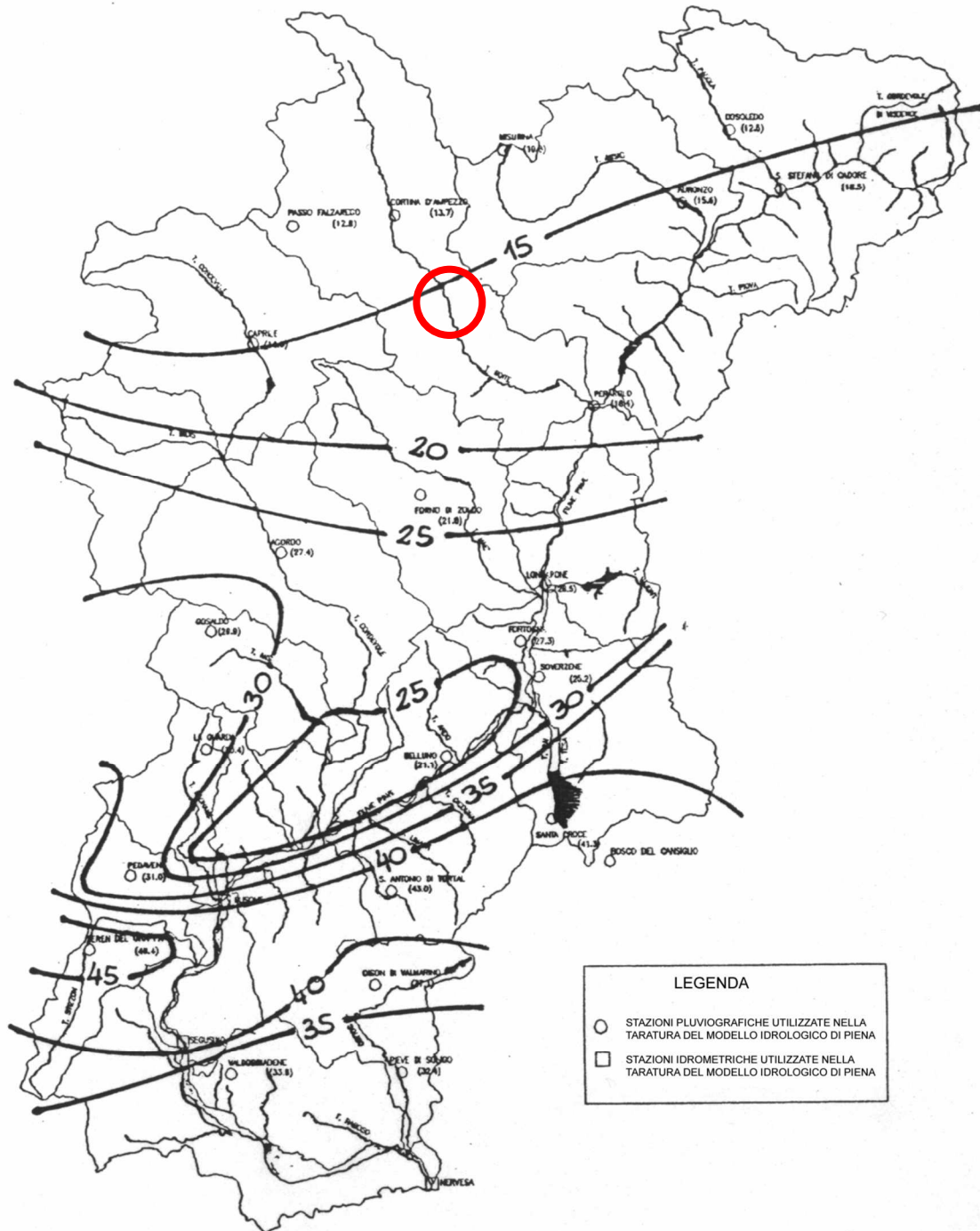


Figura 4.3 – isolinee parametro $H(x)$.

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

Analisi pluviometrica sulla base dei dati Arpav

Tale analisi pluviometrica, citata nello studio specialistico allegato (elaborato MSVE14E2102-T00ID01IDRRE01A) è basata sui dati desumibili dal portale Arpav, rielaborati secondo il metodo dei picchi sopra soglia (POT, Pickands, 1975).

Senza entrare in eccessivi dettagli metodologici, l'idea fondamentale alla base di questo metodo è analizzare gli estremi di una grandezza X sulla base delle eccedenze, ossia, dato l'insieme dei dati x_1, x_2, \dots, x_n , considerare quei valori x_i maggiori di un valore di soglia x_0 . La quantità $y = x_i - x_0$ viene detta eccedenza, ovvero valore od eccesso sopra soglia. Al contrario quindi della classica analisi legata al singolo valore estremo dei vari anni considerati, si riescono a considerare anche eventi molto intensi, minori del valore massimo annuale, ma superiori ai valori massimi annuali osservati in altri anni.

Le stazioni pluvio-meteorologiche dell'ARPAV, rispetto al bacino del Ru Sec che, per i bacini idrologici considerati, ha un'altitudine compresa tra 1300 e 3250 m s.l.m., sono indicate nella seguente tabella e visibili nella successiva figura.

Tabella 4 – Stazioni pluvio-meteorologiche ARPAV.

Stazioni meteo	Quota (m s.l.m.)	Serie dati dal	Accettabilità serie dati pluviometrici
Rovina di Cancia	1335	1996	Dati non continui, molte interruzioni, serie con limitato numero di dati
Villanova di Borca di Cadore	975	1985	Serie completa e significativa (>30 anni)
Faloria	2240	1985	Serie completa e significativa (>30 anni)
Cortina d'Ampezzo	1200	1992	Serie completa e significativa (>25 anni)
Podestagno	1317	1985	Serie completa e significativa (>30 anni)



Figura 4.4 – Stazioni pluvio-meteorologiche ARPAV e bacino del torrente Ru Sec chiuso a San Vito di Cadore (in rosso).

Sulla base delle indicazioni riportate in tabella, le stazioni meteorologiche utilizzabili, in riferimento al numero di dati ed all'estensione del periodo storico di acquisizione, sono quelle di Podestagno, Cortina, Faloria e Villanova. L'obiettivo dell'utilizzo di tali pluviometri è la definizione di una soglia per applicare il metodo dei POT ai pluviometri prossimi al baricentro dei bacini idrologici di Cancia, quelli del sistema di allerta CAE e di Rovina di Cancia che hanno serie temporali più limitate.

Si riportano più in dettaglio le caratteristiche delle stazioni pluviometriche utilizzate nello studio (dati ARPAV).

Dati stazione di Rovina di Cancia:

- stazione meteorologica sita a Rovina di Cancia, Borca di Cadore (BL);
- coordinate Gauss-Boaga: 1749124 E, 5147757 N, quota 1335 m s.l.m.;
- altezze di precipitazione aggregate a 5 minuti per il periodo 1996-2018.

