



Autorità di Bacino Regionale
REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

PIANO STRALCIO PER LA DIFESA IDRAULICA DEL TORRENTE CORMOR

LR 3 luglio 2002 n. 16

RELAZIONE TECNICA

NORME DI PIANO

**ELENCO DEGLI ELABORATI
CARTOGRAFICI**

Comitato Istituzionale del 26 novembre 2008

Palmanova

PRESENTAZIONE

Il presente Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor è stato predisposto dall'Autorità di bacino regionale in attuazione dell'articolo 12 della legge regionale 3 luglio 2002 n. 16 che disciplina il riassetto organizzativo e funzionale in materia di difesa del suolo e di demanio idrico nell'ambito delle competenze attribuite alla Regione Friuli Venezia Giulia dal decreto legislativo 25 maggio 2001, n. 265.

Il torrente Cormor attraversa la zona più densamente urbanizzata e produttiva del Friuli Centrale e la sicurezza idraulica di tale territorio è di fondamentale importanza per la difesa dei centri abitati, degli insediamenti produttivi e delle infrastrutture dell'Alta e della Bassa Pianura Friulana.

Lo studio del territorio non può prescindere dalla conoscenza della sua evoluzione storica. Per quanto riguarda la storiografia idrologica del Cormor si ricordano qui i tre insigni studiosi friulani *A. Desio*, *E. Feruglio* e *G. Crestani* che hanno documentato con estrema ricchezza di particolari tecnici la disastrosa alluvione del 19-20 settembre 1920, così come è particolarmente ricco di dati e citazioni storiche il meraviglioso volume di *G. Collini* del 1899.

L'accurata ricerca storica ed i dati delle più recenti alluvioni, tra cui si ricordano la piena del 19-20 settembre 1920 e quella più recente del 5-7 ottobre 1998, hanno costituito il punto di partenza per l'elaborazione del presente Piano di difesa idraulica.

L'individuazione, mediante un'approfondita analisi idrologica, dell'onda di piena di progetto ed il rilievo laser-scan dell'alveo di pianura del torrente Cormor effettuato dall'Autorità di bacino hanno consentito di sviluppare con notevole accuratezza la modellazione idraulica del torrente, di individuare le vulnerabilità idrauliche dell'alveo, ipotizzare le possibili soluzioni delle opere di difesa idraulica e scegliere, attraverso la valutazione comparativa delle diverse ipotesi di intervento, quella più efficiente e funzionale sotto l'aspetto idraulico ed ambientale.

Il Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor è stato messo a punto dalla Segreteria tecnico operativa dell'Autorità di bacino regionale dopo un impegnativo lavoro di studio, rilevamento ed analisi, iniziato nel mese di aprile 2005 e portato a termine, dopo un anno, nell'aprile 2006 con l'approvazione del progetto di Piano da parte del Comitato tecnico e con l'adozione del progetto stesso da parte del Comitato istituzionale nella seduta del 28 aprile 2006.

L'Autorità di bacino regionale ha, quindi, provveduto a trasmettere copia del progetto di Piano adottato ai Comuni interessati dai suoi effetti ed a pubblicare il Piano medesimo sul proprio sito, al fine di consentire a tutti i cittadini di prenderne visione.

Contestualmente, il progetto di Piano è stato sottoposto al parere della Consulta di bacino, di cui all'art. 11 della LR n. 16/2002, istituita con DPR n. 0185/Pres del 13 giugno 2006.

In osservanza alla normativa vigente, si è, inoltre, provveduto a sottoporre il progetto di Piano alle procedure di Valutazione di incidenza (Vinca), al fine di garantire il rispetto dei principi di salvaguardia ambientale degli habitat naturali protetti, ed alla Valutazione ambientale strategica (VAS), al fine di accertare la compatibilità del Piano con l'ambiente nell'ambito dello sviluppo sostenibile del territorio.

Le procedure di consultazione e di valutazione ambientale, confermando che le opere di difesa idraulica previste non comportano alcun impatto ambientale significativo nelle aree direttamente o indirettamente interessate dalla loro realizzazione, si sono concluse con la formulazione di alcune osservazioni delle quali si è tenuto conto nella stesura definitiva del Piano, mediante le opportune integrazioni, illustrate nell'allegata Relazione di sintesi, di cui all'art. 9 della legge regionale 6 maggio 2005 n.11.

Il Piano, nella sua versione definitiva è stato approvato dal Comitato tecnico in data 24 novembre 2008 e da ultimo adottato dal Comitato istituzionale nella seduta del 26 novembre 2008.

Gli effetti giuridici del Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor decorrono dalla data del decreto di approvazione del Presidente della Regione così come previsto dall'art. 14, comma 6, della LR n. 16/2002.

L'impegnativo lavoro tecnico e scientifico che ha portato alla messa a punto del Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor consente, quindi, alla Regione Friuli Venezia Giulia di disporre di uno strumento di fondamentale importanza per la difesa del suolo, lo sviluppo economico e sociale e la sicurezza idraulica del territorio dell'area idrografica del Cormor, comprendente ben 27 Comuni della Provincia di Udine.

Infine, mi è gradito esprimere un riconoscimento particolare al Gruppo di progettazione della Segreteria tecnico operativa dell'Autorità di bacino regionale per l'impegno ed il contributo di alta professionalità dimostrati nello sviluppo e nell'analisi degli strumenti di Piano.

Il Gruppo di progettazione coordinato dallo scrivente Segretario generale e che, oltre al progetto di Piano ha seguito pure la fase della consultazione e messa a punto definitiva del presente Piano, è composto dagli ingegneri Cristiano Diplotti, Marika Sato, Francesca De Prato, Francesca Goia, Heidi Sigoni, dalla dottoressa Elisabetta Santarossa che ha curato le ricerche storiche, dal dottor Marco Lipizer che ha curato i rilevamenti laser-scan e le elaborazioni cartografiche, dal geologo Giacomo Casagrande, dall'agronoma Rossana Carretti, dalla dottoressa Michela Cescon che ha curato gli aspetti normativi e giuridici del Piano e dai periti Michele Stabile e Giovanni Martin che hanno eseguito le indagini locali lungo l'alveo del torrente Cormor.

Palmanova, 26 novembre 2008

IL SEGRETARIO GENERALE

- prof. ing. Giorgio Verri -

INDICE

Parte prima: RELAZIONE TECNICA

1	EVOLUZIONE STORICA DEL TORRENTE CORMOR.....	1
1.1	Prime notizie storiche del torrente Cormor	1
1.2	L'immissione del torrente "Lurana" nel bacino del Cormor (1486).....	3
1.3	La bonifica delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto e il canale Urana Soima (1811-1914)	3
1.4	Lo spaglio della portata di piena del torrente Cormor nelle pianure di Pozzuolo e Mortegliano	7
1.5	Il torrente Cormor e la bonifica della Bassa Pianura Friulana	12
1.6	La cassa di espansione di Sant'Andrat (1938-1956)	17
1.7	La canalizzazione del torrente Cormor dalle risorgive alla laguna (1944-1963)	19
1.8	La canalizzazione del torrente Cormor da Mortegliano a Castions di Strada (1979-1982).....	21
1.9	Il torrente Cormor oggi.....	22
	Bibliografia	24
2	EVENTI ALLUVIONALI IN EPOCA STORICA.....	27
2.1	Descrizione delle esondazioni storiche del torrente Cormor	27
2.2	La piena storica del 19 e 20 settembre 1920.....	31
2.3	Tabella riassuntiva degli eventi di piena del Cormor nel passato e testimonianza dalla chiesetta di Gris	38
	Bibliografia	41
3	EVENTI ALLUVIONALI STRUMENTALMENTE RILEVATI.....	43
3.1	Dati tecnici dell'eccezionale evento di piena del 19-20 settembre 1920	43
3.2	Riferimenti pluviometrici degli eventi di piena nel periodo dal 1921 al 1990.....	45
3.3	Dati tecnici dell'evento di piena del 29 settembre 1991.....	47
3.4	Dati tecnici dell'evento di piena del 5-7 ottobre 1998	48
3.5	Dati tecnici dell'evento di piena del 31 ottobre 2004	50

3.6	Importanza dei sistemi di monitoraggio per il controllo delle piene	51
	Bibliografia	52
4	DESCRIZIONE BACINO IDROGRAFICO	53
4.1	Bacino collinare	55
4.2	Alveo dell'Alta Pianura	67
4.3	Alveo della Bassa Pianura	74
	Bibliografia	80
5	ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI	81
5.1	Stazioni di rilevamento e dati disponibili	81
5.2	Serie storiche dei massimi annuali	85
5.3	Analisi degli eventi estremi	96
5.4	Curve pluviometriche caratteristiche ad assegnato tempo di ritorno	115
5.5	Evento pluviometrico del 5-7 ottobre 1998	122
5.6	Evento pluviometrico del 31 ottobre 2004	130
	Bibliografia	137
6	ONDA DI PIENA DI PROGETTO	139
6.1	Il metodo Curve Number per il calcolo delle piogge efficaci	139
6.2	Classi CN del tipo di suolo in rapporto alla geologia del bacino collinare	144
6.3	Analisi dell'uso del suolo	147
6.4	Il Curve Number del bacino collinare del torrente Cormor.....	154
6.5	Il calcolo dell'idrogramma di piena con il metodo dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico	156
6.6	Ricostruzione dell'idrogramma di piena del 5-7 ottobre 1998.....	163
6.7	Ricostruzione dell'idrogramma di piena del 31 ottobre 2004.....	166
6.8	Individuazione dell'idrogramma di piena di progetto	170
	Bibliografia	172
7	MODELLO IDRAULICO DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA	175
7.1	Richiami di idraulica fluviale	175
7.2	Rilievo laserscan del torrente Cormor	179

7.3	Geometria e morfologia dell'alveo del torrente Cormor da Colugna alla foce	181
7.4	Scabrezza idraulica dell'alveo	185
7.5	Modello di calcolo	189
7.6	Taratura del modello.....	192
	Bibliografia	196
8	VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ED INTERVENTI DI PIANO PER IL CONTENIMENTO DELLE PORTATE DI PIENA	197
8.1	Ipotesi progettuali pregresse al presente Piano stralcio per il contenimento delle portate di piena.....	197
8.2	Propagazione dell'onda di piena di progetto in assenza delle opere di difesa previste.....	199
8.3	Ipotesi di intervento n.1: allargamento dell'alveo da Basaldella alla foce.....	204
8.4	Ipotesi di intervento n.2: aumento della capacità dell'alveo da Sant'Andrat alla foce.....	205
8.5	Ipotesi di intervento n.3: realizzazione di casse di espansione e bacini di laminazione.....	205
8.6	Ipotesi di intervento n.4: realizzazione di un canale scolmatore in galleria e di casse di espansione.....	209
8.7	Valutazione comparativa delle ipotesi di intervento e scelte di piano.....	213
9	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DI PIANO	229
9.1	Interventi strutturali di Piano	230
9.2	Programmazione temporale degli interventi	231
9.3	Quadro complessivo di spesa degli interventi strutturali.....	234
 Parte seconda: NORME DI PIANO		
	INDICE DEGLI ARTICOLI.....	239
	NORME DI PIANO	241
 Parte terza: ELENCO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI		
	ELENCO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI	247

Parte prima: **RELAZIONE TECNICA**

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

1

EVOLUZIONE STORICA DEL TORRENTE CORMOR

Ricostruire la storia di un torrente, cercare tutte le informazioni storiche che gli antichi hanno scritto in passato, ci consente di avere oltre che una visione più completa di un corso d'acqua, anche la possibilità di capire quali siano state le problematiche che hanno afflitto le popolazioni e quali soluzioni sono state adottate in precedenza per risolvere i diversi disagi. L'intento è quello di porci nei confronti della storia in un'ottica di rispetto e apprendimento. Secondo la nota formula ciceroniana, "*historia magistra vitae*", la storia maestra di vita, conoscere gli errori che sono stati compiuti in passato ci aiuterà sicuramente a non ripeterli.

Proprio per questo motivo nel seguente capitolo si cercherà di descrivere nel modo più esauriente possibile le testimonianze e gli eventi più importanti che hanno contraddistinto la storia del torrente Cormor.

1.1 Prime notizie storiche del torrente Cormor

Prima di parlare delle più antiche testimonianze rinvenute sul torrente Cormor, appare opportuno specificare quale sia l'idronimo del torrente Cormor. La sua origine è sicuramente antica ma sulla sua esatta etimologia vi sono molte riserve. Quattro sono le attribuzioni date.

Gentili [1975] nel suo articolo "Un parco per Udine. Termini e motivi per un intervento indilazionabile nella valle del Cormor" assegna al nome del torrente Cormor un'origine preromana – pelatina da "KOR, KAR" (sasso, roccia) e "MAR" (palude).

Frau [1978] ipotizzando invece un'origine ladina, derivante dal termine "CARMO" (donnola), la attribuì al nome di un animale.

Munini [1956] pensò ad una origine più folcloristica derivante dalla tradizione popolare. Osservando infatti il percorso del torrente si poteva evincere come questo iniziasse impetuoso la sua corsa ("COR") e poi terminasse nella pianura di Mortegliano ("MOR") con lo spaglio delle sue acque nelle pianure circostanti.

Anche *Tirelli* [2002] nel suo libro "Ipotesi e riscontri sulla presenza dei Celti e di altre popolazioni preromane nella Bassa Friulana", parlando del torrente Cormor indica l'origine del nome nel termine "CURM" che significa impaludamento.

La più antica memoria scritta sul Cormor risale al 23 – 24 d.C.. Gaio Plinio Secondo, autore romano noto per le sue indagini su tutto ciò che esiste in natura, compì un notevole sforzo di sistematizzazione del sapere scrivendo un'enciclopedia che raccogliesse tutto lo scibile raccolto dall'antichità.

Nel libro *“Historia Naturalis (Scienze della natura)”* descrive l'idrologia del Friuli. Secondo alcuni studiosi l'Anaxum che egli cita corrisponderebbe al torrente Cormor che secondo Plinio al tempo scaricava nei pressi di Grado a Porto Buso. *Martinis* [2002]

“Sequitur decima regio italiae, Hadriatico mari adposita, cuius Venetia, Fluvius Silis ex montibus Tarvisianis, oppidum Altinum, lumen Liquentia ex montibus Opiterginis et potus eodem nomine, colonia Concordia, fulmina et portus Reatinum, Tiliaventum Maius Minisque, Anaxum, quo Varamus defluit, Alsa, Natiso com turro, profluentes Aquileiam coloniam XV p. a mari sitam”. *Plinio* [1983]

Un primo riferimento sulle caratteristiche torrentizie del Cormor è data da *Mazzuccato* che nel 1809 scrisse un opuscolo intitolato “Notizie idraulico agrarie sopra alcuni torrenti del Friuli” e parlando del Cormor scrisse quanto segue:

“Il Cormor ristretto d'alveo caccia sì velocemente le sue acque, che seco loro trasportando ogni sorta di ciottoli, rompono, e scavano le rive, e tentano ogni momento di farsi un altro letto. Riparate le sponde con forti, e sodi pennelli di grossissime pietre, ora posti rettamente, ora situati in direzione obliqua, e piantate di pioppi, difese in modo tale le sue possessioni che invece di temere che scenda l'acqua, egli la implora come un utile ingrasso, come una delle migliori bonificazioni che possano ricevere i suoi prati che ivi confinano.”

Girardi [1841] nel suo libro “La storia fisica del Friuli” scrisse: “Anassum è il fiume che dopo il Tagliamento viene da Plinio citato, nel quale voleva che il Variano, e il Natisone fluissero. Il Candido nei suoi commentarj alla pag. 15 sostiene che l'Anasso fosse il fiume Stella, altri che fosse il Piave, ma io convengo con quelli, i quali ci fanno conoscere il Cormor per l'Anasso di Plinio che colla Zellina e con l'altro Corno passando per S. Giorgio in altri tempi riunito, formò il Porto Buso.”

Minuziosa risulta invece la documentazione prodotta da *Collini* che nel 1899, in occasione dell'anniversario di nozze di una coppia di Pozzuolo, scrisse il testo “Il torrente Cormor”. Nella lettera introduttiva, che vuole essere un augurio di felicità per la coppia, dedica a loro un opuscolo, “Un ricordo pozzuolese: il torrente Cormor”. Nel libretto sono dettagliatamente segnati informazioni e dati sulle vicissitudini del torrente Cormor dal 1486 al 1806.

Il Collini riprenderà inoltre quanto scritto da Plinio nel 22° capitolo del libro “Storia Naturale” chiedendosi “Com'è poi che questo Anasso, o Cormor va ora a scaricarsi nello Stella, invece che a Porto Buso?”. L'autore sostiene dunque che al suo tempo, nel 1899, il Cormor terminava invece il suo percorso nello Stella. Collini cerca poi di dare una spiegazione alla discordanza trovata con quanto sosteneva Plinio attribuendo il mutamento a motivazioni telluriche.

In merito alla dichiarazione del Collini sul torrente Cormor considerato come affluente dello Stella, *Tonizzo* e *Ferrari* [1926] ci riportano che Lorenzi Arrigo (1874 – 1948), illustre professore che fece una minuziosa indagine nel campo idrografico, “considerava il Cormor affluente dello Stella poiché le sue acque dopo aver spagliato sulle paludi di Mortegliano vengono raccolte in gran parte dalla Velicogna affluente dello Stella e dal Revonchio – Muzzanella che confluisce in laguna con lo Stella”.

1.2 L'immissione del torrente "Lurana" nel bacino del Cormor (1486)

Una delle prime modifiche del torrente Cormor da citare per la notevole influenza che questa ha avuto, riguarda la deviazione del torrente "Lurane" ora denominato Urana.

Nel 1486, i Comuni di Billerio, Magnano ed Artegna decisero di deviare le acque del torrente Lurana, che a quel tempo si dirigevano nel Ledra e nel Tagliamento, nel torrente Cormor.

"1486 – 24 Maggio. – Il torrente Lurana, che dal Comune di Tarcento scorre per quelli di Billerio, Magnano ed Artegna, e poi si scarica nel fiume Ledra, avendosi colle ghiaie alzato il letto, durante le sue piene inonda le campagne dei detti paesi: perciò i rispettivi reggitori chiedono al Luogotenente Girolamo Contareno il permesso di deviare quell'acqua lungo la strada, che mena a Trigesimo, sino a che vi hanno rifatto il suo alveo; osservando che l'acqua, scorrendo per quella strada incassata, non danneggia altre campagne. – Il Luogotenente, sentito il parere del nobile Giovanni di Prampero, permette il disviamento" *Collini* [1899]

Ellero [1979] nel suo libro "Storia di Campoformido, Bressa e Basaldella del Cormor" definisce questa scelta come "improvvida e imprevedibile". Egli osserva che con questa azione, questi Comuni "riuscirono a difendersi da uno sfavorevole deflusso delle acque, ma scaricarono sui Comuni a valle il costo delle difese e dei danni."

Questa azione esercitata dai Comuni a monte provocherà gravi danni alle popolazioni a valle poiché in conseguenza di questa deviazione, si verificheranno molte e gravi esondazioni. *Ellero* [1979] dichiara infatti che "dal 1486 le piene del torrente Cormor furono molto più abbondanti di quelle precedenti".

"Attestato che le maggiori acque del torrente provengono dall'immissione abusiva di altre acque nel medesimo, e precipuamente di quelle della Lurana [...] la quale prima avea il suo corso verso ponente e scaricatasi nel fiume Ledra. Ora, invece, unita alla Soima, scorre lungo la strada di Germania [...] e siccome qua e là il suo letto è in rialzo, così nelle piene allaga i paesi e le campagne circostanti. *Collini* [1899]

Nonostante gli ingenti danni provocati, e attestato che gli allagamenti sono causati dall'unione dell'Urana alla Soima, nei secoli futuri non si cercò di rimediare agli errori compiuti anzi, verrà costruita la canalizzazione dell'Urana Soima nello stesso tratto.

1.3 La bonifica delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto e il canale Urana Soima (1811-1914)

Un evento importante che ha segnato la storia del torrente Cormor nella parte alta del suo corso, riguarda la bonifica delle paludi di Bueris-Zegliacco e Collalto che prevedeva anche la canalizzazione dell'Urana-Soima.

Nella Figura 1.3.1 viene riportata una sezione della Carta topografica realizzata tra il 1798 e il 1804 che raffigura l'area in esame. Dopo la firma del trattato di Campoformido (1797) che sancì la cessione dei domini veneziani all'Impero asburgico, lo Stato maggiore dell'esercito austriaco decise di realizzare un'operazione di rilevamento topografico su vasta scala. Il lavoro venne affidato alla direzione del Generale Anton von Zach che con l'ausilio di 32 cartografi riuscì ad attuare un'attenta ricognizione delle Regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia.

Il generale Francesco II d'Asburgo infatti, con la firma del trattato di Campoformido prese possesso del Friuli che si presentava dunque come “un territorio da conoscere, per poterlo meglio dominare e raffigurare, per studiarlo comodamente sui tavoli dello Stato maggiore ed esibirlo come nuovo gioiello a corte”. *De Cillia* [2000]

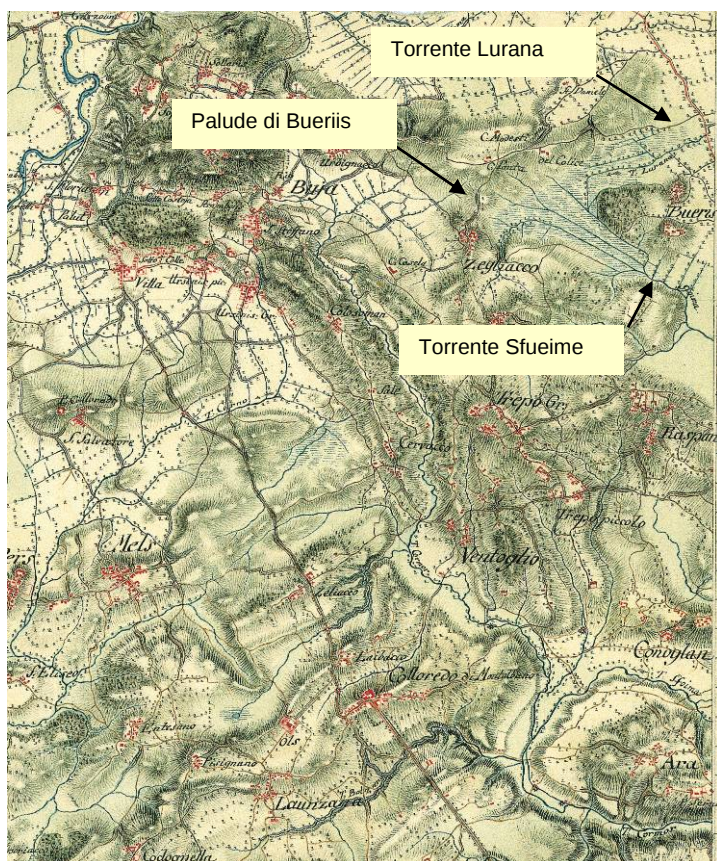


Figura 1.3.1:
Cartografia storica di Von Zach (1798-1804). La mappa rappresenta il torrente Lurana deviato nel bacino del torrente Cormor, la palude di Bueris, il torrente Soima all'uscita della palude di Bueris e l'immissione della Soima nel torrente Cormor. (Immagine tratta dal Volume “Kriegskarte 1798-1805, il Ducato di Venezia nella carta di Anton von Zach”, redatto dalla Fondazione Benetton Studi Ricerche)

L'idea di bonificare l'area delle paludi di Bueris-Zegliacco e Collalto risale al 1811 anche se da quella data passeranno altri 100 anni prima di portare a compimento le opere di risanamento. Nonostante la riconosciuta indispensabilità dell'opera, molti erano i soggetti coinvolti nella decisione e non tutti si dimostrarono sempre persuasi nel portare a termine la bonifica.

“L'ingegnere capo del Genio Civile Malvolti, in una relazione al direttore generale di acque, strade e ponti, a proposito delle paludi di Bueris osservava che “non è a muoversi in dubbio l'immediato miglioramento di quel territorio” qualora si eseguissero opportuni lavori.” *Biasutti* [1914]

Solo nel 1873, gli abitanti della zona iniziarono a dimostrare il loro interesse al prosciugamento delle paludi con l'idea di costruire un Consorzio per la bonifica. Tutto ciò però non produsse alcun esito positivo, neppure quando il Ministro, dimostrando interesse al risanamento delle paludi, chiese maggiori dettagli. Alla richiesta del Ministro i Comuni interessati non diedero alcuna risposta perdendo così un'importante occasione. Nel 1885, alcuni abitanti, al fine di migliorare la loro situazione, chiesero al Sindaco del Comune di

Treppo Grande la possibilità di costituire un Consorzio di bonifica sottolineando, ancora una volta, gli enormi vantaggi economici e sociali che quest'opera avrebbe comportato. *Biasutti* [1914]

L'ing. Pauluzzi di Tricesimo, data l'importanza della faccenda, nel 1888 predispose un progetto di massima che prevedeva "l'apertura di un canale principale di scolo della complessiva lunghezza di 4.000 metri, e di canaletti secondari laterali, la costruzione di un manufatto di presa all'incile del canale principale nonché di alcuni tombini, e l'abbassamento della platea del ponte della Soima sulla strada Collalto-Raspano. La spesa totale, con un calcolo tenuto evidentemente troppo basso, veniva preventivata in lire 16.800, compresa l'occupazione di terreni." *Biasutti* [1914]

Il Consiglio Provinciale riconobbe l'importanza del lavoro e decise di approvare la costituzione del Consorzio per la bonifica delle paludi. Purtroppo però il Consiglio superiore dei lavori pubblici decise di non approvare il progetto ritenendo insufficienti i vantaggi presentati. Della bonifica si parlò nuovamente solo nel 1903. Il progetto venne poi affidato agli ingegneri Rizzani e del Pino di Bueris. *Biasutti* [1914]

"Si risalì alla causa dell'impaludamento del sito, che è realmente l'interruzione del corso dell'Urana e compilò un progetto di sistemazione di questo torrente, in guisa che le acque, che sboccano al principio della palude, fossero trasportate a mezzo di un nuovo canale nella Soima, allargata anch'essa secondo le esigenze. Per tal modo il bacino sarebbe rimasto libero dalle acque, ottenendosi il prosciugamento desiderato." *Biasutti*, [1914]

Successivamente vennero autorizzati dal Consorzio anche lo scavo del canale secondario di Magnano e Zegliacco, la costruzione di strade laterali al canale e la sistemazione di tubi per permettere il passaggio tra una sponda e l'altra.

I lavori di canalizzazione hanno permesso di constatare che originariamente il bacino costituiva un lago.

"Prove evidenti dell'esistenza di questo lago, ora scomparso, ci danno gli strati messi in luce dallo scavo del canale di sistemazione". *De Gasperi* [1914]

Con i lavori di canalizzazione, infatti, si sono potuti analizzare tutti gli strati dei materiali depositati nel corso degli anni. "L'emissario del lago cominciò l'erosione di tale briglia [...] e si spostò gradualmente abbassandosi e asportando le ghiaie delle morene. Vuotata in gran parte la conca lacustre [...] diminuì l'attività erosiva dell'emissario. Il bacino così vuotato diventò palude." *De Gasperi* [1914]

Prima di parlare dei lavori di canalizzazione, cerchiamo di capire come si presentava un tempo il torrente Urana.

Il torrente Urana, chiamato "Lurane" dalle genti del luogo, nasce vicino a Sammardenchia, alle pendici del Monte Campèon.

"Il torrente Urana [...] raccogliendo le sue acque fra i colli eocenici di Billerio, li percorre in senso da nord a sud; ma sboccato nel piano presso a borgatella di Madonna, muta improvvisamente direzione volgendo normalmente ad ovest, tendendo anzi a spostarsi verso nord sino a guadagnare l'estremità settentrionale del poggio di Collerumiz. Di là prosegue verso ponente e, dopo esser passato sotto il ponte della strada provinciale, entra nelle paludi di Magnano. Quivi il corso si fa sempre più incerto, e si può dire si perde

in un ampio bacino acquitrinoso e torboso, raccogliendosi a tratti in certi canali semi artificiali tracciati con criteri abbastanza curiosi. *De Gasperi* [1914]

Con il suo corso irregolare si dirige dunque verso la zona palustre passando attraverso la torbiera di Bueris già utilizzata dalla metà del 1800 dagli abitanti del luogo per estrarre la torba e utilizzarla come combustibile.

Biasutti [1914] nel suo testo “La sistemazione dei torrenti Urana e Soima e il conseguente prosciugamento delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto nel mandamento di Tarcento” precisa che “raggiunta la zona palustre, propriamente detta, ogni difesa cessava e l'Urana perdeva dignità di corso e di nome”. L'Urana si disperde nella zona palustre e da questa nascono le sorgenti del Soima in friulano Sfueime. *De Gasperi* [1914] scrivendo le “note geologiche sul bacino morbososo di Bueris”, precisa che in friulano il termine “sfueimis” indica le fosse scavate in pianura atte a smaltire le acque piovane che si raccolgono nelle superfici prive di scoli naturali.

Il torrente Urana era quasi sempre privo d'acqua e solo con le precipitazioni il suo bacino “si ridestava”, mentre il Soima, anche nei periodi più asciutti, aveva sempre una minima quantità d'acqua.

Ecco che inquadrata la condizione idrografica dei torrenti in questione, sarà opportuno illustrare i lavori di canalizzazione realizzati.

Nel tratto precedente all'incontro con la ferrovia Udine-Pontebba erano già presenti delle difese che davano buoni risultati. Proseguendo verso la strada provinciale, erano stati costruiti degli argini ove l'alveo si innalzava per i continui depositi trasportati nelle piene.

“La sistemazione quindi di un tratto d'alveo prima della strada provinciale Pontebbana si manifestò subito necessaria, non solo per abbassare il fondo, come richiedevano le esigenze dello scolo, ma anche perché il rigurgito creato dalla strozzatura sotto al ponte era tale da costringere le acque di piena a superare assai di sovente le arginature e ad allagare i fondi attigui. E poiché queste acque sovrabbondanti non potevano avere per recipiente se non la sottostante palude nella quale penetravano attraverso ad altri minori manufatti stradali, la loro eliminazione apparve come un completamento indispensabile al lavoro.” *Del Pra* [1914]

Approfittando quindi di un'ampia curva dell'Urana e di un dislivello di circa 400 metri nel terreno, si progettò e si effettuò una rettifica dell'alveo interrotta da briglie in muratura, in modo che la pendenza del fondo non superasse i 0,70 metri per chilometro, e fra due di queste briglie si costruisse una vasca di sedimento lunga 40,00 metri e larga 6,00 metri, con sponde in muratura e fondo in calcestruzzo, destinandola ad impedire il proseguimento dei detriti trascinati dalle piene”. *Del Pra* [1914]

Proseguendo dopo la strada provinciale, si doveva provvedere alla costruzione di un canale che “trattenesse le acque dell'Urana, raccogliesse gli scoli dei fondi circostanti e le sorgenti della Soima e le trasportasse tutte al di là della strada comunale Collalto-Raspano nel letto della Soima stessa, in un punto che fosse sufficientemente depresso da permettere in qualunque caso, ed anche dopo il costipamento dello strato palustre, lo scolo dei terreni consorziati”. *Del Pra* [1914]

Si abbassò inoltre la platea del ponte sotto cui doveva passare la Soima di 1,20 metri e si modificò a valle della stessa, il corso del torrente facendogli assumere un andamento lineare.

“Il canale tracciato [...] risultò della lunghezza di 4.700 metri rispetto la quale sarebbe stata eccessiva una caduta di 11,50 metri che avrebbe condotto ad una pendenza di fondo di poco meno che 2,50 metri al chilometro e quindi ad una velocità d’acqua che avrebbe danneggiato le sponde e turbato il regime del corso inferiore. Si deliberò pertanto di interrompere il profilo con alcuni salti da costruirsi nel primo tronco lungo 1.440 metri, inserendo fra due di essi una seconda vasca di sedimento a maggior garanzia di perfetta trattenuta della ghiaia trasportata dalle piene.” *Del Pra* [1914]

La portata massima fu determinata in 7,00 m³/s fino alla progressiva 2.400 metri, in 8,00 m³/s dalla progressiva 2.440 alla 4.450 e di 9,00 m³/s nell’ultimo tratto.

“Ormai con semplicissime opere secondarie qualunque proprietario può ottenere il perfetto prosciugamento del proprio fondo.” Con queste parole l’Ing. *Del Pra* ci fa capire come sia importante che anche i proprietari dei fondi collaborino e lavorino per la conclusione della bonifica. Anche *Biasutti* [1914] sostiene che “ora che dal Consorzio venne eseguito il lavoro principale ossia la bonifica idraulica, spetta ai singoli interessati di condurre, un po’ alla volta, a terminare le opere secondarie, per arrivare alla bonifica agraria, alla riduzione cioè a coltura dei fondi.”

Per concludere i lavori di bonifica delle paludi di Bueris nel 1914, mancavano dunque ancora i lavori di bonifica agraria.

1.4 Lo spaglio della portata di piena del torrente Cormor nelle pianure di Pozzuolo e Mortegliano

Il percorso del torrente Cormor, come si è detto più volte, è attualmente mutato rispetto al passato.

Il torrente Cormor nasce nell’area collinare nei pressi di S. Stefano di Buia in località Sotofratta a quota 250 m s.l.m. dal monte S. Lorenzo. Il suo cammino prosegue attraverso l’area collinare morenica per 17 km ricevendo alcuni affluenti, di cui ricordiamo l’Urana-Soima come il principale. Dopo aver attraversato l’alta pianura friulana e la fascia delle risorgive, le sue acque concludevano il percorso “nelle vaste e suggestive lame del territorio situato fra Mortegliano e Paradiso” in Comune di Pcenia. *Martinis* [2002]

Nell’evoluzione storica dell’alveo del torrente Cormor va dunque ricordato che le portate di piena del torrente si disperdevano “spagliando nelle paludi latitanti di Castions di Strada e specialmente in quelle denominate “di Mortegliano”, inondando anche tutta la vasta zona sottostante ad esse, compresi i paesi fino alla statale triestina. Nelle grandi piene, quel territorio della bassa pianura costituito da ottimi terreni in parte anche coltivati, esteso circa 10.000 ettari, moltissimi dei quali costituiti da proprietà polverizzata, si trasformava in un vastissimo lago!” *De Piero* [1975]

Come ricorda infatti il *Consorzio di bonifica Stella* [1955] nel testo “Sistemazione del torrente Cormor e rogge minori”, “nelle piene le acque si spagliavano su circa 10.000 ettari di terreni di ottima qualità”.

A tal proposito si ritiene opportuno citare e riportare alcune cartografie storiche pervenute che possano meglio testimoniare la condizione idraulica del torrente Cormor.

Lago [1989] nel suo libro “Teatrum Adriae, dalle Alpi all’adriatico nella cartografia del passato” ci offre un notevole ausilio mettendo a disposizione una raccolta della carte storiche appartenenti alla nostra Regione.

La prima cartografia in cui compare il torrente Cormor, raccolta in questo testo, risale ai primi del 1600 ed appartiene al celebre astronomo e matematico Magini Antonio (1555–1617) a cui spetta un indiscusso posto di primo piano anche nel campo della geografia e della cartografia.

Nella Figura 1.4.1 viene riportato un disegno di Magini del XIV secolo. Questo disegno venne inserito in un fascicolo di appunti relativo alla sua “Carta del Friuli” attualmente conservata al museo civico di Padova. Questo disegno permette di vedere chiaramente il percorso del torrente Cormor che, dopo essere nato dai colli di Buia, scorre a lato di Fontanabona, prosegue nei pressi della città di Udine e termina poco sopra Flumignano in comune di Talmassons.



Figura 1.4.1:
Disegno del XIV secolo di Antonio Magini (Immagine tratta dal Testo di Luciano Lago “Teatrum Adriae, dalle Alpi all’Adriatico nella cartografia del passato”)

Un'altra cartografia che merita di essere ricordata risulta essere quella di Colombicchio Canciano realizzata nel 1627. La Figura 1.4.2 raffigura un'ampia parte della Pianura Friulana, da Udine fino alle lagune di Marano e Grado e da Palmanova a Bertoliolo. Il disegno, oltre ad essere prezioso per l'attenzione dimostrata nei confronti degli insediamenti allora presenti, ci permette di vedere dove terminava il percorso il torrente Cormor. Il torrente spagliava le sue acque poco sopra il centro di Mortegliano. Importante è rilevare come nella parte della Bassa Pianura Friulana siano raffigurate le paludi.

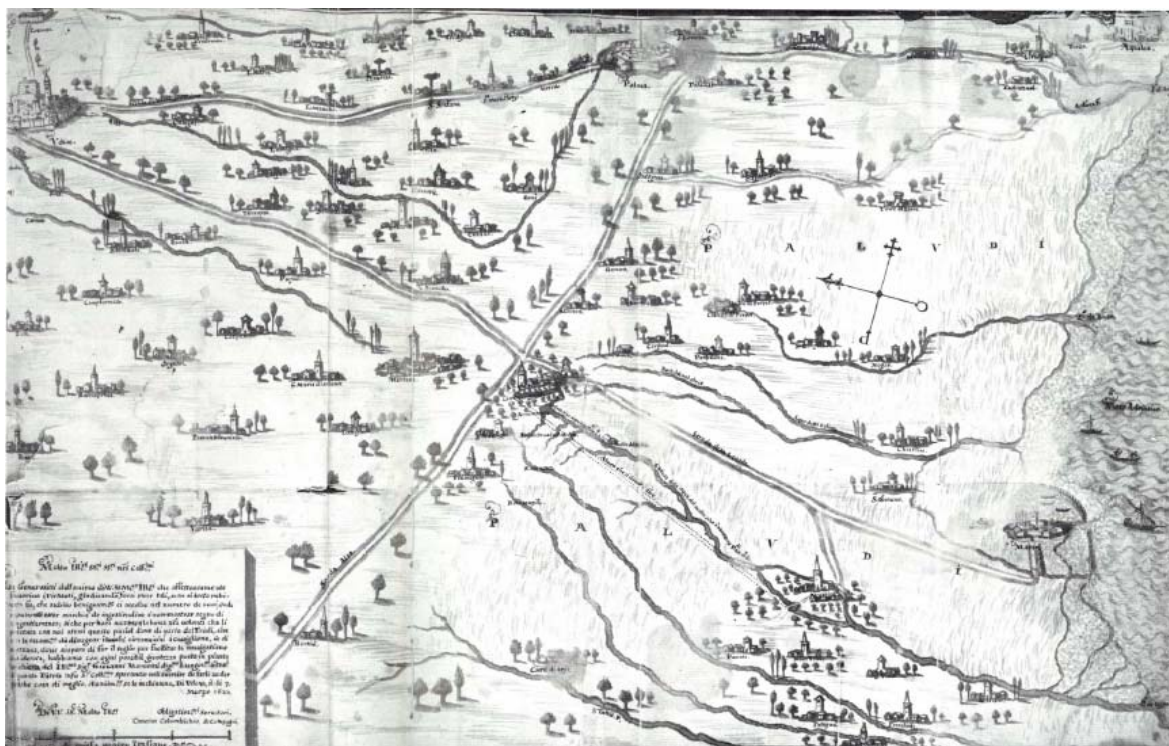


Figura 1.4.2: Disegno di Colombicchio Canciano del 1627 (immagine tratta dal testo di Luciano Lago "Theatrum Adriae, dalle Alpi all'Adriatico nella cartografia del passato")

E' importante osservare dal confronto delle due mappe del Magini e del Colombicchio che fino ai primi decenni del 1600, il torrente Cormor terminava il suo percorso a monte della linea delle risorgive.

Proprio nel 1600 e verso la fine del secolo, probabilmente conseguentemente al potenziamento dell'uso agrario del territorio, il corso del Cormor viene prolungato per un tratto a valle del Comune di Mortegliano portando il suo sbocco nelle paludi e nelle zone acquitrinose della Bassa Pianura Friulana. La testimonianza di questa evoluzione del corso del Cormor risulta dalla mappa di Giacomo Spinelli riportata in Figura 1.4.3. Dalla mappa si può notare che il torrente Cormor termina tra Torsa e Muzzana nei pressi di Roveredo in comune di Pocenia.

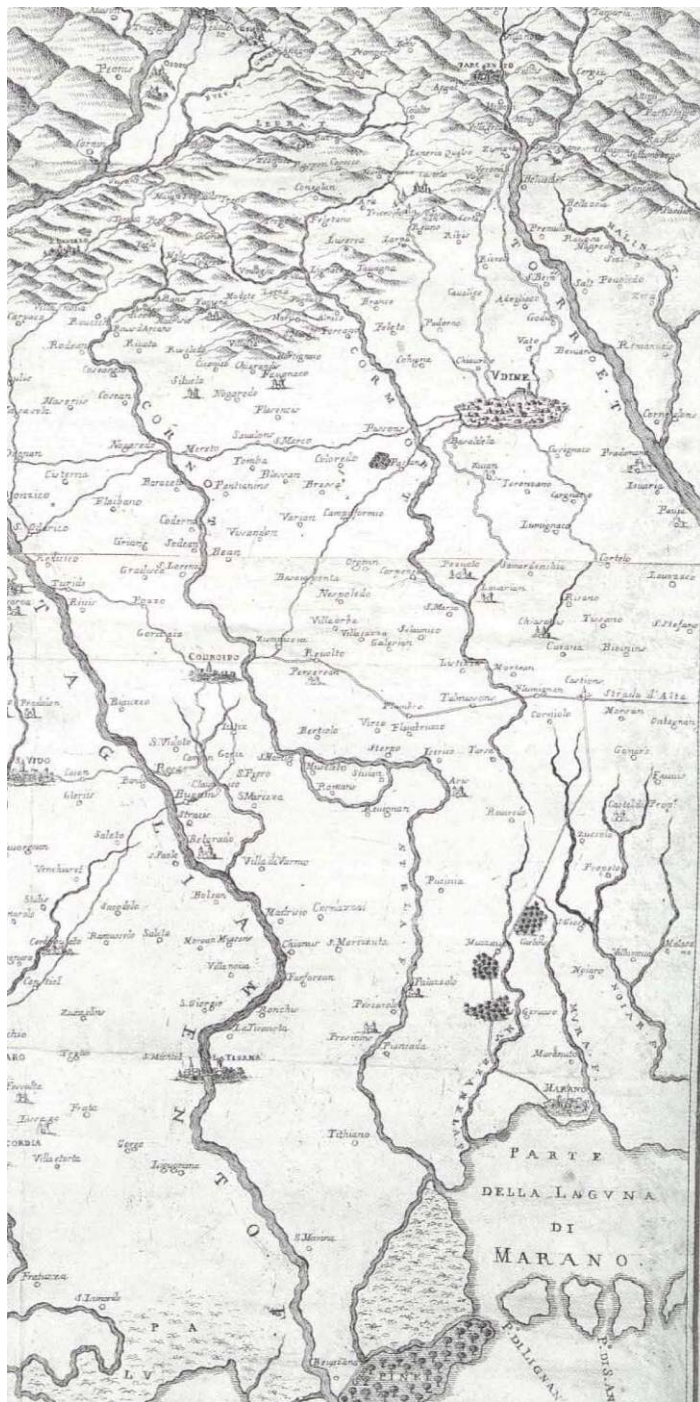


Figura 1.4.3:
Disegno di Giacomo Spinelli del 1688 (immagine tratta dal testo di Luciano Lago "Theatrum Adriae dalle alpi all'adriatico nella cartografia del passato")

Un'altra mappa che testimonia con precisione il passaggio del corso del Cormor oltre la linea delle risorgive è quella realizzata con precisione topografica dal Generale Anton von Zach a fine '800. Nella Figura 1.4.4 si riporta un estratto della mappa che raffigura il paesaggio della Bassa Pianura tra Torsa e Muzzana dove si può notare chiaramente che il torrente Cormor in quest'epoca termina il suo percorso all'altezza del centro di Torsa.

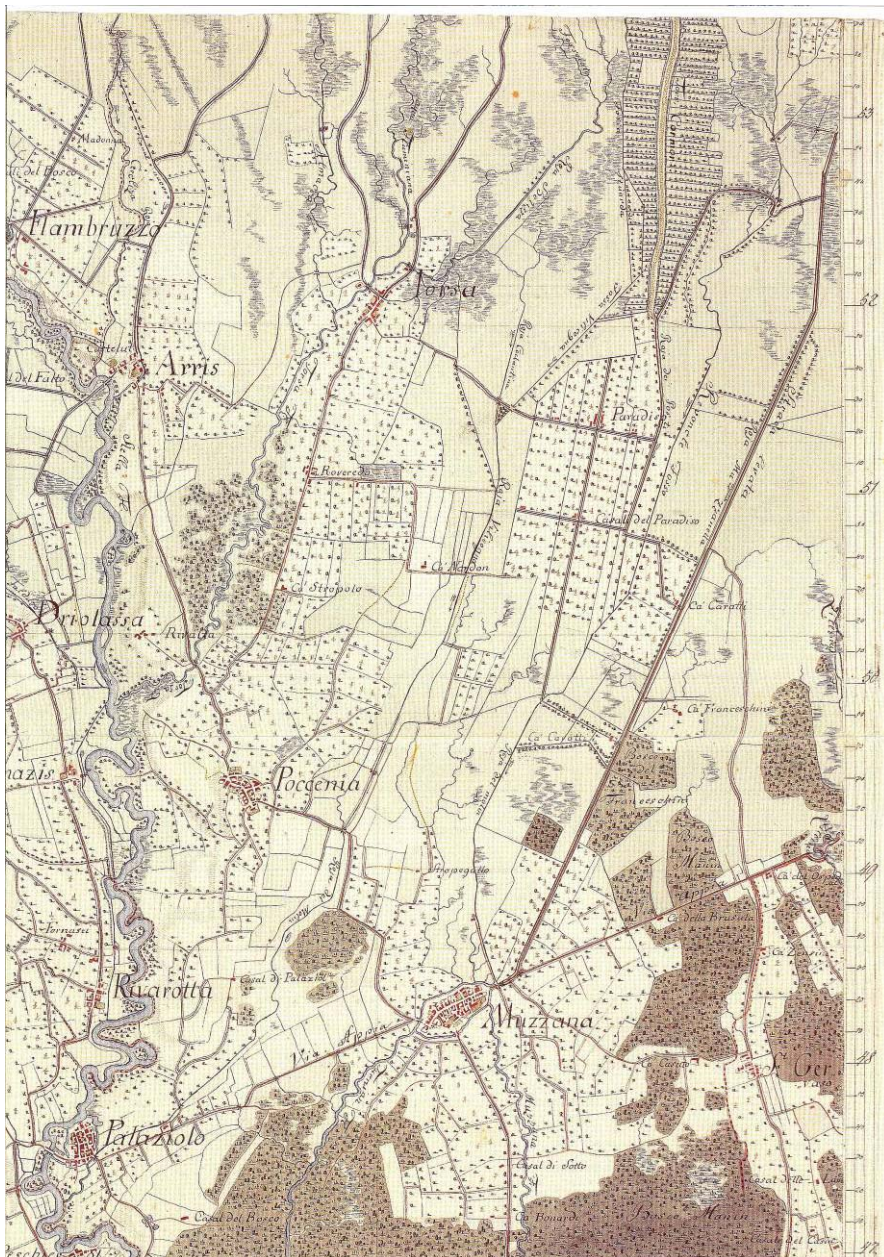


Figura 1.4.4:
Parte della cartina XVI.12
tratta dal Volume
"Kriegskarte 1798-1805, il
Ducato di Venezia nella
carta di Anton von Zach",
redatto dalla Fondazione
Benetton Studi Ricerche

Nel testo "Kriegskarte 1798-1805, il Ducato di Venezia nella carta di Anton von Zach" redatto dalla *Fondazione Benetton Studi Ricerche* [2005], oltre alle carte storiche del territorio del Veneto e del Friuli, sono presenti anche due manuali che contengono importanti e minuziose informazioni territoriali. Sono presenti anche alcune righe sul torrente Cormor che di seguito verranno riportate:

"Il torrente Cormor, attraversa la strada principale da Codroipo a Palma fra Mortelegiano e S. Andrat; lascia poi più in basso, ma a poca distanza sulla destra, il villaggio Sant'Andrat, e passa nelle paludi [...]. Quando c'è una montana lo stesso non si può attraversare a causa dell'assenza di un ponte."

E ancora “Il torrente Cormor viene dalla zona di Udine; se il clima è secco non ha acqua e serve a Sant’Andrat in giù come via verso i prati che si trovano a destra e a sinistra. In caso di tempo piovoso esso spesso s’ingrossa con forza e fa poi dei notevoli danni, anche se è delimitato da argini. Al di sopra di Paradiso esso si perde completamente e termina nel Canale Roja dei Posti.”

1.5 Il torrente Cormor e la bonifica della Bassa Pianura Friulana

Battistella e Magnani [1931] nel loro testo “I precedenti storici del canale Ledra Tagliamento, con brevi notizie dei primi cinquant’anni di vita consorziale” iniziano l’argomentazione descrivendo il comprensorio della Bassa Pianura Friulana.

“Quali fossero le condizioni della Pianura Friulana nei tempi storici è cosa che un po’ più un po’ meno tutti conosciamo poiché con maggiori o minori particolari se ne parla in tutte o quasi tutte le nostre povere cronache. Tolti non molti né molto estesi tratti, questa pianura avente, dirò con Giulio Savorgnan, “un pendente gravissimo dalle montagne al mare”, era una vasta estensione di terreni incolti, ghiaiosi, di magri pascoli e di campagne squallide interrotte da macchie di roveti, di boschi, di sterpaglie. La parte specialmente compresa fra il medio Tagliamento e la Torre, fiumi dal basso letto, solcata soltanto dal Corno e dal Cormor, corsi d’acqua torrentizi, essi pure d’alveo incassato, per l’aridità del terreno offriva un aspetto desolante.” *Battistella, Magnani* [1931]

Feruglio Domenico, Ionizzo Gino e Ferrari Lionello nella loro relazione “Progetto di bonifica della Bassa Pianura Friulana”, effettuano una descrizione del comprensorio prima di procedere alla descrizione della proposta degli interventi da realizzare. *Feruglio* [1926]

La Bassa Pianura Friulana viene suddivisa in tre zone:

- ☐ una zona superiore, caratterizzata dal fenomeno della risorgenza quasi totalmente impaludata (25.000 ettari);
- ☐ una zona intermedia dove si trovano prati prevalentemente asciutti ed aree boschive (23.000 ettari);
- ☐ una zona inferiore, costituita in larga parte da paludi (21.000 ettari di superficie).

Nella Figura 1.5.1 viene riportato lo schema di assetto territoriale della Bassa Pianura Friulana di Feruglio del 1924 che ci permetterà di comprendere meglio le diverse tipologie di depositi alluvionali.

Dopo aver suddiviso idealmente il territorio in esame, Feruglio descrive così la Bassa Pianura Friulana che si estende per una superficie di circa 700 km:

“Il territorio così delimitato costituisce una zona oltremodo interessante, non solo per la vasta area racchiusa ma anche per le peculiari e caratteristiche condizioni naturali, che l’opera dell’uomo non ha ancora, nel complesso profondamente modificate. Del tutto primitive appaiono di conseguenza nella maggior parte del comprensorio le forme di godimento e di sfruttamento agrario del terreno; la palude e l’acquitrino ne occupano pur ora e in punti diversi larghissime estensioni, nel mentre, specie nella bassa zona estrema, la malaria serpeggia in forma assai grave.” *Feruglio* [1926]

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

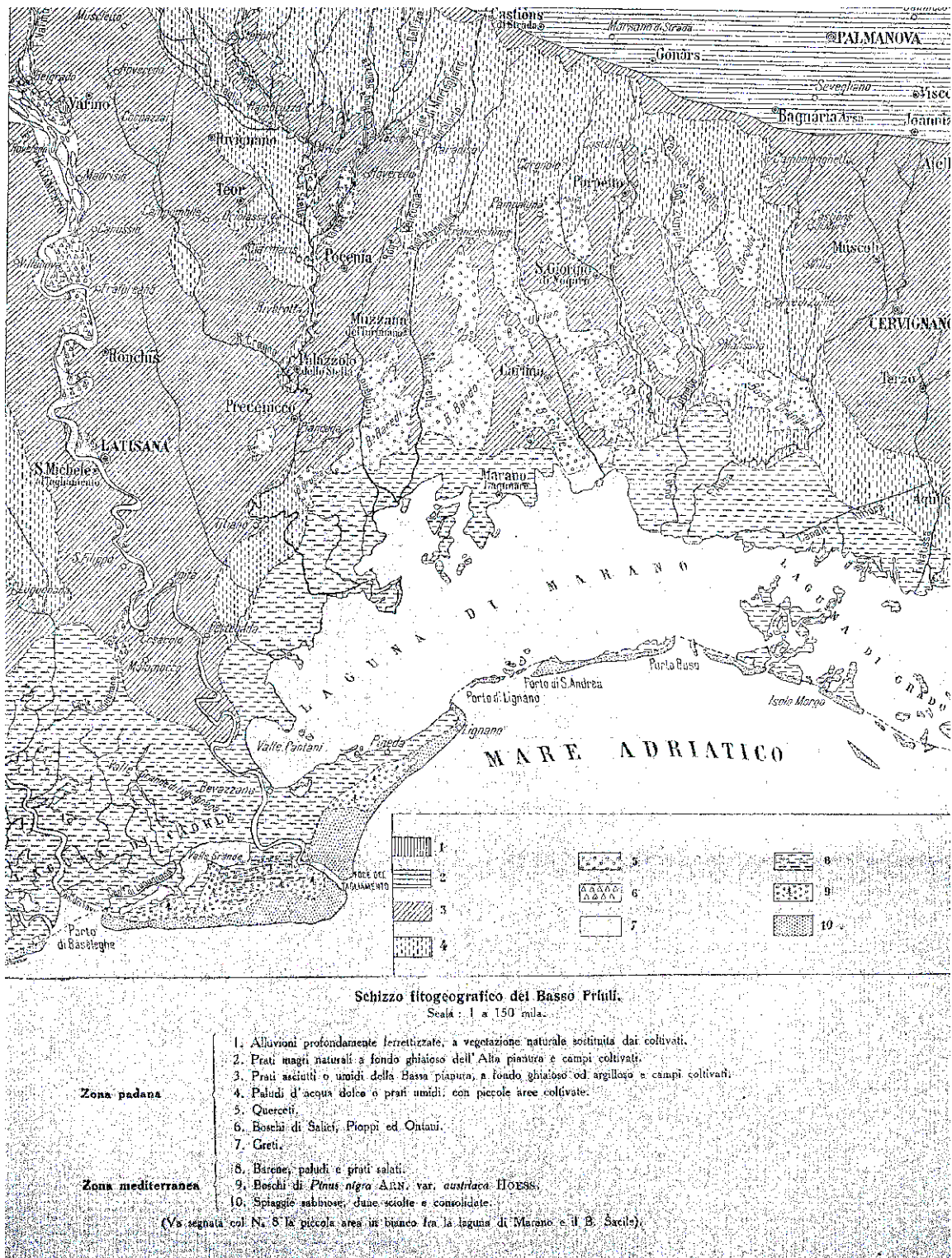


Figura 1.5.1: Schema di assetto territoriale della Bassa Pianura Friulana (tratta dal libro "Progetto di bonifica della Bassa Pianura Friulana", Feruglio D., 1926).

Dalle descrizioni sopraccitate, si evince dunque come uno dei problemi più gravi della Bassa Pianura Friulana fosse dato dal disordine idraulico causato dalle estese aree paludose e dalla scarsa regolamentazione di fiumi e torrenti.

In considerazione del fatto che la Bassa Pianura Friulana era costituita in prevalenza da zone paludose, si ritiene opportuno iniziare l'argomentazione dai primi lavori di bonifica eseguiti facendo un breve excursus sulla bonificazione dell'area. Questo ci permetterà di comprendere il motivo per cui i lavori di sistemazione idraulica dell'area in oggetto sono iniziati solo dagli anni '30.

I Romani furono i primi che dopo aver fondato la città di Aquileia nel 181 a.C., iniziarono a drenare le paludi disboscando l'area circostante. Nel secolo IV, in seguito ad una crisi politica, si verificò l'abbandono delle campagne e "le acque, complice il bradisismo negativo, rioccuparono le zone più basse. Si ricreò in tal modo un habitat adatto alla selva e alla malaria, che costrinse i patriarchi cristiani a trasferirsi dapprima a Cormons e poi a Cividale". *Ellero [1999]*

"Per molti secoli la fascia circumlagunare rimase coperta da una fitta selva, che periodicamente appare nei documenti feudali, interrotta da paludi e acquitrini, habitat di molta selvaggina e meta di rari cacciatori." *Ellero [1999]*

Riprendendo la riflessione dal 1500, possiamo notare che la politica che seguiva la Serenissima Repubblica Veneta era rivolta interamente alla salvaguardia della laguna. Nel 1505 istituì il Collegio supremo delle acque detto poi Magistrato delle acque. Il compito principale era il controllo dei corsi di tutti i fiumi anche se Tagliamento e Isonzo non vennero presi in considerazione perché le loro eventuali esondazioni non avrebbero arrecato danni a Venezia. Il Magistrato si interessò dunque dei fiumi Adige e Piave. Questo spiega il perché dei rari interventi di natura idraulica compiuti nella nostra regione. Certo è che la Repubblica Veneta utilizzò ampiamente i boschi del Friuli Venezia Giulia. Si garantì infatti tutto il legname pregiato necessario per il suo arsenale. *De Cillia [1990]*

La prima bonifica idraulica in Friuli avvenne nel 1558, ad opera di Cornelia Badoer, vedova Barbarico. Nel Comune di Ronchis a Faraforeano venne dunque realizzata la prima bonifica volta a costruire una roggia per la coltivazione del riso. *Foramitti [1990]*

Solo nel 1690 si realizzò la prima bonifica idraulica a Torviscosa presso Torre di Zuino ad opera di Antonio Savorgnan, già noto per il suo interessamento rivolto alla salvaguardia dei terreni e alla difesa dagli eventi di piena. *Foramitti [1990]*

A metà del '700 la preoccupazione maggiore in Italia settentrionale non deriva dalla malaria o dal paludismo ma dal regime disordinato dei fiumi causato in parte dalla distruzione indiscriminata dei boschi. *De Cillia [1990]*

Dal 1766 al 1790 Maria Teresa d'Asburgo avvierà la bonifica nella zona di Aquileia con canali drenanti.

Possiamo dire che sino all'unificazione d'Italia vi sia stata quasi la totale assenza di interventi di bonifica in Friuli.

"Il Friuli non ha mai avuto nella sua storia problema più appassionante ed importante". Con queste parole *Rusticus [1937]* descrive la questione delle bonifiche. La questione della bonifica in Friuli viene identificato come "antico e insoluto problema. [...]". Basti pensare che la grande Aquileia non tramontò per le spogliazioni e gli incendi dei barbari,

ma per la perniciosa insidia della malaria allignante nel suo agro fin dai primissimi secoli; basti pensare che anticamente tutto il basso Friuli dalla foce dell'Isonzo alla Laguna di Venezia, era spopolato per lo stesso motivo.” *Consorzio delle cooperative di produzione e lavoro del Friuli* [1928]

La bonifica in Friuli tardava ad arrivare e molto era il malcontento dei contadini. Alcuni intellettuali, come Antonio Zanon, Covassi Giacomo e Cortenovis, decisero di dedicarsi allo studio dell'agricoltura friulana proponendo diverse alternative.

Per avere la prima legge sulle bonifiche dobbiamo aspettare la Legge Baccarini 25 giugno 1882 n. 869. Questa legge condusse finalmente il problema della bonifica sul piano di carattere pubblico e di ordine sociale. Viene così affidata al governo la tutela e l'esecuzione delle opere di bonifica. L'art. 5 di questa legge divide le opere tra prima e seconda categoria facendo entrare nella prima tutte le opere aventi come fine il miglioramento sanitario ed agricolo. Le opere di prima categoria dovevano inoltre essere eseguite a spese dello Stato con il concorso di Comuni, Province e dei proprietari.

Le opere di seconda categoria dovevano invece essere sostenute per metà dallo Stato, per un ottavo dalla Provincia, per un ottavo dal Comune per un quarto dai proprietari dei terreni in questione.

Un'altra legge molto importante risulta essere il Testo Unico 30.12.1923. Viene introdotto il concetto di integralità della bonifica. L'attività di bonifica non viene più considerata come volta al prosciugamento delle paludi a scopo igienico ma viene vista nella sua accezione più ampia di sistemazione idraulico-agraria dei terreni.

Il Parlamento emanò poi una legge il 24 dicembre 1928 che andò a tracciare in modo chiaro e definitivo il disegno di bonifica integrale. Di rilevante importanza vi è il decreto 27 ottobre 1927 “grazie al quale l'area fu inclusa fra quelle soggette a trasformazione fondiaria per pubblico interesse”. *Ellero* [1999]

Ferrari e Tonizzo [1926] nella trattazione del tema della bonifica idraulica, all'interno della relazione del progetto di bonifica della bassa friulana, riportano un pensiero del Prof. Senatore Vittorio Sciabola che indica il nuovo modo di concepire la bonifica. Una bonifica che dal punto di vista igienico, agricolo, idraulico, un'opera onerosa ma di importante attuazione poiché i vantaggi ottenuti superano di gran lunga gli oneri:

“Un'opera può anche non rappresentare per se stessa un buon affare, non significare un reddito, ma se si tien conto di tutti i vantaggi diretti ed indiretti, il reddito diventa superiore ad ogni previsione, l'impresa diventa magnifica.” *Ellero* [1995]

Durante gli anni '20 si iniziarono a costituire i “Consorzi elementari” di primo grado: i Consorzi Agro-cervignanese, Aquileiese, Biancure, terzo e secondo recinto, Boscat, Famula e bacini contermini, Fraida, Lame di Precenico, Planais, Saline di Marano, Tiel-Mondina, Isola Morosini e la particolare Bonifica della Vittoria. Mentre si stavano creando i Consorzi sopraccitati, si verificarono avvenimenti che influenzarono notevolmente il piano generale.

Ecco che negli anni '20 si verificò in Friuli un dibattito sugli indirizzi da perseguire sulla bonifica e altre iniziative presero piede. Si schierarono da una parte la Società Anonima Grande Bonifica Friulana capeggiata dal Prof. Feruglio, dell'Ing. Tonizzo e dell'Ing. Ferrari, mentre dall'altra il Consorzio di bonifica della Bassa Friulana seguito dall'Ing. Del Pra Antonio.

Gli anni venti saranno anni molto importanti per la storia del torrente Cormor poiché è proprio in questo periodo che lo studio dei disordini idraulici diventa di primaria importanza.

Feruglio Tonizzo e Ferrari pubblicarono nel 1926 il “Progetto di Bonifica Bassa Friulana”. In questo testo espressero concetti molto importanti quali la necessità del prosciugamento dei terreni nella zona delle risorgive e nella zona media, l'importanza dell'irrigazione, delle vie di comunicazione, dell'acqua potabile e della difesa idraulica del fiume Corno e del torrente Cormor.

Ciò che diversifica le posizioni della Società Anonima da quelle del Consorzio di bonifica risiede nella convinzione di progettare e costruire un numero elevato di emuntori. Il Consorzio ritiene invece di dover mantenere la conservazione del sistema idrografico esistente.

Nel 1928 il Magistrato delle acque dichiara ammissibili le indicazioni date dal Consorzio di bonifica.

In seguito alla legge di bonifica promulgata dal Governo, il 21/11/1929 venne costituito il Consorzio di 2° grado e nominato come presidente Cesare Mori già prefetto in Sicilia.

Con la costituzione del sunnominato “Consorzio di 2° Grado per la trasformazione fondiaria della Bassa Friulana” si dà avvio concreto alla politica della bonifica integrale di cui il Friuli viene a sperimentare in certo qual modo moduli ed esiti operativi. Il Consorzio dovette confrontarsi subito con il gravoso problema del riordino delle proprietà. *Rusticus* [1937]

In Friuli infatti era predominante la “polverizzazione” delle proprietà. Questo non permetteva di coltivare “sufficienti derrate alimentari per il sostentamento della famiglia” che “non è in grado di risparmiare un po' di denaro onde formare il capitale necessario per l'attuazione delle opere private di bonifica”. *Rusticus* [1937]. Questo costringeva molti agricoltori ad emigrare. Accadeva comunque che anche dopo i lavori di bonifica idraulica effettuati in alcuni terreni, a spese dello Stato, i terreni non venivano coltivati in modo intensivo poiché non vi erano sufficienti lavoratori scegliendo così di indirizzarsi verso colture di tipo estensivo come quella del pioppo. Numerose sono state le critiche a riguardo poiché una coltura di questo tipo non poteva dare un aumento della rendita e “in un momento nel quale è necessario ritrarre con lo stesso i massimi vantaggi sociali” il privato può coltivare il pioppo “ma non a seguito di conquiste di terreno con il denaro della pubblica economia”. *Fabris Olinto* [1959].

Oltre quindi alle difficoltà derivanti dalla scelta di non perseguire una coltura di tipo intensivo, risultava difficile accordare tutti i proprietari “nella costituzione dei fossi di scolo destinati a collegare agli scoli consorziali proprietà diverse e lontane”. *Rusticus* [1937].

Questo era lo scenario che si presentava al Consorzio di 2° Grado per la trasformazione fondiaria della Bassa Friulana.

Venne avviato lo studio definitivo demandato a De Marchi e Soresi. Rispetto al progetto previsto da Feruglio, Tonizzo e Ferrari il nuovo progetto prevede un numero limitato di canali emungenti da studiare volta per volta.

Gaspari [2002] descrive in modo puntuale la situazione sociale ed economica della Bassa Friulana nel dopoguerra in Friuli dove erano presenti disoccupazione e miseria. Si cercò di creare un piano per combattere la disoccupazione e costringere il governo ad investire in opere pubbliche e in bonifiche tra cui anche la sistemazione del torrente Cormor.

Quest'opera molto costosa avrebbe occupato per anni gli operai. Si verificano le così dette lotte del Cormor nelle quali i braccianti cercarono di convincere il governo dell'indispensabilità di quell'azione. Questo fu un vero e proprio movimento sociale che però non produsse l'esito voluto. Molti braccianti furono infatti costretti ad abbandonare le proprie terre per cercare occupazione e fortuna all'estero.

“Dal 1939 si erano interrotte le opere di bonifica, praticamente da 10 anni i braccianti e i piccoli contadini potevano contare su pochi giorni al mese di lavoro. La gran parte dei braccianti stagionali lavoravano meno di 150 giornate all'anno, quei braccianti giovani o senza una famiglia da mantenere potevano solo contare sui lavori di facchinaggio occasionali, o sulle poche settimane del raccolto della canna alla Saici, la mietitura ecc. in tutto 100 -120 giornate all'anno”. *Gasperi* [2002]

Col passare degli anni i Consorzi di bonifica divennero sempre più parte attiva nella salvaguardia del territorio e molto dobbiamo alla loro costituzione e alla loro opera.

Dopo aver delineato lo scenario, sarà ora opportuno riprendere in modo puntuale la nostra argomentazione sul torrente Cormor, descrivendo il suo percorso originario e citando i lavori di sistemazione del torrente Cormor eseguiti.

1.6 La cassa di espansione di Sant'Andrat (1938-1956)

Dati i gravissimi danni che il torrente Cormor recava alla Bassa Pianura, nel 1903 l'Ufficio del Genio Civile di Udine chiese la classifica tra le opere di terza categoria per il corso inferiore del torrente Cormor.

La classifica venne poi disposta solo qualche anno più tardi con i Decreti del 10 gennaio 1907 e del 30 agosto 1912.

Solo dopo la disputa creatasi intorno agli anni venti precedentemente descritta, l'affidamento dell'incarico nel 1929 al Consorzio di bonifica Bassa Friulana e l'intervento da parte del Genio Civile nel 1936, vennero progettate le casse di espansione a Sant'Andrat.

Lasciando momentaneamente a parte alcuni aspetti tecnici, il Ministero dei Lavori Pubblici decise di spendere la costruzione di un bacino di espansione a Sant'Andrat della capienza di 800.000 m³. *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

Già negli anni del primo dopoguerra, così ci riferisce *De Piero* [1975], “iniziarono i primi studi tecnici per la sistemazione idraulica del torrente Cormor fatti dall'ex Consorzio di bonifica della Bassa Friulana (1929) e dall'Ufficio del Genio Civile poi (1936) il quale, seguendo le più recenti direttive ministeriali in materia, di contenere cioè in serbatoi costruiti a monte l'onda di piena, progettò nella zona di Sant'Andrat un serbatoio di capienza di 800.000 m³.”

Le Figure 1.6.1 e 1.6.2 illustrano la cassa di Sant'Andrat ai giorni nostri.

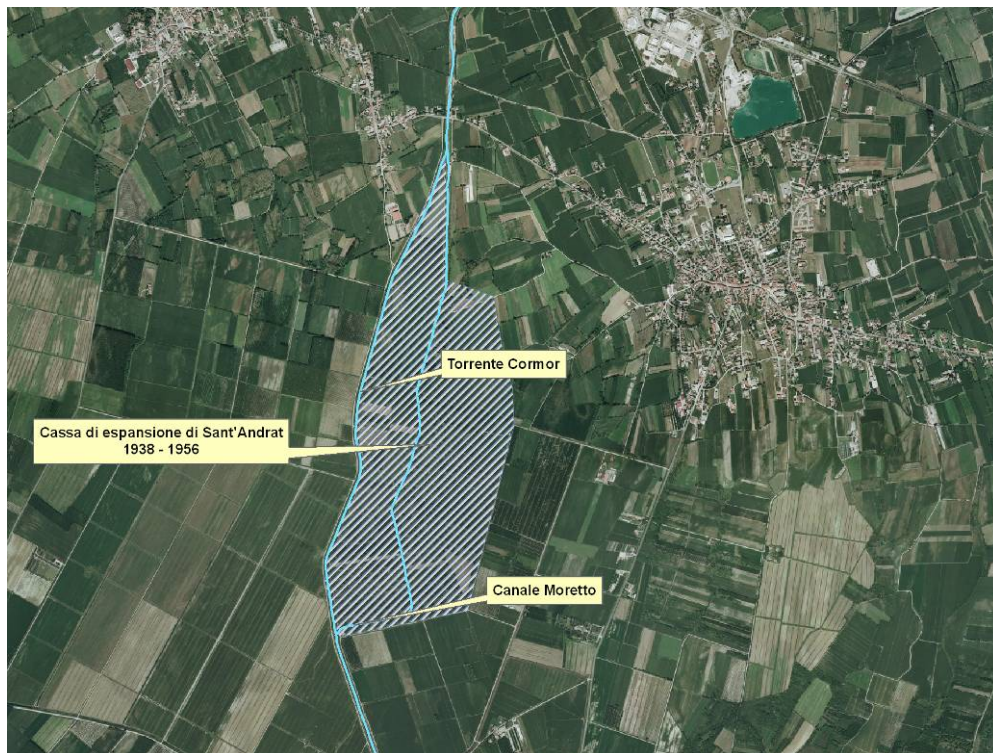


Figura 1.6.1: Schema di assetto territoriale della cassa di Sant'Andrat

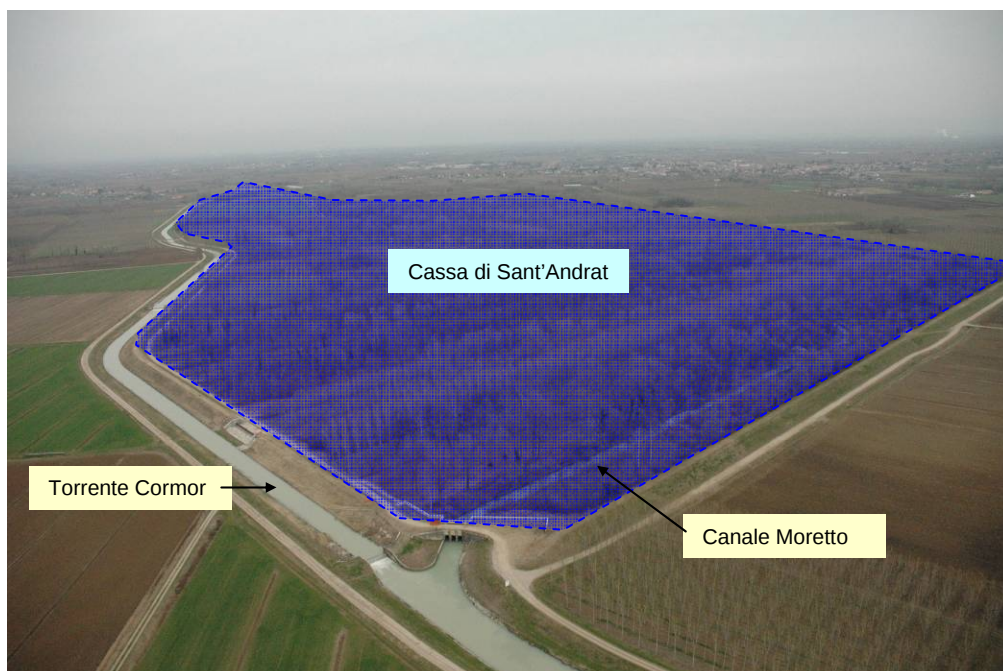


Figura 1.6.2: Foto aerea della cassa di Sant'Andrat

Tra il 1938 e il 1941, a valle del ponte di Sant'Andrat, viene iniziata la costruzione di un bacino di espansione avente quindi il compito di controllarne le piene. Il bacino di laminazione venne poi terminato nel 1956.

“Con questo nuovo sistema idraulico, le punte di massima piena previste in 100 m³/s, vengono automaticamente ripartite attraverso la bocca a battente e la soglia a stramazzo, tra la nuova asta del Cormor (30 m³/s) ed il bacino di espansione (70 m³/s), nel quale quest'ultima portata viene contenuta fino ad un invaso di 800.000 m³, (superficie 80 ha, ed altezza media di invaso un metro)”. *De Piero* [1975]

De Cillia [1993] nel suo libro “Mortean, Lavarán e Cjasielis”, parlando del torrente Cormor scrive: “Il Genio Civile con una strana interpretazione del concetto di *a monte*, aveva reputato di risolvere i problemi del Cormor costruendo un bacino di espansione nella zona di S. Andrat, trascurando la possibilità di utilizzare l'ampissimo alveo incassato del torrente nella parte alta del suo corso”.

1.7 La canalizzazione del torrente Cormor dalle risorgive alla laguna (1944-1963)

La canalizzazione del torrente Cormor sino in laguna, è stata oggetto di riflessione anche da parte degli autori del “Progetto di Bonifica della Bassa Friulana”. Riteniamo utile riportare le indicazioni che avevano dato gli autori Feruglio, Tonizzo e Ferrari nella loro relazione.

Ferrari et al. [1926] pensano di rimediare ai disagi che reca il torrente Cormor “che nel suo tronco superiore spaglia le sue acque sui terreni con grave pregiudizio di una vasta zona, prevedendo l'inalveazione di esso dal punto ove le acque cessano di essere contenute fino al mare. Si è scelta la Velicogna, la Cornariola e poi il Turgnano come corsi da regolare per ricevere questi contributi. Poco a valle di Mortegliano si sono previste casse di decantazione, guadagnando con salti di fondo la differenza di livello che non può essere assorbita con la pendenza del corso sistemato. Scendendo a valle, l'alveo approfondendosi nella falda freatica esercita anch'esso un potere di emungimento di cui si tien calcolo. La portata di piena del Cormor è stata desunta da una sezione del tronco inferiore in relazione alla sua pendenza, applicando la nota formula del Bazin e si è ottenuta una portata di 20,72 m³ prossima a quella calcolata dall'Ufficio del Genio Civile di Udine in un suo studio sulla sistemazione dell'ultimo tronco dell'alveo del Cormor”.

Nel 1930 venne poi presentato il piano generale di bonifica della Bassa Friulana dal Prof. De Marchi Giulio e dal Prof. Soresi Giuseppe che scrivono quanto segue:

“Per il Cormor sarà invece necessario provvedere ad una nuova inalveazione, da studiare con criterio di assicurare il più rapido recapito delle acque in laguna, secondo il più breve percorso compatibile con la situazione generale e con la necessità di sottopassare strade e ferrovie.” *De Marchi et al.* [1930]

Nelle direttive del piano generale della sistemazione idraulica, contenuto all'interno del piano generale di bonifica, viene specificato quanto segue:

“Differente è la sistemazione del Cormor perché l'alveo di esso, come dicemmo, cessa a sei chilometri circa dall'ingresso nel comprensorio, mentre le acque spagliano nelle latitanti paludi di Castions e specialmente di Mortegliano, contribuendo in grave

misura a mantenere le tristi condizioni della plaga circostante della tenuta di Paradiso [...] Qui ci basterà precisare che la soluzione del problema Cormor si riduce alla formazione di quell'alveo che al presente non esiste. "[...] il nuovo alveo dovrà essere commisurato alla portata massima del Cormor a S. Andrat, valutata a circa 20 m³/s e aumentata, mano a mano che si procede verso valle, dai successivi apporti delle zone latitanti che verranno portate a scaricare in esso, e contribuirà, così, in efficace misura al prosciugamento di vaste plaghe della Zona intermedia, a nord delle Saline di Marano, nella quale esso dovrà essere convenientemente approfondito, in modo da esercitare una opportuna azione di richiamo sulla rete dei colli [...]." *De Marchi et al.* [1930]

"Con lo scavo della nuova inalveazione del Cormor, destinata a funzionare sia come principale colatore della zona fra Stella e Corno di S. Giorgio, che oggi manca della necessaria rete di scolì, sia a dare scarico alle acque di piena del torrente non assorbite dalla pianura pedemorenica, l'assetto idrografico della parte centrale del comprensorio verrà ad assumere un aspetto affatto differente dall'attuale." *De Marchi et al.* [1930]

Il Consorzio di bonifica Stella, in occasione dell'inaugurazione dell'asta principale del sistema, avvenuta il 20 settembre 1955, redige un elaborato sulla sistemazione del torrente Cormor ed opere minori:

"Mancava fra i fiumi Stella e Corno, per l'intero territorio di S. Andrat alla laguna, un canale adeguato, capace di convogliare le acque superiori anzidette per le quali non potevano bastare i modesti alvei delle rogge esistenti e con esse le acque meteoriche e risorgenti nella zona, in buona parte impaludata ed in condizioni idrauliche infelicitissime." *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

"Nel quadro della bonifica della Bassa Pianura Friulana il problema della sistemazione del torrente Cormor s'imponeva e costituiva l'elemento fondamentale per la redenzione della parte centrale del comprensorio. *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

Anche *De Piero* [1975] ci riporta che nel 1947 il Ministero dell'Agricoltura riconobbe l'indispensabilità dei lavori di canalizzazione del torrente Cormor, ma lo Stato non diede adeguate assegnazioni per provvedere alla realizzazione dell'opera. Mussolini, durante la sua visita in Friuli nel 1938 dispose un finanziamento di 13 milioni e mezzo di lire per realizzare l'intervento ma questi fondi non poterono essere utilizzati per il sopraggiungere degli eventi bellici.

"Fu soltanto nel 1947, riconosciuto da parte del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste il carattere basilare dell'opera, la sua indispensabilità per il progresso della bonifica della Bassa Pianura Friulana e superata la questione di competenza, che finalmente l'opera classificata, definita ormai nei suoi principi informatori e grazie all'assunzione dell'onere da parte del detto Ministero, poté venire ripresa e condotta innanzi col sistema della concessione al Consorzio di bonifica Stella, direttamente interessato, in base ai progetti 25-7-1947 e 15-7-1950, a firma dell'Ing. Michele Lanari Direttore Tecnico del Consorzio coadiuvato dall'Ing. Luca Lucas". *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

"Il progetto prevede di attuare un sistema idraulico formato da un bacino di espansione, da un canale principale e da cinque canali trasversali, capace di convogliare le acque di sgrondo dei terreni superiori al comprensorio consorziale e le acque scolanti della parte del comprensorio consorziale attraversato, nonché di trasportare le acque da destinare a scopi irrigui." *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

“La portata di piena del torrente Cormor, valutata in punte massime di 100 m³/s, di breve durata, si ripartisce automaticamente, attraverso le bocche a battente e la soglia a stramazzo, fra il canale Cormor ed il bacino di espansione, fino ai massimi previsti di 30 m³/s nel Canale Cormor e di 70 m³ circa nel bacino di espansione, nel quale quest’ultima portata viene contenuta fino ad un invaso di 800.000 m³, corrispondente ad un flusso di 40 m³/s per una durata di sei ore, su un’area di 80 ettari con un’altezza media di un metro.” *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

Al termine della piena, l’afflusso attraverso il Canale scenderà. Aprendo poi una chiavica, si consentirà all’acqua presente nel bacino, di defluire raggiungendo così la portata di 30 m³/s.

Il canale principale che porterà l’acqua in laguna, “è stato calcolato aggiungendo alla precedente le portate necessarie per lo sgrondo dei terreni, calcolate adottando coefficienti udometrici variabili da 5 a 6 litri al secondo per ettaro, desunti dalle solite formule, con precipitazioni dell’ordine di 82-115 millimetri nelle 24 ore, tempo di corrivazione medio di 7 ore.” *Consorzio di bonifica Stella* [1955]

I lavori si estesero per 19 anni dal 1944 al 1963 e vennero realizzati in 22 stralci da parte del Consorzio di bonifica. *De Cillia* [1993]

1.8 La canalizzazione del Cormor da Mortegliano a Castions di Strada (1979-1982)

Uno degli ultimi lavori storici eseguiti sul torrente Cormor riguarda la canalizzazione del torrente nel comune di Mortegliano.

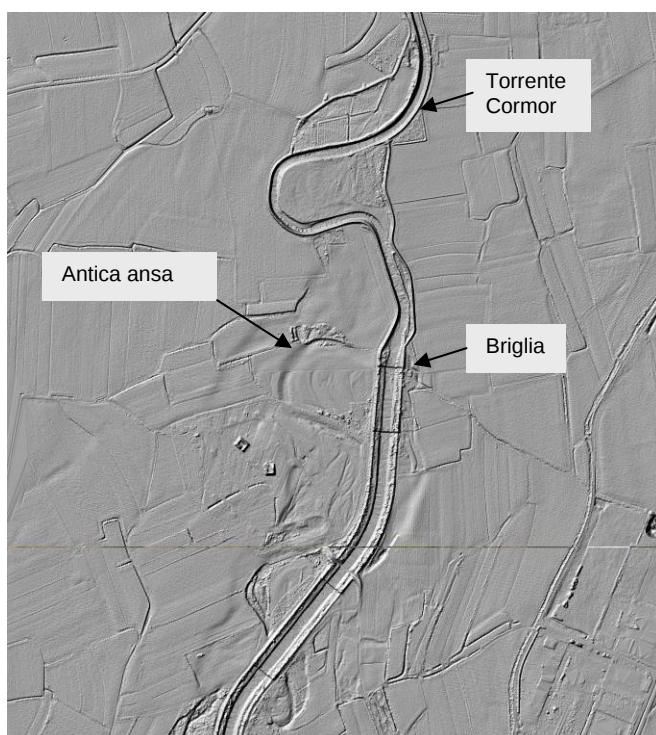


Figura 1.8.1: Immagine laserscan dell'alveo del torrente Cormor a nord di Mortegliano

Tra 1979 e il 1982 il Consorzio di bonifica Ledra-Tagliamento eseguì anche i lavori di ristrutturazione dell'alveo a monte delle risorgive su progetti dell'Ufficio del Genio Civile di Udine. *De Cillia* [1993]

La sistemazione dell'alveo del Cormor in questo tratto è stata realizzata attraverso la rettifica e la risagomatura dell'alveo naturale per una lunghezza di circa 7 km mediante un impianto di 20 briglie di sistemazione idraulica.