Dati stazione di Villanova:

- - stazione meteorologica sita a Villanova, Borca di Cadore (BL);
- - coordinate Gauss-Boaga: 1746303 E, 5148323 N, quota 975 m s.l.m.;
- - altezze di precipitazione aggregate a 5 minuti per il periodo 1985-2018.

Dati stazione di Faloria:

- - stazione meteorologica sita a Faloria, Cortina d'Ampezzo (BL);
- - coordinate Gauss-Boaga: 1743531 E, 5157576 N, quota 2240 m s.l.m.;
- - altezze di precipitazione aggregate a 5 minuti per il periodo 1985-2018.

Dati stazione di Cortina d'Ampezzo Gilardon:

- - stazione meteorologica sita a Cortina d'Ampezzo (BL);
- - coordinate Gauss-Boaga: 1739833 E, 5158457 N, quota 1270 m s.l.m.;
- - altezze di precipitazione aggregate a 5 minuti per il periodo 1992-2018.

Dati stazione di Podestagno:

- - stazione meteorologica sita a Podestagno, Cortina d'Ampezzo (BL);
- - coordinate Gauss-Boaga: 1738428 E, 5164732 N, quota 1317 m s.l.m.;
- - altezze di precipitazione aggregate a 5 minuti per il periodo 1985-2018.

Le serie pluviometriche disponibili per la definizione della soglia del metodo POT sono quelle raccolte dai pluviometri di Podestagno, Cortina, Faloria e Villanova e consistono nei dati di precipitazione campionati ogni 5 minuti per una durata di 34 anni (27 per Cortina). Per ogni stazione, la serie intera dei dati è stata processata, nello studio TESAF, tramite le seguenti operazioni:

1. Suddivisione delle serie a 5 minuti in eventi di precipitazione secondo quanto suggerito da Coe et al. (2008), i.e. un evento si considera finito quando non piove per almeno 10 minuti;
2. Creazione delle serie di precipitazione cumulata di durata 10, 15, 30, 45 minuti e 1, 2, 3, 6, 12, 24 ore, individuando per ogni evento il valore massimo di ogni durata;

3. Definizione della soglia per ogni durata, partendo dal valore minimo registrabile dal pluviometro (0.2 mm). La soglia viene identificata nel momento in cui il numero di eventi sopra soglia risulta immediatamente minore del numero di anni di osservazione del pluviometro (Chow et al., 1988; Marra et al., 2018);
4. Verifica dell'indipendenza fra gli eventi sopra soglia.

Una volta analizzati i dati delle quattro stazioni citate, si è determinata la soglia come valore medio delle soglie ottenute per i quattro pluviometri considerati nell'elaborazione.

Una volta determinata la soglia per l'applicazione del metodo dei POT, sono stati analizzati i dati relativi al pluviometro di Rovina di Cancia ed alle stazioni del sistema di allerta CAE.

Sono stati determinati i valori sopra soglia od eccedenze e si è verificata la loro indipendenza. Gli eventi sopra soglia della stazione di Rovina di Cancia hanno un numero variabile fra i 25 e 33 per ogni durata, mentre quelli registrati dai pluviometri della CAE scendono ad un intervallo fra i 9 e 15, con alcune durate senza eccedenze. La così diversa numerosità dei campioni ha fatto propendere per la scelta della stazione di Rovina di Cancia come pluviometro di riferimento per lo sviluppo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Ogni serie di dati riguardante le m altezze di precipitazione sopra soglia è stata ordinata in senso crescente e, ad ogni valore, è stata assegnata una frequenza cumulata di non superamento F_i , calcolata mediante la formula di Weibull

$$F_i = \frac{i}{m+1}$$

È stato quindi costruito il diagramma delle frequenze cumulate, relativo ad ogni serie di dati, utilizzando in ascissa i valori di altezza e in ordinata i valori di frequenza. In seconda battuta si sono valutati il parametro λ relativo al numero medio annuo di eccedenze e si è adattata la distribuzione GP ai dati osservati. I parametri ξ e σ sono stati stimati tramite il metodo dei momenti lineari o L-Moments (Marra et al., 2018). Si è scelto di utilizzare questo metodo in quanto i momenti lineari vengono calcolati come funzione lineare dei dati del campione e risultano quasi indistorti per tutte le distribuzioni di probabilità e per basse numerosità campionarie (Hosking, 1990). Le espressioni dei momenti lineari sono:

$$l_1 = b_0, l_2 = 2b_1 - b_0$$

$$b_r = m^{-1} \binom{m-1}{r}^{-1} \sum_{j=r+1}^m \binom{j-1}{r} x_{j:m}$$

da cui ricavare i parametri della distribuzione GP:

$$\xi = \frac{x_0 - l_1 + 2l_2}{l_2}, \sigma = l_2(1 - \xi)(2 - \xi)$$

Una volta adattata la distribuzione, si procede alla verifica della bontà dell'adattamento: nella Figura 4.5 si può osservare il confronto fra la frequenza campionaria e la probabilità cumulata di non superamento per le altezze di precipitazione registrate per alcune durate; per le stesse durate, nella Figura 4.6 il QQ plot di frequenza e probabilità cumulata di non superamento, con evidenziata la bisettrice del primo quadrante. In entrambe le figure, si osserva come la distribuzione GP descriva sufficientemente bene i dati osservati.