Un esempio di questa sistemazione è rappresentata nella Figura 1.8.1, ottenuta dal recente rilievo laserscan realizzato dall'Autorità di bacino regionale del Friuli Venezia Giulia per la modellazione idraulica del torrente Cormor. Dalla figura si può notare la successione dell'impianto di briglie, e anche, cosa particolarmente interessante per i riflessi idraulici che ha comportato la canalizzazione dell'alveo, le antiche anse del torrente Cormor che costituiranno la prima zona di spaglio del torrente medesimo.

1.9 Il torrente Cormor oggi

Nel 1899 Collini, dopo aver riportato nel suo testo "il torrente Cormor" tutte le vicissitudini, conclude "Il torrente Cormor non ha smesso i tentativi di altre insolenze [...] Però anche tenuto nei limitati confini, non ci risparmia guai il birichino colle sue, benché brevi, seccature". *Collini* [1889]

Ecco che, a parte il linguaggio tipico dell'epoca, questa frase potrebbe essere stata pronunciata poco tempo fa. Nonostante molti siano stati gli sforzi compiuti dalle popolazioni nel corso dei secoli, per la salvaguardia dei loro territori, il Cormor oggi si rivela ancora una minaccia che periodicamente può recare ingenti danni.

I lavori eseguiti nel passato non hanno dato gli esiti desiderati. Il maggiore problema è dato dal fatto che i diversi interventi sono stati eseguiti singolarmente senza avere una visione globale dei problemi del torrente. Nel momento in cui si verificava la necessità di intervenire per risolvere le difficoltà, i Comuni hanno agito cercando di risolvere il problema contingente, non curandosi delle conseguenze che le loro azioni avrebbero prodotto ai Comuni vicini. Questo si verificò ad esempio anche nel caso della deviazione del torrente Lurane da parte dei Comuni di Magnano, Billerio ed Artegna nel 1486.

L'alveo del torrente, non essendo mai stato considerato nella sua interezza, si trova quindi attualmente a dover sopperire ad un grave problema poiché la capacità delle portate diminuisce da monte a valle.

Un'altra considerazione che deve essere fatta, riguarda la crescente urbanizzazione del territorio verificatasi negli ultimi decenni. L'incremento delle aree costruite e pavimentate, ha provocato una conseguente diminuzione della capacità di infiltrazione dell'acqua piovana nel terreno e al contempo un maggior deflusso delle acque superficiali che confluiscono nel torrente Cormor. Tutto ciò comporta la crescente difficoltà da parte del torrente a smaltire le portate di piena ed è evidente che se si verificano problematiche inerenti alla capacità di deflusso delle acque a monte, queste si ripercuoteranno anche a valle.

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

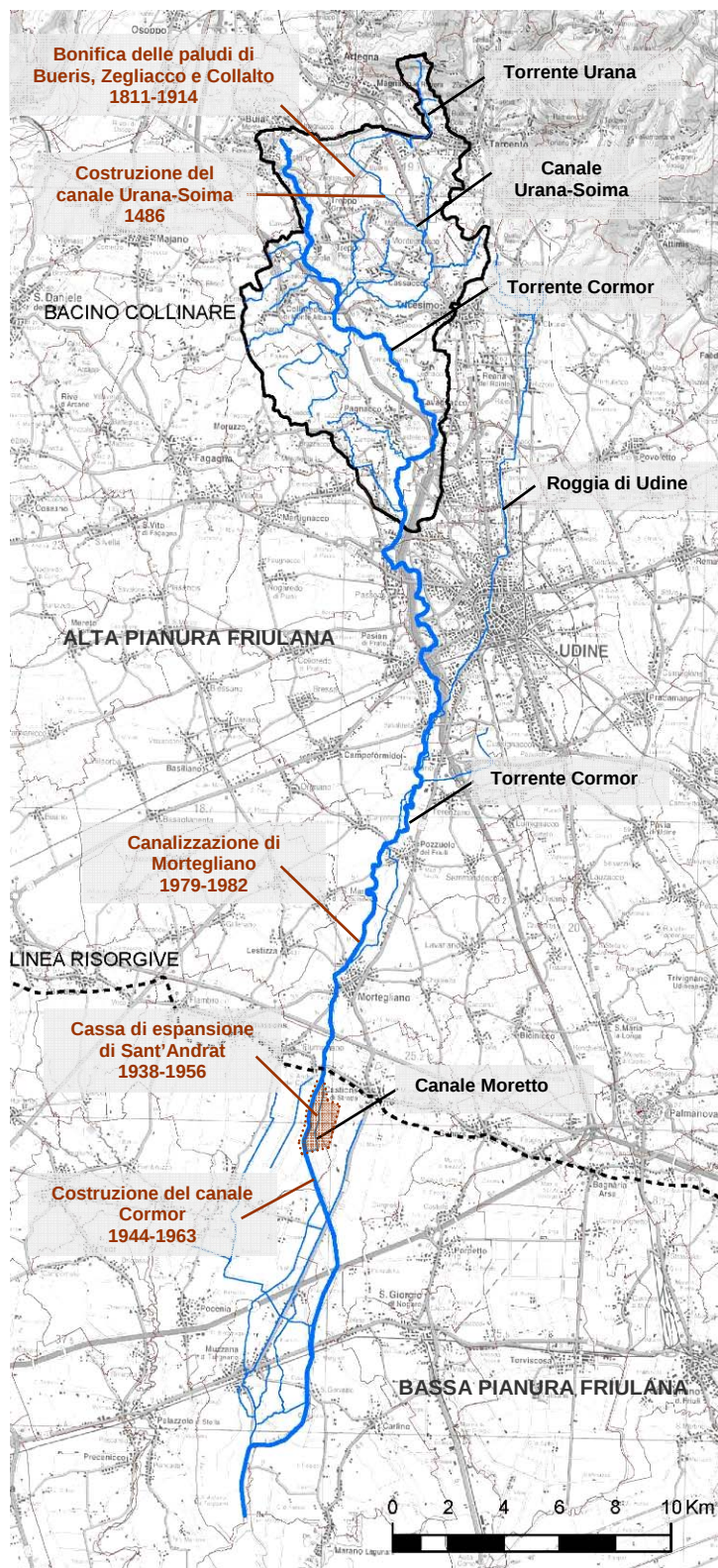


Figura 1.9.1: Storia idraulica del torrente Cormor

Al di sotto della linea delle risorgive a valle della cassa di espansione di Sant'Andrat, il torrente Cormor ha essenzialmente una funzione di trasporto delle acque sino in laguna. In questo percorso il torrente Cormor svolge una importante funzione di drenaggio e irrigazione dei territori della Bassa Pianura Friulana attraverso un sistema strutturato di canali di gronda e paratoie idrauliche.

Dopo la grande esondazione verificatasi nel 1998, sono stati avviati degli studi volti ad analizzare la situazione e a trovare le possibili soluzioni.

Pensando agli errori di sottovalutazione delle portate di piena del torrente Cormor come esposto in questo excursus storico, deve ritornare preminente, in questa fase di messa a punto di un piano sostenibile di difesa idraulica di tutto il bacino idrografico del torrente Cormor, l'attenzione nei confronti di una visione globale, che permetta di vedere e capire le dinamiche che riguardano il torrente dalla sorgente alla foce.

Avendo riguardo della lunga storia tra l'uomo e il Cormor rappresentata in questo capitolo, le scelte e le forzature che sono state fatte per la regimazione delle acque e il controllo delle piene del torrente Cormor, si ritiene opportuno riportare nella Figura 1.9.1 a livello di sintesi complessiva, i momenti evolutivi importanti della storia idraulica del torrente Cormor.

Le opere più importanti eseguite sul torrente Cormor si possono così riassumere (*Tagliaferri et al*, [1990]):

- ❑ cassa di espansione a Sant'Andrat e due ponti sulla ferrovia e sulla statale S.S. 14 realizzati tra 1940-41 e 1945-55
- ❑ opere di canalizzazione verso la laguna e delle canalizzazioni trasversali per km 23.500 realizzati tra il 1944 e 1963
- ❑ canalizzazione verso Mortegliano per un tratto di 7,2 km realizzata tra il 1979-1982.

Bibliografia:

- Biasutti G.*, 1914, "La sistemazione dei torrenti Urana e Soima e il conseguente prosciugamento delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto nel mandamento di Tarcento" – Le pratiche per l'esecuzione del lavoro – Consorzio Urana-Soima, Tipografia Moretti e Percotto, Udine
- Biasutti G.*, 1914, "La sistemazione dei torrenti Urana e Soima e il conseguente prosciugamento delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto nel mandamento di Tarcento" – La bonificazione delle paludi di Bueris – Consorzio Urana-Soima, Tipografia Moretti e Percotto, Udine
- Battistella A., Magnani V.*, 1931, "I precedenti storici del canale Ledra Tagliamento con brevi notizie dei primi cinquant'anni di vita consorziale", Tipografia G. B. Doretto, Udine
- Collini G.*, 1899, "Il torrente Cormor", Tipografia del Patronato, Udine
- Consorzio delle cooperative di produzione e lavoro del Friuli*, 1928, "La Redenzione della Bassa Friulana", le Panarie, ed. d'arte, Udine
- Consorzio di bonifica Stella*, 1955, "Sistemazione de torrente Cormor e rogge minori – in occasione dell'inaugurazione dell'asta principale del sistema – " Tip. G. Missio, Udine
- De Cillia A.*, 1990, "Bonifica e società in Friuli tra '800 e '900 – atti del convegno di studio", Accademia di Scienze Lettere ed Arti, Udine
- De Cillia A.*, 1993, "Mortean lavarian e cjasielis", Società filologica friulana Bergamini e Ellero, Udine

-
- De Cillia A.*, 2000, "I fiumi del Friuli Venezia Giulia, dalla Livenza al Timavo, dalla Carnia alle lagune. Prefazione di Raimondo Strassoldo", Gaspari editore, Centro Stampa Monfalcone
- De Gasperi G. B.*, 1914, "La sistemazione dei torrenti Urana e Soima e il conseguente prosciugamento delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto nel mandamento di Tarcento" – Note geologiche sul bacino morbosio di Bueris – Consorzio Urana-Soima, Tipografia Moretti e Percotto, Udine
- De Marchi G., Soresi G.*, 1930, "Progetto di massima per la trasformazione fondiaria del comprensorio", Consorzio di secondo grado per la trasformazione fondiaria della Bassa Friulana, stab. Lito-tipografico "La Presse", Milano
- De Piero G.*, 1975, "L'agricoltura della Bassa Pianura Friulana attraverso i tempi" edizione clape cultural furlane "hermes di colored", tipografia Luigi Chiandetti – Reana del Roiale, Udine
- Del Pra A.*, 1914, "La sistemazione dei torrenti Urana e Soima e il conseguente prosciugamento delle paludi di Bueris, Zegliacco e Collalto nel mandamento di Tarcento" – Descrizione dei lavori eseguiti per la sistemazione dei torrenti Urana e Soima – Consorzio Urana-Soima, Tipografia Moretti e Percotto, Udine
- Ellero G.*, 1979, "Storia di Campoformido Bressa e Basaldella del Cormor", Arti grafiche friulane, Udine
- Fabris O.*, 1959, "Le opere di bonifica nella regione Friuli Venezia Giulia", Tipografia Arti Grafiche Friulane, Udine
- Feruglio D.*, 1926, "Progetto di bonifica della Bassa Friulana" – Parte I : La Bassa Friulana - stabilimento tipografico friulano, Udine
- Feruglio D.*, 1926, "Progetto di bonifica della Bassa Friulana" – Parte II: Bonifica agraria - stabilimento tipografico friulano, Udine
- Ferrari L., Tonizzo G.*, 1926, "Progetto di bonifica della Bassa Friulana" – Parte III: Bonifica idraulica - stabilimento tipografico friulano, Udine
- Foramitti R.*, 1998 "Evoluzione dei fiumi e torrenti friulani la laguna" Atti dell' Accademia vol. LXXXI
- Frau G.*, 1978, "Dizionario toponomastico Friuli-Venezia Giulia", Istituto per l'Enciclopedia del Friuli Venezia Giulia, Udine
- Fondazione Benetton Studi Ricerche*, 2005, "Kriegskarte 1798-1805, il Ducato di Venezia nella carta di Anton von Zach", Grafiche V. Bernardi, Pieve di Soligo
- Gentilli R.*, 1975, "Un parco per Udine. Termini e motivi per un intervento unidilazionale nella valle del Cormor", La panarie n. 28, Tipografia Sociale, Udine
- Gaspari P.*, 2002, "Le lotte del Cormor, un garbato sciopero simbolico" Paolo Gaspari ed., Udine
- Girardi G.*, 1841, "La storia fisica del Friuli", ed. Pascatti Giacomo, San Vito al Tagliamento
- Lago L.*, 1989, "Theatrum Adriae dalle alpi all'adriatico nella cartografia del passato", ed. LINT, Trieste
- Martinis M.*, 2002, "Il torrente Cormor", ce fastu? rivista della società filologica friulana
- Mazzuccato G.*, 1809, "Notizie idraulico agrarie sopra alcuni torrenti del Friuli", Annali dell'agricoltura del Regno d'Italia, tipografia di Giovanni Silvestre, Milano
- Munini E.*, 1956, "Il Cormor corre e muore", gazzettino sera;5-6 giugno 1956
- Plinio G. S.*, 1983, "Storia naturale", Ristampa Einaudi edizione, Milano
- Rusticus*, 1937, "Un'opera senza precedenti, la trasformazione fondiaria della Bassa Friulana", Le Panarie n.25
- Tagliaferri et al*; 1990 "Bassa Friulana tre secoli di bonifica", Consorzio di bonifica Bassa Friulana, Udine
- Tirelli R.*, 2002, "Ipotesi e riscontri sulla presenza dei Celti e di altre popolazioni preromane nella Bassa Friulana", ed. La Bassa.
-

2

EVENTI ALLUVIONALI IN EPOCA STORICA

2.1 Descrizione delle esondazioni storiche del torrente Cormor

Il Cormor è “un corso d’acqua effimero che perde rapidamente la sua scarsa portata nell’alveo ghiaioso che si gonfia solo in occasione di pesanti piene ma la mano dell’uomo è intervenuta modificando la sua idrografia”. *De Cillia* [1993]

Il Comportamento e la pericolosità del Torrente Cormor, sono due fattori strettamente connessi alle precipitazioni. Infatti durante la maggior parte dell’anno l’alveo del torrente è pressoché asciutto.

In questo paragrafo, sulla base dell’analisi storica, vengono ricostruite le piene più importanti e disastrose del torrente Cormor avvenute nella storia utilizzando le testimonianze riportate da *Ciconi* [1855], *Collini* [1899], *Ellero* [1979] e articoli pubblicati dalla stampa locale.

Ciconi, nel testo “Sulle principali inondazioni friulane, notizie del dott. Giandomenico Ciconi” inizia le sue considerazioni dicendo: “Compreso da pietà e terrore per le tante sciagure causate nell’autunno del 1851 dall’acque disalveanti in buona parte d’Italia, e specialmente nel nostro Friuli, ho indagato ed esteso alcune notizie sui principali disastri di simil genere qui avvenuti; e vi ho aggiunto alcune considerazioni, le quali se non riusciranno ad additare il vero ed efficace rimedio, avranno almeno il merito di essere basate sui fatti.” Decise così di riportare “le inondazioni più rimarchevoli avvenute in Friuli, disposte secondo l’ordine de’ tempi” che verranno in seguito riportate.

Collini, come si è già affermato in precedenza, riporterà in un documento intitolato “Il torrente Cormor”, importanti vicissitudini del torrente tra il 24/05/1486 e il 23/03/1805. In queste pagine, scritte con minuziosità e precisione, vengono riportate, secondo ordine cronologico, le opere eseguite sul torrente e le alluvioni che provocarono ingenti danni alle popolazioni. Proprio per la scrupolosità con cui l’opuscolo venne scritto, possiamo considerare questo libretto come un’opera di grandissimo valore in quanto ci permette di avere una dettagliata cronistoria di questo torrente per un periodo di ben 4 secoli.

Ellero, autore contemporaneo, analizzerà gli scritti degli autori precedenti avanzando diverse considerazioni. Egli evidenzia ad esempio, come negli annali del Di Manzano, opera in cui sono registrate molte esondazioni del torrente Torre, non siano “segnalate alluvioni particolarmente disastrose per il torrente Cormor. Ciò dipende forse dalla minor portata del torrente Cormor e dalla profondità del suo letto all’altezza di Udine, cioè in corrispondenza di un centro che gode di particolare attenzione da parte dei cronisti e degli storici. E’ certo tuttavia, che a partire dal 1486 le piene del Cormor furono molto più abbondanti di quelle precedenti, e pericolose soprattutto per Basaldella, Terenzano,

Pozzuolo e Mortegliano.” Con questa affermazione, Ellero vuole porre in evidenza come la data del 1486 sia particolarmente importante per la storia del torrente Cormor in quanto il 24 maggio di quell'anno, i Comuni di Billerio, Magnano ed Artegna decisero di apportare delle modifiche al percorso del torrente Cormor.

Ma come sostiene l'autore, “Non sempre i progetti di modifica dell'ambiente naturale si dimostrano utili e rispettosi dell'equilibrio ecologico: qualche volta innescano vere e proprie crisi di rigetto da parte della cieca natura. Scelte sbagliate sono state prese anche nel caso del torrente Cormor”. *Ellero* [1979]

Nel 1486 i Comuni di Billerio Magnano e Artegna decisero di deviare le acque dell'Urana, chiamato Lurane dalle genti del luogo, nel bacino del Soima (in friulano Sfueime) già affluente del Cormor.

“Il torrente Lurana, che dal comune di Tarcento scorre per quelli di Billerio, Magnano ed Artegna, e poi si scarica nel fiume Ledra, avendosi colle ghiaie alzato il letto, durante le sue piene inonda le campagne dei detti paesi: perciò i rispettivi reggitori chiedono al Luogotenente Girolamo Contareno il permesso di deviare quell'acqua lungo la strada, che mena a Tricesimo, sino a che vi hanno rifatto il suo alveo”. *Collini* [1899]

“Così facendo questi Comuni riuscirono a difendersi da uno sfavorevole deflusso delle acque ma scaricarono sui Comuni a valle il costo delle difese e dei danni.” *Ellero* [1979].

Attualmente l'Unione Europea sta sviluppando numerosi programmi inerenti alle risorse idriche ed alla gestione dei rischi di inondazione. E' maturata da anni la consapevolezza del fatto che le esondazioni sono dei fenomeni naturali che non si possono impedire ma si è consci anche del fatto che l'uomo con i suoi interventi può anche peggiorare gli effetti delle piene stesse.

Nel campo delle acque la Comunità Europea ha emanato nel 20 ottobre 2000 un'importante direttiva nota come Direttiva quadro 2000/60 CE che ha introdotto il principio essenziale del coordinamento transfrontaliero all'interno dei bacini idrografici finalizzato a garantire una buona qualità di tutte le acque. Nello specifico settore delle acque sotterranee è stata elaborata una proposta di direttiva assunta già in forma definitiva sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento volta ad integrare le disposizioni già presenti nella direttiva quadro 2000/60 CE che si propone di stabilire misure specifiche di prevenzione e controllo dell'inquinamento dalle acque sotterranee partendo sempre dal presupposto dell'importanza di una visione unitaria e globale da parte dell'Unione Europea.

Anche nel settore dei rischi alluvionali, la Comunità Europea, ha elaborato documenti e direttive. Nel mese di luglio 2004, ad esempio, è stato definito un programma di azione concertato per la protezione delle piene riconoscendo così per la prima volta a livello di Unione Europea la necessità di collaborare, cooperare nella stesura dei piani di gestione dei bacini idrici. *Commissione delle Comunità europee* [COM (2004) 472 definitivo]

Nella proposta di direttiva del Parlamento europeo e del consiglio relativo alla valutazione e alla gestione delle alluvioni COM(2006) definitivo del 18/01/2006, viene ulteriormente espresso questo concetto: “Se si considera che in Europa la maggior parte dei bacini idrografici è condivisa da più Stati o Regioni, un intervento concertato a livello comunitario dovrebbe rappresentare un notevole valore aggiunto e migliorare il livello complessivo di protezione contro le alluvioni. Poiché questi fenomeni costituiscono un

potenziale rischio per la vita umana, i beni economici e l'ambiente, in mancanza di un intervento adeguato l'impegno che l'Europa ha assunto per realizzare uno sviluppo sostenibile potrebbe essere gravemente compromesso.” *Commissione delle Comunità europee* [COM(2006)15 definitivo]

In questa proposta di direttiva viene espresso un concetto molto importante: il principio di sussidiarietà. “Esso si applica nella misura in cui la proposta non rientra tra le competenze esclusive della Comunità. Gli Stati membri non possono realizzare in maniera sufficiente gli obiettivi della proposta per i motivi che seguono. I fiumi e i mari regionali non rimangono confinati entro i confini geo-politici attuali; al contrario, gran parte dei bacini idrografici e delle zone costiere è condivisa da vari paesi. In questa situazione, un approccio puramente nazionale alla gestione del rischio di alluvioni non è praticabile, né dal punto di vista tecnico né dal punto di vista economico. Se gli Stati membri intervenissero da soli, finirebbero per adottare strategie diverse e addirittura contrastanti, ritardando così la soluzione dei problemi legati al rischio di alluvioni e facendo inoltre un uso inadeguato di risorse limitate. La proposta istituirà un quadro comune per affrontare problematiche condivise e approcci comuni alla gestione del rischio di alluvioni. Una pianificazione e un intervento coordinati all'interno dei bacini e dei sottobacini idrografici saranno la chiave per tener adeguatamente in conto gli interessi di tutte le parti interessate anche per utilizzare al meglio le risorse.” *Commissione delle Comunità europee* [COM(2006)15 definitivo]

Molti sono gli errori che Regioni e Paesi hanno compiuto nel corso dei secoli nella prevenzione dalle piene e nella protezione dei centri abitati così come è stato fatto nel caso dell'immissione dell'Urana-Soima nel torrente Cormor.

La pericolosità delle esondazioni del torrente Cormor aumentò progressivamente soprattutto nell'area di Pozzuolo. Gli anni 1719, 1733, 1734, 1737 sono ricordati da Collini come momenti di forti esondazioni del torrente Cormor in particolar modo nei pressi di Pozzuolo.

“1719 - 12 dicembre. Il torrente Cormor ha rotto gli argini in Pozzuolo nelle tenute dei nobili Caratti e Treo”. *Collini* [1898]

“1733 - 1734 - 1737. Si hanno altre piene spaventevoli del Cormor e spese ingenti del Comune e dei privati pei necessari ripari.” *Collini* [1898]

Nel 1738 il Comune di Pozzuolo è costretto a chiedere sostegno finanziario al Doge di Venezia per costruire un'arginatura in grado di difenderli dalle piene del torrente dimostrando l'impossibilità a sostenere le spese per i ripari. L'ausilio viene concesso dal Doge Luigi Pisani il quale concede un contributo pari a 200 ducati ma al contempo viene chiesto agli abitanti di contribuire alla realizzazione delle difese con il loro lavoro, i loro carri ed animali assumendosi anche le spese per il legname e le pietre necessarie all'opera.

Nel 1740 il Comune di Pozzuolo chiede il permesso all'Arsenale di tagliare alcune piante di rovere per potersi difendere dalle piene del Cormor date le ingenti spese a cui sono stati sottoposti.

Nel 1743 il Comune di Pozzuolo chiede nuovamente l'intervento alla Serenissima Repubblica Veneta riuscendo a dimostrare “che le piene spaventevoli del Cormor sono causate dall'immissione abusiva di altre acque nel suo alveo, specialmente di quelle della

Lurana.” *Collini* [1989].

Solo il 24 giugno del 1744 venne effettuata un’ispezione lungo il Cormor da parte del nobile Sabbatini, del pubblico ingegnere perito Alessandro Rota e del cancelliere e si attestò “che le maggiori acque del torrente provengono dall’immissione abusiva di altre acque nel medesimo, e precipuamente di quelle della Lurana, che scorre presso l’ancona della Madonna del Giglio in Aprato, borgata di Tarcento; la quale prima avea il suo corso verso ponente e scaricatasi nel fiume Ledra. Ora invece unita alla Soima, scorre lungo la strada di Germania con impedimento ai viandanti; e, siccome qua e là il suo letto è in rialzo, così nelle piene allaga i paesi e le campagne circostanti. La deviazione è fatta già da circa mezzo secolo dal Comune di Magnano e da quello di Billerio.” *Collini* [1989]

Nonostante già a quel tempo si riuscì ad identificare questo grave problema, nulla si fece e le piene improvvise del torrente sono continuate nel corso dei secoli.

Il torrente Cormor continuava a distruggere gran parte delle campagne di Pozzuolo e sugli abitanti gravava il compito di provvedere continuamente alla riparazione dei danni subiti con molti sacrifici personali.

Nella storia viene ricordato il nome dei Signori Sabbatini di Pozzuolo, famiglia che si prese a cuore il proprio territorio decidendo di intervenire molte volte per riparare agli ingenti danni provocati dalle esondazioni del torrente. Questa facoltosa famiglia costruì a proprie spese “dighe (roste) in muratura, argini di terra ed imboscamenti con 1200 pioppi”. “In una mappa del perito Francesco Leonarduzzi, fatta il 18 gennaio 1760, risultano i lavori che seguono:

dighe: a sinistra del torrente, sopra la via detta Di Prato; presso questa via a riparo della braida di casa, a destra sopra le via di Carpeneto; sotto la via di Corte (detta diga di Santa Maria)

argini di terra: a sinistra lungo la braida di casa, che dalla diga sulla via di Prato va sino all’incanalamento della roggia; a destra fra le vie di Carpeneto e di Bicinicco; a sinistra sotto la biforcazione di queste vie (un altro argine a destra da sopra la via Varasclet, cui attraversa, fino alla sottostante via di Bertiole, fu fatto dai Comuni di S. Maria e di Lestizza dipendenti dai Savorgnan, a sinistra presso la via di Bertiole sino alla via di Corte;

pioppi: a sinistra lungo la braida di casa; dalla via di Carpeneto sino alla via di Bertiole, a destra, presso l’argine fatto dai detti Comuni; poi sotto la via di Bertiole, a riparo della campagna più bassa del letto del torrente; a sinistra sotto via di Corte; a destra sopra via di Corte; poi sotto la diga di Santa Maria; a sinistra sopra la via di S. Maria, a destra sotto la via di S. Martino, a destra, sotto la via dello Sterpon, lungo l’antico alveo del torrente dei Cormori.” *Collini* [1898]

La famiglia Sabbatini, con le sue opere di salvaguardia salvò i paesi di Pozzuolo, Santa Maria di Sclaunico, Lestizza, Talmassons, Chiasiellis, e le campagne di Carpeneto. Per la loro attenzione, la Serenissima Repubblica Veneta decise di risarcirli donando loro i terreni che avevano salvato con i loro interventi.

“E divengano essi Sabbatini proprietari anche di tutti gli altri pezzi di terreni, che più tardi venissero ad occupare per altre loro riparazioni sul Cormor.” *Collini* [1898]

Dopo aver delineato una delle maggiori cause delle esondazioni del torrente Cormor,

viene effettuato un elenco delle maggiori alluvioni che hanno colpito il Friuli e che hanno coinvolto in particolar modo il torrente Cormor.

Le esondazioni che colpiscono in generale i fiumi friulani riportate precedenti alla data del 1486 sono le seguenti: *Ciconi* [1855].

- ☐ 1321 - gravissimi allagamenti in tutto il Friuli
- ☐ 1400 - grandi innondazioni
- ☐ 1431 - straripamento in tutto il Friuli - dal 30/10 al 16/11
- ☐ 1450 - tutti i fiumi friulani si gonfiano in modo straordinario.

Non sono però elencati i fiumi interessati dalle piene ma si può supporre che queste esondazioni abbiano coinvolto anche il torrente Cormor.

Verranno riportate di seguito le date degli eventi di piena successive al 1486 che hanno interessato tutti i fiumi del Friuli: *Ciconi* [1855], *Collini* [1898].

- ☐ 1592 - straripamento di tutti i fiumi
- ☐ 1596 - straripamento di tutti i fiumi
- ☐ 1719 - esondazione del torrente Cormor - 12 dicembre
- ☐ 1733 - piene spaventevoli del torrente Cormor
- ☐ 1734 - esondazione del torrente Cormor
- ☐ 1737 - esondazione del torrente Cormor
- ☐ 1749 - esondazione del torrente Cormor a Pozzuolo - 26 giugno
- ☐ 1795 - esondazione del torrente Cormor a Mortegliano e Castions
- ☐ 1823 - tutti i fiumi del Friuli straripano
- ☐ 1851 - straripamenti - nell'autunno.

Di tutte le esondazioni storiche appena elencate non possediamo dati dettagliati in quanto al tempo non vi erano strumentazioni che potessero registrare le portate e le piene dei torrenti. Le informazioni a cui si è pervenuti con la ricerca storica, sono dovute ai pochi scrittori, studiosi e appassionati del tempo che hanno riportato nei loro testi annotazioni sugli eventi calamitosi del passato.

2.2 La piena storica del 19 e 20 settembre 1920

L'evento storico di piena di cui si hanno documentazioni maggiori è quello verificatosi il 19 e 20 settembre 1920. Di questo evento possiamo disporre di una dettagliata documentazione tecnica redatta nell'anno 1924 a cura dell'Ufficio idrografico del Regio Magistrato alle acque e di dati e informazioni provenienti anche dalla stampa locale con i quotidiani "La Patria del Friuli" ed il "Giornale di Udine".

Così venne riportata dalla cronaca locale l'alluvione del settembre 1920:

"La plaga prima delle altre colpita dalle inondazioni, e dalle notizie che finora se ne hanno, la maggiormente colpita, è stata la zona collinare e pre-collinare; poi la piena andò

spostandosi nella pianura, dove le acque ristagnarono fra Mortegliano e Codroipo; infine, col defluire verso il mare, le acque invasero e invadono la zona dalle risorgive alla spiaggia. Cosicché anche per l'estensione, questa è tra le più disastrose inondazioni che abbiano flagellato il Friuli." *La Patria del Friuli* [21 settembre 1920]

"La sera di domenica, verso le 20.00, si è rovesciato sulla zona dell'Alto Friuli, da Udine alla montagna, un tremendo nubifragio, del quale non si ricorda l'eguale. La zona colpita principalmente va da un dipresso dal M. Corno al M. Matajar comprendendo le vallate del Sella, del Tagliamento, del Torre, del Cornappo e del Natisone, e nel centro della zona quasi tutte le piaghe che alimentano il Cormor coi suoi piccoli affluenti." *Il giornale di Udine* [21 settembre 1920]

E' importante ricordare che il Cormor, salvo eccezioni, è sempre scarso d'acque: la conca fra le colline di Tricesimo, Colloredo di Montalbano e Villafredda sono il serbatoio naturale del torrente Cormor. *La Patria del Friuli* [22 settembre 1920]

Lo straripamento del torrente si deve principalmente alla breve percorrenza. Si è trovato nelle condizioni di dover smaltire velocemente l'acqua caduta nel suo bacino. Questa è la descrizione del torrente Cormor durante l'evento alluvionale riportata dalla stampa:

"[...] ma dove il fenomeno prese un aspetto, possiamo dire spaventoso, è nel bacino del Cormor. Questo torrente, che per la maggior parte dell'anno, è pressoché asciutto, con celerità incredibile portò un'enorme massa d'acqua impetuosa e gorgogliante, che invase le campagne più basse fino ai canali del Cormor e più innanzi Basaldella, Rugliano, Terenzano e Pozzuolo. Abbiamo potuto accompagnare l'On. Gasparotto, il presidente della Deputazione provinciale gr. uff. Spezotta e il comm. Cantarutti, che si recarono in automobile sui luoghi. Passato il gruppo di capanne di S. Osvaldo, dopo breve percorso siamo arrivati sulla strada di Basaldella, ai casali della roggia, limite dell'inondazione, alla sinistra del torrente. Lo spettacolo che si presentava era impressionante. Il piccolo e tranquillo Cormor era diventato un grosso fiume di acque limacciose, aveva una larghezza di centinaia di metri; Basaldella era praticamente allagata e la furia dell'elemento percuoteva principalmente la fabbrica della lavorazione dei legni, A. Volpe. Da lontano si vedeva gorgogliare l'acqua sul piano del ponte." *Il giornale di Udine* [21 settembre 1920]

"Sulla strada, e nella campagna, ai limiti dell'acqua, da per tutto, fin dove si poteva arrivare trovammo molta gente del paese, che aveva abbandonato le abitazioni, rifugiandosi nei campi vicini. [...] Abbiamo appreso che il ponte in pietra di Martignacco, era crollato e che a Zugliano l'acqua raggiungeva l'altezza di quasi due metri, che a Terenzano la fabbrica di Laterzi Tardone era stata allagata, con un danno che si faceva ascendere a 150 mila lire." *Il giornale di Udine* [21 settembre 1920]

"Le acque del Cormor trascinarono una grande quantità di materiale della specie più varia, fra cui si notano gran parte di masserizie e anche frammenti di mobilia. Ciò dimostra che la furia distruttrice della pianura friulana ha portato con sé la distruzione e lo spavento."

"Le due sponde fiorite di paesetti non abbiamo potuto ieri visitare, ma temiamo che parecchi di questi siano stati invasi dall'irruenza della corrente. Le notizie che ci sono giunte sono imprecise e vaghe specialmente se riguardanti i particolari. Ieri sera siamo venuti a conoscenza con certezza che oltre ai paesi di Basaldella, Zugliano e Pozzuolo,

anche Lestizza, S. Maria di Sclaunico, Mortegliano e Castions di Strada, sono allagati. // *giornale di Udine* [21 settembre 1920]

L'alluvione del settembre 1920 è il primo evento rilevato strumentalmente ed è documentato in modo dettagliato da una pubblicazione eseguita dall'Ufficio idrografico del Regio Magistrato delle acque a cura di. Feruglio E., Desio A., Crestani G. nel 1924.

Per dare un'idea più precisa dell'entità di questo fenomeno meteorico verranno riportati i dati registrati dal pluviometro a Povoletto collocato dal Magistrato delle acque (*La Patria del Friuli* [24 settembre 1920]):

- ☐ nella notte dal 19 al 20: 148 mm
- ☐ nelle 24 ore successive: 162 mm
- ☐ e fino al mattino del 22 altri 45 mm.

In tutto 355 mm.

Per comprendere esattamente la portata dell'alluvione del 1920 possiamo suddividere idealmente il Cormor in tre aree che si distinguono per la diversità di devastazione. *Feruglio* [1924]:

- ☐ scorre nell'anfiteatro morenico per la lunghezza di 12,7 km e raccoglie le acque del suo affluente più grande l'Urana Soima
- ☐ attraversa la pianura su letto ghiaioso
- ☐ esce dalle terrazze a Pozzuolo.

Le piene sono diverse in ognuna di queste parti: *Feruglio* [1924]

Tra Buia e Tavagnacco: "vasti allagamenti sul piano della sua valle, senza però recare gravi danni essendo il fondo della valle per gran parte incolto e inabitato";

Tra Vendoglio e la rotabile che unisce Ara a Colloredo, "le acque inondanti formavano uno specchio continuo e abbastanza profondo, allagando alcuni molini." Le conseguenze furono più gravi perché in questo tratto si riceve il contributo dell'Urana Soima. L'Urana ingrossata, fra borgo Urana e Madonna, fuoriusciva sulla sinistra dirigendosi verso la stazione di Tarcento. Da qui le acque passando a sud di Collalto rientravano nella Soima "la quale, a sua volta, soverchiata le sponde dell'alveo di magra, allagava il suo piano di piena infossato fra due basse terrazze". Un tratto della carrozzabile per Montegnacco viene distrutta ma il ponte sulla Soima resiste;

Gran parte del tratto *tra Tricesimo e Collalto* viene sommerso nelle acque che vi si concentravano scendendo dai colli morenici che sorgono sul lato orientale.

"Il Cormor, a valle della confluenza colla Soima, allagò il fondo della sua valletta fino allo sbocco del piano e poi, in quest'ultimo il suo letto maggiore. La fiumana, fonda, torbida, selvaggia, aveva così una larghezza in ogni punto superiore a un centinaio di metri e talora anche sino a due e a tre centinaia; mentre nelle piene ordinarie, contenute nel letto di magra, non ne supera 20-40 m. [...] Formatasi durante la notte, essa andò crescendo rapidamente di portata e di violenza nella mattinata del 20." *Feruglio* [1924]

Il ponte sul Cormor nei pressi di Passons crollò alle 7:40 a.m.: l'acqua si era raccolta uscendo dalle strette del cotonificio e si era insaccata erodendo le fondamenta dei paletti.

L'altro ponte sulla strada di S. Caterina (costruito da Napoleone) crollò alle ore 8:00 a.m.. *De Piero et al.* [1972]. L'acqua del Cormor aveva ricoperto tutta la coppa giungendo quasi al bordo del terrazzo su cui volge la strada per poi arrivare al ponte e strappare le sue pile. Oltre il ponte crollato le acque vanno verso le praterie di S. Caterina e verso Pasion di Prato.

“Il primo ponte, da noi visitato, fu quello presso Passons, sul Cormor, lungo la strada che conduce a Martignacco. [...] Ad un primo momento l'impeto delle acque del Cormor che era giunta fino a quasi al livello della strada, asportò con violenza il pilone centrale e di conseguenza una gran parte del ponte venne trascinato dalla corrente. Più tardi un nuovo crollo fece scomparire anche le spalle trascinando un tratto di strada verso Udine. Con questo secondo crollo furono asportati dalle acque i pali di sostegno delle linee telefoniche e telegrafiche. Il Cormor ha pure asportato il leggero ponte in ferro sulla linea tranviaria Udine San Daniele. Il torrente che ebbe sempre proporzioni modeste oggi ha assunto un aspetto terribile per la sua violenza e per la grande massa di volume della corrente che scorre lungo nel suo letto. Le due alte rive fra le quali era racchiuso il Cormor ora sono in moltissimi punti completamente coperte, dando al torrente l'aspetto di un vero e proprio fiume.” *Il giornale di Udine* [21 settembre 1920]

Feruglio et al. [1924] ci offrono dei dati molto importanti cercando di ricostruire lo svolgersi della piena. Le devastazioni più gravi del torrente Cormor iniziano al termine del primo tratto del suo corso nella pianura dove inizia a vedersi l'insediamento abitativo. La piena del Cormor ha presentato 2 massimi alla distanza di circa 24 ore uno dall'altro. “Il trabocco del torrente lungo il primo corso, ha quasi dovunque preceduto il primo colmo della piena”. Nella Tabella 2.2.1 viene riportato una prospetto estratto dal testo di *Feruglio et al.* [1924] “Le piogge e le piene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920” in cui sono riportati i nomi dei paesi colpiti dall'esondazione del torrente Cormor e l'ora di arrivo della piena.

Luogo	Ora	Giorno
Basaldella	7:00	20/09/1920
Zugliano	8:00	20/09/1920
Pozzuolo	9:00 – 9:30	20/09/1920
S. Maria di Sclaunico	11:00	20/09/1920
Lestizza	13:00	20/09/1920
Talmassons	17:00	20/09/1920
Flumignano	18:00	20/09/1920
Torsa	2:00 – 2:30	21/09/1920
Mulino Tellini	11:00	20/09/1920
Mulino Deganis	11:00	20/09/1920
Mortegliano	12:00	20/09/1920

Tabella 2.2.1:
Paesi colpiti dall'alluvione e ora
di arrivo della piena

Di seguito verrà riportata la Tabella 2.2.2 indicante la velocità di propagazione della portata di piena nelle località colpite dalle esondazioni del Cormor.

“La velocità effettiva delle acque dev'essere stata peraltro superiore ai valori suesposti, poiché la corrente in genere non ha seguito delle vie rettilinee sì bene dei tracciati più o meno tortuosi: qua e là inoltre essa è stata contenuta o rallentata dalle accidentalità artificiali del suolo. Comunque, si può affermare che la velocità è andata

decrescendo da monte a valle, in rapporto con la graduale diminuzione di pendenza della pianura e in parte a cagione dell'espandersi e dello disperdersi della massa acquee." *Feruglio et al.* [1924]

Località	Distanze	Velocità di propagazione
Tra Basaldella e Zugliano	km 1,0	3,00 km/ora
Tra Rugliano e Pozzuolo	km 3,2	3,40 km/ora
Tra Pozzuolo e S. Maria	km 3,2	1,85 km/ora
Tra S. Maria e Lestizza	km 3,2	1,15 km/ora
Tra Lestizza e Talmassons	km 3,2	0,85 km/ora
Tra Lestizza e Flumignano	km 3,2	0,72 km/ora
Tra Talmassons e Torsa	km 3,2	0,64 km/ora

Tabella 2.2.2:
Velocità di propagazione della
portata di piena nei Paesi
colpiti

Dalla cronaca locale e dal documento scritto da Feruglio et al. per il Magistrato delle acque nel 1924, possiamo avere dettagli sui diversi paesi colpiti da questo evento di piena che compariranno anche nella Figura 2.2.1 dove vengono illustrati chiaramente gli allagamenti dei paesi nelle giornate del 19 e 20 settembre 1920.