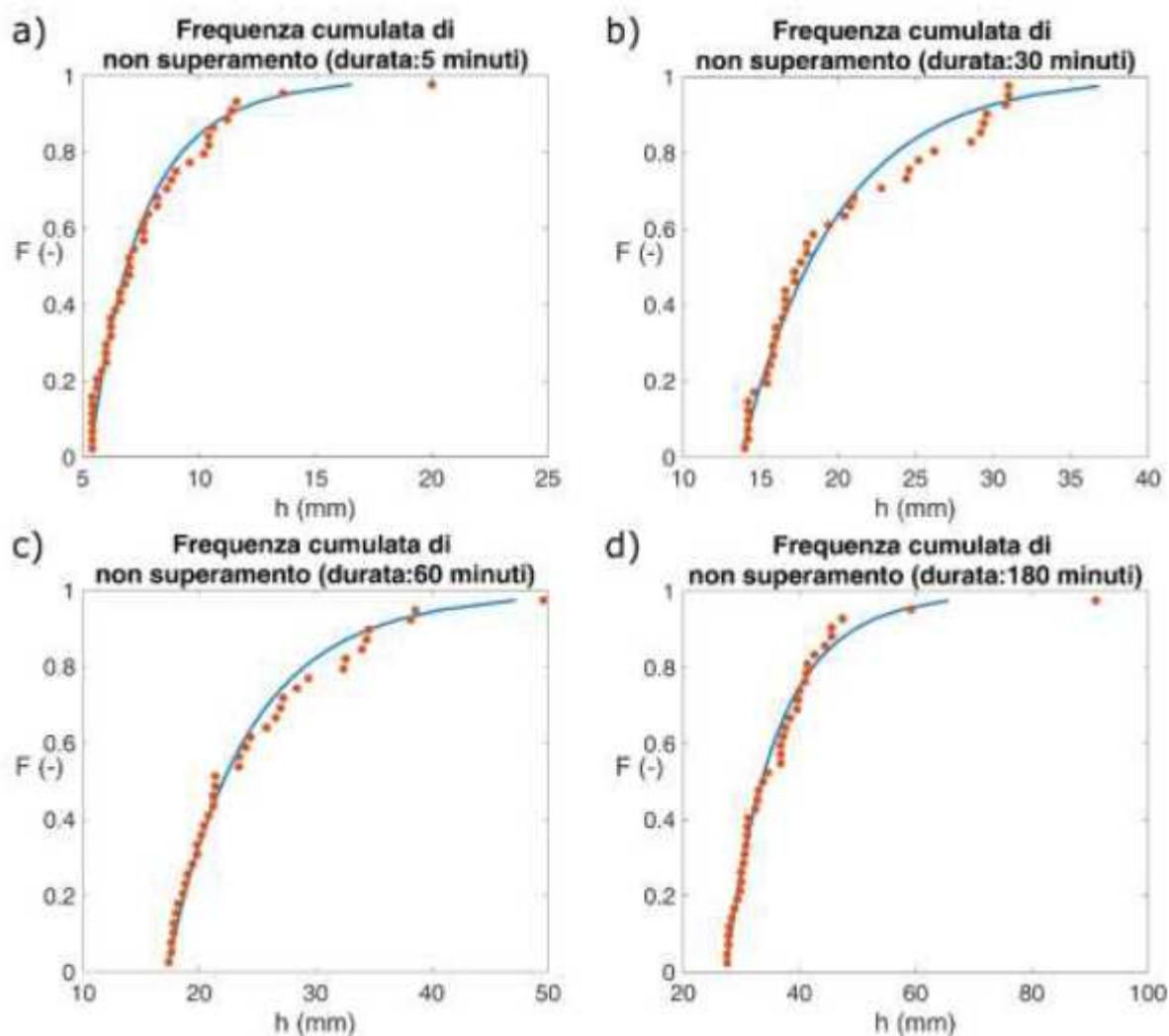


Figura 4.5 – Confronto fra la frequenza (asterischi rossi) e la probabilità cumulata di non superamento (linea blu) per le altezze di precipitazione registrate dalla stazione di Rovina di Cancia per le durate 5, 30, 60, 180 minuti.

Verificata la bontà dell'adattamento della distribuzione per ogni serie di dati, si può dunque stimare, per ogni durata di precipitazione, le altezze di precipitazione per i TR richiesti (50, 100 e 300 anni) e procedere con il calcolo delle LSPP.

Il calcolo della LSPP viene fatto per i tempi di ritorno di progetto di 50, 100 e 300 anni con due equazioni distinte: la prima considera le durate di precipitazione fra i 5 minuti e le 3 ore per meglio descrivere gli scrosci; la seconda considera tutte le precipitazioni fra i 5 minuti e le 24 ore.

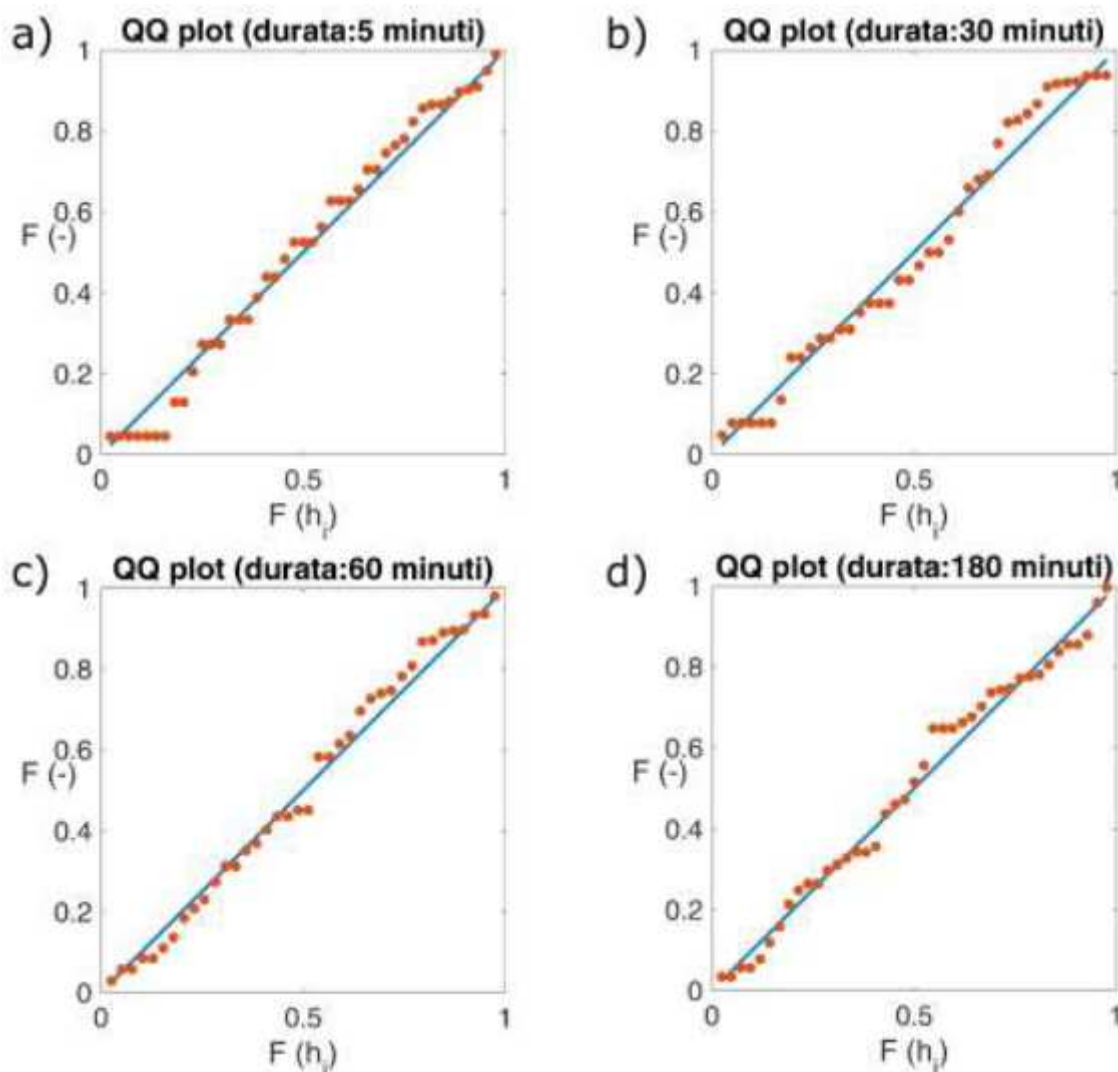


Figura 4.6 – Stazioni pluviometriche ARPAV e bacino del torrente Ru Sec chiuso a San Vito di Cadore (in rosso).

In Tabella 5 e Figura 4.7 vengono riportate le LSPP per il pluviometro di Rovina di Cancia, da utilizzare nella creazione degli idrogrammi di progetto per le modellazioni idrologiche successive.

Tabella 5 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica. per la stazione di Rovina di Cancia

T_R	Scrosci brevi (5' – 3 ore)		LSPP intera (5' – 24 ore)	
	a	n	a	n
50	49.356	0.408	52.842	0.488
100	54.494	0.416	58.382	0.492
300	62.803	0.430	67.408	0.500

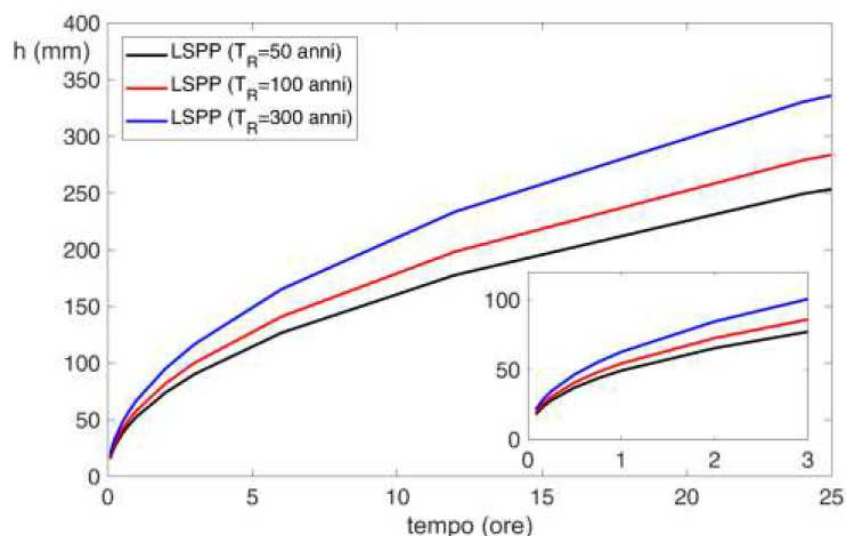


Figura 4.7 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per la stazione di Rovina di Cancia per i tempi di ritorno 50, 100 e 300 anni. Nel riquadro le LSPP valutate per le durate 5' – 3 hr.

Eseguendo le stesse operazioni per la stazione di Villanova, si evidenzia che la LSPP di Rovina di Cancia risulti molto più gravosa per tutte le durate di precipitazione.

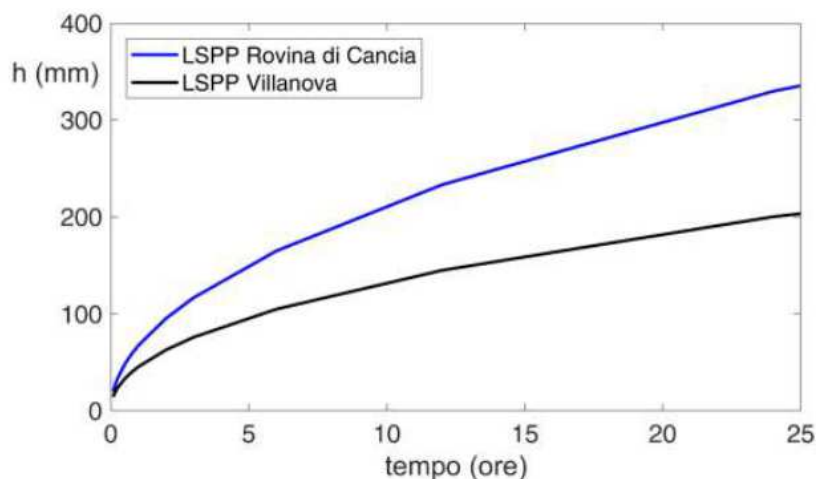


Figura 4.8 – Confronto fra le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per le stazioni di Rovina di Cancia e di Villanova (Borca di Cadore) per il tempo di ritorno 300 anni.

Come si vedrà nel seguito della trattazione, i tempi di corrivazione dei vari bacini minori sono inferiori all'ora.

I precedenti parametri vengono quindi interpolati al fine di ottenere i rispettivi valori per i tempi di ritorno utili al presente progetto, in particolare per i 200 anni.

Tabella 6 – Coefficienti piogge inferiori all'ora (* = Valore interpolato)

Tr [anni]	a [mm/h ⁿ]	n [-]
50	49,356	0,408
100	54,494	0,416
300	62,803	0,430
10*	37,243	0,388
25*	44,125	0,399
200*	59,742	0,425

A seguire la curva di interpolazione ottenuta.

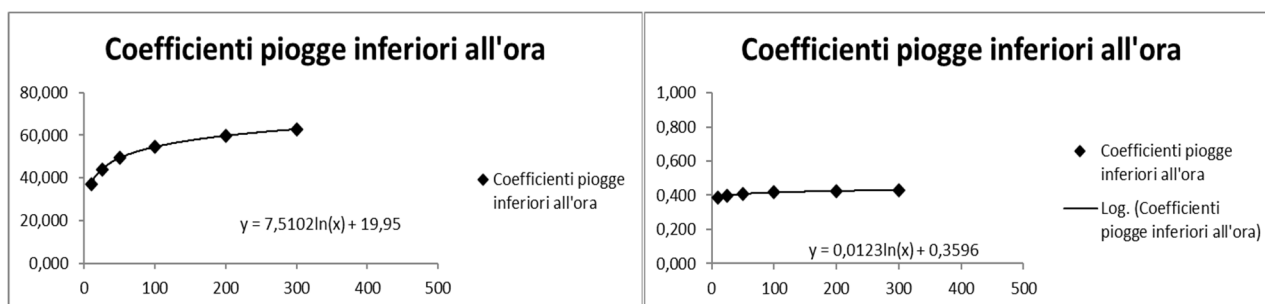


Figura 4.9 – Curva di interpolazione del parametro “a” ed “n”.

4.2 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'altezza 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 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 determinata mediante la seguente espressione:

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

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;
- I_a (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 (I_a) 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 I_a dipende da S tramite la seguente relazione (raccomandata dal SCS per l'ambiente agrario statunitense):

$$I_a = 0.2 \times S$$

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

$$I_a = 0.1 \times S$$

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:

Tabella 7 – valori di CN per diverse tipologie di uso del suolo.