BASALDELLA DI CAMPOFORMIDO

Venne allagata quasi per intero. L'acqua entrò nelle case dalle 7:00 del mattino del 20/09/1920. Il colmo della piena si ebbe alle 11:00; dalle 15:00 alle 17:00 diminuì di un decimetro. Alle 21:00 "raggiunse un'altezza superiore di un dm al massimo precedente". *Feruglio et al.* [1924]. L'acqua iniziò poi ad abbassarsi a tal punto che alle 24:00 metà paese si ritrovò all'asciutto. Alla notte del 21 il paese tornò quasi all'asciutto e il giorno 23 anche il letto del torrente ritornò allo stato originario.

Si salvarono le case e la chiesa poste a ridosso della terrazza. Sulla destra della sponda del torrente, ove si trovavano le prime case, si raggiunse l'altezza di 2,2 m. Al massimo della piena l'altezza dal fondo del greto era di 5-7 m. Al centro del paese l'acqua raggiunse l'altezza di 1,5 m. La cartiera posta a monte di Basaldella si inondò sino al primo piano. Sulla sinistra l'acqua dilagò fino a Zugliano.

"Le acque del Cormor raggiunsero a Basaldella, nei punti più bassi, un'altezza da 2,30 a 3 metri e dilagarono fino a poche decine di metri dalla Chiesa che sorge sopra un piano alquanto rilevato. Poche erano le case in cui si potesse restare al pianterreno, per una buona metà ed anche per due terzi allagati". *Feruglio et al.* [1924]

ZUGLIANO

L'acqua arrivò alle 8:00 del mattino, toccando il massimo verso le ore 12.00 a.m.. L'altezza era di circa 1,5 metri sopra il piano della chiesa. Alle ore 8:00 del 21 il paese stava per tornare all'asciutto ma alle 12:00 il livello crebbe di nuovo. Il Cormor portò acqua fino al 24/09/1920. A sud l'acqua inondò un'ampia estensione di piano.

POZZUOLO

Il torrente Cormor traboccò verso le 9:30 del 20 settembre. "Il ponte di legno che varca il torrente fra Pozzuolo e Carpeneto, fu asportato: poco a monte di esso, l'acqua scavò nel proprio letto un gorgo profondo 5 m, a contorno subcircolare, con un diametro di

una decina di metri. In questo punto l'acqua pare abbia raggiunta un'altezza di 3 m." *Feruglio et al.* [1924]

Ebbe un livello stazionario sino alle 17:00. Dalle 17:00 in poi si abbassò ma il 21 settembre alle ore 11:00 crebbe di nuovo. Il colmo della piena si ebbe alle 12:00 del 20/09/1920. La fiumana tracimò a destra verso Carpeneto (Pozzuolo), poi verso S Maria di Sclaunico arrivando alle ore 11:00 del 20/09/1920 ove raggiunse un livello massimo di 1,20 m.

A sud di Pozzuolo tracimò davanti al molino Tellini (ore 11:00 del 20 settembre).

LESTIZZA

La fiumana raggiunse poi il paese di Lestizza alle ore 13:00 del 20/09/1920 allagandolo interamente e raggiungendo in piazza l'altezza di 1 m. L'acqua scomparve dal paese solo durante la notte tra il 21 e il 22 settembre.

All'uscita dal paese le acque si diressero sia verso Talmassons che verso Flumignano dove l'acqua arrivò alle ore 18:00 del 20 settembre con un'altezza massima di 60-70 cm.

TALMASSONS

Il Cormor venne ingrossato dalle acque disperse dalla Lavia che aveva straripato sopra Gallariano. L'acqua arrivò in paese alle ore 17:00 del 20/09 fino al 21/09 sera con un'altezza massima di 30 cm e defluì poi sulle strade per Ariis, Torsa e nelle paludi.

SANT'ANDRAT

L'acqua iniziò ad arrivare alle ore 8:00 del 20 settembre. Il paese venne allagato il giorno 20 alle ore 18:00. Solo tre giorni dopo il paese rimase a secco.

MORTEGLIANO

L'acqua del Cormor arrivò alle ore 12:00 del 20 settembre provenendo da Pozzuolo. A nord-est del paese l'acqua raggiunse l'altezza di 40 cm andando poi ad inondare Borgo Udine. In piazza vicino la chiesa, si ebbe un metro d'acqua. Solo alle ore 15:00 del giorno 22/09 l'acqua scese definitivamente.

"A sinistra, da Mortegliano in giù, non si ebbero più straripamenti, che le acque tracimavano tutte sulla destra. Da qui in giù il Cormor corre fra due argini poderosi, finché, dopo altri pochi chilometri di corso, termina quasi bruscamente nelle paludi a nord di Paradiso. In quest'ultimo tratto il torrente ha straripato sulla sinistra, spandendosi nelle paludi." *Feruglio et al.* [1924]

Anche il molino Deganis fu inondato alle ore 11:00 del 20/09 e rimase all'asciutto solo nella sera del 22/09.

CASTIONS DI STRADA

Alle ore 13:00 del 20 settembre, l'acqua arrivò al molino di sotto. Nelle campagne si ebbe un livello massimo di pochi decimetri.

TORSA

L'acqua giunse il 21/09 alle ore 2:30-3:00 Crebbe sino alle 10:30. L'altezza stava per aumentare ancora ma gli abitanti decisero di aprire un varco sulla strada per Paradiso. Le acque giunsero così a Pocenia dopo le 24:00 del 21/09 e poi a Palazzolo dove con il

fiume Stella fluirono in mare.

Per avere ora un quadro più dettagliato dell'esondazione del torrente Cormor nel mese di settembre 1920 viene riportata nella Figura 2.2.1 una planimetria tratta dal testo "Le piogge e le piene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920" redatto dal R. Magistrato alle acque. Questa cartina realizzata da Feruglio E. ed Desio A. rappresenta chiaramente i paesi colpiti durante l'esondazione del torrente Cormor.

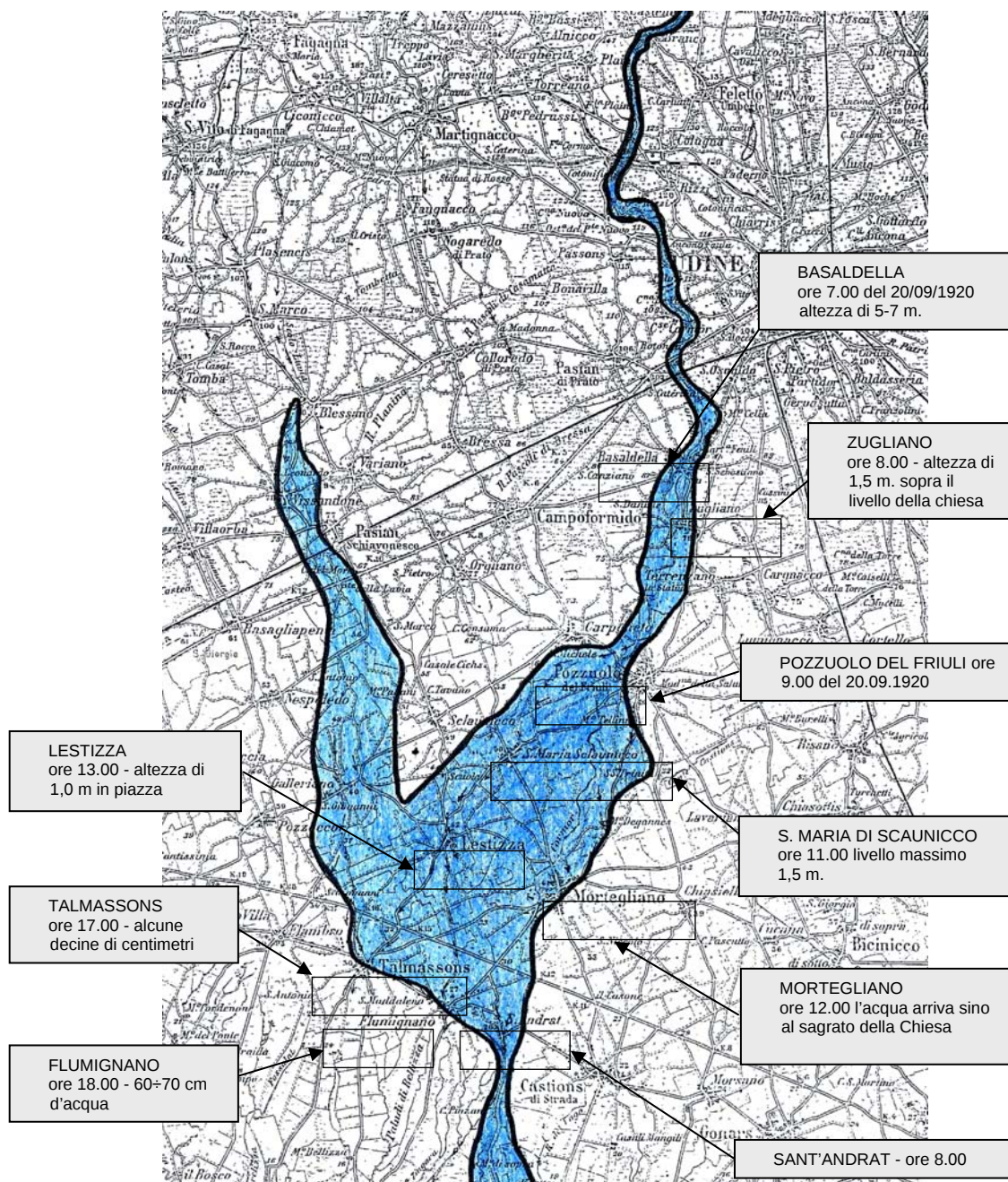


Figura 2.2.1: I territori colpiti dalla piena del torrente Cormor il 19 e 20 settembre 1920 e indicazioni inerenti all'ora di arrivo delle portate di piena

2.3 Tabella riassuntiva degli eventi di piena del Cormor nel passato e testimonianza dalla chiesetta dei Gris

Nella Tabella 2.3.1 sono riportate in ordine cronologico le piene storiche descritte a partire dall'anno 1321, anno ricordato per i gravissimi allagamenti che si riversarono sull'intera regione. Viene quindi riportato brevemente un elenco delle principali esondazioni con un particolare riguardo al torrente Cormor. L'elencazione si conclude con il disastroso evento del 19 e 20 settembre 1920 ricordato per gli ingenti danni provocati in tutto il Friuli Venezia Giulia.

Tabella 2.3.1: Cronistoria delle esondazioni del torrente Cormor dal 1321 al 1920

1321	Gravissimi allagamenti in tutto il Friuli
1400	Grandi inondazioni
1431	Straripamento di tutti i fiumi del Friuli. Dal 30 ottobre al 16 novembre piovve di continuo
1450	Tutte le correnti friulane si gonfiano straordinariamente
1592	Straripamento dei fiumi
1596	Tutti i fiumi disalveano
1719, 12 dicembre	Il torrente Cormor rompe gli argini a Pozzuolo
1733	Esondazione del torrente Cormor
1734	Esondazione del torrente Cormor
1737	Esondazione del torrente Cormor
1749, 26 giugno	Esondazione del torrente Cormor a Pozzuolo
1795	Esondazione del torrente Cormor a Mortegliano e Castions
1755	Esondazione Cormor causata dall'eliminazione di un'ansa del Torrente sopra Pozzuolo
1823	Tutti i fiumi e torrenti del Friuli straripano, apportando gravissimi danni
1837	Piogge dirompenti sulle alpi friulane, distruzione di tutti i ponti
1851, autunno	Fine ottobre e primi di novembre cadde sulle Alpi uno strabocchevole acquazzone. Il torre distrusse due dei tre archi dell'antico ponte in pietra a Tarcento. Straripato tra Rizzolo e Godia allagò le ville e le campagne della sponda destra in guisa che le sue acque trascorsero per Feletto sino nell'alveo del Torrente Cormor, e scendendo per Vat giunsero al nord della porta Gemona di Udine sino alla scarpa della strada circonvallante;
1920, 19-20 settembre	Gravi allagamenti in tutto il Friuli. Piena eccezionale del torrente Cormor. E' ricordata come una delle esondazioni più gravi che ha colpito il Friuli. E' stata la prima alluvione rilevata strumentalmente

Una preziosa testimonianza sulla piena del 19-20 settembre 1920 è stata resa nota da un articolo di Munini Ermes pubblicato nel Gazzettino sera il 5 e 6 giugno 1965. Dalla pubblicazione si è venuti a conoscenza della presenza di una chiesetta in località Branco, in comune di Pagnacco, al cui interno sono segnati i livelli raggiunti da due eccezionali esondazioni del torrente Cormor.

“Verso Branco, continuando il percorso del Cormor, c'è una cappella della Vergine, costruita dalla pietà della borgata vicina dei Gris. In un angolo della chiesa si può scorgere una piccola lapide che indica il livello raggiunto dalla piena del 1922.” In realtà la data riportata dalla targhetta risulta essere correttamente il 20 settembre 1920.

Nella Figura 2.3.1 tratta dalla Cartografia Tecnica Regionale, ai fini di una maggiore comprensione è stata evidenziata la chiesetta dei Gris.

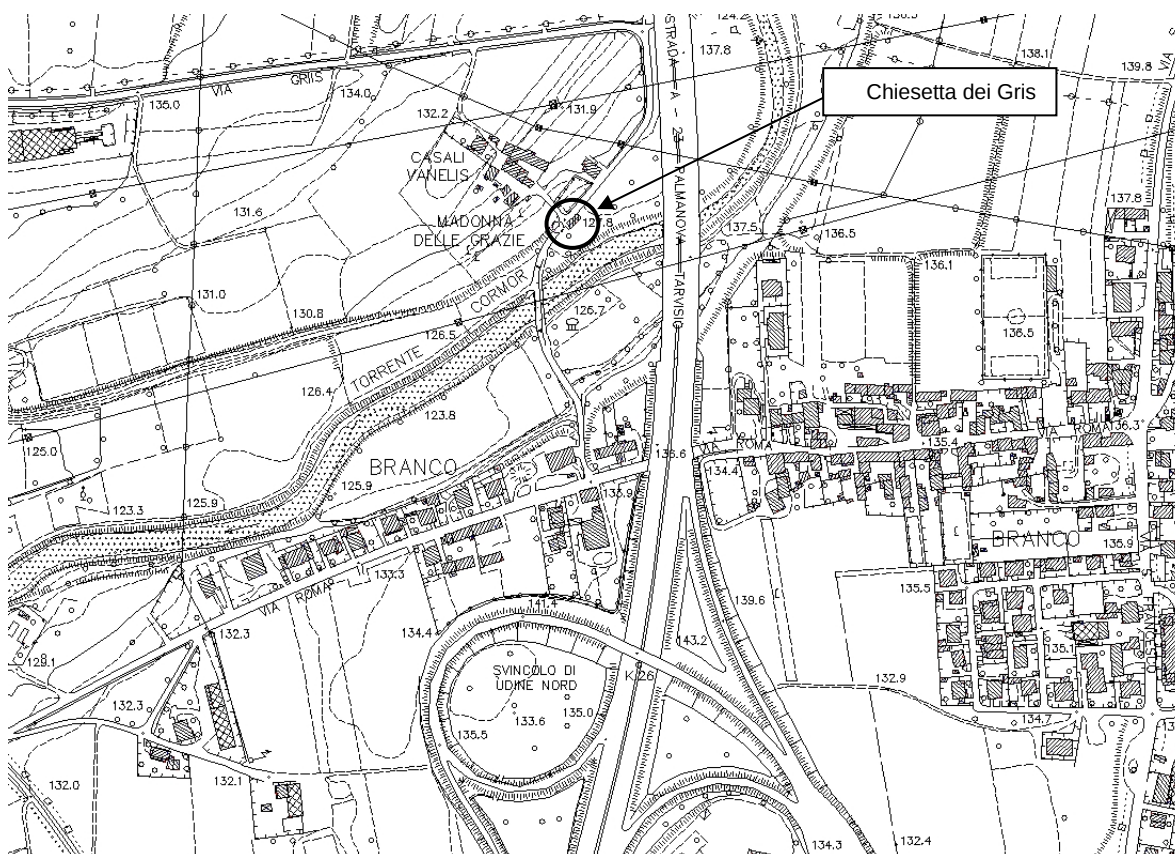


Figura 2.3.1: Planimetria tratta dalla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:25.000 con localizzazione della chiesetta dei Gris

Nelle Figure 2.3.2, 2.3.3 e 2.3.4 sono riportate rispettivamente un'immagine fotografica della chiesetta dei Gris, un'immagine dell'interno della chiesetta medesima con le lapidi indicanti il livello dell'acqua raggiunto e le targhetta in primo piano.



Figura 2.3.2: Chiesetta denominata “dei Gris” fondata presumibilmente verso la metà dell’800 da Comuzzi Domenico.

All'interno della chiesetta si possono vedere due targhette che indicano il livello raggiunto dalla disastrosa piena del 19 e 20 settembre 1920 e del 26 settembre 1991.



Figura 2.3.3: Immagine interna alla chiesetta dove sono state poste le targhette

Indicazione del livello raggiunto dalla piena nel 1920

Indicazione del livello raggiunto dalla piena nel 1991



Figura 2.3.4: Primo piano delle targhette

Bibliografia:

- Ciconi G., 1854 [dopo il], "Sulle principali inondazioni friulane - notizie dal dott. Giandomenico Ciconi", s.n, s.l.
- Collini G., 1899, "Il torrente Cormor", Tipografia del Patronato, Udine
- Commissione delle Comunità europee, COM(2004)472 definitivo, "Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni – Gestione dei rischi di inondazione – Prevenzione, protezione e mitigazione delle inondazioni"
- Commissione delle Comunità europee, COM(2006)15 definitivo, "Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla valutazione e alla gestione delle alluvioni"
- De Cillia A., 1993, "Mortean lavarian e cjasielis", Società filologica friulana Bergamini e Ellero, Udine
- De Piero G., Poggi G., 1972, "Collina e Alta Pianura Friulana: ambiente naturale e prospettive di sviluppo agricolo, sociale ed economico", Tip. Missio, Udine
- Ellero G., 1979, "Storia di Campoformido Bressa e Basaldella del Cormor", Arti grafiche friulane, Udine
- Feruglio E., Desio A., Crestani G., 1924 "Le piogge e le piene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920", Ufficio idrografico del Regio Magistrato delle Acque
- Il giornale di Udine, 21-24 settembre 1920
- La Patria del Friuli, 21-24 settembre 1920

3

EVENTI ALLUVIONALI STRUMENTALMENTE RILEVATI

Il presente capitolo riassume schematicamente i dati e le informazioni raccolti sulle calamità idrologiche verificatesi nel bacino collinare del torrente Cormor in epoca strumentale. Per epoca strumentale si intende il periodo in cui sono disponibili dati provenienti da misure di precipitazione (durata e intensità) e dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua effettuate con strumenti di tipo tradizionale (pluviografi, aste graduate) e di tipo moderno (stazioni pluviometriche e idrometriche in telemisura).

Per quanto riguarda il bacino del torrente Cormor, tale periodo si estende dal 1920 ad oggi e la raccolta dei dati viene fatta nei Bollettini mensili e negli Annali Idrologici a cura del Servizio Idrografico Regionale.

3.1 Dati tecnici dell'eccezionale evento di piena del 19-20 settembre 1920

Come già accennato al § 2.2, l'alluvione del settembre 1920 è il primo evento rilevato strumentalmente ed è documentato in modo dettagliato da una pubblicazione dell'Ufficio Idrografico del Regio Magistrato delle acque a cura di *Crestani G., Desio A. e Feruglio E.* nel 1924.

Oltre ad un'analisi particolareggiata del fenomeno meteorologico dal punto di vista della temperatura, della pressione e del vento, in questo testo vengono riportati i dati pluviometrici registrati relativi a tutta la Regione. Questo ha permesso di ricostruire la permanenza della perturbazione nella nostra Regione.

Crestani così commenta l'evento:

“L'ispezione delle tabelle ci mostra come i rovesci di pioggia intensi si siano scatenati nel Friuli in genere la sera del 19; dopo una breve interruzione essi hanno ripreso con maggiore violenza tra le 2.00 e le 4.00 del mattino del 20, ed hanno continuato nel giorno successivo 21 con un'interruzione verso mezzogiorno.

[...]

Il periodo è durato solo 4 giorni, 19-22, ma le precipitazioni in esso verificatesi sono notevoli per l'elevato valore del totale complessivo delle precipitazioni, e per l'elevata quantità sia giornaliera che oraria, come appare alle tab.III^a e IV^a, i cui massimi sono stati registrati per la prima volta dall'istituzione dell'Ufficio Idrografico (1908)”

Le tabelle III^a e IV^a sono riportate rispettivamente nelle Figure 3.1.1 e 3.1.2.

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

TAB. III.

Le più notevoli quantità di pioggia caduta in 24 ore

La tabella seguente raccoglie le intensità giornaliere di pioggia superiori ai 150 mm. Il massimo valore venne misurato a Tramonti di Sotto (Livenza) con mm. 432.

STAZIONE	Altezza di pioggia in mm.	STAZIONE	Altezza di pioggia in mm.	STAZIONE	Altezza di pioggia in mm.
Caporetto +	200	Spilimbergo +	150	S. Francesco +	200
Ciseriis +	278	Sacile +	151	Spilimbergo +	378
S. Francesco +	160	Tramonti di Sotto +	203	Poffabro +	247
Aviano +	169	Cavasso Nuovo +	275	Tramonti di Sotto +	152
Poffabro +	161	Maniago +	228	S. Quirino +	170
Piezzo +	257	Passo Predil +	168	Passo Predil +	159
Caporetto +	232	Piezzo +	184	Zovello di Ravasè +	154
Vedronza +	880	Vedronza +	860	Paularo +	150
Ciseriis +	812	Attimis +	172	Sutrio +	198
Attimis +	370	Povoletto	168	Tolmezzo	235
Montemaggiore +	175	Gorognavas +	240	Saletto di Chiusaforte +	175
Gorognavas +	260	Avosaceo +	230	Chiusaforte +	168
S. Wolfango +	161	Tolmezzo +	355	Ovedasso +	150
Tolmezzo +	161	Saletto di Chiusaforte +	230	Alesso +	191
Resia +	190	Chiusaforte +	230	Frasseneit +	314
Ovedasso +	170	Resia +	330	Poffabro +	175
Vencone +	185	Ovedasso +	216	Rio Stavalinus +	268
Alesso +	318	Venzone +	202	Tramonti di Sotto +	432
S. Daniele del Friuli +	401	Alesso +	200	Maniago +	180
Clauzetto +	220				

+ Stazioni fornite di pluviometro. * Stazioni fornite di pluviografo.

Figura 3.1.1: Pioggia massima in 24 ore durante l'evento del 19-20 settembre 1920

TAB. IV.

Le più notevoli quantità di pioggia caduta in un'ora (*)

Vengono date le intensità orarie di pioggia superiori ai 20 mm. Il massimo valore venne registrato a Piezzo (Isonzo) con mm. 80.

STAZIONE	ore		Quantità di pioggia caduta mm.	STAZIONE	ore		Quantità di pioggia caduta mm.
	dalle	alle			dalle	alle	
Piezzo	21.35	22.35	25.5	S. Daniele (*)	18.0	14.0	29.0
Venzone	19.0	20.0	36.0		14.0	15.0	35.0
S. Daniele	20.0	21.0	38.0		15.0	16.0	36.0
Belluno	20.45	21.45	58.3		16.45	17.45	24.4
Udine	18.15	19.15	31.0	Sacile	12.0	13.0	50.0
Piezzo	21.45	22.45	38.8		13.0	14.0	36.2
S. Lucia	8.20	9.20	21.5		8.30	9.30	24.7
Venzone	9.20	10.20	34.0		9.35	10.35	80.0
S. Daniele (*)	14.40	15.40	46.5	Venzone	7.0	8.0	37.7
	2.30	3.30	26.0	S. Daniele	5.0	6.0	20.5
	4.0	5.0	22.5	Possagno	21.45	22.45	20.7
	5.0	6.0	35.5	Piezzo	2.30	3.30	22.5
	6.0	7.0	34.0	Venzone	1.25	2.25	23.0
	7.0	8.0	22.0	Legnago	4.0	5.0	29.6
	11.0	12.0	33.0	Bosco Mantico	19.25	20.25	20.5
	12.0	13.0	33.0				

(*) Nel giorno 20, la massima intensità oraria venne registrata dalle ore 13.45 alle ore 14.45 con m/m 43.5.
 (*) I valori indicati nella tabella sono i massimi segnalati nella regione veneta dal 1908, dopo l'istituzione della rete pluviometrica dell'Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle acque; a questi si possono aggiungere i seguenti che sono tra i più notevoli segnalati a Udine lungo un secolo di osservazione (G. MARINELLI, La terra, I. vol. pag. 839 Milano 1888).
 Il 18 agosto 1846 si ebbero in un'ora non meno 94,7 m/m;
 Il 12 ottobre 1864 in ore 14.15 caddero 203 m/m;
 e a Tolmezzo l'11 ottobre 1875 se ne ebbero 165 in 24 ore.
 Ricordiamo che nella seconda decade del settembre 1882, nota per le grandi inondazioni nel bacino del Po, si sono avuti a Levo 668 mm. d'acqua; ad Ornavasso 516, 609 al Piccolo S. Bernardo, 358 a Verrato, A. Porcenne 476 mm. e 385 a Belluno (Vedi Marinelli Op. cit. pag. 880). Quantità d'acqua superiori a quelle misurate in Friuli nello scorso settembre caddero ancora in Italia.
 Così a Scopello (Piemonte) nell'ottobre 1875 caddero 1240.8 m/m di pioggia.
 Ad Osoppo, nel maggio 1873 se ne ebbero 909 m/m e nell'ottobre successivo 1756.3.
 A Melna, in Piemonte, il 4 ottobre 1873 caddero 330.3 m/m d'acqua e ad Osoppo dal 5 al 7 ottobre del medesimo anno, se ne ebbero 600 m/m (Vedi ROSTER - Climatologia dell'Italia, Torino 1909).
 Durante il nubifragio Valtellinese dell'agosto 1911, il giorno 21 caddero a Marchisio m/m 330 d'acqua, 923 ad Albino, 608 a Belluno, 750 a Gavirate.

Figura 3.1.2: Pioggia massima di un'ora durante l'evento del 19-20 settembre 1920

Per quanto riguarda le altezze idrometriche non vi sono dati ufficiali registrati, le uniche indicazioni si hanno dalle testimonianze relative ai livelli raggiunti nei centri abitati, come riportato nel precedente capitolo (§ 2.2).

Nella Tabella 3.1.1 sono riportati i valori di precipitazione oraria durante l'evento del 19-20 settembre 1920.

Tabella 3.1.1: Pioggia oraria durante l'evento del 19-20 settembre 1920

	Quantità orarie di pioggia [mm]																	
	19 sett. 1920						20 sett. 1920						21 sett. 1920					
	Udine	S. Daniele	Venezia	Plezzo	Sacile	Gorizia	Udine	S. Daniele	Venezia	Plezzo	Sacile	Gorizia	Udine	S. Daniele	Venezia	Plezzo	Sacile	Gorizia
0-1	-	-	-	-	-	-	11,0	9,8	0,2	13,0	-	-	-	0,1	5,0	13,5	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	11,0	2,7	24,0	11,0	-	-	0,3	-	2,5	4,5	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	0,6	1,0	13,0	5,0	-	0,1	19,5	1,3	11,4	-	5,7	9,0
3-4	-	-	-	-	-	-	0,4	2,0	20,0	10,0	4,8	0,1	1,0	7,7	7,5	8,0	-	0,4
4-5	0,1	-	-	-	-	-	3,0	22,5	20,0	8,0	-	0,1	-	0,3	7,0	10,5	0,2	-
5-6	-	4,2	1,2	1,9	-	-	0,2	35,5	10,0	19,0	1,6	0,5	-	20,5	18,0	3,0	-	-
6-7	-	-	-	0,5	-	-	-	34,0	10,0	12,0	6,8	-	-	2,0	15,0	1,8	0,1	-
7-8	-	-	1,0	-	-	-	-	22,0	9,0	13,5	3,1	-	0,2	3,9	37,7	1,2	3,2	-
8-9	-	0,8	19,0	2,3	-	-	15,0	14,0	14,4	17,5	1,0	-	-	0,1	11,3	10,5	-	-
9-10	-	1,1	1,2	0,1	-	-	15,0	5,0	1,6	38,0	0,6	-	-	-	4,0	43,0	-	-
10-11	-	0,4	3,0	-	-	-	17,0	5,0	-	14,0	-	-	-	-	-	57,5	-	-
11-12	-	-	2,8	-	-	-	0,3	33,0	-	9,7	4,4	-	-	3,5	-	20,5	-	-
12-13	-	-	10,0	-	-	-	0,1	33,0	-	4,3	50,0	-	-	-	15,5	2,5	-	-
13-14	-	-	-	0,5	-	-	-	29,0	-	11,5	36,2	-	-	-	2,3	-	-	-
14-15	-	-	-	-	-	-	0,5	35,0	-	3,5	1,8	-	-	-	-	-	-	-
15-16	-	-	-	0,7	-	-	0,2	36,0	-	18,0	10,8	-	-	-	0,2	0,1	-	-
16-17	-	-	1,0	0,2	-	-	16,0	18,0	-	4,0	9,5	-	-	-	-	3,6	-	-
17-18	-	0,2	2,0	0,2	-	-	15,0	20,5	-	14,5	7,5	-	-	-	1,0	0,2	-	-
18-19	-	3,8	5,0	2,3	-	-	12,0	6,0	3,8	10,0	8,0	0,8	-	-	3,2	0,1	-	-
19-20	1,4	7,5	36,0	5,4	0,3	-	11,0	5,8	1,0	4,5	2,0	1,2	-	-	4,3	0,2	0,3	-
20-21	-	13,0	38,0	2,3	-	-	4,1	8,5	6,0	3,4	4,6	11,1	-	-	9,5	1,6	2,2	-
21-22	20,0	50,0	10,0	13,0	-	-	-	15,2	4,0	2,2	-	1,4	-	6,0	27,0	0,4	0,8	-
22-23	15,0	11,0	12,0	20,0	-	0,8	-	0,2	17,0	7,9	-	-	-	2,4	50,0	0,2	7,9	-
23-24	19,0	6,5	4,4	8,5	-	-	-	7,9	7,0	2,5	-	-	-	-	14,0	1,3	0,1	-

3.2 Riferimenti pluviometrici degli eventi di piena nel periodo dal 1921 al 1990

Dal 1921 al 1986 i dati disponibili sono stati reperiti dagli Annali Idrologici e riguardano le altezze massime annuali di precipitazione relative alle durate di 3, 6, 12 e 24 ore, per le stazioni considerate nel presente piano. Per quanto riguarda le altezze idrometriche, non esiste in tale periodo alcuna strumentazione in grado di fornire informazioni. Indicazioni utili sono state inoltre estratte da alcune pubblicazioni, come riportato in seguito.

Anni 1965-1966

Nel 1965 e 1966 la Regione Friuli Venezia Giulia ed in particolare il bacino del fiume Tagliamento, sono stati colpiti da una serie di eventi meteorici di particolare intensità, come citato da *De Piero, Poggi* [1972]: "Giornate veramente tragiche specie per la Carnia

e per la Bassa Friulana dove le rotte del Tagliamento allagarono Latisana e paesi contermini nonché 15 mila ettari in zona di bonifica ai margini lagunari dove i terreni soggiacciono a livello del mare”.

Per quanto riguarda il bacino del torrente Cormor non esistono dati sui livelli idrometrici, mentre sono disponibili i valori dei massimi annuali di precipitazione delle stazioni riportate nelle Tabelle 3.2.1 e 3.2.2, relative rispettivamente all'anno 1965 e 1966.

Tabella 3.2.1: Massimi annuali relativi al 1965 per le stazioni disponibili in prossimità del bacino collinare

1965	3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
STAZIONE	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm
Udine	22 ago	106.0	22 ago	120.4	22 ago	168.8	22 ago	259.0
Gemona	23 ago	105.2	23 ago	126.2	1 set	134.6	1 set	275.2
Ciseriis	22 ago	47.8	22 ago	76.0	22 ago	121.8	22 ago	180.6

Tabella 3.2.2: Massimi annuali relativi al 1966 per le stazioni disponibili in prossimità del bacino collinare

1966	3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
STAZIONE	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm
Udine	3 nov	68.2	3 nov	94.0	3 nov	121.2	3 nov	150.6
Gemona	13 set	95.4	3 nov	106.8	3 nov	165.4	3 nov	262.2
San Daniele	3 nov	75.4	3 nov	101.2	3 nov	132.2	3 nov	214.6

Anno 1973

Da un articolo di *De Cillia* [1988], si riporta un estratto di particolare interesse in quanto relativo al torrente Tresemane e alla zona di Tavagnacco: "Adesso l'acqua piovana, non più trattenuta sul posto, scorre veloce verso valle, minacciando gli abitati (Tavagnacco ricorda certamente l'inondazione del 1973) e costringendo i Comuni a sovradimensionare le fognature urbane per accogliere anche le acque esterne”.

Nella Tabella 3.2.3 sono riportati i massimi valori di precipitazione dell'anno, non potendo comunque individuare la data di un evento in particolare.

Tabella 3.2.3: Massimi annuali relativi al 1973 per le stazioni disponibili in prossimità del bacino collinare

1973	3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
STAZIONE	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm
Udine	19 giu	30.0	6 giu	40.2	6 giu	62.4	6 giu	70.0
Gemona	3 giu	52.0	3 giu	55.2	9 apr	82.2	9 apr	122.2
San Daniele	17 lug	41.2	17 lug	44.6	21 giu	56.4	9 apr	70.8
Ciseriis	30 set	95.6	30 set	109.6	30 set	124.6	30 set	144.8

Nel febbraio 1987, in località Sant'Andrat del Cormor in Comune di Talmassons, viene installato, da parte del Consorzio di Bonifica della Bassa Friulana, un idrometro che registra in continuo le altezze idrometriche del torrente Cormor.

Per individuare gli eventi di piena più significativi negli ultimi decenni *Bonin* [2000] ha selezionato le registrazioni di tale idrometro considerando gli eventi con un'altezza idrometrica registrata superiore ad un metro, riportati in Tabella 3.2.4.

Evento di piena	Livello massimo a Sant'Andrat [m]
25-27 agosto 1987	1.14
22-25 ottobre 1987	1.10
26-27 settembre 1991	1.17
28 settembre – 2 ottobre 1991	1.17
14-19 ottobre 1996	1.04
16-21 novembre 1999	1.04
3-5 settembre 1998	1.22
11-14 settembre 1998	1.18
5-7 ottobre 1998	1.23
15-18 aprile 1999	1.02

Tabella 3.2.4:
Eventi di piena con livelli superiori a un metro all'idrometro di Sant'Andrat. *Bonin* [2000]

Nei paragrafi seguenti si riporta l'analisi dei dati tecnici disponibili per l'evento del 26 settembre 1991 e per gli eventi del 5-7 ottobre 1998 e del 31 ottobre 2004, presi a riferimento per la determinazione dell'onda di piena di progetto del presente Piano.

3.3 Dati tecnici dell'evento di piena del 29 settembre 1991

Nei giorni 26-27 settembre 1991 il bacino collinare del torrente Cormor è stato interessato da un evento meteorico di particolare intensità.

A suffragio dei dati tecnici di seguito riportati, esistono delle testimonianze che confermano la gravità dell'evento, quali ad esempio la targhetta commemorativa posta all'interno della Chiesetta dei Gris (vedi § 2.3) e lo studio di *Foramitti* [2001] che riporta: "Un preciso rilevamento è stato effettuato nell'anno 1991 nella zona di Basaldella. Dev'essere ricordato che, con eccezione per gli anni 1920, 1966, sino all'anno 1990 non si era lamentato alcun fenomeno esondativo a Basaldella".

Nella Tabella 3.3.1 sono riportati i massimi valori annuali di precipitazione delle stazioni disponibili in prossimità e all'interno del bacino collinare.

Tabella 3.3.1: Massimi annuali relativi al 1991 per le stazioni disponibili.

1991	3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
STAZIONE	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm
Udine	25 lug	42.4	25 lug	55.8	25 lug	58.8	25 lug	64.4
Gemona	26 set	68.2	26 set	76.6	26 set	105.8	26 set	111.4

Ciseriis	26 set	218.4	26 set	280.2	26 set	299	26 set	308.4
Moruzzo	26 set	94	26 set	169.4	26 set	175.6	26 set	182.8
Zompitta	3 giu	42.8	3 giu	62.6	3 giu	72	3 giu	93.2

Dalla Tabella 3.3.1 si osserva che per le stazioni di Gemona, Ciseriis e Moruzzo si sono registrati i massimi annuali proprio nella giornata del 26 settembre 1991, mentre per le altre stazioni tali valori si riferiscono ad altre date. Questo dimostra che l'evento è stato effettivamente eccezionale, visti i valori riportati, e che si è sviluppato secondo una direttrice sud ovest – nord est, concentrandosi nella zona a nord –nord est del bacino collinare.

Non si hanno a disposizione i dati relativi alle precipitazioni orarie necessari alla ricostruzione dell'evento.

I dati giornalieri riguardanti le misure di altezza idrometrica a Sant'Andrat, espressa in $[m]$, relative alle ore 6:00, 12:00, 18:00 e 24:00 nonché il valore massimo e minimo giornaliero sono riportati nella Tabella 3.3.2. *Bonin* [2000]

Tabella 3.3.2: Altezze idrometriche (m) registrate a Sant'Andrat durante la piena del 25-28 settembre 1991

GIORNO	ore 6:00	ore 12:00	ore 18:00	ore 24:00	massima giornaliera		minima giornaliera	
					ora	h	ora	h
25 settembre	0.02	0.02	0.08	0.04	14:00	0.09	6:00	0.02
26 settembre	0.02	0.19	0.30	0.66	24:00	0.66	6:00	0.02
27 settembre	1.15	0.93	0.42	0.20	8:00	1.17	2:00	0.20
28 settembre	0.06	0.00	0.00	0.00	1:00	0.16	2:00	0.00

3.4 Dati tecnici dell'evento di piena del 5-7 ottobre 1998

L'evento del 5-7 ottobre 1998 ha rappresentato l'evento più disastroso mai verificatosi dal 1920 ad oggi.

Nel suo studio, *Foramitti* [2001] riporta un estratto della relazione del perito Luciano Zanello, redatta per conto del Comune di Mortegliano, allo scopo di delimitare con precisione le aree allagate: *"Né dalla lettura delle carte né dalla memoria popolare si ha riscontro di un evento così vasto per la porzione di territorio interessato, per la durata e la quota raggiunta in alcuni punti dalla lama d'acqua."*

Fra gli eventi del settembre e quelli dell'ottobre scorso si è stimato un incremento della quota raggiunta dall'acqua pari al 50% nella zona industriale ai confini del territorio di Pozzuolo; la quota raggiunta è stata di 40/45 contro i 30/35 cm raggiunti in precedenza, ben superiori al limite riportato dalle indagini geologiche."

Inoltre il tempo di "rientro nella normalità" è stato notevolmente superiore nell'ultimo evento per il ridotto assorbimento dei terreni che avevano esaurito tale capacità già nelle prime ore del giorno 05 ottobre."

[...]

Se queste acque, incluse quelle provenienti dalle località "Comunali" e "Sbraidatis" del territorio comunale, sono state in qualche modo contenute, così non lo è stato per le acque fuoriuscite dalla riva sinistra del Cormor, che hanno allagato praticamente tutta la campagna compresa fra il torrente, la provinciale per Lavariano e i complessi industriali arroccati lungo la S.S. 353 (chiusa al traffico nell'intera giornata di mercoledì 07 ottobre) fra Mortegliano e Pozzuolo. In detta zona si sono registrati i maggiori danni a strutture e prodotti."

Riguardo ad altre aree interessate dall'esondazione, *Foramitti* [2001] fa riferimento alle indagini e agli studi eseguiti dal Consorzio Ledra-Tagliamento che forniscono dati precisi in merito alle zone di di Pozzuolo, Lestizza e Mortegliano. In particolare l'allagamento dell'abitato di Mortegliano è da imputarsi ai deflussi provenienti dalle campagne di Lestizza e S. Maria di Sclaunicco, mentre non sono state riscontrate esondazioni del tratto di torrente rivestito attraversante l'abitato del Capoluogo.

Nella Tabella 3.4.1 sono riportati i massimi valori annuali di precipitazione delle stazioni disponibili in prossimità e all'interno del bacino collinare.

Tabella 3.4.1: Massimi annuali relativi al 1998 per le stazioni disponibili.

1998	3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
STAZIONE	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm
Udine	6 ott	133.8	6 ott	159.4	6 ott	200.8	6 ott	253.0
Gemona *	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciseriis	5 set	106.6	5 set	140.2	11 set	161.0	11 set	184.4
Tavagnacco*	-	-	-	-	-	-	-	-
Artegna	5 set	100.0	5 set	138.4	11 set	151.2	11 set	199.0
Attimis	6 ott	122.8	6 ott	203.0	6 ott	221.8	6 ott	273.3

* strumento bloccato nell'evento 5-7 ottobre

Dalla Tabella 3.4.1 si osserva che per le stazioni di Udine e Attimis si sono registrati i massimi annuali proprio nella giornata del 6 ottobre 1998, mentre per le stazioni di Gemona e Tavagnacco, entrambe gestite dall'Ufficio Idrografico, non è stato possibile determinare tali valori in quanto lo strumento di misura risultava bloccato durante l'evento del 5-7 ottobre.

I dati giornalieri riguardanti le misure di altezza idrometrica, espresse in (m), relative alle ore 6.00, 12.00, 18.00 e 24.00 nonché il valore massimo e minimo giornaliero sono riportati nella Tabella 3.4.2. *Bonin* [2000].

Tabella 3.4.2: Altezze idrometriche registrate [m] a Sant'Andrat durante la piena del 5-7 ottobre 1998

GIORNO	ore 6.00	ore 12.00	ore 18.00	ore 24.00	massima giornaliera		minima giornaliera	
					ora	h	ora	h
4 ottobre	0.14	0.14	0.14	0.14	1.00	0.16	24.00	0.14
5 ottobre	0.15	0.15	0.16	0.18	24.00	0.18	6.00	0.14
6 ottobre	0.95	1.06	0.83	0.93	14.00	0.98	1.00	0.18
7 ottobre	1.17	1.16	1.20	1.16	16.00	1.23	1.00	0.96

8 ottobre	0.84	0.80	0.80	0.45	1.00	1.16	24.00	0.45
9 ottobre	0.32	0.26	0.22	0.20	1.00	0.42	24.00	0.20
10 ottobre	0.19	0.17	0.16	0.15	1.00	0.20	24.00	0.15

Per quanto riguarda i dati orari delle precipitazioni durante l'evento, sono disponibili quelli relativi alle stazioni riportate nella Tabella 5.5.1 del § 5.5.

3.5 Dati tecnici dell'evento di piena del 31 ottobre 2004

Dal punto di vista dell'intensità della precipitazione, l'evento del 31 ottobre 2004 risulta piuttosto intenso, tuttavia le conseguenze sul bacino sono state poco rilevanti. In particolare tale evento è paragonabile al primo picco dell'evento del 1998 descritto al § 3.4. Quest'analogia consente un interessante confronto tra le differenti reazioni del bacino collinare in funzione del diverso grado di umidità del terreno nei giorni precedenti l'evento, come riportato nel § 6.7.

La disponibilità dei massimi valori annuali di precipitazione si ferma al 2003, come illustrato al § 5.1.

Nel 2003 è stato installato, sul ponte che collega Plaino a Colugna in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino collinare, ad opera dell'Ufficio Idrografico di Udine, un idrometro ad ultrasuoni che trasmette le altezze idrometriche in telemisura. Non esiste tuttavia una scala delle portate in detta sezione.

Nella Tabella 3.5.1 sono riportate le misure di altezza idrometrica, espressa in [cm].

Per quanto riguarda i dati orari delle precipitazioni durante l'evento, sono disponibili quelli relativi alle stazioni riportate nella Tabella 5.6.1 del § 5.6.

Tabella 3.5.1: Altezze idrometriche registrate [m] alla stazione di chiusura di Colugna durante l'evento del 31 ottobre 2004

data	h [cm]	data	h [cm]	data	h [cm]	data	h [cm]
29/10/04 4.00	14	29/10/2004 21.00	39	30/10/2004 14.00	46	31/10/2004 7.00	34
29/10/04 5.00	14	29/10/2004 22.00	53	30/10/2004 15.00	44	31/10/2004 8.00	68
29/10/04 6.00	14	29/10/2004 23.00	58	30/10/2004 16.00	42	31/10/2004 9.00	109
29/10/04 7.00	14	30/10/2004 0.00	72	30/10/2004 17.00	40	31/10/2004 10.00	159
29/10/04 8.00	14	30/10/2004 1.00	86	30/10/2004 18.00	39	31/10/2004 11.00	180
29/10/04 9.00	15	30/10/2004 2.00	83	30/10/2004 19.00	37	31/10/2004 12.00	188
29/10/04 10.00	16	30/10/2004 3.00	78	30/10/2004 20.00	36	31/10/2004 13.00	192
29/10/04 11.00	18	30/10/2004 4.00	75	30/10/2004 21.00	35	31/10/2004 14.00	221
29/10/04 12.00	22	30/10/2004 5.00	80	30/10/2004 22.00	33	31/10/2004 15.00	218
29/10/04 13.00	28	30/10/2004 6.00	85	30/10/2004 23.00	33	31/10/2004 16.00	220
29/10/04 14.00	30	30/10/2004 7.00	79	31/10/2004 0.00	30	31/10/2004 17.00	238
29/10/04 15.00	30	30/10/2004 8.00	72	31/10/2004 1.00	31	31/10/2004 18.00	231
29/10/04 16.00	29	30/10/2004 9.00	66	31/10/2004 2.00	29	31/10/2004 19.00	209
29/10/04 17.00	29	30/10/2004 10.00	61	31/10/2004 3.00	29	31/10/2004 20.00	186
29/10/04 18.00	30	30/10/2004 11.00	56	31/10/2004 4.00	28	31/10/2004 21.00	158
29/10/04 19.00	36	30/10/2004 12.00	52	31/10/2004 5.00	26	31/10/2004 22.00	137
29/10/04 20.00	37	30/10/2004 13.00	49	31/10/2004 6.00	27	31/10/2004 23.00	120

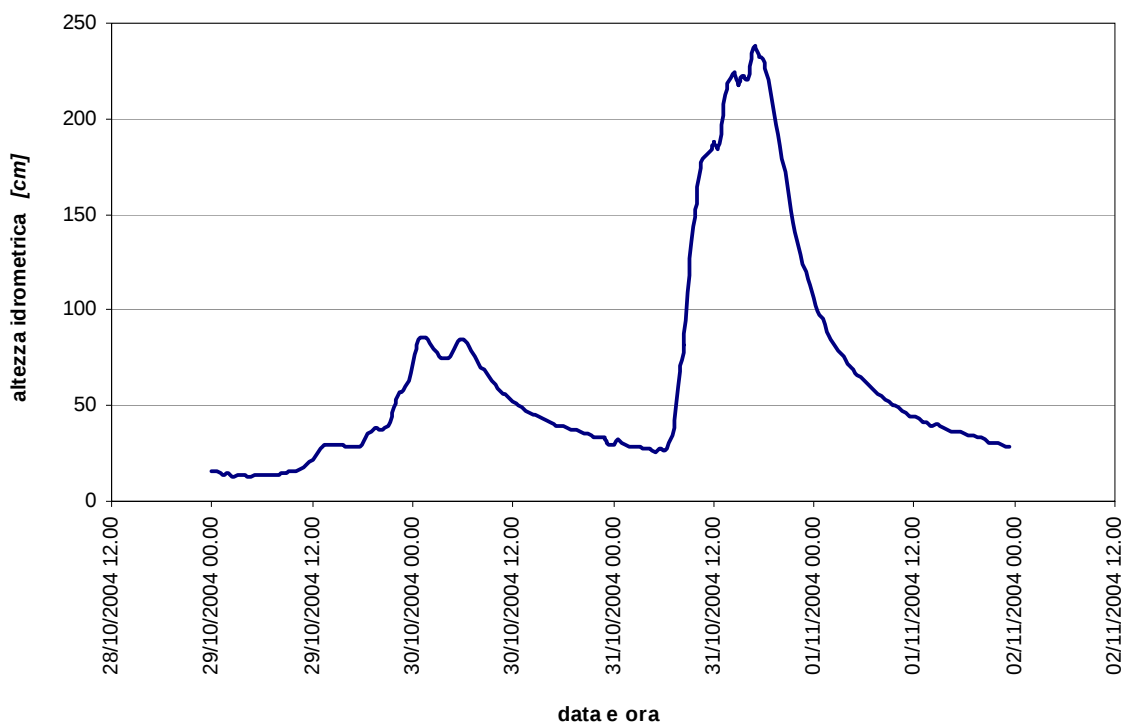


Figura 3.5.1: Andamento delle altezze idrometriche alla sezione di chiusura di Colugna nell'evento del 31 ottobre 2004

3.6 Importanza dei sistemi di monitoraggio per il controllo delle piene

Da quanto descritto nel presente capitolo, la disponibilità di dati relativi agli eventi idrometeorologici verificatisi nel bacino del torrente Cormor risulta essere piuttosto scarsa. Si osserva come fino all'evento disastroso del 5-7 ottobre 1998 le stazioni pluviometriche presenti nel bacino erano poche e dotate di pluviometri e pluviografi che molto spesso, in eventi estremi, non hanno consentito la lettura dei dati. A questo si unisce, almeno fino a questa data, la mancanza di dati idrometrici del bacino collinare del torrente Cormor che non consente la costruzione di una scala delle portate e quindi la verifica oggettiva della ricostruzione sintetica degli eventi di piena.

A seguito del disastroso evento del 1998 è aumentata la sensibilità riguardo la necessità di adottare un più efficace sistema di controllo e monitoraggio delle piene. A tal fine, a partire dal 1998, è stato avviato un programma di rafforzamento della rete di rilevamento attraverso l'installazione di nuove stazioni pluviometriche in telemisura, all'interno e in prossimità del bacino stesso, come meglio descritto nel § 5.1.

E' stato inoltre installato nel 2003, lungo l'asta principale in corrispondenza della sezione di chiusura a Colugna, un idrometro in telemisura che consente la registrazione continua dei livelli delle acque. Per poter usufruire al meglio di questi ultimi dati risulta però necessaria la realizzazione di una vasta campagna di misure di portata allo scopo di determinare una scala delle portate nella sezione monitorata.

Bibliografia

- Bonin A.*, [2000], "Ricostruzione di eventi di piena nel bacino del torrente Cormor", Tesi di Diploma, Università degli Studi di Udine, Anno accademico 1999/2000
- De Cillia A.*, [1988], "Alla riscoperta del territorio. La Tresemane: storia di un percorso", Incontri n° 11-12, Centro Friulano di Studi Ippolito Nievo, Tip. Missio, Udine
- De Piero G., Poggi G.*, [1972], "Collina e Alta Pianura Friulana. Ambiente naturale e prospettive di sviluppo agricolo, sociale ed economico", Tip. Missio, Udine
- Feruglio E., Desio Ardito, Crestani Giuseppe*, 1924 "Le piogge e le piene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920", Ufficio Idrografico del Regio Magistrato delle Acque
- Foramitti R.*, [2001], "Sistemazione idrogeologica del torrente Cormor e del rio Tresemane in Comuni vari. Bacino di invaso denominato 'dei prati del Cormor'", Ricerca territoriale, idraulica ed urbanistica, Udine

4

DESCRIZIONE BACINO IDROGRAFICO

L'asta del torrente Cormor si sviluppa lungo l'area collinare morenica e percorre tutta la Pianura Friulana secondo una direttrice nord-sud che lambisce ad ovest l'abitato di Udine per una lunghezza complessiva di circa 64 km.

Dall'analisi della cartografia si evidenzia che le amministrazioni comunali interessate dal bacino idrografico del torrente Cormor sono 25, tutte appartenenti alla Provincia di Udine.

La Tabella 4.1 riporta l'elenco dei Comuni da monte verso valle.

Tabella 4.1: Comuni ricadenti nel bacino del Torrente Cormor

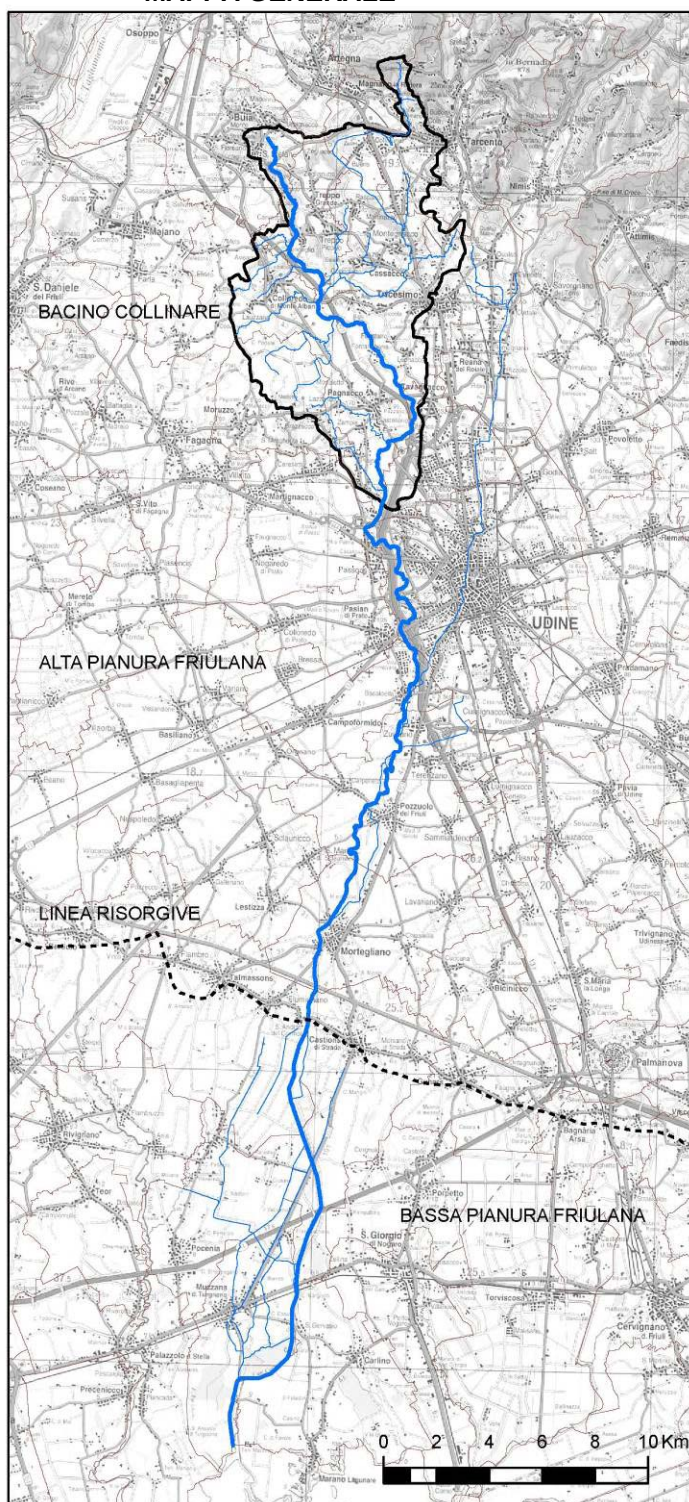
	Comune		Comune
1	Artegna	14	Pasian di Prato
2	Montenars	15	Udine
3	Tarcento	16	Campoformido
4	Buia	17	Pozzuolo del Friuli
5	Magnano in Riviera	18	Lestizza
6	Treppo Grande	19	Mortegliano
7	Cassacco	20	Talmassons
8	Tricesimo	21	Castions di Strada
9	Colloredo di Monte Albano	22	Pocenia
10	Moruzzo	23	Muzzana del Turignano
11	Tavagnacco	24	Carlino
12	Pagnacco	25	Marano Lagunare
13	Martignacco		

Il bacino del torrente Cormor è stato suddiviso in tre principali aree fisiografiche:

- ☐ bacino collinare
- ☐ alveo dell'Alta Pianura
- ☐ alveo della Bassa Pianura.

La parte più settentrionale dell'asta fluviale si presenta ricca di affluenti caratterizzati da un percorso idrico a regime torrentizio e da aree umide con vegetazione prevalentemente boschiva, il tratto centrale è tendenzialmente povero d'acqua con regime di asciutta per diversi mesi all'anno, quello meridionale è invece ricco d'acqua in ogni stagione per la presenza delle risorgive. Questi ultimi due tratti sono caratterizzati da un ambiente prevalentemente agricolo con inserimento di aree urbanizzate, talora rivierasche al corso d'acqua come il caso di Basaldella, Pozzuolo e Mortegliano.

MAPPA GENERALE



Comuni

BACINO COLLINARE

Artegn
Montenars
Tarcento
Buia
Magnano in Riviera
Treppo Grande
Cassacco
Tricesimo
Colloredo di Monte Albano
Moruzzo
Tavagnacco
Pagnacco
Martignacco

ALVEO ALTA PIANURA

Martignacco
Pagnacco
Tavagnacco
Pasn di Prato
Udine
Campoformido
Pozzuolo del Friuli
Lestizza
Mortegliano
Talmassons
Castions di Strada

ALVEO BASSA PIANURA

Talmassons
Castions di Strada
Pocenia
Muzzana del Turignano
Carlino
Marano Lagunare

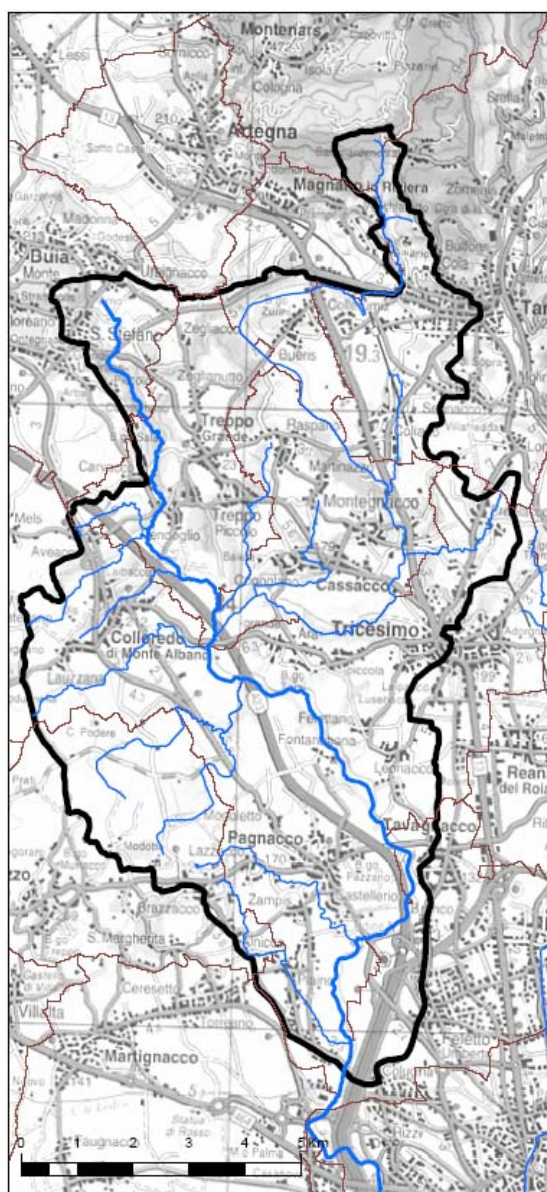
Figura 4.1: Inquadramento territoriale generale del torrente Cormor

4.1 Bacino collinare

Delimitazione

Il bacino idrografico collinare si sviluppa nell'area collinare morenica nei comuni di Artegnas, Montenars, Tarcento, Buia, Magnano in Riviera, Treppo Grande, Cassacco, Tricesimo, Colloredo di Monte Albano, Moruzzo, Tavagnacco, Pagnacco e Martignacco.

La sezione di chiusura del bacino collinare è individuata in corrispondenza del ponte che collega Colugna a Plaino a confine tra i Comuni di Pagnacco e Tavagnacco. Il bacino imbrifero naturale così delimitato ha una superficie complessiva di 85 km² e una lunghezza dell'asta principale di 20,57 km.



Comuni

BACINO COLLINARE

Artegnas
Montenars
Tarcento
Buia
Magnano in Riviera
Treppo Grande
Cassacco
Tricesimo
Colloredo di Monte Albano
Moruzzo
Tavagnacco
Pagnacco
Martignacco

Figura 4.1.1: Delimitazione del bacino collinare del torrente Cormor e Comuni di pertinenza

Il bacino è delimitato ad ovest dal bacino del torrente Corno e dal bacino del torrente Lavia, a nord dal bacino del fiume Tagliamento e ad est da quello del torrente Torre e del rio Tresemane.

La linea di delimitazione a nord del bacino collinare si sviluppa a quote comprese tra 325 e 194 metri s.l.m., con eccezione della zona collinare di Tarcento, nella quale scorre il torrente Urana, in cui la delimitazione del bacino raggiunge la quota di 755 metri s.l.m. (monte Campeon). Lungo i fianchi ad ovest e ad est la delimitazione del bacino degrada progressivamente raggiungendo la quota di 113 m s.l.m. nella sezione di chiusura di Colugna.

Inquadramento geologico

Il torrente Cormor costituisce assieme al torrente Corno il principale scaricatore glaciale dell'anfiteatro morenico del Tagliamento. Questa importante unità morfologica rappresenta la quasi totalità del bacino collinare del Cormor, caratterizzato anche da una parte prettamente montana nel lembo più settentrionale, e da una parte geomorfologicamente pertinente all'Alta Pianura Friulana nella porzione più meridionale. Geneticamente la costruzione dell'anfiteatro morenico viene riferita alla glaciazione wurmiana, periodo in cui l'estensione massima dei ghiacciai sembra essersi protratta con alcuni lembi fino alla latitudine di Udine, come testimoniano rinvenimenti di trovanti nel sottosuolo dell'Alta Pianura Friulana. *Venturini* [1988]. Gli archi e le cerchie che costituiscono l'ambiente collinare, originati dalla deposizione dei fronti terminali e recessionali dei ghiacciai, rispecchiano i limiti che nel tempo la massa glaciale si è data. Sono nel complesso riconoscibili tre ordini di cordoni morenici principali, a tratti interrotti per la presenza di profonde incisioni operate dalle correnti di disgelo glaciali (residui di imponenti correnti fluviali che defluivano attraverso la piana pedemorenica alimentate dalle acque di fusione).

Le cerchie risultano simmetriche con rilievi maggiori in corrispondenza della cerchia centrale che, dalle porzioni meridionali del Monte di Ragogna, passa per San Daniele, Fagagna, Moruzzo e Tricesimo. La cerchia più interna (su cui sorgono gli abitati di Colloredo e Caporiacco) risulta meno regolare della prima, suddividendosi in tre lobi, e risulta separata dalla precedente da un' area depressa costituita in prevalenza da depositi morenici di fondo, da sedimenti fluvioglaciali ed in alcuni casi glaciolacustri. La cerchia più esterna (svilupata tra Ciconicco, Zampis, Leonacco e Tricesimo) costituisce la parte più antica della costruzione dell'anfiteatro, corrispondente alla morena terminale. *Marinelli* [1902], *Feruglio* [1920] e ancora *Marinelli* [1912] ritengono di riconoscere in alcuni lembi esterni a questa cerchia, depositi da attribuirsi ad età più antica, quindi non solo wurmiano ma anche rissiano. Solo molto più tardi *Comel* [1955] esprime forti dubbi su tali attribuzioni. Recentemente indagini nell'ambito della redazione del foglio CARG - UDINE (in corso di stampa da parte della Regione Friuli Venezia-Giulia) hanno datato la base dei depositi che costituiscono la cerchia più esterna a circa 22.000 anni. Depositati di till indifferenziato attribuibili al Pleistocene medio vengono segnalati in affioramento ad ovest di Plaino.

Nel complesso ne risulta un paesaggio definito da tre ordini principali di rilievi a forma di semicerchi, con pendenze in genere più elevate per i versanti meridionali e più modeste per quelli settentrionali, fatta eccezione per i pendii che chiudono l'anfiteatro a nord, verso

la piana di Osoppo. Le due aree intermoreniche presentano morfologie subpianeggianti, e blandi rilievi, derivanti da residui di morene laterali o da fasi recessionali minori. Numerose sono in quest'area le depressioni originariamente lacustri o paludose e le piane colmate da depositi fluvioglaciali, a testimonianza dell'abbondante circolazione idrica connessa con l'innescò delle fasi di ritiro dei ghiacciai.

I depositi morenici che formano le varie cerchie hanno, dal punto di vista litologico, caratteri molto eterogenei, rappresentando il prodotto delle azioni di accumulo del ghiacciaio tilaventino, e risultano definiti da una struttura piuttosto caotica senza alcuna traccia di stratificazione o di elaborazione fluviale, con la presenza di varie componenti granulometriche (ghiaia, sabbia, limo, ciottoli e a volte massi), associate in proporzioni variabili senza alcuna selezione sotto il profilo granulometrico (till glaciale). I massi, di dimensioni pari a qualche metro cubo, di varia natura e composizione, sono particolarmente rinvenibili in corrispondenza dei rilievi collinari della prima cerchia. Immediatamente all'interno dei versanti settentrionali dei cordoni morenici principali, in corrispondenza di rilievi poco accentuati, affiorano dei depositi morenici essenzialmente limosi, costituiti da materiali in prevalenza limoso – argillosi associati ad una componente grossolana (ghiaia e ciottoli) percentualmente limitata. Nelle zone poste a ridosso dei rilievi collinari e nelle aree lievemente depresse ubicate all'interno dei cordoni morenici sono presenti degli orizzonti superficiali di materiali a granulometria prevalentemente medio-fine di origine colluviale o più raramente dei residui delle alluvioni fluvioglaciali antiche, composte prevalentemente da ghiaie e sabbie. Le numerose depressioni che dividono le varie fasce di rilievi, ormai più o meno colmate e spianate, sono contraddistinte dall'affiorare di terreni limoso-argillosi organici (depositi torbosi) di origine lacustre o fluviolacustre. Per una definizione più dettagliata degli areali di affioramento di queste litologie si rimanda al § 6.2, relativo alla definizione della permeabilità dei diversi terreni presenti.

Il basamento su cui poggia l'anfiteatro morenico è costituito, a seconda dell'area di interesse, da conglomerati del Pliocene-Pleistocene sup. (Supersistema del Friuli) e alternanze di marne ed arenarie dell'Eocene inferiore (Marne e Arenarie di Savorgnano). Gli spessori della coltre morenica possono superare il centinaio di metri, ma la struttura a scaglie tettoniche del basamento ne fa affiorare lembi limitati in alcuni isolati rilievi tra Buia e Tarcento. La parte più settentrionale del bacino si stacca dall'unità morfologica appena descritta e rientra in un ambito prettamente montano, dove affiorano litologie marnoso-arenacee. La struttura a scaglie tettoniche è correlata alla presenza di sovrascorrimenti sepolti sud-vergenti prevalentemente a trend dinarico. Tra i più importanti vengono citati in letteratura la “faglia di Buia” e la “faglia di Tricesimo”. *Amato et al.* [1976]; *Autori vari* [1982].

La seconda importante unità morfologica che compone il bacino collinare del torrente Cormor è costituita dalla pianura pedemorenica, testimone della presenza di singole correnti di deflusso che, scaturite dalla fronte del ghiacciaio, si spagliavano a sud dando origine a coni di deiezione che si fondevano tra loro in un unico apparato, costituiti prevalentemente da alluvioni ghiaioso-sabbiose. Alle prime fasi alterne di deposizione di materiale fluvioglaciale ed erosione dello stesso si è succeduta una diminuzione delle portate che ha consentito l'impostazione in alvei più stretti ed il conseguente terrazzamento dei letti che nelle fasi precedenti erano interamente occupati da acque. Si osserva infatti che i terrazzi sono quasi esclusivamente in depositi di origine glaciale (till o fluvioglaciale) e solo raramente in scarsi lembi alluvionali attuali. Al margine dell'anfiteatro

esistono testimonianze di cospicui apporti presso Martignacco, tra Villalta ed il torrente Lavia: più esattamente si rilevano qui i residui di conii fluvioglaciali incisi successivamente dagli stessi scaricatori, a formare alti morfologici allungati e spesso terrazzati. Anche all'interno dell'ambito collinare dell'anfiteatro, lungo i corsi degli attuali scaricatori, si rinvenivano aree di depositi fluvioglaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi ed allungati parallelamente ai corsi d'acqua, talvolta terrazzate. Il torrente Cormor costituisce il principale scaricatore del settore centro-orientale, che era impostato secondo il verso di deflusso attuale. Solo localmente i due tracciati (antico ed attuale) si discostano, come dopo la stretta di Fontanabona, dove l'antico corso d'acqua evidenziò l'ampio meandro tra Leonacco e Pagnacco. In questo tratto il Cormor scorre profondamente incassato nel suo letto di piena e si apre in pianura incassato in una serie asimmetrica di terrazzi naturali: più pronunciati in destra idrografica, meno pronunciati ma più articolati in sinistra idrografica. In linea molto generale la serie di terrazzi è continua e si estende fino a Pozzuolo, diminuendo di altezza da nord a sud con scarpate di altezza variabile da 10-20 metri (Plaino) a 2-3 metri.

Le alluvioni fluvioglaciali che formano la pianura pedemorenica sono costituite da ghiaie e ciottoli con locale abbondanza di matrice per lo più sabbiosa. Trattasi di materiali incoerenti, talora parzialmente cementati (ben visibili i livelli di ghiaie cementate in corrispondenza delle scarpate e delle incisioni del torrente Cormor e dei Rii minori), a granulometria eterogenea, a stratificazione in genere ben evidente spesso incrociata. Le dimensioni dei ciottoli, a causa dell'affievolirsi della velocità e dell'energia di trasporto delle antiche correnti fluvioglaciali (e di quelle successive) con lo scendere a valle, passa da diametri anche superiori a 50 cm, frequenti nella zona più strettamente pedemorenica, a quelli anche inferiori a 5 cm (zona della "linea delle Risorgive"). L'elevata permeabilità del materasso alluvionale permette una facile infiltrazione verticale delle acque meteoriche ed una altrettanto agevole dispersione laterale delle portate dei corsi d'acqua che solcano la pianura, nonché delle acque di ruscellamento superficiali e sotterranee per travaso provenienti dalle alture limitanti la pianura, anche in considerazione della profondità della falda freatica (es. 85 metri in Località Zampis, 70 metri in prossimità di Colugna), che presenta deflussi generali verso SSE.

Nell'ampia curva che il torrente Cormor descrive al suo sbocco in pianura in destra idrografica sono presenti tre principali terrazzi; il primo delimita il letto di piena attuale (altezza media 4-6 metri) ed un altro, di altezza pari a circa 5 metri, si frappone tra il corso del torrente ed i rilievi morenici di Pagnacco, limitati a loro volta da una scarpata di erosione di altezza pari a 8 metri (l'ultimo gradino, più antico, è formato dalla scarpata morenica mentre i successivi sono incisi nelle alluvioni fluvioglaciali).

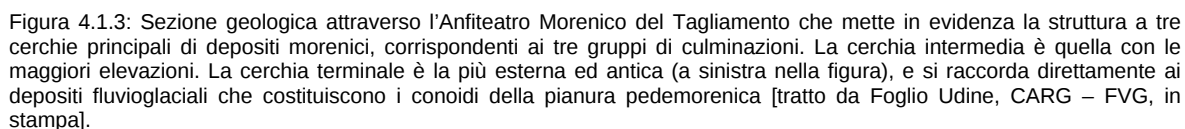
I tre terrazzi si fondono presso Castellerio in un'unica sponda di altezza pari a circa 20 metri. In questo tratto il terrazzo è inciso trasversalmente dal rio Doidis, anch'esso sede di un antico scaricatore glaciale: l'attività erosiva di questi due corsi d'acqua è la responsabile dell'alto morfologico residuo su cui sorge Castellerio. Più a valle dell'innesto del rio Doidis l'alto terrazzo (altezza media 18-20 metri) continua sino poco a sud dell'incisione presente a sud-est di Plaino, dove si divide in due scarpate minori; la prima, il cui piano superiore coincide con la superficie del conoide fluvioglaciale, sovrasta quella inferiore di pochi metri mentre l'alveo di piena è limitato da un terrazzo alto circa 4-5 metri. I terrazzi risultano inoltre incisi e modellati dall'azione erosiva del Riolo che, attualmente incassato entro uno stretto alveo, ha divagato in passato operando una serie di

terrazzamenti minori ancora ben osservabili sul terreno. I due terrazzi principali continuano sino a fondersi in un unico gradino in corrispondenza del Cotonificio Cormor.

In sinistra idrografica, la pianura che si estende a sud di Tavagnacco è incisa da una serie assai complessa di terrazzi e solchi (alvei relitti). Dopo l'ampio meandro relitto tra Leonacco e Tavagnacco, il letto di piena del Cormor è limitato da un unico gradino di altezza pari a circa 22 metri che si suddivide subito a sud del centro abitato in due gradini minori. Il più antico (esterno) con decorso meridiano passa per Branco e Feletto, giungendo sino al cimitero di Feletto, con altezza via via scemante da 6-7 metri a poco più di un metro. Il terrazzo più interno segue il corso del torrente con sponde alte da 10 metri sino a pochi metri a sud-ovest di Branco. La pianura tra Branco e Colugna che rimane delimitata da questi due terrazzi è interessata da una serie di solchi di erosione e di terrazzi, ad andamento meridiano, alcuni dei quali oramai quasi del tutto impercettibili a causa dell'attività antropica che con scavi e riporti ha mascherato l'originaria fisionomia. Gli orli minori subparalleli testimoniano le varie fasi di erosione del torrente Cormor che nel tempo si è ritirato nella sua posizione attuale più occidentale. La fiumana fluvioglaciale infatti all'inizio procedeva con decorso meridiano ma la diminuita energia di trasporto unitamente all'accumulo di un cono di deiezione attiguo con quello del torrente Torre ha favorito la deviazione verso destra e l'incisione di terrazzi principali che a causa di questa trend di deviazione presentano una certa asimmetria tra le due sponde.



Figura 4.1.2: Contesti geologico-morfologici del Friuli Venezia Giulia. Il Cormor si sviluppa tra l'Anfiteatro Morenico del Tagliamento, l'Alta e la Bassa Pianura Friulana e sfocia nella Laguna di Marano



Il torrente Cormor nasce a quota 250 m s.l.m. dall'unione di tre modesti ruscelli che scorrono sul versante est del monte di Buia. In corrispondenza dell'abitato di Vendoglio riceve i primi affluenti in destra orografica e precisamente il rio Tinozzola ed il rio Malfossal, e procedendo verso sud il rio Colloredo; mentre in sponda sinistra, proseguendo in direzione sud-est, riceve i contributi del rio Treppo e, dopo un percorso di 9,47 km, quello del suo principale affluente: il torrente Urana-Soima.

Più a valle, il torrente Cormor riceve in destra il rio Bevorchiana e, sotto il centro abitato di Ara Grande, il rio Cornaria. Poco più a sud del centro urbano di Pagnacco riceve, sempre in sponda destra, il rio Doidis e il rio Riolo.

La Figura 4.1.4 illustra il reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Cormor.

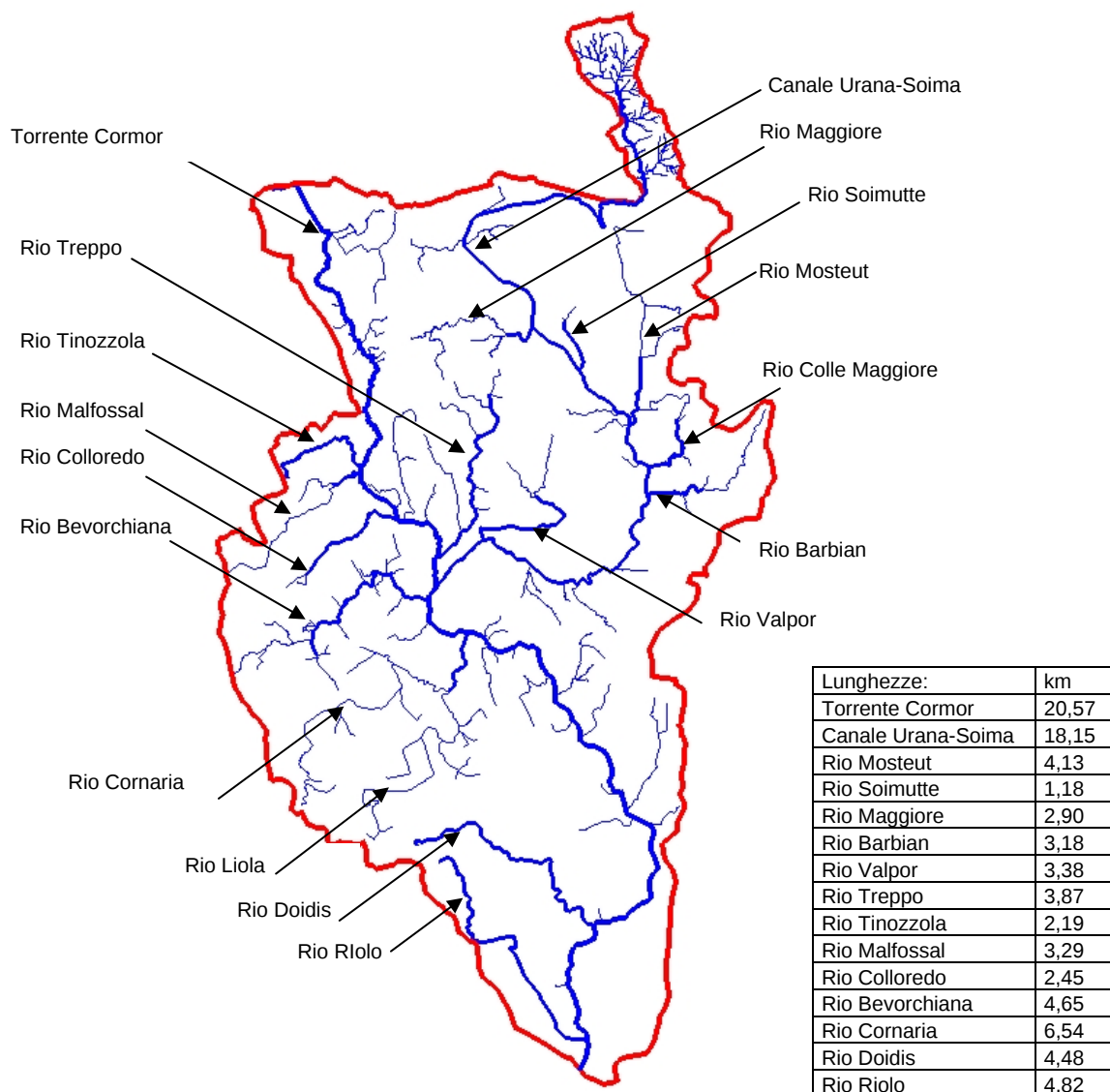


Figura 4.1.4: Reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Cormor

Parametri geomorfologici di Horton

L'acqua superficiale che determina la formazione di una piena si propaga attraverso un reticolo idrografico che può essere rappresentato seguendo la descrizione fatta da Strahler (1972), che costituisce una modifica di quella precedente di Horton (1945). Secondo la descrizione di Strahler, che fa uso di una particolare terminologia, la rete idrografica è costituita da rami: un ramo prende origine da una sorgente, oppure dalla giunzione di due rami, e termina in un'altra giunzione, oppure alla sezione di chiusura del bacino. *Chow et al.* [1988]

Ogni ramo ha un ordine, che si determina per mezzo delle regole seguenti:

- un ramo che nasce da una sorgente è di primo ordine (quindi i rami di primo ordine sono i più lontani dalla sezione di chiusura)

- ❑ due rami di ordine n congiungendosi danno origine a un ramo di ordine $n+1$
- ❑ un ramo di ordine n ed uno di ordine $m < n$ congiungendosi mantengono l'ordine n .

Un insieme di uno o più rami consecutivi dello stesso ordine costituisce un corso d'acqua o asta fluviale.

Il reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Cormor è stato organizzato secondo la descrizione fatta da Strahler ottenendo la struttura evidenziata in Figura 4.1.5.

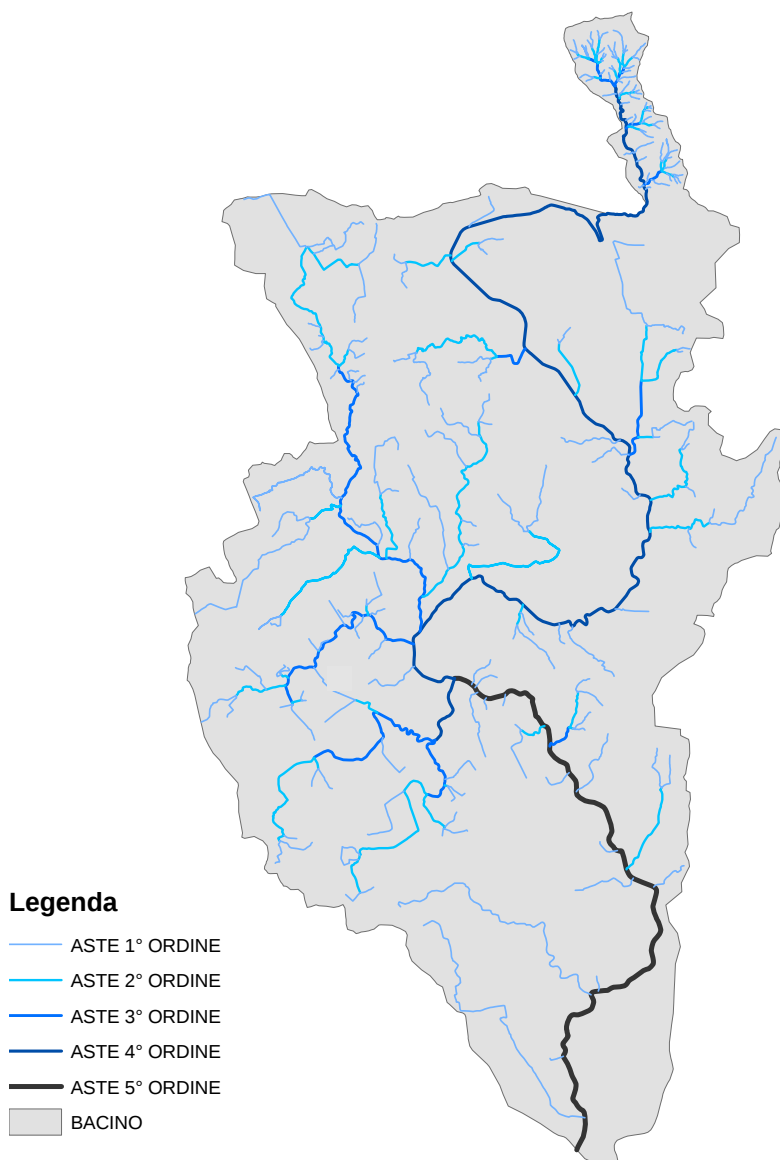


Figura 4.1.5: Reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Cormor ordinato secondo il metodo di Strahler

Un parametro che caratterizza l'organizzazione della rete idrografica è l'ordine del bacino, definito come l'ordine del corso d'acqua che termina nella sezione di chiusura. Per il reticolo fluviale in esame l'ordine massimo è 5.