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

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 colloid, 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.

Figura 4.10 – 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 eventi 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	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	

Figura 4.11 – 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 precedente:

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

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 $CN_1, CN_2, CN_3, \dots, CN_n$. 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	Seminativo	71
3	Pascolo	61
4	Bosco	66

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

Corso d'acqua		Urbanizzato (CN = 85) ha	Seminativo (CN = 71) ha	Pascolo (CN = 61) ha	Bosco (CN = 66) ha	Superficie totale ha	Coeff. medio pesato .
B01	R1 0+070	10	0	16	26	52	68,3
B02	RACC SS51 0+110	1	0	6	0	6	63,4
B03	AP 0+255	3	0	3	0	6	73,0
B04	AP 0+770	8	0	12	0	20	70,6
B05	AP 1+010	14	0	21	0	35	70,6
B06	V.Senes 0+320	25	0	37	0	62	70,6
B07	AP 1+690	6	0	8	0	14	70,6
B08	AP 1+950	2	0	9	0	12	65,8
B09	AP 2+175 (esistente)	12	0	104	0	115	63,4
B10	AP 2+260	5	0	12	0	17	68,2

4.3 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

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

A seconda dell'estensione del bacino possono essere usate le seguenti formule:

- Per bacini di superficie inferiore ai 10 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 m;

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

- Per bacini con superfici superiori alla decina di km² si adotta la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

dove:

t_c è il tempo di corrivazione in ore;

A, l'area del bacino in km²;

L, la lunghezza dell'asta fluviale in km;

H_m l'altezza media del bacino in metri.

H_0 l'altezza del bacino alla sezione di chiusura in metri

Per i bacini minori si utilizza la formula di Kirpich.

Sulla base dei caratteri morfologici di seguito sintetizzati, si ottengono i seguenti valori:

Tabella 8 – tempi di corrivazione calcolati

	Corso d'acqua	S (ha)	H _{max} (m s.m.)	H _{med} (m s.m.)	H _{min} (m s.m.)	L (km)	i (m/m)	t _c (ore)
B01	R1 0+070	52,0	1250	1200	1014	1,0	2,4	0,12
B02	RACC SS51 0+110	6,3	1030	1025	1009	0,1	2,4	0,02
B03	AP 0+255	9,7	1011	1015	991	0,3	0,6	0,08
B04	AP 0+770	19,8	1125	1030	979	1,0	0,4	0,14
B05	AP 1+010	34,9	1320	1090	967	1,7	0,9	0,18
B06	V.Senes 0+320	61,7	1325	1055	948	1,8	1,1	0,19
B07	AP 1+690	13,9	1160	1035	945	1,2	1,2	0,15
B08	AP 1+950	11,8	1105	1020	945	0,7	1,2	0,09
B09	AP 2+175 (esistente)	115,0	2340	1510	945	2,6	1,2	0,18
B10	AP 2+260	17,0	1110	995	960	0,5	2,6	0,06

Per i bacini minori si ottengono dei valori di t_c molto bassi, privi di significato fisico. Per essi si impone quindi un valore minimo del tempo di corrivazione pari a 0.25 ore (15'), motivo per il quale i tempi di corrivazione considerati per il calcolo delle portate di progetto risultano tutti pari a questo valore minimo imposto.

4.4 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

Il calcolo della portata al colmo viene eseguito ipotizzando un idrogramma di forma rettangolare, avente durata 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 precedente 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 per il tempo di ritorno di 50 anni (utile per il dimensionamento dei fossi di guardia) e di 200 anni (per il dimensionamento del tombino stesso), ed infine il relativo valore della portata di progetto. I risultati sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 9 – altezze di pioggia netta h_{ni}

Corso d'acqua		P (mm)	S sat. (mm)	la iniz. (mm)	h_{n50} (mm)	h_{n200} (mm)
B01	R1 0+070	31,86	51,26	5,13	6,52	9,16
B02	RACC SS51 0+110	32,99	63,75	6,38	5,43	7,84
B03	AP 0+255	32,99	40,85	4,08	8,77	11,98
B04	AP 0+770	32,65	45,99	4,60	7,68	10,63
B05	AP 1+010	32,28	45,99	4,60	7,50	10,40
B06	V.Senes 0+320	31,63	45,99	4,60	7,20	10,01
B07	AP 1+690	32,79	45,99	4,60	7,75	10,72
B08	AP 1+950	32,85	57,40	5,74	6,12	8,70
B09	AP 2+175 (esistente)	30,39	63,75	6,38	4,50	6,57
B10	AP 2+260	32,72	51,49	5,15	6,85	9,61

Tabella 10 – portate di progetto

Bacino		Superficie	Lunghezza	Tempo di	Portata	Portata
Codice	Asse e progressiva	(km ²)	bacino (km)	corrivazione (ore)	Tr=50 anni (m ³ /s)	Tr=200 anni (m ³ /s)
B01	R1 0+070	0,52	1,00	0,12	3,77	5,30
B02	RACC SS51 0+110	0,06	0,09	0,02	0,38	0,55
B03	AP 0+255	0,10	0,33	0,08	1,23	1,68
B04	AP 0+770	0,20	1,00	0,14	1,69	2,34
B05	AP 1+010	0,35	1,70	0,18	2,91	4,03
B06	V.Senes 0+320	0,62	1,80	0,19	4,93	6,85
B07	AP 1+690	0,14	1,20	0,15	1,20	1,66
B08	AP 1+950	0,12	0,70	0,09	0,80	1,14
B09	AP 2+175 (esistente)	1,15	2,60	0,18	5,75	8,40
B10	AP 2+260	0,17	0,51	0,06	1,29	1,82

Per tutte le considerazioni relative ai corsi d'acqua maggiori si rimanda allo studio specialistico allegato al presente progetto (elaborato MSVE14E2102-T00ID01DRRE01A).

4.5 INTERFERENZE IDROGRAFICHE MINORI: METODOLOGIA DI VERIFICA

Oltre all'attraversamento del Ru Sec (la cui trattazione è riportata nello studio specialistico allegato al presente progetto), il progetto prevede la realizzazione di tombini per ripristinare la circolazione idrica superficiale di versante interrotta dal tracciato stradale.

Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;
- la scabrezza;
- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero sia in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante.

Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che l'altezza d'acqua agli imbocchi siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

La verifica dei tombini è stata condotta mediante il software HY-8 sviluppato dalla Federal Highway Administration. Il software consente di automatizzare la verifica di attraversamenti stradali definita nella pubblicazione FHWA-NHI-01-020 "Hydraulic design of Highway Culverts" (settembre 2001, aggiornata a maggio 2005) della medesima FHWA.

La verifica proposta dalla FHWA intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il "controllo da monte" si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l'ingresso. La sezione di controllo si localizza appena oltre l'ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico.

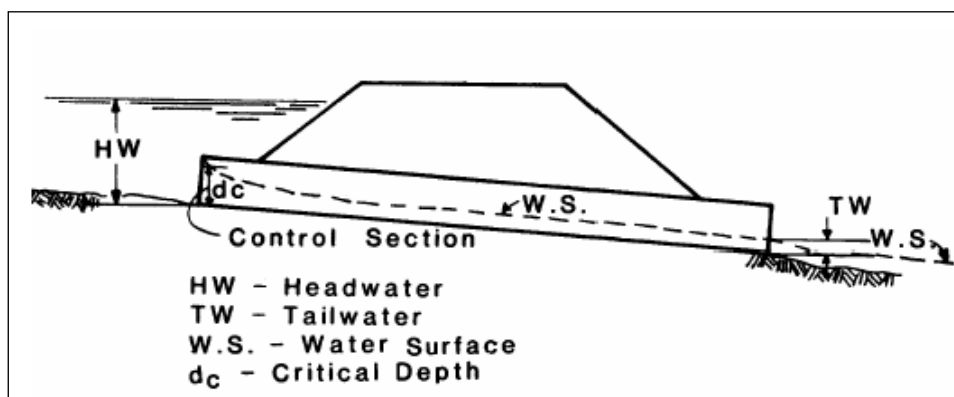


Figura 4.12 – Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso.

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali delle figure di seguito riportate (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

I diagrammi di Figura 10 e 11 forniscono tale livello in condizioni di “controllo da monte” rispettivamente per tombini scatolari e circolari, prendendo in considerazione la portata di progetto e la geometria dell’ingresso (forma e area della sezione);

Il “controllo da valle” si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l’ingresso. La sezione di controllo si localizza all’uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

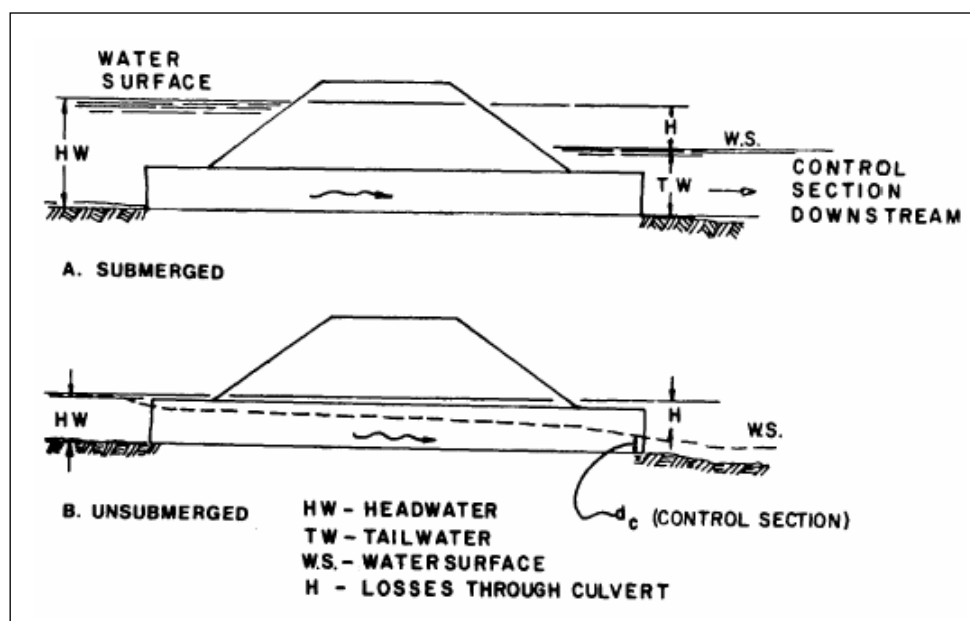


Figura 4.13 – Esempi di moto controllato da sezioni a valle del tombino.

I diagrammi delle due successive figure, nel caso di funzionamento per “controllo da valle”, consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle.