Definita e ordinata la rete di drenaggio, si sono determinati i parametri che servono per caratterizzare morfologicamente il bacino.

Per fare questo si sono utilizzate le seguenti leggi:

$$R_L = \frac{\bar{L}_{\Omega+1}}{\bar{L}_{\Omega}} \quad \text{legge di Horton sulla lunghezza delle aste} \quad (4.1.1)$$

$$R_B = \frac{N_{\Omega}}{N_{\Omega+1}} \quad \text{legge di Horton sul numero delle aste} \quad (4.1.2)$$

$$R_A = \frac{\bar{A}_{\Omega+1}}{\bar{A}_{\Omega}} \quad \text{legge di Schumm sull'area delle aste} \quad (4.1.3)$$

dove:

N_{Ω} : numero di aste di ordine Ω

$\bar{L}_{\Omega}$: lunghezza media delle aste di ordine Ω

$\bar{A}_{\Omega}$: area media dei bacini di ordine Ω

Questi rapporti sono anche denominati come:

R_L : rapporto di lunghezza

R_B : rapporto di biforcazione

R_A : rapporto di area

i cui valori in natura rientrano generalmente nei seguenti range:

$$R_L \cong 1.5 \div 3.5$$

$$R_B \cong 3 \div 5$$

$$R_A \cong 3 \div 6$$

In questa fase si è presentato il problema di dover determinare il valore più corretto dei parametri di Horton, mediante un'accurata analisi cartografica ed una serie di sopralluoghi di verifica sul territorio.

Per ogni ordine di bacino e per ogni parametro è stato costruito un grafico (Figure 4.1.6 ÷ 4.1.7) in cui nelle ascisse si è riportato l'ordine delle aste in scala lineare, mentre nelle ordinate si sono riportati in scala logaritmica rispettivamente il numero delle aste di ordine i (N_i), la lunghezza totale delle aste di ordine i (L_i) e l'area dei bacini determinati dalle aste di ordine i (A_i), per determinare R_B, R_L, R_A .

I punti ottenuti su tali grafici sono stati interpolati con una retta, la cui pendenza rappresenta il valore dei parametri di Horton relativi e che sono molto prossimi ai valori medi.

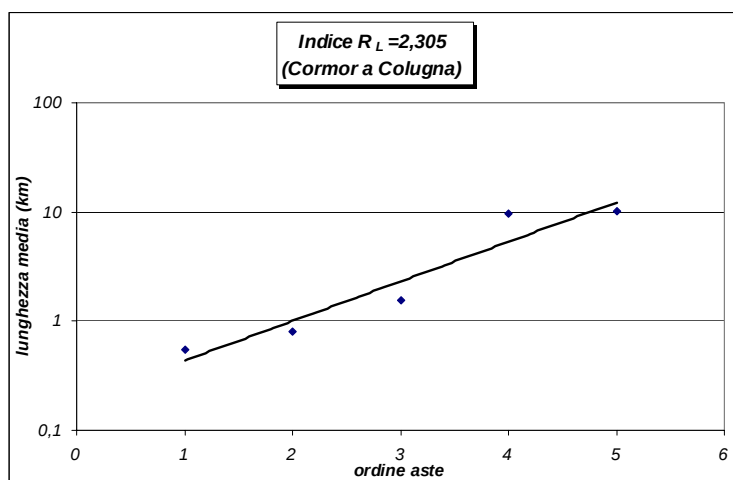


Figura 4.1.6: Parametri di Horton - rapporto delle lunghezze

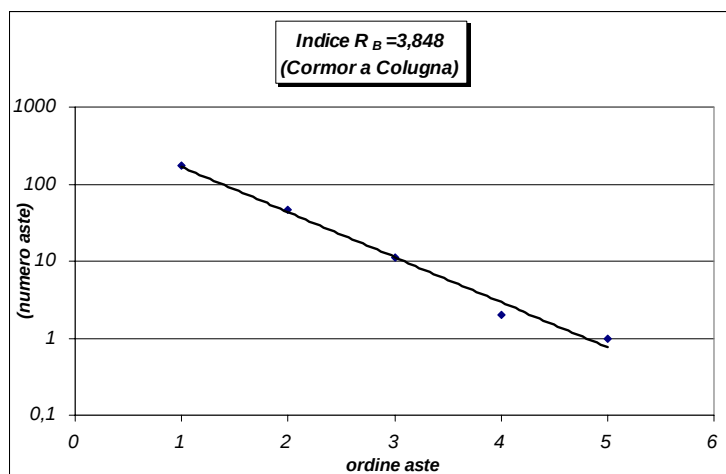


Figura 4.1.7: Parametri di Horton - rapporto di biforcazione

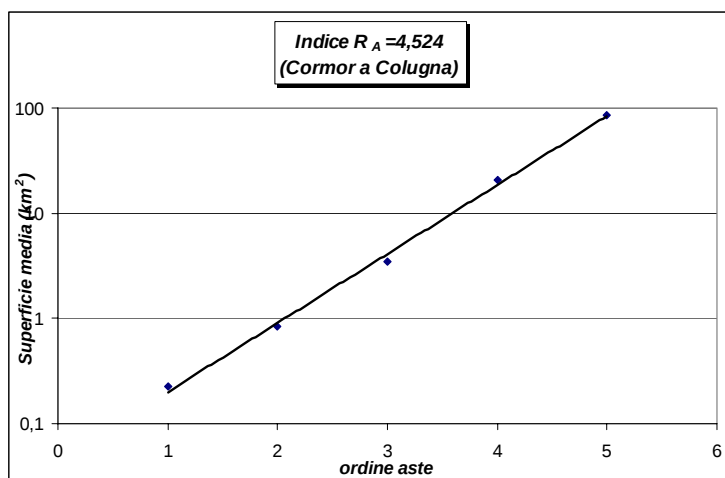


Figura 4.1.8: Parametri di Horton - rapporto delle aree

Connessione tra reticolo idrografico naturale e reticolo di drenaggio urbano

Nell'analisi del territorio per la determinazione del Curve Number condotta nel successivo capitolo 6, sono state individuate e stimate le aree urbanizzate, quindi nella risposta idrologica del bacino sono già comprese le portate derivanti dagli scarichi di queste aree.

Uno studio per verificare la situazione esistente delle reti di fognatura e dei relativi recapiti terminali è stato già redatto da *Foramitti* [2001] il quale ha sintetizzato, per ogni Comune, le caratteristiche delle singole reti, le portate di massima piena, il recapito dello scarico delle acque meteoriche ed il tipo di trattamento utilizzato per la depurazione ed il ricettore dell'effluente.

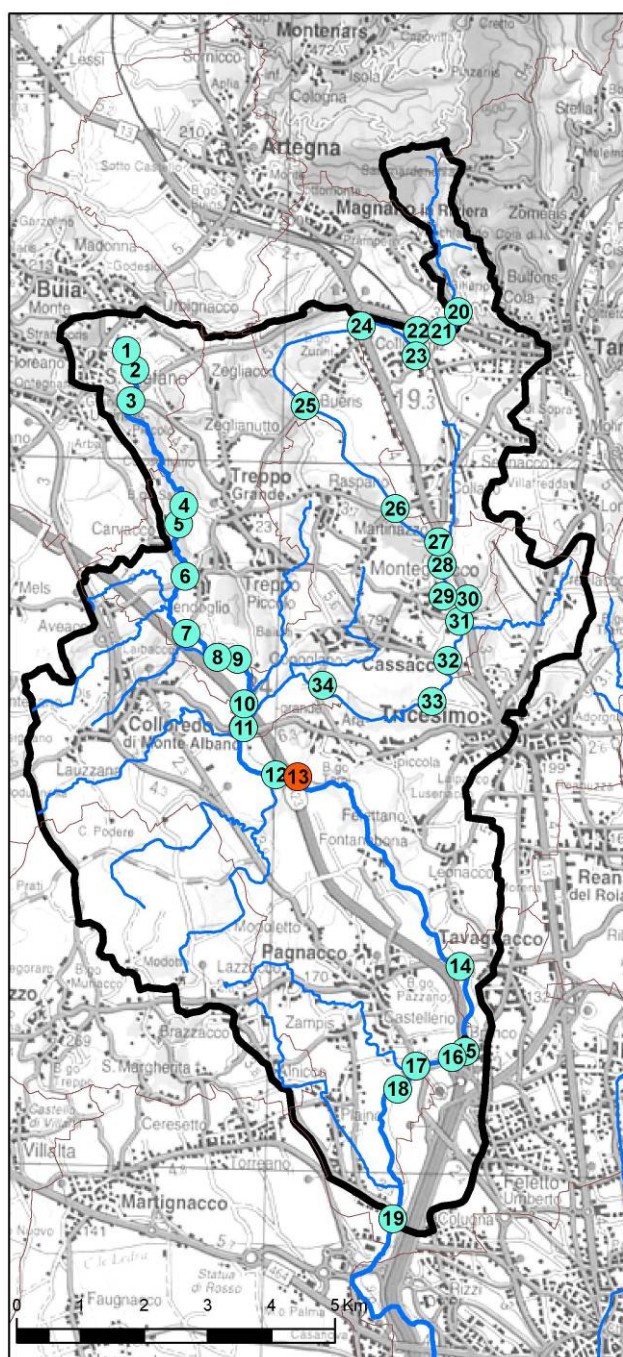
Nella Tabella 4.1.1 sono riportati a titolo conoscitivo le portate riassuntive degli scarichi provenienti dai Comuni del bacino collinare in esame. *Foramitti* [2001]

Tabella 4.1.1: Portate del reticolo di drenaggio urbano dei Comuni del bacino collinare

Comune	m³/s
Tarcento	8.00
Buia	4.30
Magnano in Riviera	1.00
Treppo Grande	4.47
Cassacco	8.35
Tricesimo	9.30
Colloredo di Monte Albano	2.00
Moruzzo	1.50
Tavagnacco	4.10
Pagnacco	19.25
Totale	62.27

Interferenza con infrastrutture viarie

In Figura 4.1.9 è riportato lo stato di fatto delle infrastrutture viarie che interessano direttamente l'asta principale del torrente Cormor nel bacino collinare ed il suo principale affluente l'Urana-Soima.



PONTI SUL TORRENTE CORMOR

- 1) Ponte loc. S. Stefano (Buia)
- 2) Ponte via Fornasate loc. S. Stefano (Buia)
- 3) Ponte S.P. n°46 Juliense loc. Ursinis Grande (Buia)
- 4) Ponte loc. Borgo Sala (Treppo Grande)
- 5) Ponte loc. Carvacco (Treppo Grande)
- 6) Ponte loc. Vendoglio (Treppo Grande)
- 7) Ponte S.P. n°100 di Colloredo di Monte Albano loc. Vendoglio (Treppo Grande)
- 8) Ponte strada campestre loc. Vendoglio (Treppo Grande)
- 9) Ponte strada campestre loc. Vendoglio (Treppo Grande)
- 10) Viadotto autostrada
- 11) Ponte S.P. n°58 dei Castelli
- 12) Viadotto autostrada
- 13) Guado loc. Ara Grande
- 14) Ponte S.P. n°51 dei Colli (Tavagnacco)
- 15) Viadotto autostrada
- 16) Ponte pedonale loc. Branco
- 17) Ponte S.P. n°49 Osovana loc. Branco
- 18) Ponte ex ferrovia loc. Plaino
- 19) Ponte S.P. n°59 di Brazzacco loc. Colugna SEZ. CHIUSURA BACINO COLLINARE

PONTI SUL CANALE URANA-SOIMA

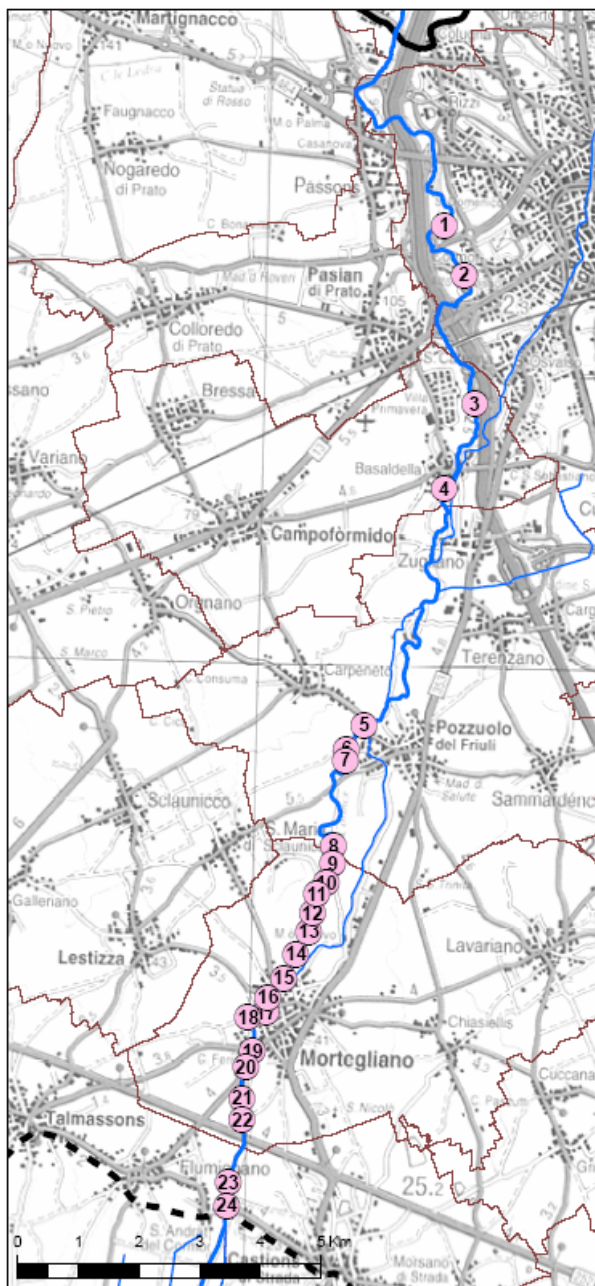
- 20) Ponte loc. Borgo Madonna (Tarcento)
- 21) Ponte Borgo Urana (Tarcento)
- 22) Ponte S.S. n° 356 di Cividale loc. Borgo Urana (Tarcento)
- 23) Ponte ferrovia Tarvisio-Udine loc. Borgo Anzil (Tarcento)
- 24) Ponte S.S. n° 13 Pontebbana loc. Borgo Zurini (Magnano in R.)
- 25) Ponte S.P. n° 106 di Bueris loc. Borgo Bueris (Mgnano in R.)
- 26) Doppio ponte S.P. n° 100 di Colloredo di M.A. loc. Borgo di Sotto (Tarcento)
- 27) 28) Ponti loc. a monte del centro commerciale (Cassacco)
- 29) 30) Ponti loc. a valle del centro commerciale (Cassacco)
- 31) Ponte S.P. n° 57 di Montegnacco (Cassacco)
- 32) Doppio ponte S.P. n° 55 di Buia (Cassacco)
- 33) Ponte strada campestre (Cassacco)
- 34) Ponte loc. Cassacco sud

Figura 4.1.9: Infrastrutture viarie sull'asta principale del torrente Cormor e del suo principale affluente, l'Urana-Soima

4.2 Alveo dell'Alta Pianura

Asta fluviale di trasporto

Dalla sezione di chiusura del bacino collinare a Colugna, si sviluppa un tracciato costituito da un'asta fluviale di trasporto, di lunghezza di circa 26 km che attraversa l'Alta Pianura Friulana nei Comuni di Martignacco, Pagnacco, Tavagnacco, Pasian di Prato, Udine, Campoformido, Pozzuolo del Friuli, Lestizza, Mortegliano, Talmassons e Castions di Strada lungo la fascia delle risorgive.



ALVEO ALTA PIANURA

Comuni

Martignacco
Pagnacco
Tavagnacco
Pasian di Prato
Udine
Campoformido
Pozzuolo del Friuli
Lestizza
Mortegliano
Talmassons
Castions di Strada

Salto di fondo n° 19



Figura 4.2.1: Inquadramento territoriale dell'alveo dell'Alta Pianura del torrente Cormor, Comuni di pertinenza e salti di fondo

Inquadramento geologico

Dalla chiusura del bacino collinare presso Colugna, il torrente Cormor continua a scorrere in ambito di Alta Pianura, fino ad entrare nell'ambito della Bassa Pianura all'altezza della località Sant'Andrat del Cormor. Come per la parte di pianura del bacino collinare, anche questo tratto intermedio è caratterizzato dal prosieguo dei conoidi fluvioglaciali e alluvionali, caratterizzati da una granulometria prevalentemente ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, ed elevata permeabilità. La generale classazione dei sedimenti verso valle determina un incremento della matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, in particolare in prossimità di Mortegliano, a sud del quale le alluvioni assumono un carattere maggiormente sabbioso-limoso. In sezione le caratteristiche dei materiali del sottosuolo lungo il profilo dell'area di spaglio del Cormor possono essere ritenute abbastanza omogenee e caratterizzate da una spiccata componente ghiaiosa, nonostante l'alternarsi delle fasi di deposito o erosione e della diversa provenienza e sovrapposizione delle alluvioni che hanno formato il potente materasso alluvionale. In profondità possono esser presenti livelli di ghiaie cementate, mentre numerosi sondaggi segnalano un livello abbastanza continuo di conglomerati pleistocenici nella porzione più settentrionale di Alta Pianura, a profondità variabili tra 30-70 metri. Avvicinandosi all'area delle risorgive si definisce sempre più nel sottosuolo la tipica alternanza di depositi a diversa permeabilità, con struttura a lenti interdigitate, responsabile della progressiva formazione dell'acquifero multifalda a valle della linea delle risorgive.

Anche in questo tratto di pianura il carattere morfologico più evidente ed importante dal punto di vista idraulico è dato dal terrazzamento dei depositi fluvioglaciali, evidente fino alla zona di Pozzuolo, anche se con scarpate meno imponenti rispetto alla zona pedecollinare. I tre ordini di terrazzi ben marcati nella zona pedecollinare e corrispondenti alle tre principali fasi erosive wurmiane, in questo tratto di pianura sfumano in terrazzi meno evidenti e più difficilmente correlabili. Proprio nella zona di Pozzuolo il Cormor, nella costruzione del suo profilo di equilibrio, ha raggiunto il raccordo tra l'erosione dei conoidi fluvioglaciali e la deposizione dei successivi conoidi alluvionali. Questi materiali formano piccoli conoidi assai depressi, che hanno il proprio vertice nell'incisione della pianura al termine dei terrazzi. Il graduale ingombro del letto ha costretto il torrente ad espandersi sui lati dei conoidi alluvionali, scorrendo in modeste incisioni o talvolta sul colmo dei conoidi stessi, trovandosi quindi sopraelevato rispetto alla pianura circostante. Il livello di base originario di questi conoidi era rappresentato dalla pianura a sud della linea delle risorgive, dove originariamente le acque si disperdevano in un'area paludosa a nord di Paradiso.

A valle di Colugna il conoide del Cormor presenta su entrambi i lati un ordine principale di terrazzi, che ricalca in linea di massima e con andamento sinuoso l'alveo attuale del torrente. Le scarpate in prossimità di Passons si allargano, con ampiezza massima di quasi 500 metri nelle vicinanze di Cormor. Tra Passons e Pasian di Prato la sponda destra dell'antico alveo presenta in realtà due gradini terrazzati: il più esterno corre in direzione nord-sud tra Passons e Santa Caterina ed ha poca alzata (da 1 a 3 metri), il più interno è ben pronunciato e cade con andamento più sinuoso direttamente sul letto attuale del Cormor, tranne che nella zona di Cormor-basso dove piega verso sud-ovest e si fonde di nuovo in un unico terrazzo più esterno poco prima di Pasian di Prato. Nel tratto intermedio di Alta Pianura *Feruglio* [1920] segnala importanti evidenze di antiche deviazioni del Cormor (solchi e terrazzi minori) tra Colugna e Rizzi e presso S. Osvaldo in sponda sinistra, a sud-ovest di S. Osvaldo in sponda destra. Tra questi il solco

più evidente è quello a sud-ovest di S. Osvaldo (in destra idrografica), che dà luogo ad un alto morfologico allungato e stretto tra il corso attuale del Cormor e la scarpata più esterna del terrazzamento principale (Figura 4.2.2).

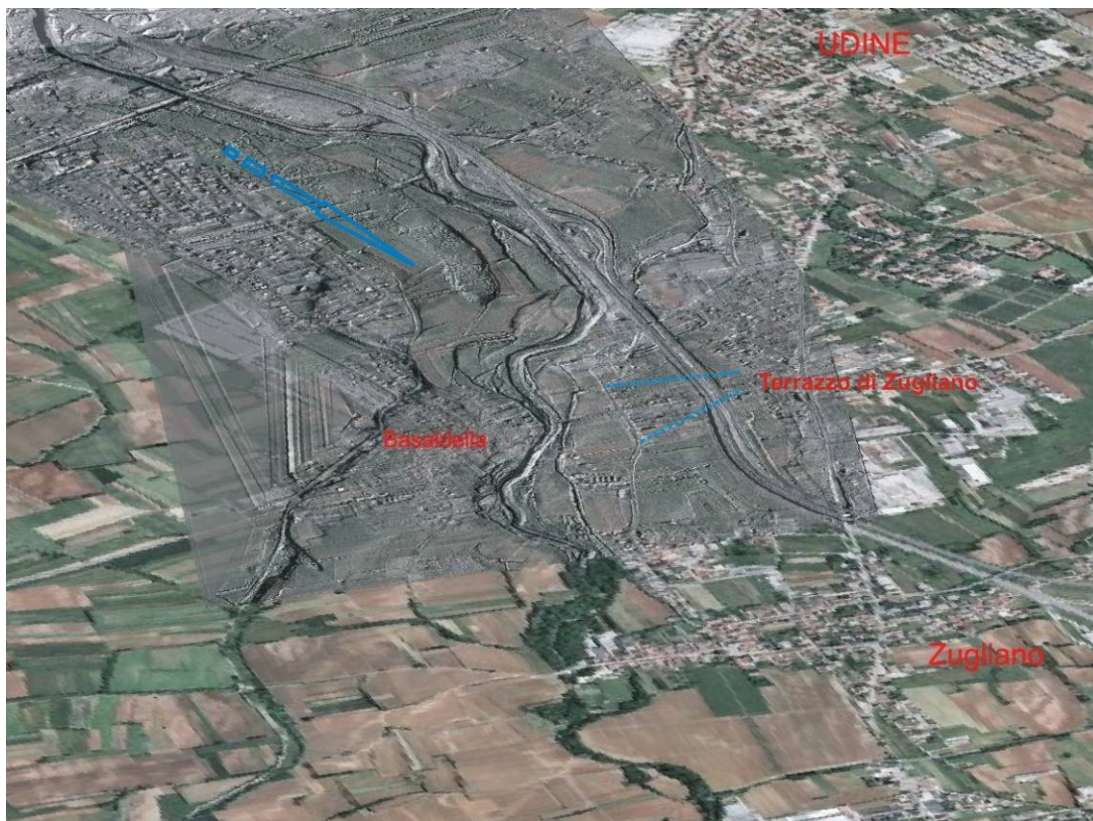


Figura 4.2.2: Vista del Cormor tra Passons e Zugliano. In destra idrografica è ben delineato il terrazzo principale e più esterno. A sud di S. Caterina dal terrazzo principale si stacca un alto morfologico a forma di lobo allungato, residuo del terrazzamento di un antico ramo del Cormor (indicato dalla freccia blu) e rialzato rispetto all'alveo attuale. In sinistra idrografica rimane meno evidente il terrazzo tra Basaldella e Zugliano, che corre parallelamente alla strada che congiunge Zugliano a Basaldella, interposto tra quest'ultima e la S.S. 353.

A sud di S. Osvaldo il terrazzo di sinistra va attenuandosi e diventa difficilmente riconoscibile all'altezza di Basaldella, dove si sovrappongono l'innesto della Roggia di Udine e le notevoli modifiche apportate dalla realizzazione dell'autostrada. Più a sud si riconoscono evidenti due scarpate, la prima (lambita dalle piene più forti del Cormor) si sviluppa parallelamente e poco distante dalla strada che congiunge Basaldella a Zugliano, la seconda rimane molto più esterna e con direzione generale parallela all'alveo attuale del Cormor, passando subito ad ovest di Terenzano e raccordandosi poi ai primi rilievi tra Terenzano e Pozzuolo. Il terrazzamento in destra idrografica è invece molto più spiccato (scarpata da 4 a 3 metri), anche se rimane a distanze di 300-700 metri dall'alveo attuale, ed arcuandosi leggermente va a raccordarsi anch'esso ai rilievi conglomeratici a nord di Pozzuolo. In generale la lontananza tra i due terrazzi più esterni a sud di Basaldella è testimone degli ampi meandri percorsi dal Cormor, con un sistema complicato di terrazzi costituiti da lembi residui con scarpate limitate rispetto al livello attuale del corso d'acqua (1-2 metri), che risulta quindi poco incassato rispetto alle aree circostanti. Subito a nord della strada tra Pozzuolo e Carpeneto il Cormor scorre per circa 1,5 km in un tratto stretto

tra due modeste elevazioni costituite da conglomerati del Pliocene-Pleistocene sup. (Conglomerati di Pozzuolo, vedi oltre) ed arenarie del Miocene. A valle di questo particolare tratto (larghezza da 300 a 500 metri) non sono più evidenti particolari terrazzamenti ed il Cormor scorre a livello o talora rialzato rispetto alla pianura circostante. Rimangono visibili solo tratti di recenti brevi divagazioni con solchi o scarpate di terrazzi dal dislivello difficilmente superiore al metro, fino al confine con il comune di Mortegliano, dove il Cormor è stato canalizzato con ricalibratura delle sezioni, inserimento di salti di fondo e la costruzione di rilevati arginali di notevole altezza (1.5-2 metri).

Tra le peculiarità geologiche del tratto inferiore dell'Alta Pianura va segnalata la presenza di modeste elevazioni disposte trasversalmente alla direzione di deflusso del Cormor e di sviluppo dei terrazzi, generate dalla presenza di sovrascorrimenti ciechi nel sottosuolo della pianura. Si tratta quindi di "alti morfologici" correlati a strutture compressive sepolte e solo parzialmente ricoperti da materiale alluvionale. In particolare il Cormor incide la cosiddetta "dorsale di Pasian di Prato", allungata per una decina di chilometri in direzione ONO-ESE, con affioramento delle formazioni conglomeratiche (Pliocene-Pleistocene sup., afferite al Supersintema del Friuli) a Pasian di Prato, nelle aree ad occidentale dell'abitato e in un limitato lembo a sud di S. Osvaldo, proprio in corrispondenza del Cormor. Più a sud i cosiddetti "rilievi di Pozzuolo" sono costituiti sia dalle medesime formazioni conglomeratiche che da arenarie del Miocene. In genere il raccordo tra questi rilievi e la pianura avviene in maniera molto dolce. A nord di Pozzuolo invece le formazioni rocciose formano per un breve tratto la sponda sinistra del Cormor, con una scarpata alta 5-8 metri.

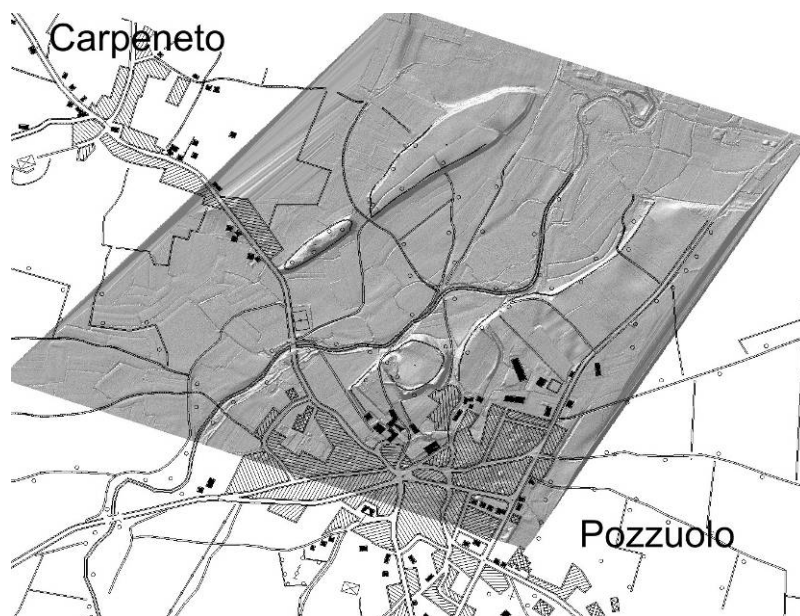


Figura 4.2.3: Il tratto a nord di Pozzuolo del Friuli, dove il Cormor scorre in una sezione limitata da modesti rilievi. In sponda sinistra è per alcuni tratti limitato da formazioni rocciose ed importanti scarpate. La rappresentazione 3D mette anche in evidenza deboli solchi e terrazzi testimoni del divagare del Cormor nel tratto compreso tra i due rilievi.

Connessione tra alveo fluviale e drenaggi urbani

In Figura 4.2.4 sono riportate le ubicazioni degli scarichi dei drenaggi urbani individuati da *Foramitti* [2001] nel territorio attraversato dall'alveo dell'Alta Pianura del torrente Cormor.

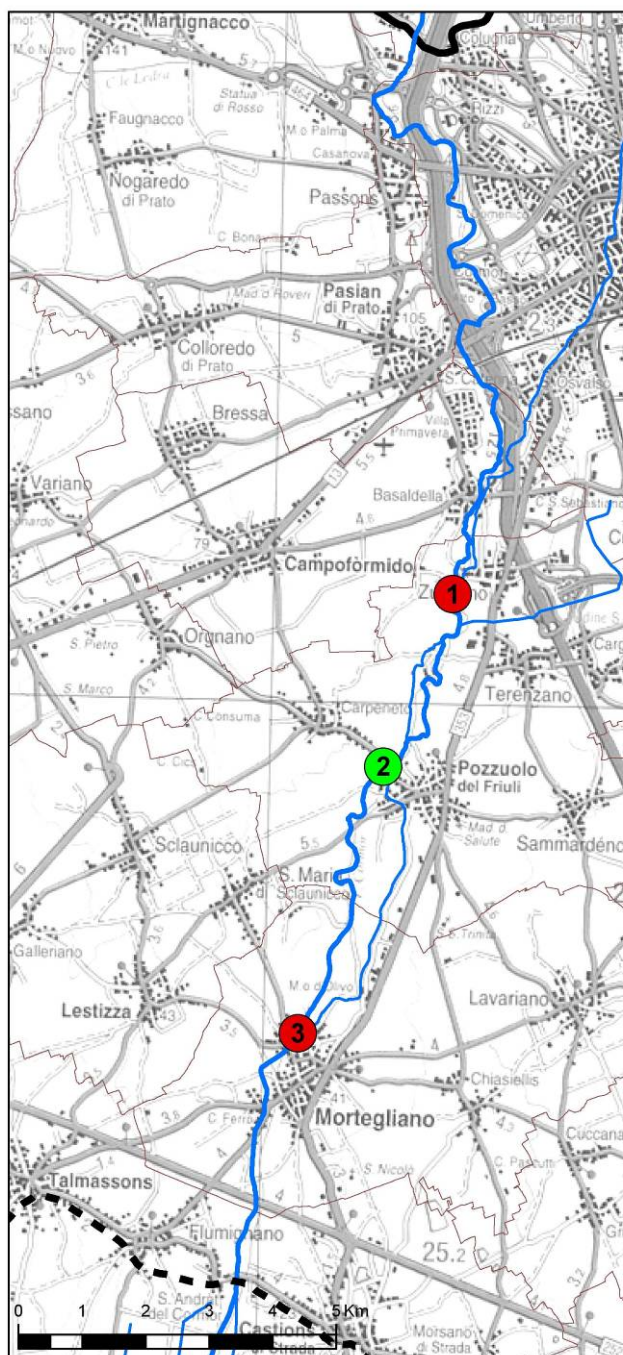


- 1) Scarico piena rete fognaria in dx - $Q = 1,50$ mc/s
- 2) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 1,75$ mc/s
1° Collettore Occ.
- 3) Scarico piena rete fognaria in dx - $Q = 0,80$ mc/s
- 4) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 5,70$ mc/s
2° Collettore Occ.
- 5) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 5,50$ mc/s
3° Collettore Occ.
- 6) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 0,60$ mc/s
4° Collettore Occ.
- 7) Scarico piena rete fognaria in dx - $Q = 3,00$ mc/s
- 8) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 0,60$ mc/s
5° Collettore Occ.
- 9) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 14,85$ mc/s
6° Collettore Occ.
- 10) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 0,60$ mc/s
- 11) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 1,00$ mc/s
- 12) Scarico piena rete fognaria in dx - $Q = 1,20$ mc/s
- 13) Scarico piena rete fognaria in dx - $Q = 0,70$ mc/s
in sx - $Q = 1,70$ mc/s
- 14) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 1,06$ mc/s
- 15) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 19,60$ mc/s
7° Collettore Occ.
- 16) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 1,60$ mc/s
- 17) Condotta di scarico DN160 centrale idroelettrica - in dx
- 18) Scarico piena rete fognaria in dx - $Q = 0,40$ mc/s
- 19) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 1,50$ mc/s
- 20) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 0,95$ mc/s
- 21) Scarico piena rete fognaria in sx - $Q = 2,60$ mc/s
in dx - $Q = 0,85$ mc/s

Figura 4.2.4: Connessione tra l'alveo fluviale del torrente Cormor ed i drenaggi urbani nell'Alta Pianura

Connessione tra alveo fluviale e canali di irrigazione

Nella Figura 4.2.5 è riportata la connessione tra l'alveo fluviale del torrente Cormor ed i canali di irrigazione, distinguendo quelli in entrata (rosso) e quelli in uscita (verde) dal corso d'acqua nella zona dell'Alta Pianura.



- 1) Scarico della Roggia di Udine loc. Zugliano
- 2) Derivazione della Roggia di Udine loc. Pozzuolo del Friuli
- 3) Scarico della Roggia di Udine loc. Mortegliano

Figura 4.2.5: Connessione tra l'alveo fluviale del torrente Cormor ed i canali di irrigazione nell'Alta Pianura

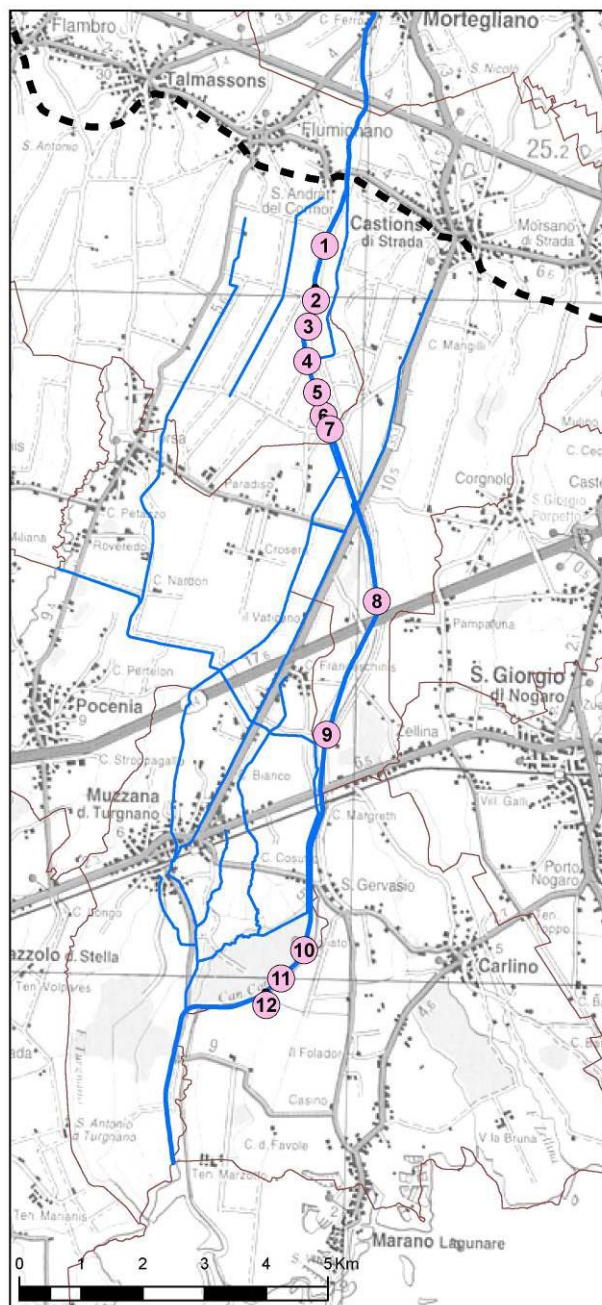
In Figura 4.2.6 è riportato lo stato di fatto delle infrastrutture viarie che interessano direttamente l'asta principale del torrente Cormor nell'Alta Pianura.



4.3 Alveo della Bassa Pianura

Asta fluviale di trasporto

Nella Bassa Pianura Friulana, al di sotto della fascia delle risorgive, il torrente Cormor attraversa i Comuni di Castions di Strada, Carlino, Pocenia, Muzzana del Turgnano e Marano Lagunare, come riportato in Figura 4.3.1.



ALVEO BASSA PIANURA

Comuni

Talmassons
Castions di Strada
Pocenia
Muzzana del Turgnano
Carlino
Marano Lagunare

Salto di fondo n° 7



Figura 4.3.1: Inquadramento territoriale dell'alveo della Bassa Pianura del torrente Cormor, Comuni di pertinenza e salti di fondo

In questo tratto, dove si sviluppa una fitta rete idrografica artificiale, il torrente Cormor confina ad ovest con il bacino idrografico del fiume Stella, ad est con il sistema Aussa-Corno ed a sud con la zona a scolo meccanico. L'unico affluente naturale è il fiume Muzzanella che si immette in destra orografica all'altezza del Bosco Bando e si separa poco prima dello sbocco in laguna.

Nei progetti iniziali del Consorzio della Bassa Friulana l'alveo del torrente a monte di Sant'Andrat, fino all'altezza di Mortegliano, è stato calibrato per una portata massima di $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Il nuovo canale in uscita dalla cassa è stato dimensionato per la portata di $30 \text{ m}^3/\text{s}$, con volumi invasati nel bacino di espansione fino a $70 \text{ m}^3/\text{s}$, che al termine dell'onda di piena vengono gradualmente scaricati nell'alveo a valle. *Foramitti* [2001].

Cassa di espansione di Sant'Andrat

Il continuo progressivo aumento delle portate ha determinato la necessità della costruzione della cassa di espansione in località Sant'Andrat e di una canalizzazione per il recapito delle acque in laguna.

Della portata in arrivo alla cassa, valutata in massimi $100 \text{ m}^3/\text{s}$, $30 \text{ m}^3/\text{s}$ vengono lasciati transitare lungo il canale Cormor e $70 \text{ m}^3/\text{s}$ vengono avviati verso il bacino di espansione tramite il canale denominato "Moretto" che lo attraversa ed assume le funzioni di canale colatore dell'intero bacino con scarico finale nel canale Cormor.

Inquadramento geologico

La linea delle risorgive divide l'Alta dalla Bassa Pianura Friulana, identificando il limite dove parte delle acque della falda freatica, che a nord permea i sedimenti ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, vengono alla luce in virtù della diminuzione della permeabilità dei depositi, mentre nel sottosuolo si sviluppa un complesso sistema di falde artesiane. Verso valle infatti le lenti e intercalazioni argillose diventano via via più frequenti, più estese e soprattutto aumentano di spessore. In profondità comunque gli orizzonti ghiaiosi più o meno cementati risultano ancora ben rappresentati, tanto da costituire circa il 50% dei sedimenti del sottosuolo.

Nell'area del Cormor la linea delle risorgive si trova poco a nord di Sant'Andrat del Cormor e si sviluppa in generale secondo una direzione parallela alla strada che unisce Castions di Strada e Talmassons. Nel suo percorso artificiale verso la laguna il Cormor attraversa nell'area a sud di Sant'Andrat terreni prevalentemente limoso-argillosi, talora organici, mentre rientra in terreni prevalentemente sabbioso-limosi grossomodo nel tratto compreso tra l'autostrada e la S.S. 14, per poi scorrere su sedimenti prevalentemente limoso-argillosi fino in laguna. Come già accennato nel § 4.2 anche il tratto tra Mortegliano e la linea delle risorgive, pur trovandosi in ambito di Alta Pianura, presenta alluvioni più fini, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa. Le caratteristiche geotecniche dei terreni sui cui poggiano gli argini artificiali e la vicinanza della falda alla superficie costituiscono le tematiche più importanti da definire per la difesa idraulica dal punto di vista geologico.