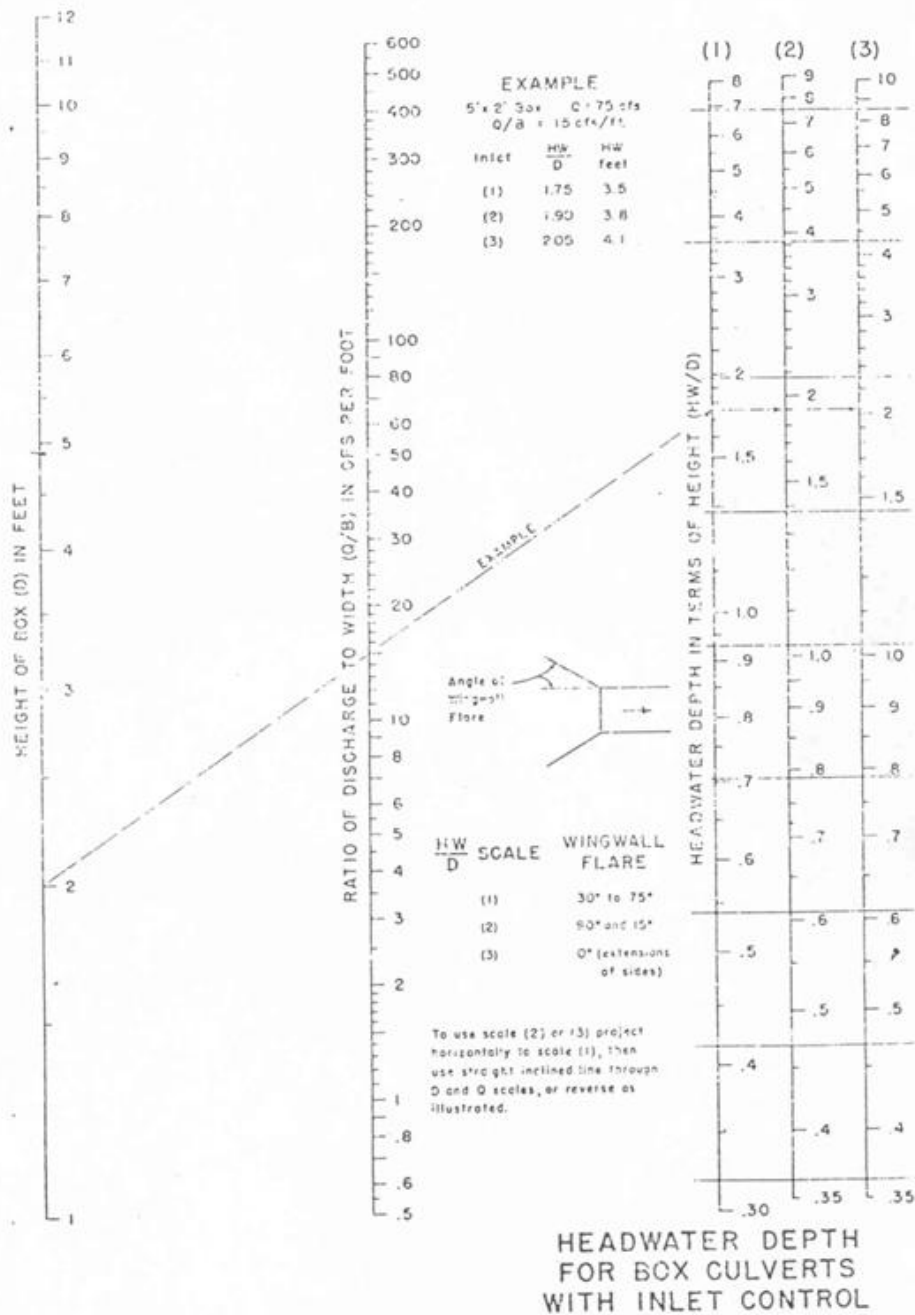


Figura 4.14 – Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

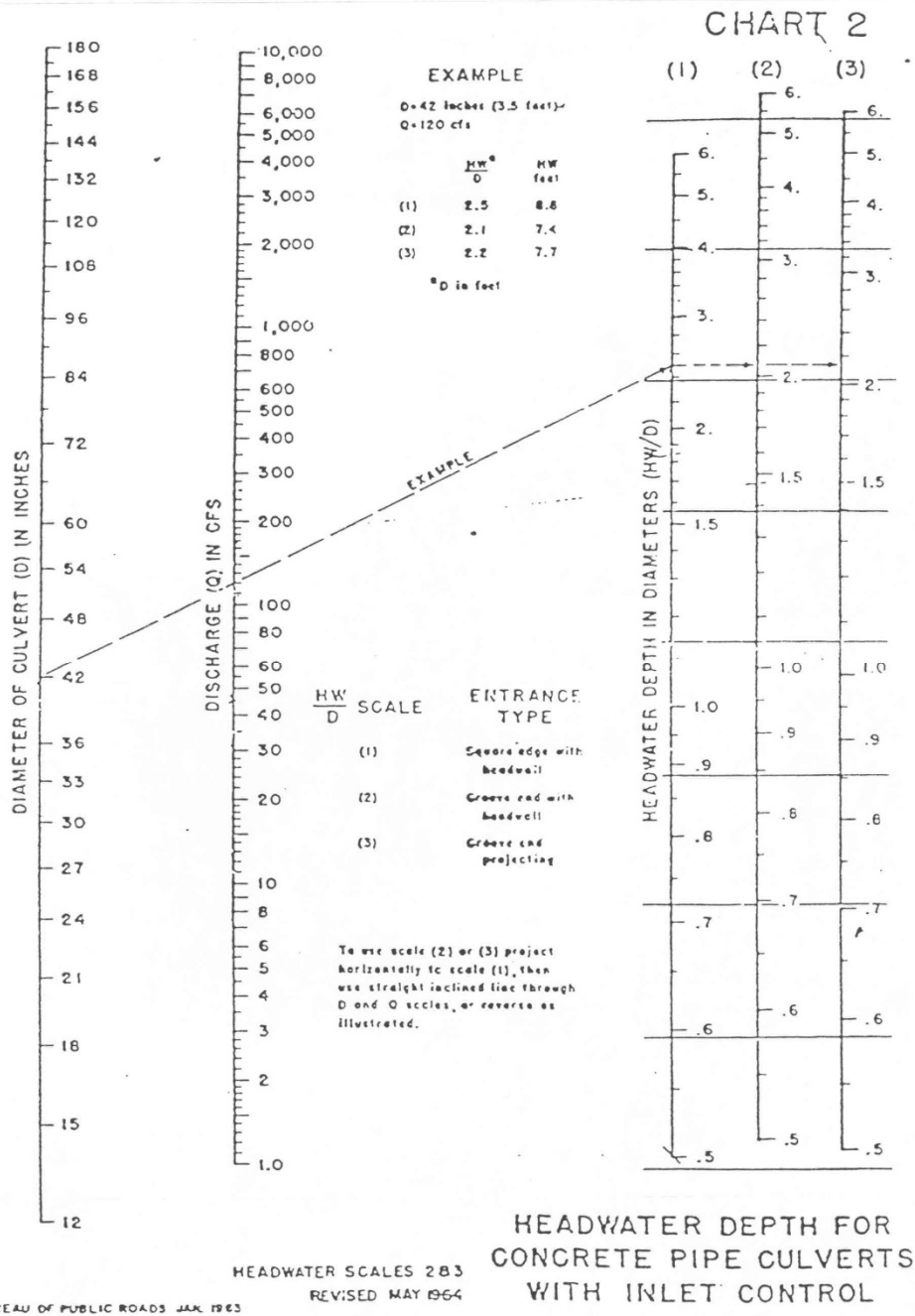


Figura 4.15 – Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

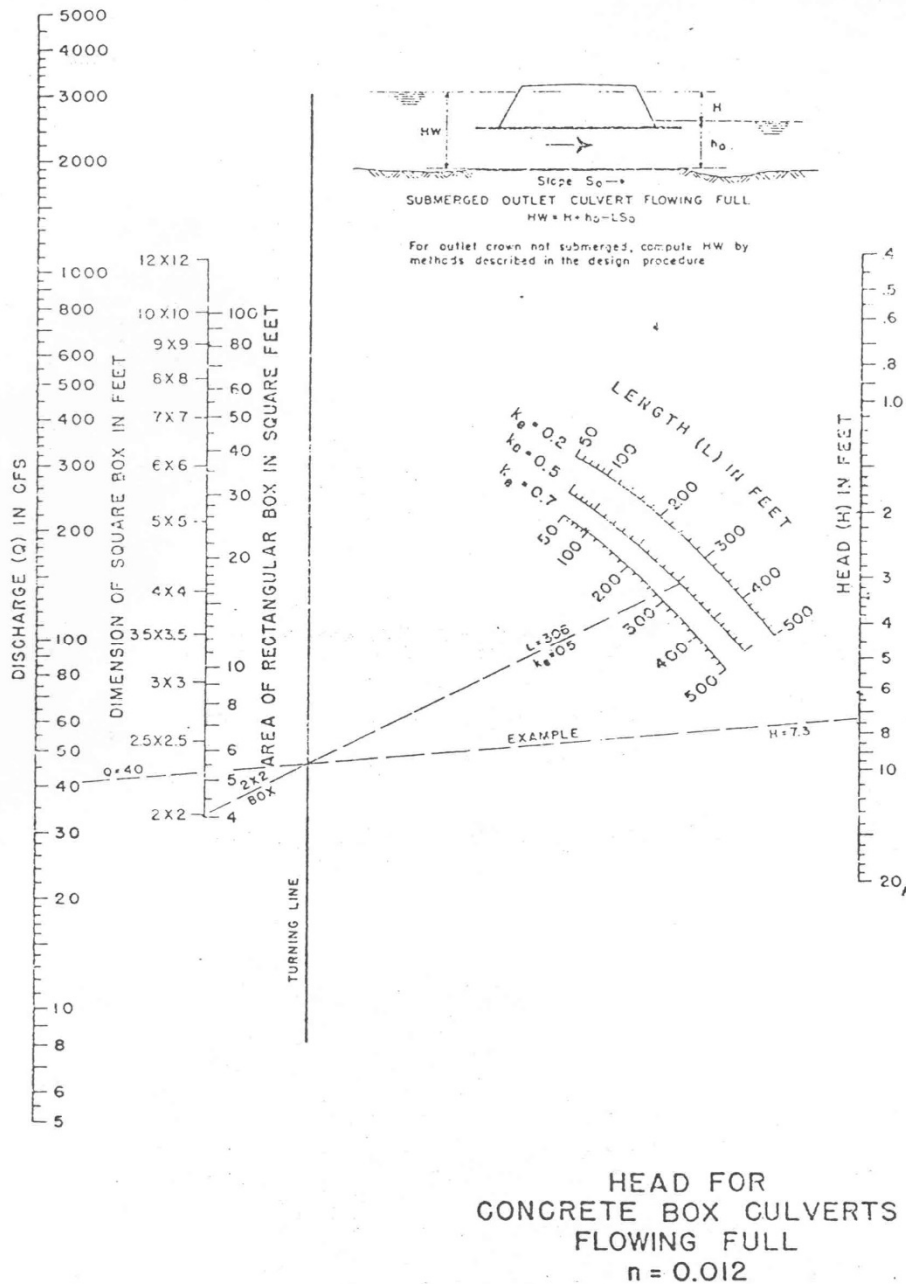


Figura 4.16 – Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

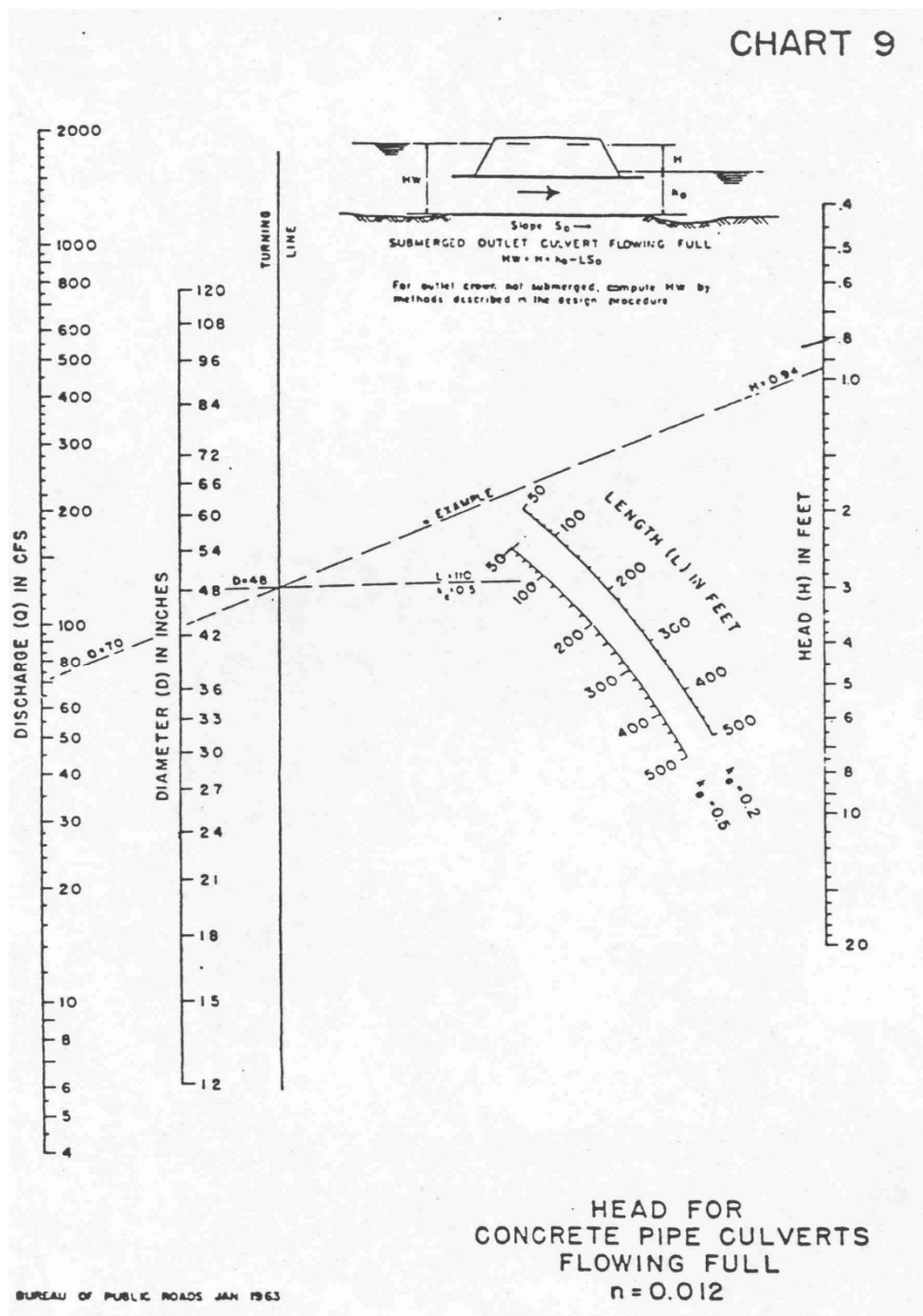


Figura 4.17 – Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna e il tirante all'imbocco e allo sbocco. Il software è anche in grado di gestire cambiamenti di pendenza interni alla canna, quali quelli che si possono presentare in presenza, ad esempio, di un salto di fondo.

Per essere verificato, il Capitolato Anas richiede che, tombini e ponticelli di luce netta inferiore a 6 m, il franco idraulico debba essere superiore al 30% dell'altezza utile dell'opera e comunque superiore a 0.75 m, avendo un diametro minimo di 150cm. Inoltre, all'imbocco

le condizioni non dovranno essere in pressione con il carico a monte al massimo pari a $1,2 D$ (dove D è l'altezza del tombino).

La portata di calcolo considerata è quella bicentenaria, così come richiesto dalle NTC2018 e relativa circolare applicativa del 2019.

Le verifiche idrauliche dei tombini sono riportate nella relazione di smaltimento delle acque di piattaforma.