A cavallo della fascia delle risorgive si hanno quindi una modesta falda freatica superficiale ed alcune falde in pressione, collegate verso monte con l'acquifero freatico. A

valle della linea delle risorgive la falda freatica non è più presente con continuità, non essendoci depositi sufficientemente permeabili negli strati superficiali. Tutta questa zona è così caratterizzata dalla presenza di sistemi multifalda artesiani che subiscono una generale diminuzione di potenza e di permeabilità procedendo da nord verso sud. In definitiva a sud dell'allineamento Flumignano - Castions di Strada le acque sotterranee vanno considerate a profondità inferiori a 1-2 metri dalla superficie del terreno. E ciò quasi sempre, viste le contenute oscillazioni stagionali del livello dell'acqua per la limitata permeabilità dei terreni costituenti l'acquifero. Pure nelle zone situate in prossimità del mare la falda risulta ubicata poco al di sotto del piano campagna, ad un livello appena inferiore a quello marino. La superficie piezometrica ha lievi escursioni e risulta condizionata dal livello di marea in maniera tanto più evidente quanto maggiore è la vicinanza della linea di costa e del margine lagunare e all'aumentare del grado di permeabilità dei terreni (lenti di sabbia), con intrusioni di acque salmastre nell'acquifero. Il dislivello tra il pelo libero dell'acqua del Cormor e della falda è già molto limitato nei lembi più meridionali dell'Alta Pianura. Nella zona a sud di Pozzuolo la falda freatica si trova ad una profondità di 20-25 metri dal piano campagna e con oscillazioni totali dell'ordine di 8 metri, nella zona ad ovest di Mortegliano la profondità dal piano campagna è di circa 14 metri con oscillazioni totali di 6 metri, mentre a nord di Talmassons in prossimità della S.S. 252 la falda può già arrivare nella massima oscillazione a pochi metri dal piano campagna.

Strutture arginali dell'asta fluviale

La tipologia delle strutture arginali è costituita esclusivamente da rilevati in materiali sciolti, provenienti dalle aree adiacenti, con conseguenti problemi di tenuta e di stabilità sia nel rilevato che in fondazione, insieme a notevoli esigenze di sicurezza.

I lavori per la realizzazione del canale di inalveazione del torrente Cormor sino in laguna si estesero dal 1944 al 1963, da parte del Consorzio di bonifica, come descritto nel § 1.7.

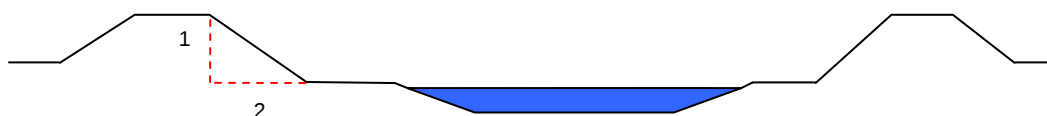


Figura 4.3.2: Rappresentazione schematica della struttura arginale dell'asta della Bassa Pianura del torrente Cormor



Figura 4.3.3: Foto degli argini della Bassa Pianura del torrente Cormor

Connessione tra alveo fluviale e drenaggi urbani

L'unico scarico diretto sul torrente Cormor nel tratto della Bassa Pianura è quello proveniente dall'abitato di Sant'Andrat, che scarica in destra idrografica poco a valle della biforcazione con il canale Moretto, in corrispondenza della cassa di espansione.

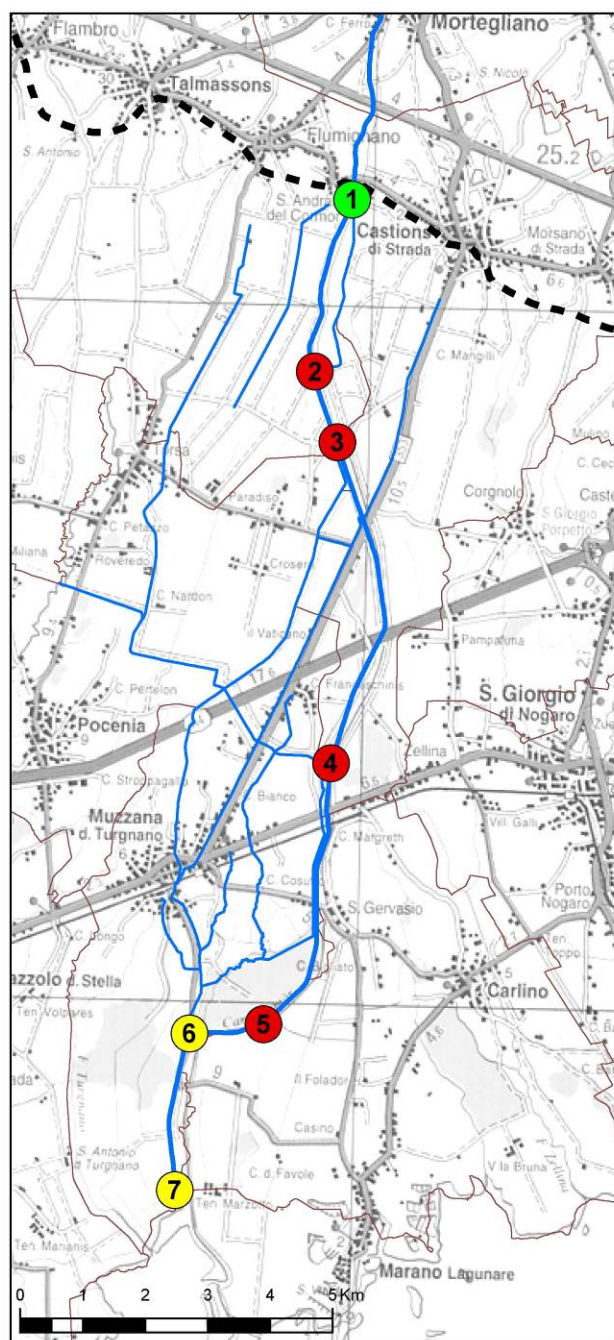
Nella Tabella 4.3.1 sono riportati a titolo conoscitivo le portate riassuntive degli scarichi provenienti dai Comuni limitrofi all'asta principale. *Foramitti* [2001]. Da sottolineare il fatto che le portate in tabella non affluiscono direttamente nell'alveo principale bensì in scoli e fossi vari.

Tabella 4.3.1: Portate del reticolo di drenaggio urbano dei Comuni della Bassa Pianura

Comune	m ³ /s
Talmassons (fr. S. Andrai – Flumignano)	2,60
Castions di Strada	2,60
Pocenia (fr. Torsa mc/s 0,20 e Paradiso mc/s 0,30)	0,50
Muzzana del Turgnano	1,90
Carlino (fr. S. Gervaso)	0,50
Totale	8,10

Connessione tra alveo del torrente, rogge, canali di bonifica e di irrigazione

Nella Figura 4.3.4 è riportata la connessione tra l'alveo fluviale del torrente Cormor ed i canali di irrigazione, distinguendo quelli in entrata (rosso) e quelli in uscita (verde) dal corso d'acqua nella zona della Bassa Pianura. In giallo sono indicati il punti di emissione ed immissione del fiume Muzzanella.

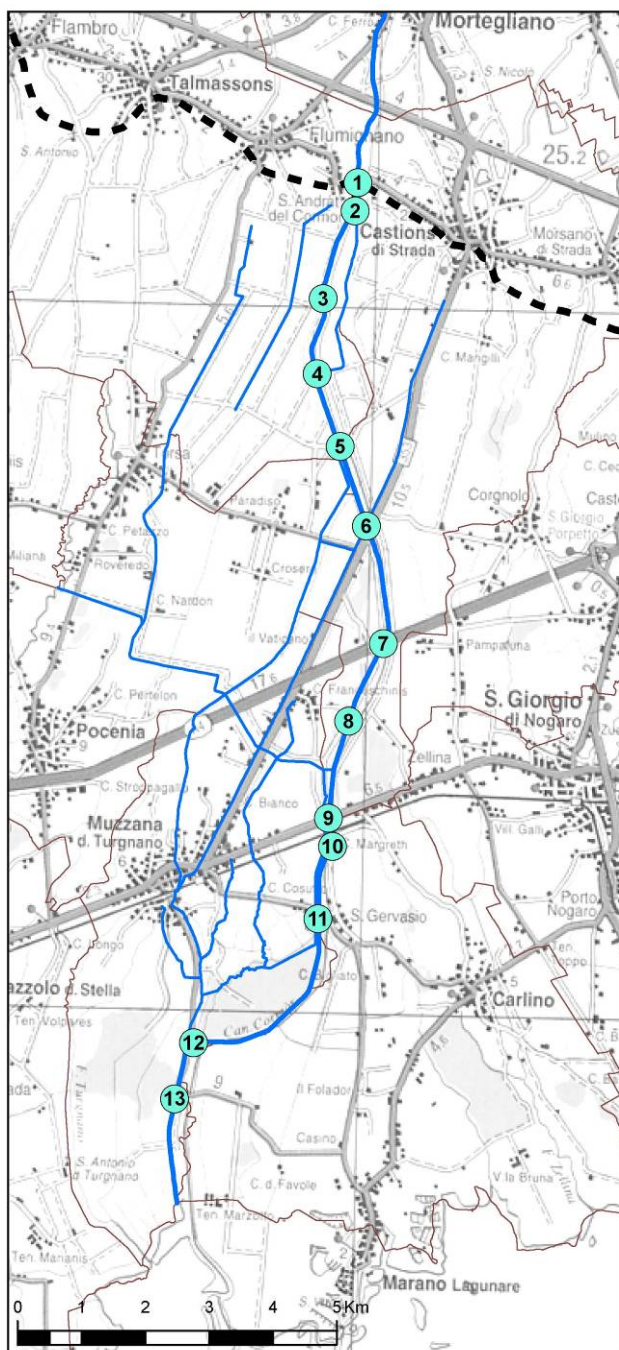


- 1) Canale Moretto uscita in sx loc. Sant'Andrat del Cormor
- 2) Canale Moretto entrata in sx loc. S. Andrai del Cormor
- 3) Rio del Lago entrata in sx Canale entrata in dx manufatti del Consorzio di Bonifica della Bassa Friulana
- 4) Canale Trasversale Medio Occidentale entrata in dx loc. Zellina
- 5) Canale entrata in sx loc. S. Gervasio (sud)
- 6) Fiume Muzzanella entrata in dx loc. Muzzana del Turgnano (sud)
- 7) Fiume Muzzanella uscita in dx verso la Laguna di Marano

Figura 4.3.4: Connessione tra l'alveo fluviale del torrente Cormor ed i canali di irrigazione nella Bassa Pianura

Interferenza con infrastrutture viarie

In Figura 4.3.5 è riportato lo stato di fatto delle infrastrutture viarie che interessano direttamente l'asta principale del torrente Cormor nella Bassa Pianura.



- 1) Ponte S.P. n° 16 Ungarica
loc. S. Andrat del Cormor
- 2) Ponte inizio cassa espansione
loc. S. Andrat del Cormor
- 3) Ponte loc. S. Andrat del Cormor
- 4) Ponte sul canale Moretto chiusura
cassa di espansione
- 5) Ponte sulla presa del Consorzio di
Bonifica della Bassa Friulana
loc. Paradiso
- 6) Ponte S.S. n° 353 della Bassa
Friulana
- 7) Ponte autostrada Venezia-Trieste
- 8) Ponte loc. Zellina
- 9) Ponte S.S. n° 14 della Venezia Giulia
loc. Zellina
- 10) Ponte ferrovia Venezia-Trieste
loc. Zellina
- 11) Ponte via Muzzana del Turignano
loc. S. Gervasio
- 12) Ponte sul Cormor vicino immissione
Muzzanella
- 13) Ponte S.P. n° 121 delle Favole
loc. Muzzana del Turignano (sud)

Figura 4.3.5: Connessione tra l'alveo fluviale del torrente Cormor le infrastrutture viarie nella Bassa Pianura

Bibliografia

- AA. VV., 1982, "Evoluzione tettonica dell'Italia nord-orientale", Soc. Cooperativa Tipografica, Padova
- Amato A., Barnaba P. F., Finetti I., Groppi G., Martinis B., 1976, "Geodynamic outline and seismicity of Friuli-Venezia Giulia Region", Boll. Geof. Teor. Appl., XIX, Trieste
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., 1988, "Applied hydrology", McGraw-Hill, New York
- Comel A., 1955, "Monografia sui terreni della Pianura Friulana. Vol. II: Genesi della pianura centrale connessa all'antico sistema fluvioglaciale del Tagliamento", Nuovi Annali Ist. Chimico Agr. Sper., 6, Gorizia
- Feruglio E., 1920, "I terrazzi della pianura pedemorenica friulana", Pubbl. Uff. Idr. R. Mag. Acque, 107, Venezia
- Foramitti R., 2001, "Sistemazione idrogeologica del torrente Cormor e del rio Tresemane in Comuni vari. Bacino di invaso denominato 'dei prati del Cormor'", Ricerca territoriale, idraulica ed urbanistica, Udine.
- Marinelli O., 1902, "Descrizione geologica dei dintorni di Tarcento in Friuli", Firenze
- Marinelli O., 1912, "I monti tra Tagliamento e Isonzo e la loro struttura", Guida delle Prealpi Giulie, S.A.F., Udine
- Martinis B., 1977, "Studio geologico dell'area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976", C.N.R., Rivista italiana Paleontologia, vol. 83 n.2, Milano
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, "Progetto CARG, Carta Geologica d'Italia 1:50.000, Foglio 066 Udine", in stampa
- Venturini C., 1988, "L'Anfiteatro morenico del Tagliamento: evidenze di archi würmiani sepolti nelle alluvioni dell' Alta Pianura Friulana e relative implicazioni glaciali e neotettoniche", Gortania, Atti Museo Friulano Storia Naturale, Udine
- Zirardo G., 1994, "Studio idrogeologico del bacino idrografico del Torrente Cormor – Geomorfologia e Geotecnica", Studio D'Orlando ed Associati srl, Udine

5

ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI

La determinazione dell'onda di progetto sul torrente Cormor si basa sullo studio delle serie storiche e dell'evoluzione spazio-temporale di eventi significativi verificatisi in passato utilizzando i dati provenienti dalle stazioni presenti all'interno del bacino idrografico collinare e di quelle poste al contorno.

Fino ai primi anni del 2000 la presenza di stazioni pluviometriche in telemisura all'interno del bacino collinare del Cormor era pressoché nulla, quindi la possibilità di conoscere gli scenari delle precipitazioni realmente verificatisi risultava molto difficoltosa e piena di incertezze in quanto basata solo sulle poche stazioni tradizionali dislocate all'esterno del bacino stesso. Per questo motivo l'elaborazione di modelli idrologici e la previsione di eventi estremi risultava poco attendibile.

L'evento dell'ottobre 1998 ha focalizzato l'attenzione sull'importanza di una adeguata conoscenza sia del territorio che dei fenomeni che lo interessano, per cui è stata avviata una campagna di monitoraggio più capillare con l'installazione di una rete di stazioni pluviometriche in telemisura.

5.1 Stazioni di rilevamento e dati disponibili

I dati di precipitazione raccolti per procedere all'elaborazione del presente progetto si riferiscono alle stazioni di rilevamento gestite dall'Ufficio Idrografico Regionale di Udine (UI) e dall'Osservatorio Meteorologico Regionale dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (Osmer).

I dati pluviometrici forniti dall'Ufficio Idrografico sono sia di tipo digitale che derivanti da lettura dei pluviogrammi. E' stato acquisito il database relativo ai massimi annuali delle piogge cumulate della durata di 3, 6, 12, 24 ore aggiornato al 1997. Tenuto conto che nel 1998 si è verificato un evento di particolare entità, si è ritenuto indispensabile aggiornare le serie storiche fino al 2003 con dati acquisiti dal personale della scrivente Autorità di bacino. Non è stato possibile arrivare al 2005 per mancata disponibilità dei dati. I dati relativi agli eventi del 5-7 ottobre 1998 e del 31 ottobre 2004 derivano dai pluviogrammi e dai file delle letture in telemisura relativi.

I dati forniti dall'Osmer sono esclusivamente pluviometrici e derivano dalla trasmissione in telemisura dalle centraline meteo posizionate sul territorio. In particolare sono stati acquisiti i dati relativi agli eventi sopra citati.

Da sottolineare la mancanza di una scala delle portate alla sezione di chiusura del bacino collinare a Colugna, dotata di idrometro, che consentirebbe il confronto dei risultati ottenuti nel modello elaborato nel presente Piano con i dati trasmessi dallo strumento.

La Figura 5.1.1 riporta, rispetto al perimetro del bacino collinare del torrente Cormor, la localizzazione delle stazioni pluviometriche di cui sono stati acquisiti i dati. Sono distinte per gestore, Ufficio Idrografico ed Osmer, e tipo di strumentazione attualmente installata, tradizionale o in telemisura.

Nella Tabella 5.1.1 è riportato l'elenco completo delle stazioni pluviometriche con le relative coordinate topografiche Gauss-Boaga.

Il pluviografo è uno strumento che registra la precipitazione su un diagramma o su un supporto magnetico. Alcune stazioni trasmettono direttamente in telemetria ad una banca dati l'andamento dell'altezza di pioggia in funzione del tempo. La misura avviene per mezzo di una doppia vaschetta basculante di forma trapezia: la pioggia raccolta da un imbuto va a riempire una delle due vaschette che, per l'azione del peso, una volta riempita, ruota su di un perno e si svuota mettendo l'altra vaschetta vuota sotto la raccolta dell'acqua. Questo scatto viene trasmesso ad un pennino scrivente su di un tamburo rotante mosso da un sistema ad orologeria che, ogni 0.2 mm di pioggia caduta, lascia una traccia su un supporto di carta diagrammata avvolto sul tamburo rotante; se non piove il pennino disegna una linea orizzontale. Il tempo di rotazione dell'intero tamburo è di una settimana. La bocca del pluviometro deve essere collocata orizzontale e sempre all'altezza standard di 170 cm da terra.

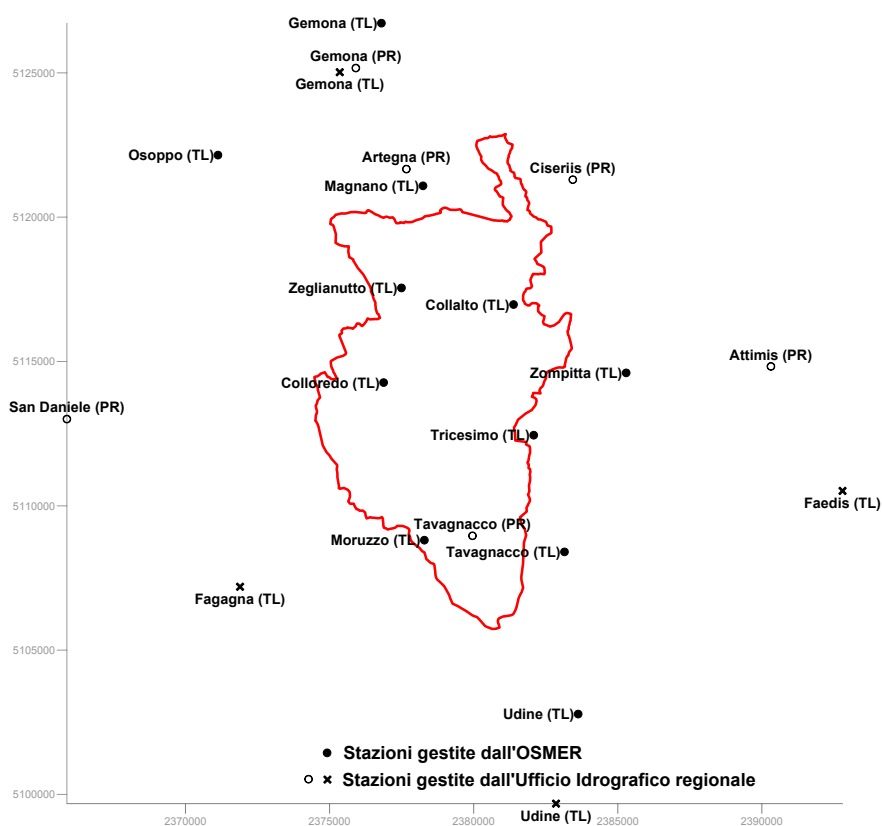


Figura 5.1.1:
Mappa delle stazioni pluviometriche posizionate rispetto al perimetro del bacino idrografico collinare del torrente Cormor con sezione di chiusura a Colugna. Si distingue la strumentazione installata nelle singole stazioni: PR: Pluviografo tradizionale TL: Pluviometro in telemisura

Per lo studio delle serie storiche e la determinazione della distribuzione dei valori estremi sono stati utilizzati i dati pluviometrici relativi ai massimi annuali di 3, 6, 12, 24 ore delle stazioni di lunga durata ed anche di quelle di Moruzzo e Tavagnacco, significative per l'evento del 5-7 ottobre 1998. La Tabella 5.1.2 riporta l'elenco di tali stazioni con il relativo periodo di disponibilità dei dati.

Nella Tabella 5.1.2, gli anni riportati nella colonna "periodo di disponibilità dati" non sono riferiti al periodo di funzionamento dello strumento installato, bensì agli anni in cui la completezza dei dati ha permesso la determinazione dei massimi annuali. Nella colonna riservata alle "note" sono indicati gli anni in cui non è stato possibile ricavare tali dati.

Descrizione a parte merita la stazione pluviografica di Udine (Figura 5.1.3), la cui storia è particolarmente articolata in quanto più volte dislocata in diverse zone della città:

- ☐ fino al 1950 è ubicata presso l'Istituto Cecconi (Ex Malignani)
- ☐ dal 1951 al 1967 è ubicata sulla torre del Castello di Udine
- ☐ dal 1968 al 1983 è spostata in Piazza I Maggio
- ☐ dal 1984 al 2003 viene spostata a Pasian di Prato
- ☐ nel 1993 viene installata una nuova stazione pluviometrica in telemisura nel giardino del Castello di Udine.

STAZIONE	Strumento installato	Anno installazione	Gestore	COORDINATE	
Moruzzo	TL	1923	UI	2378289,07	5108809,58
Tavagnacco	TL	1910	UI	2383150,48	5108404,03
Colloredo	TL		UI	2376875,33	5114269,78
Zeglianutto	TL		UI	2377494,06	5117548,42
Tricesimo	TL		UI	2382083,24	5112446,84
Collalto	TL		UI	2381383,02	5116973,06
Magnano	TL		UI	2378240,71	5121085,53
Gemona	PR	1922	UI	2375910,98	5125165,72
Zompitta	TL	1967	UI	2385290,79	5114606,36
Udine	TL	1909	UI	2383625,31	5102785,72
Osoppo	TL		UI	2371127,05	5122150,50
Faedis	TL	1990	Osmer	2392798,42	5110517,62
Udine	TL	1991	Osmer	2382857,00	5099682,31
Gemona	TL	1999	Osmer	2375353,92	5125021,86
Fagagna	TL	1990	Osmer	2371892,91	5107195,27
Ciseriis	PR	1919	UI	2383438,67	5121298,90
Artegna	PR	1971	UI	2377665,00	5121665,00
Attimis	PR	1920	UI	2390313,26	5114830,29
Tavagnacco	PR	1910	UI	2379958,65	5108961,82
Gemona	TL		UI	2376799,00	5126720,30
San Daniele	PR	1910	UI	2365885,00	5113005,00

Tabella 5.1.1:
Stazioni pluviometriche di cui sono stati acquisiti i dati e relative coordinate Gauss-Boaga.
Accanto alla stazione è indicato il tipo di strumentazione di cui le stazioni sono dotate:
PR: Pluviografo tradizionale
TL: Pluviometro in telemisura

STAZIONE	Periodo di diponibilità dati	Note
Gemona	1922 - 2003	anni 1944, 1950-1954 mancano massimi annuali
Zompitta	1921 - 1996	anni 1927-1928, 1932, 1939, 1941, 1943-1945, 1951-1967 mancano massimi annuali
Moruzzo	1924 - 1996	anni 1929, 1952- 1954, 1986-1987 mancano massimi annuali
Ciseriis	1921 - 2003	anni 1979-1980, 1987 mancano massimi annuali
S. Daniele	1922 - 1997	anni 1929, 1932, 1944 mancano massimi annuali; dismessa nel 1998
Tavagnacco	1921 - 2001	anni 1923, 1936, 1939, 1943, 1951-1954, 1964- 1985, 2002- 2003 mancano massimi annuali
Udine	1922 - 2002	anni 1923, 1925-1926, 1930, 1944-1945, 2003 mancano massimi annuali

Tabella 5.1.2:
Stazioni utilizzate per lo studio delle serie storiche e la determinazione della distribuzione ai valori estremi.



Figura 5.1.2:
Stazione pluviometrica di Udine.
Funzionante dal 1909, presenta una serie storica estesa permettendo di condurre una buona analisi degli eventi estremi



Figura 5.1.3:
Stazione pluviometrica di Gemona.
E' funzionante dal 1922 e, data la buona completezza dei dati, permette un'elaborazione particolarmente attendibile. È dotata di pluviometro, pluviografo, termometro

5.2 Serie storiche dei massimi annuali

La serie storica dei massimi annuali rappresenta la successione dei massimi valori di precipitazione cumulata di durata 3, 6, 12, 24 ore, raccolti per le stazioni pluviometriche già descritte nel § 5.1.

La conoscenza dell'andamento in funzione del tempo delle grandezze idrologiche è di fondamentale importanza per identificare la struttura statistica con la quale gli eventi si manifestano, permettendo così di effettuare delle proiezioni temporali e quindi consentire una progettazione attendibile.

Nelle seguenti Figure 5.2.1 ÷ 5.2.4 sono presentati i grafici relativi alle serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni di durate 3, 6, 12, 24 ore per ciascuna delle stazioni pluviometriche a disposizione rappresentate, secondo un ordine gerarchico, in funzione della numerosità del campione e della loro rappresentatività del bacino.

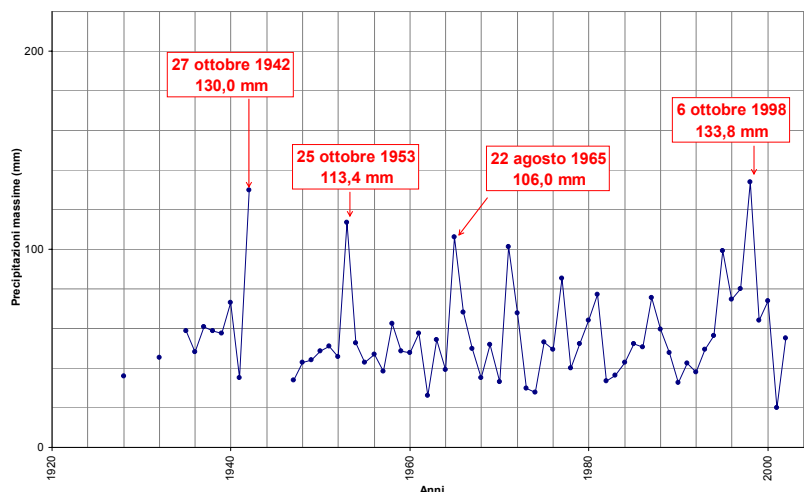


Figura 5.2.1 (a):
Stazione di Udine
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

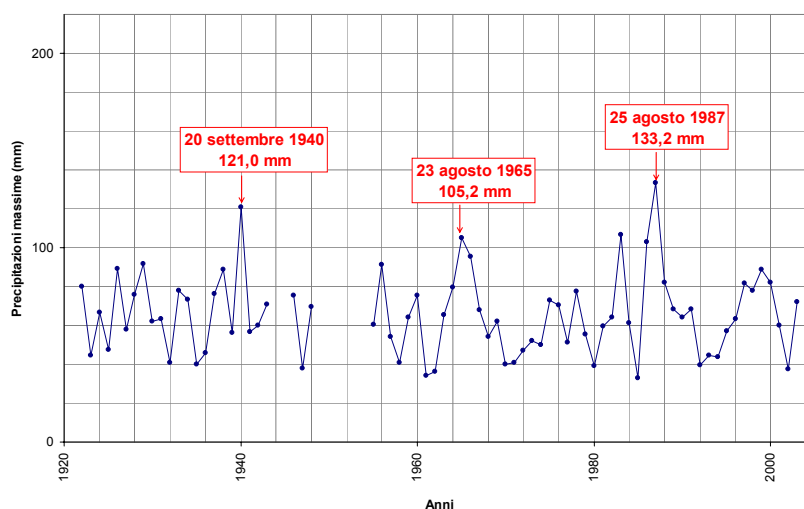


Figura 5.2.1 (b):
Stazione di Gemona
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

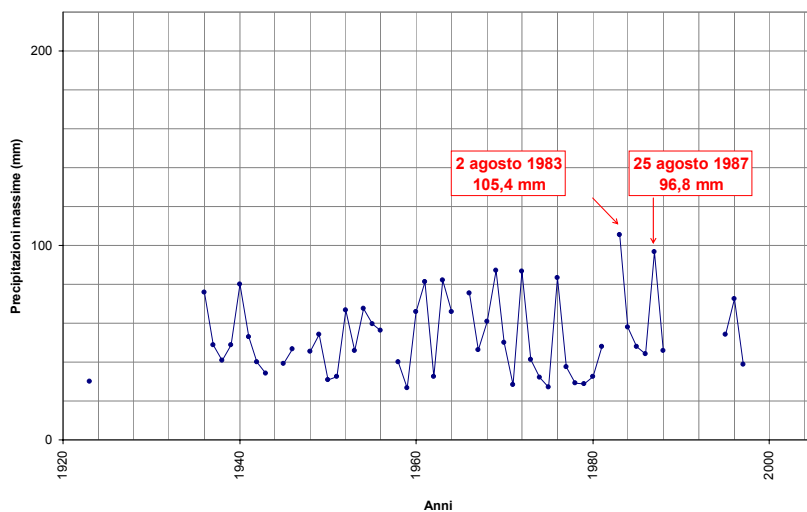


Figura 5.2.1 (c):
Stazione di San Daniele
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

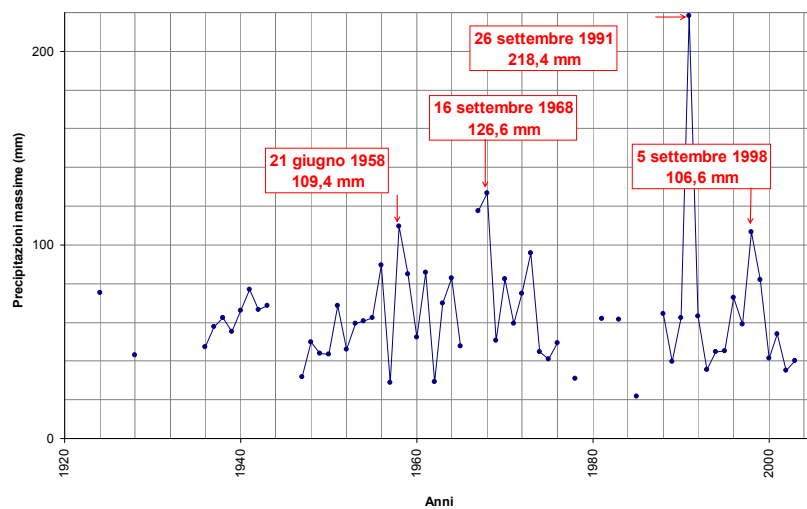


Figura 5.2.1 (d):
Stazione di Ciseriis
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

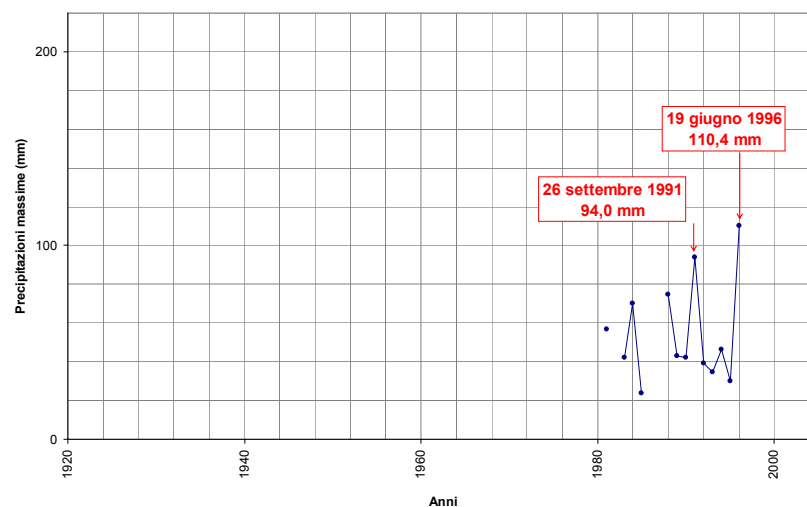


Figura 5.2.1 (e):
Stazione di Moruzzo
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

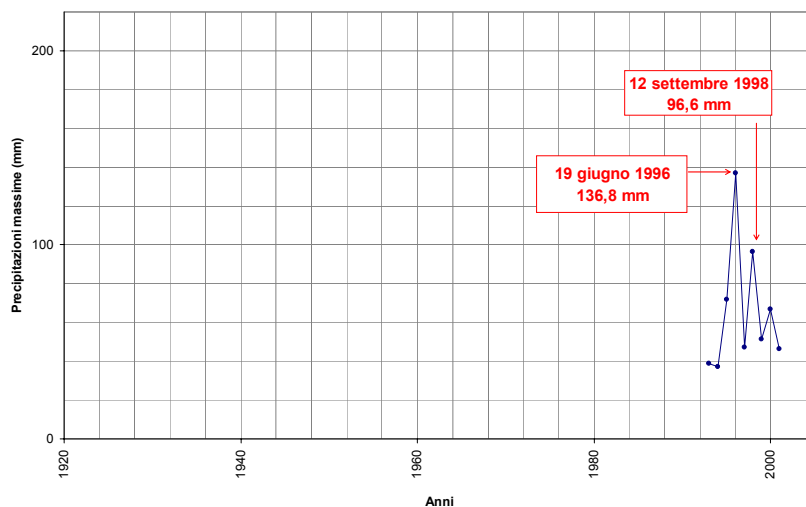


Figura 5.2.1 (f):
Stazione di Tavagnacco
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

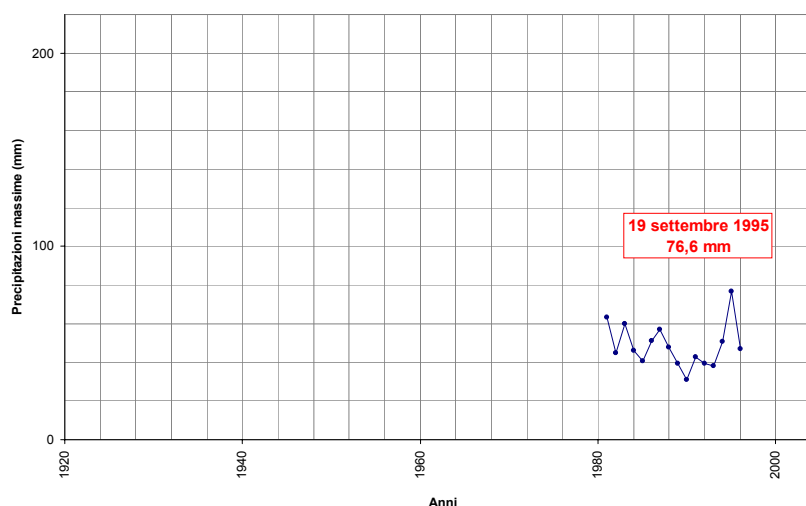


Figura 5.2.1 (g):
Stazione di Zompitta
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 3 ore

In tutte le stazioni pluviometriche analizzate, ad eccezione di San Daniele, Zompitta e Moruzzo, sono presenti dei picchi di precipitazione della durata di 3 ore superiori ai 100 mm. In particolare nella stazione di Ciseriis è stato registrato, in occasione dell'evento del 26 settembre 1991, un valore massimo di 218,4 mm.

Si osserva inoltre la bontà delle serie storiche di Udine, Gemona e San Daniele che presentano una discreta continuità di informazioni.

Il trend delle stazioni risulta essere pressoché costante, fatta eccezione per le stazioni di Moruzzo, Tavagnacco e Zompitta, per le quali non è possibile fare delle considerazioni avendo un numero troppo limitato di dati.

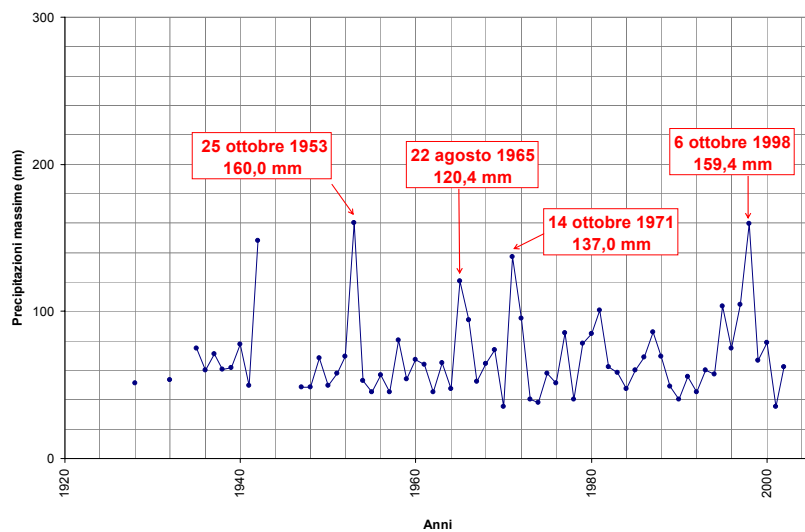


Figura 5.2.2 (a):
Stazione di Udine
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 6 ore

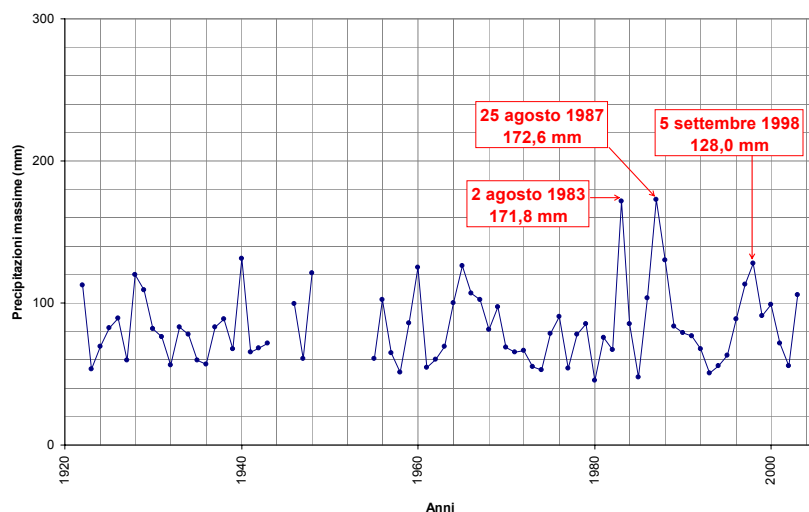


Figura 5.2.2 (b):
Stazione di Gemona
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 6 ore

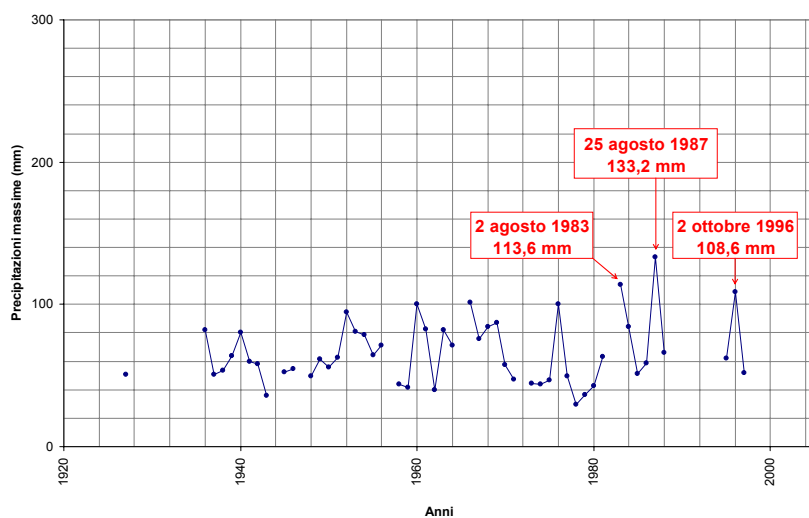


Figura 5.2.2 (c):
Stazione di San Daniele
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 6 ore

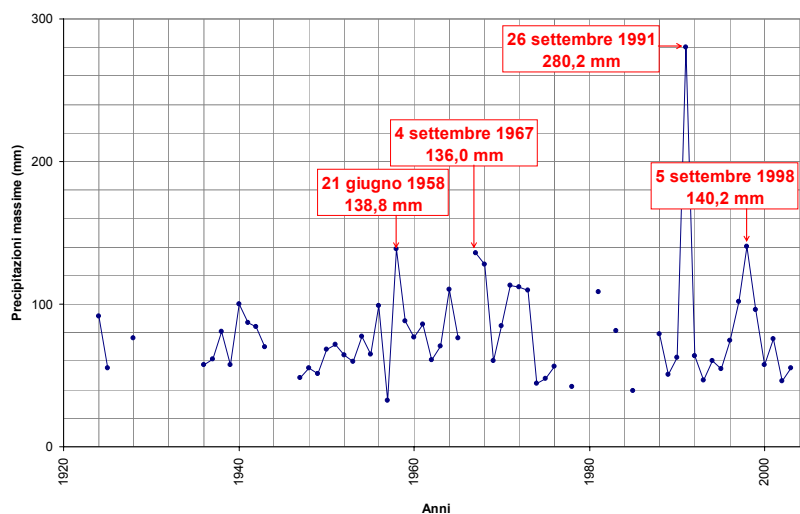


Figura 5.2.2 (d):
Stazione di Ciseris
Serie storica dei massimi
annuali delle
precipitazioni di durata 6
ore

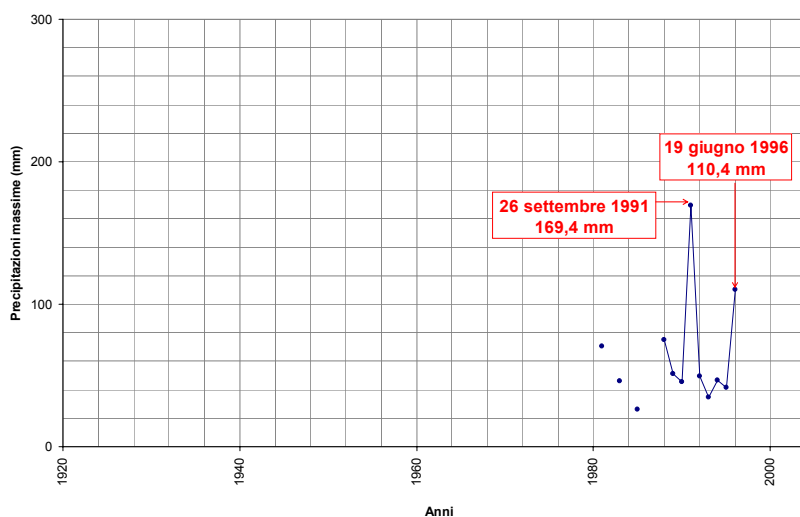


Figura 5.2.2 (e):
Stazione di Moruzzo
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 6 ore

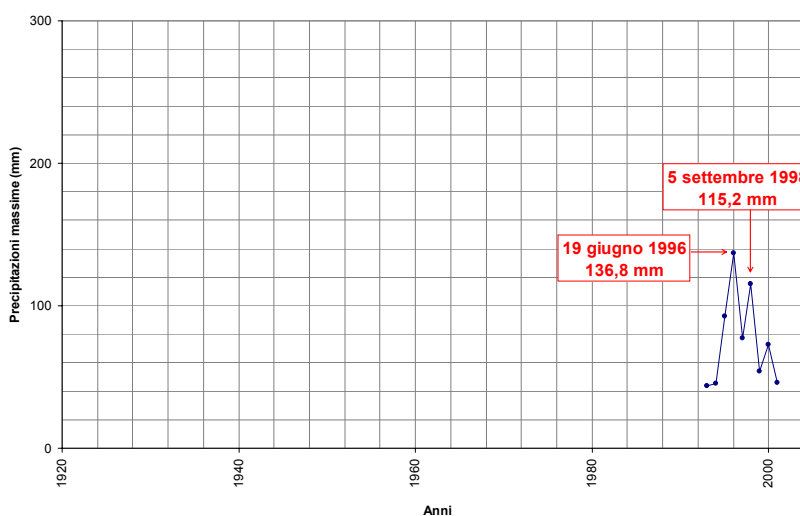


Figura 5.2.2 (f):
Stazione di Tavagnacco
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 6 ore

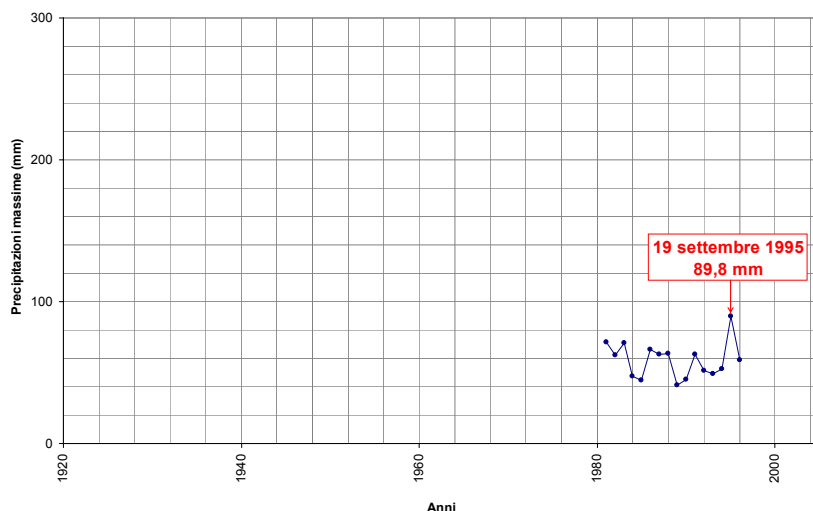


Figura 5.2.2 (g):
Stazione di Zompitta
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 6 ore

La stazione pluviometrica di Ciseriis, anche per le durate di 6 ore, ha registrato un valore eccezionale pari a 280,2 mm in occasione dell'evento del 26 settembre 1991, evento questo che risulta essere massimo anche per la stazione di Moruzzo.

Si osserva inoltre che per le stazioni di Gemona e San Daniele i due valori massimi mai registrati corrispondono entrambi agli eventi 2 agosto 1983 e 25 agosto 1987.

Dal grafico relativo alla stazione di Zompitta, infine, si può notare come la stazione presenti valori nettamente inferiori rispetto alle altre.

Riguardo al trend delle stazioni valgono le stesse considerazioni fatte per le serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 3 ore.

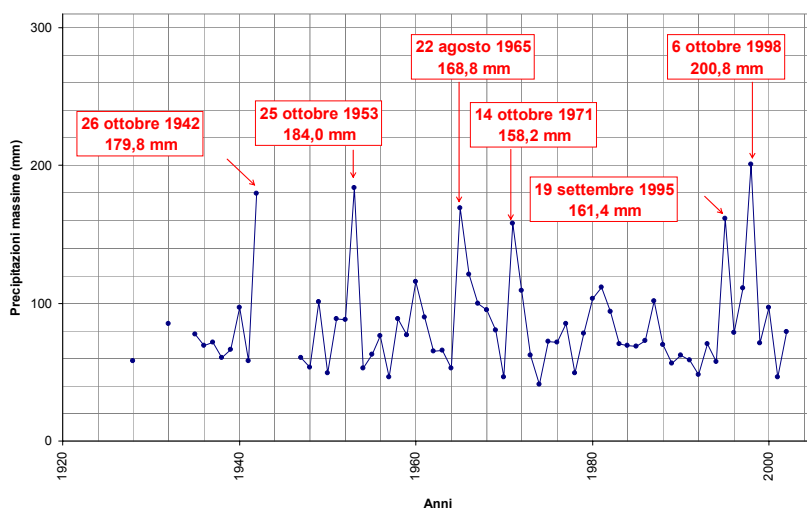


Figura 5.2.3 (a):
Stazione di Udine
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

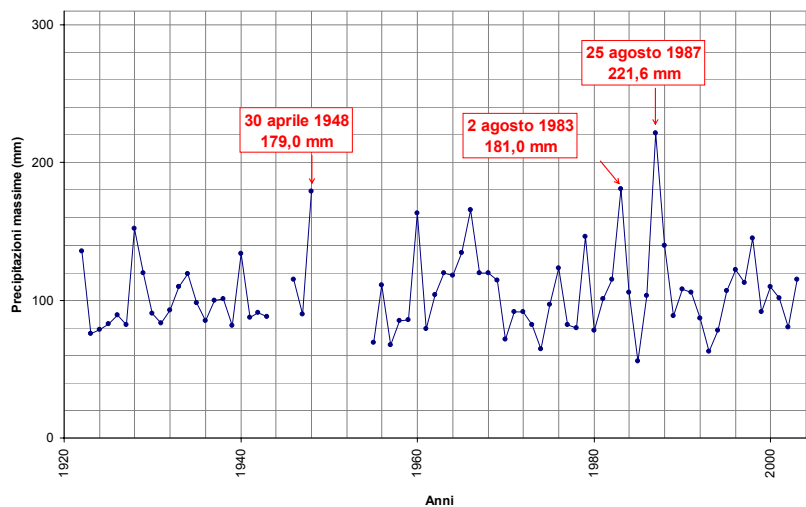


Figura 5.2.3 (b):
Stazione di Gemona
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

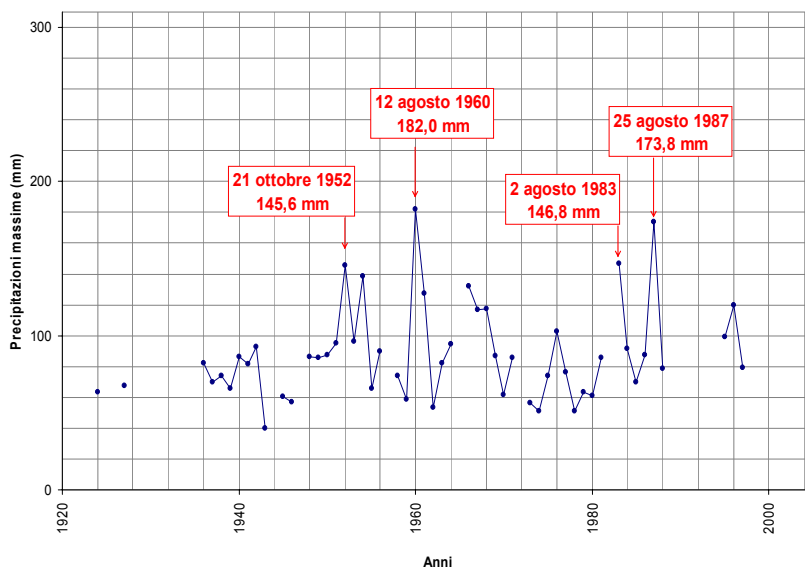


Figura 5.2.3 (c):
Stazione di San Daniele
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

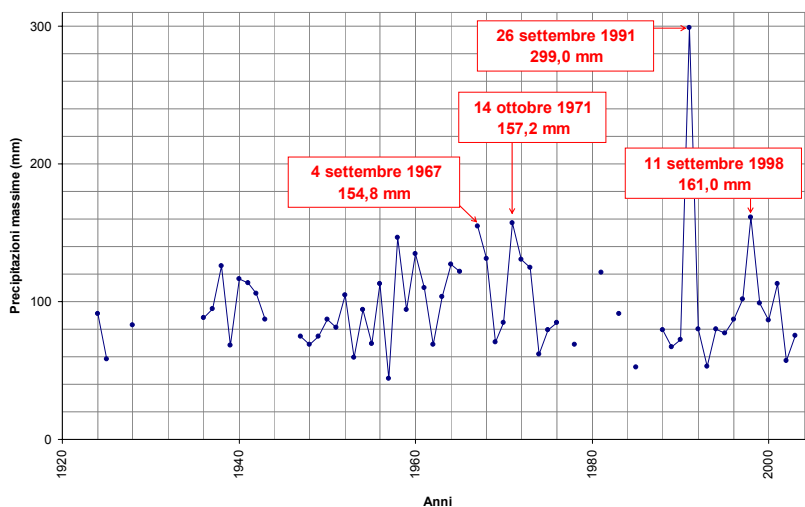


Figura 5.2.3 (d):
Stazione di Ciseriis
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

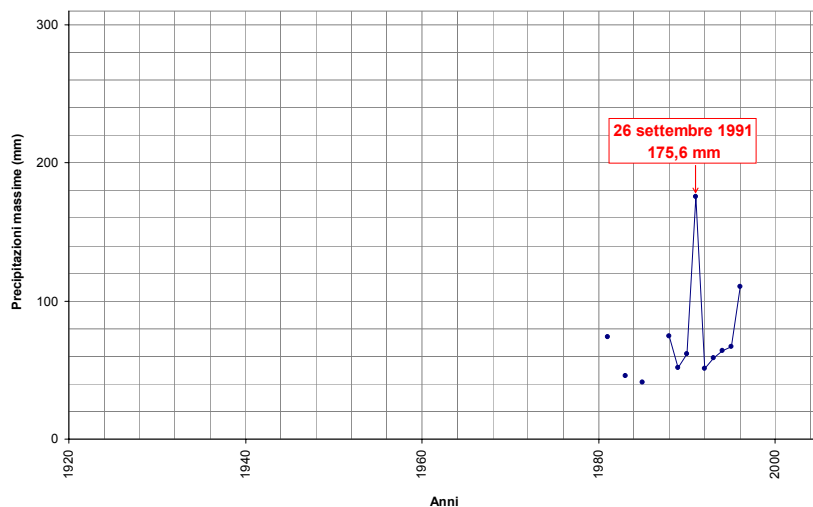


Figura 5.2.3 (e):
Stazione di Moruzzo
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

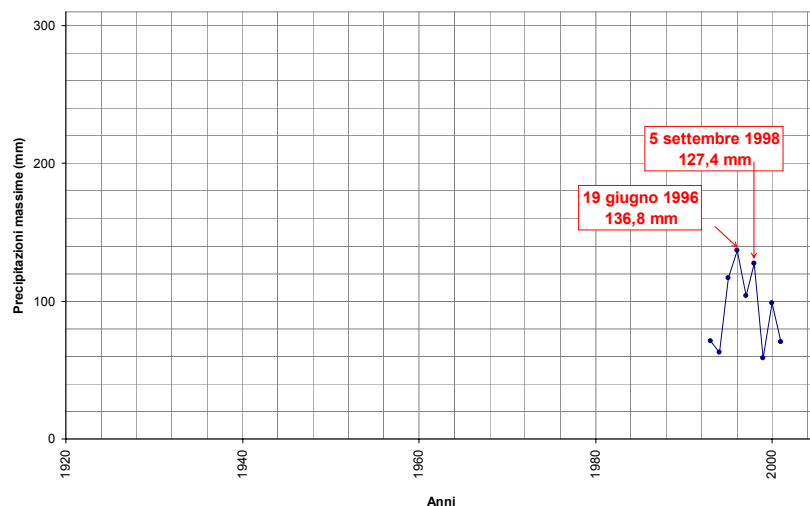


Figura 5.2.3 (f):
Stazione di Tavagnacco
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

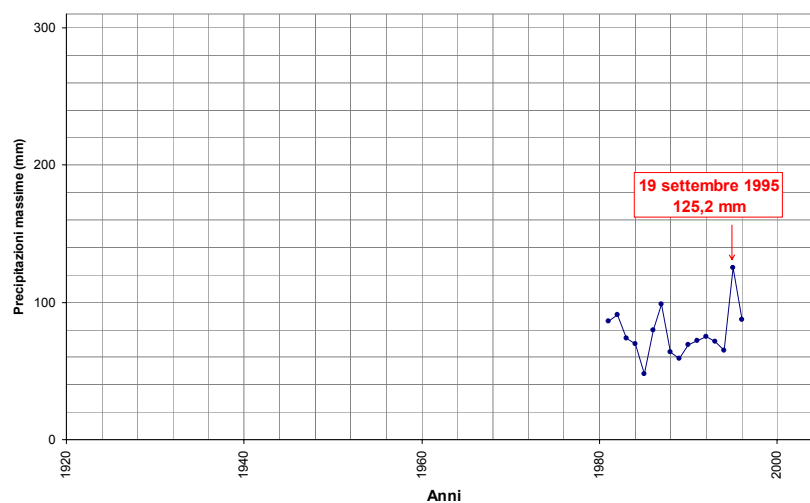


Figura 5.2.3 (g):
Stazione di Zompitta
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 12 ore

Analizzando i grafici riportanti le serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 12 ore, si osserva che valgono le stesse considerazioni fatte per le durate di 6 ore.

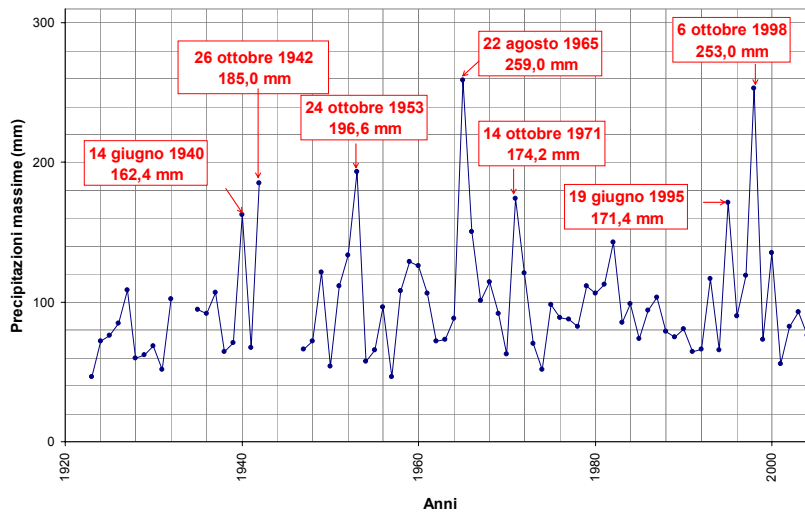


Figura 5.2.4 (a):
Stazione di Udine
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

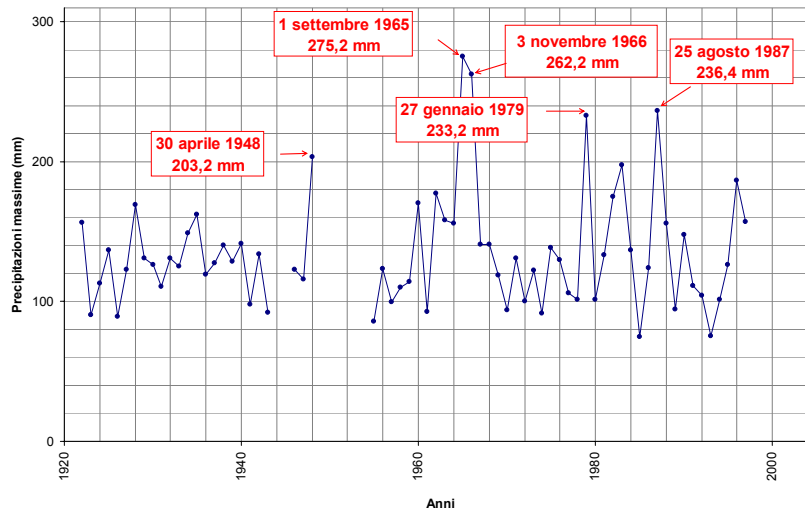


Figura 5.2.4 (b):
Stazione di Gemona
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

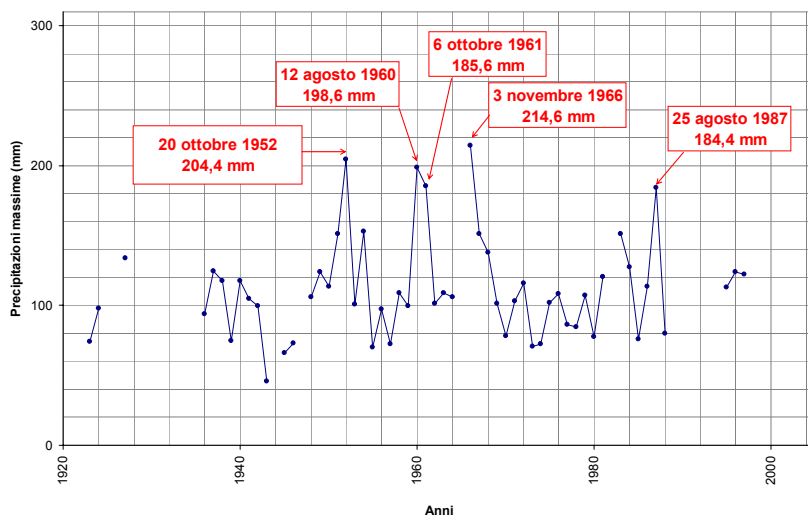


Figura 5.2.4 (c):
Stazione di San Daniele
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

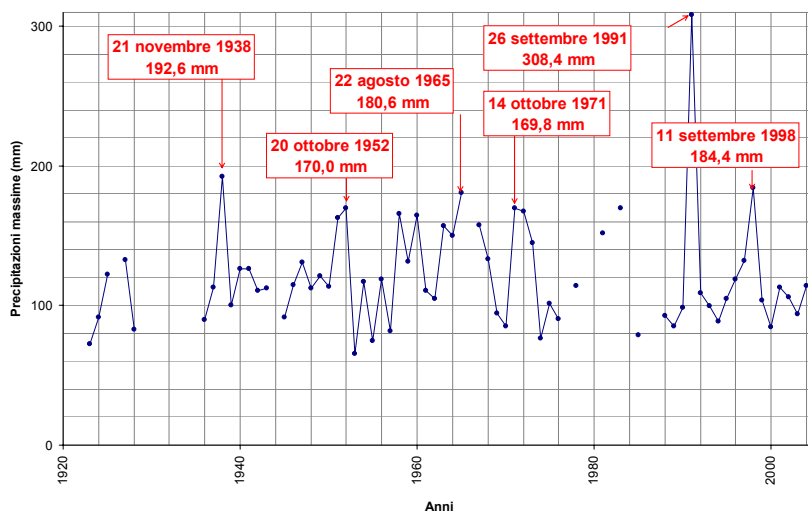


Figura 5.2.4 (d):
Stazione di Ciseriis
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

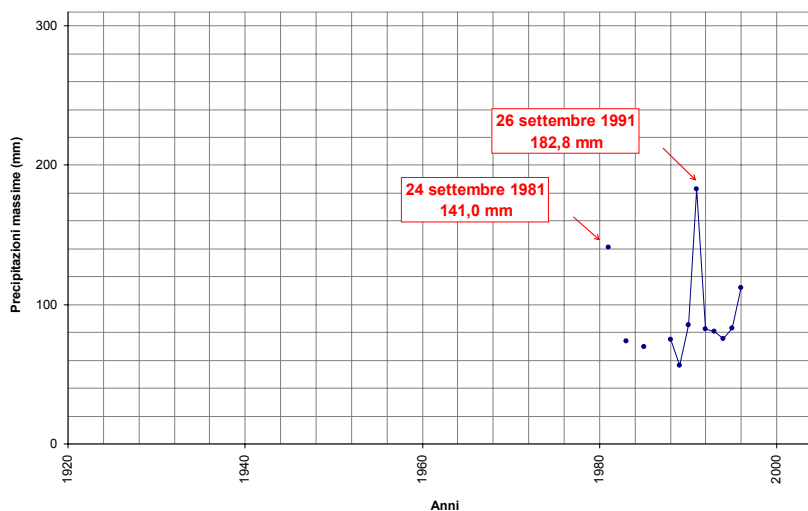


Figura 5.2.4 (e):
Stazione di Moruzzo
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

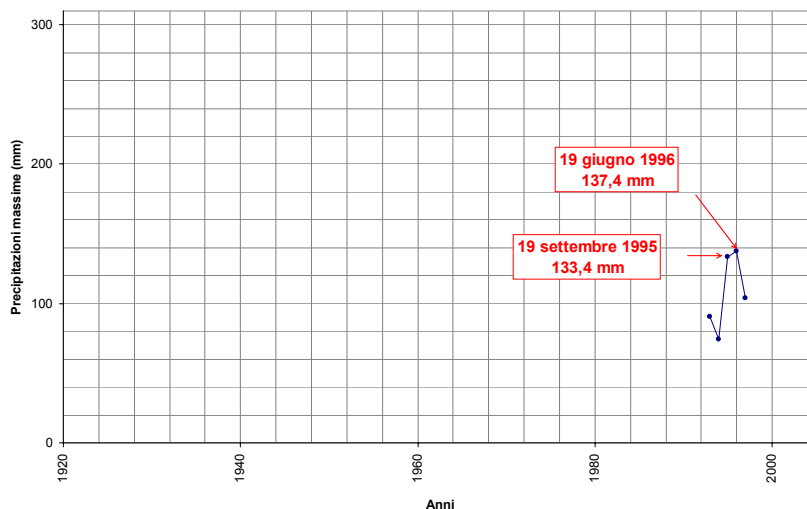


Figura 5.2.4 (f):
Stazione di Tavagnacco
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

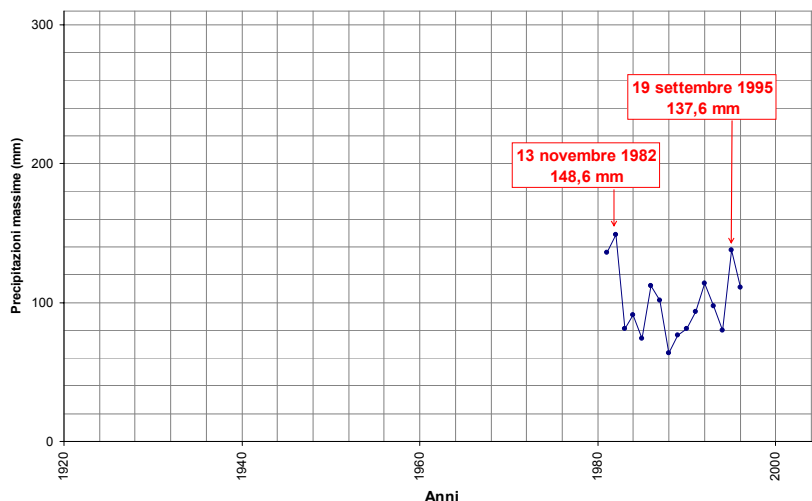


Figura 5.2.4 (g):
Stazione di Zompitta
Serie storica dei massimi
annuali delle precipitazioni
di durata 24 ore

Non ci sono particolari variazioni per quel che riguarda le serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 24 ore rispetto alle considerazioni per le serie di durate di 6, 12 ore.

La ricerca di eventuali simultaneità di eventi nei valori massimi annuali ha evidenziato delle difficoltà oggettive dovute al fatto che in particolari eventi, tra cui quelli del 26 settembre 1991 e 5-7 ottobre 1998, alcune stazioni hanno registrato delle anomalie nel funzionamento della strumentazione, non consentendo quindi la determinazione dei massimi annuali.

5.3 Analisi degli eventi estremi

Per studiare come si distribuiscono le altezze di pioggia per determinati intervalli in una data stazione.

La distribuzione di Gumbel, conosciuta anche come “legge dei valori estremi”, a differenza di altri tipi di distribuzione, non richiede la conoscenza di tutti i dati, ma individua una distribuzione partendo dai dati a disposizione, relativi ai massimi annuali di precipitazione, registrati durante la vita di una stazione. *Gumbel E. J. [2004]*.

Visto il limitato numero di stazioni pluviometriche presenti all'interno del bacino di interesse, al fine di rappresentare il carattere stocastico e quindi di analizzare come si distribuiscono le altezze di pioggia nelle singole stazioni, si è proceduto all'elaborazione della distribuzione di Gumbel per tutte le stazioni a disposizione, incluse quindi quelle poste in prossimità del bacino, anche se esterne.

Alle precipitazioni di massima durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi fra loro indipendenti, può applicarsi la seguente distribuzione:

$$F(z) = \exp[-\exp(-z)] \quad (5.3.1)$$

La grandezza z , funzione del tempo di ritorno Tr , è detta variabile ridotta ed è data dall'espressione $z = \alpha(x - u)$.

La grandezza x rappresenta la variabile aleatoria, mentre α, u sono i parametri della distribuzione. In particolare, α è il parametro di intensità della distribuzione, mentre u è la moda della distribuzione e rappresenta il valore con massima frequenza probabile.

Per calcolare i valori dei parametri α, u , Gumbel applica in modo originale il metodo dei minimi quadrati misti. Il parametro α è dato così dal rapporto tra lo scarto quadratico medio della variabile ridotta $\sigma_z(n)$, funzione della numerosità del campione, e lo scarto quadratico medio della variabile originaria, $\sigma_x(n)$, calcolato sulla base dei dati campionari:

$$\alpha = \frac{\sigma_z(n)}{\sigma_x(n)} \quad (5.3.2)$$

Il parametro u è funzione del valore medio della variabile originaria $\bar{x}$ e del valor medio della variabile ridotta $\mu_z(n)$:

$$u = \bar{x} - \frac{1}{\alpha} \mu_z(n) \quad (5.3.3)$$

I valori dello scarto quadratico medio della variabile ridotta $\sigma_z(n)$ ed il valore medio della variabile ridotta $\mu_z(n)$ si ottengono, in funzione della numerosità del campione, dalla tabella proposta da Gumbel (Tabella 5.3.1). *Gumbel [2004]*

Per campioni molto numerosi ($n \rightarrow \infty$) si ha:

$$\mu(z) \rightarrow \gamma = 0.57722 \quad (5.3.4)$$

$$\sigma(z) \rightarrow \frac{\pi}{\sqrt{6}} = 1.28255 \quad (5.3.5)$$

e quindi il metodo dei minimi quadrati equivale al metodo dei momenti.

Come si può notare dalla Tabella 5.3.1, il metodo dei minimi quadrati di Gumbel per la stima dei parametri α e u , impone alla numerosità del campione un limite inferiore di applicabilità pari a 8, mentre non presenta alcun limite superiore.

Per le stazioni pluviometriche di Moruzzo Tavagnacco, come si illustrerà più in dettaglio nel seguito del capitolo, i dati a disposizione sono in numero piuttosto limitato e quindi l'applicazione del metodo dei minimi quadrati, oltre a risultare a volte inapplicabile, diventa anche poco preciso.

Un metodo per il calcolo dei parametri α e u adatto a campioni a bassa numerosità è il cosiddetto metodo della massima verosimiglianza, opportunamente corretto da Kimball. *Kimball* [1956].

N	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$	N	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$	N	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$
8	.4843	.9043	35	.54034	1.12847	64	.5533	1.1793
9	.4902	.9288	36	.5410	1.1313	66	.5538	1.1814
10	.4952	.9497	37	.5418	1.1339	68	.5543	1.1834
11	.4996	.9676	38	.5424	1.1363	70	.55477	1.18536
12	.5035	.9833	39	.5430	1.1388	72	.5552	1.1873
13	.5070	.9972	40	.54362	1.14132	74	.5557	1.1890
14	.5100	1.0095	41	.5442	1.1436	76	.5561	1.1906
15	.5128	1.02057	42	.5448	1.1458	78	.5565	1.1923
16	.5157	1.0316	43	.5453	1.1480	80	.55688	1.19382
17	.5181	1.0411	44	.5458	1.1499	82	.5572	1.1953
18	.5202	1.0493	45	.54630	1.15185	84	.5576	1.1967
19	.5220	1.0566	46	.5468	1.1538	86	.5580	1.1980
20	.52355	1.06283	47	.5473	1.1557	88	.5583	1.1994
21	.5252	1.0696	48	.5477	1.1574	90	.55860	1.20073
22	.5268	1.0754	49	.5481	1.1590	92	.5589	1.2020
23	.5283	1.0811	50	.54854	1.16066	94	.5592	1.2032
24	.5296	1.0864	51	.5489	1.1623	96	.5595	1.2044
25	.53086	1.09145	52	.5493	1.1638	98	.5598	1.2055
26	.5320	1.0961	53	.5497	1.1653	100	.56002	1.20649
27	.5332	1.1004	54	.5501	1.1667	150	.56461	1.22534
28	.5343	1.1047	55	.5504	1.1681	200	.56715	1.23598
29	.5353	1.1086	56	.5508	1.1696	250	.56878	1.24292
30	.53622	1.11238	57	.5511	1.1708	300	.56993	1.24786
31	.5371	1.1159	58	.5515	1.1721	400	.57144	1.25450
32	.5380	1.1193	59	.5518	1.1734	500	.57240	1.25880
33	.5388	1.1226	60	.55208	1.17467	750	.57377	1.26506
34	.5396	1.1255	62	.5527	1.1770	1000	.57450	1.26851
						∞	.57722	1.28255

Tabella 5.3.1:
Valori dello scarto quadratico medio della variabile ridotta $\sigma_z(n)$ e la variabile ridotta $\mu_z(n)$ in funzione della numerosità del campione per la stima dei parametri α e u della distribuzione di Gumbel

La stima dei parametri con il metodo della massima verosimiglianza conduce a due espressioni, $\frac{1}{\alpha}$ ed u :

$$\frac{1}{\alpha} = \bar{x} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i e^{-\alpha x_i}}{e^{-\alpha x_i}} \quad (5.3.6)$$

$$u = -\frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-\alpha x_i} \right] \quad (5.3.7)$$

Tali soluzioni sono affette però da distorsioni, per correggere le quali Kimball ha introdotto un metodo che stima la quantità $\hat{\beta}$:

$$\hat{\beta} = \bar{x} - \sum_{i=1}^n x_i \left[\frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \right) \right] \quad (5.3.8)$$

dove i valori x_i sono ordinati in ordine crescente.

Dalla (5.3.4), applicando un coefficiente correttivo b_n che è tabellato in funzione dell'ampiezza del campione, si ottiene l'espressione del parametro α :

$$\frac{1}{\hat{\alpha}} = \hat{\beta} \cdot b_n \quad (5.3.9)$$

La Tabella 5.3.2 riporta i valori del coefficiente correttivo b_n per campioni con un numero di dati compreso tra 2 e 112.

Per la stima del parametro u secondo Kimball si utilizza l'espressione:

$$\hat{u} = \hat{\hat{u}} - \frac{1}{\hat{\alpha}} \left[\gamma + \ln n - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{i} \right] \quad (5.3.10)$$

dove γ è la costante di Eulero e n la numerosità del campione, con:

$$\hat{\hat{u}} = -\frac{1}{\hat{\alpha}} \ln \left[\frac{1}{n} \sum e^{-\hat{\alpha} x_i} \right] \quad (5.3.11)$$

L'espressione $z = \alpha(x - u)$ permette di ottenere la linearizzazione della distribuzione di Gumbel su un piano (z, x) mediante la retta di equazione $x = \frac{1}{\alpha} z + u$, dove z assume valori compresi tra -2 e 7.

Per mettere in relazione la variabile ridotta z con il tempo di ritorno Tr si adotta la seguente espressione:

$$z = -\ln \left[-\ln \left(\frac{Tr-1}{Tr} \right) \right] \quad (5.3.12)$$

Alla stima dei valori x caratterizzati ciascuno da un tempo di ritorno Tr fissato, è possibile associare la varianza della stima. In questo modo, oltre alla distribuzione di Gumbel, si può rappresentare anche un intervallo di confidenza $(\bar{x} \pm \sigma)$.

Naturalmente il valore di sigma risulta maggiore per le stazioni con campione ridotto, mentre diminuisce all'aumentare del numero di dati a disposizione per le singole stazioni.

N	b_n	N	b_n	N	b_n	N	b_n	N	b_n
1	0	26	1.0881	51	1.0460	76	1.0315	101	1.0210
2	2.8854	27	1.0849	52	1.0452	77	1.0311	102	1.0238
3	1.9606	28	1.0820	53	1.0444	78	1.0307	103	1.0236
4	1.6503	29	1.0792	54	1.0436	79	1.0303	104	1.0234
5	1.4941	30	1.0767	55	1.0428	80	1.0300	105	1.0232
6	1.3997	31	1.0743	56	1.0421	81	1.0296	106	1.0229
7	1.3363	32	1.0720	57	1.0414	82	1.0293	107	1.0227
8	1.2907	33	1.0699	58	1.0407	83	1.0289	108	1.0225
9	1.2563	34	1.0679	59	1.0401	84	1.0286	109	1.0223
10	1.2294	35	1.0661	60	1.0394	85	1.0283	110	1.0222
11	1.2078	36	1.0613	61	1.0388	86	1.0280	111	1.0220
12	1.1900	37	1.0626	62	1.0382	87	1.0277	112	1.0218
13	1.1751	38	1.0610	63	1.0376	88	1.0274		
14	1.1625	39	1.0595	64	1.0371	89	1.0271		
15	1.1516	40	1.0581	65	1.0365	90	1.0268		
16	1.1421	41	1.0567	66	1.0360	91	1.0265		
17	1.1337	42	1.0555	67	1.0355	92	1.0263		
18	1.1261	43	1.0512	68	1.0350	93	1.0260		
19	1.1198	44	1.0530	69	1.0345	94	1.0257		
20	1.1139	45	1.0519	70	1.0310	95	1.0255		
21	1.1085	46	1.0508	71	1.0336	96	1.0252		
22	1.1037	47	1.0498	72	1.0331	97	1.0250		
23	1.0993	48	1.0488	73	1.0327	98	1.0247		
24	1.0952	49	1.0478	74	1.0323	99	1.0245		
25	1.0915	50	1.0469	75	1.0319	100	1.0243		

Tabella 5.3.2:
Coefficiente correttivo
per l'applicazione del
metodo di Kimball
 $\sigma_x(n)$ in funzione della
numerosità del
campione per la stima
dei parametri α e u
della distribuzione di
Gumbel

Ciascuna delle stazioni considerate ai fini dell'elaborazione della distribuzione di Gumbel possiede una propria storia ed una quantità di dati più o meno consistente, in particolare ci si trova di fronte ad alcune stazioni (Moruzzo e Tavagnacco) che presentano pochi dati, fornendo di conseguenza un'informazione limitata ed incerta. Andando ad elaborare i dati pluviometrici delle singole stazioni si otterranno di conseguenza dei parametri α e u anch'essi incerti.

Mentre il valore medio per pochi dati relativi ad una stessa stazione si consolida abbastanza bene, la varianza diventa molto incerta anche adottando la correzione di Gumbel. Per questo si procede a normalizzare i dati delle singole stazioni. Alla serie di campioni normalizzati si applica nuovamente la distribuzione di Gumbel, ricalcolando i parametri normalizzati α e u e quindi un fascio di rette passanti per uno stesso punto.

Dai risultati della regionalizzazione si individua una retta mediana del fascio quale retta rappresentativa, consentendo quindi delle considerazioni riguardo il grado di omogeneità e rappresentatività delle varie stazioni riguardo l'area idrologica in esame.

Per l'elaborazione della distribuzione di Gumbel sono state utilizzate le stazioni pluviometriche di Udine, Gemona, San Daniele, Ciseriis, Moruzzo, Tavagnacco e Zompitta.

La stazione pluviometrica di Moruzzo, situata nella parte bassa del bacino collinare, fornisce pochi dati utili per consentire l'elaborazione delle precipitazioni massime per le durate in esame (3, 6, 12, 24 ore).

C'è da sottolineare inoltre, come si può vedere anche dal grafico in Figura 5.3.1, l'influenza che due eventi di particolare intensità, rispettivamente quello del 19 giugno 1996 (precipitazione cumulata sulle 6 ore: 110,4 *mm*) e del 26 settembre 1991 (precipitazione cumulata sulle 6 ore: 169,4 *mm*), hanno sulla pendenza della distribuzione linearizzata di Gumbel (parametro α).

Per questo motivo l'individuazione della distribuzione ha richiesto l'analisi di diverse ipotesi per trovare quella più rappresentativa:

- ☐ Stima dei parametri α e u con il metodo dei minimi quadrati di Gumbel con tutti i dati
- ☐ Stima dei parametri α e u con il metodo dei minimi quadrati di Gumbel escludendo i due eventi estremi
- ☐ Stima dei parametri α e u con il metodo di Kimball escludendo i due eventi estremi
- ☐ Stima dei parametri α e u con il metodo di Kimball con tutti i dati
- ☐ Stima dei parametri α e u con il metodo dei minimi quadrati di Gumbel sostituendo al parametro α il valore stimato per la stazione di Udine, considerata come la più rappresentativa.

Dal confronto dei risultati ottenuti per le 6 ore, considerate come durata critica della precipitazione per il bacino collinare del torrente Cormor, con la valutazione sulla regionalizzazione di tutte le stazioni, illustrata in seguito, si evince che l'esclusione dei due eventi estremi comporta una riduzione troppo marcata della pendenza della distribuzione linearizzata di Gumbel, sia applicando la stima dei parametri con il metodo dei minimi quadrati di Gumbel che con il metodo di Kimball.

La sostituzione del valore del parametro α con quello stimato per la stazione di Udine, dotata di una serie storica piuttosto estesa, fornisce una conferma del fatto che la stima dei parametri con il metodo di Gumbel per pochi dati è molto sensibile alla presenza di eventi di particolare intensità, la relativa retta infatti ha una pendenza molto marcata; mentre le rette ottenute utilizzando α di Udine e il metodo di Kimball, risultano molto simili.

La Figura 5.3.1 illustra la sovrapposizione delle distribuzioni ottenute applicando le diverse ipotesi appena descritte, mentre la Tabella 5.3.3 riassume i valori dei parametri α e u calcolati per le durate di 3, 6, 12 e 24 ore con le diverse ipotesi.

Dal confronto dei risultati ottenuti si è giunti alla conclusione di considerare quale distribuzione di Gumbel rappresentativa per la stazione di Moruzzo quella ottenuta con la stima dei parametri effettuata con il metodo di Kimball applicato all'intero campione.

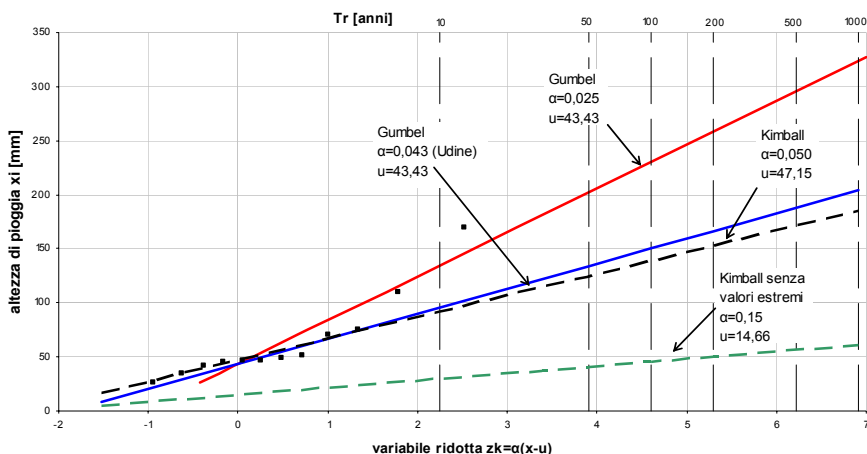


Figura 5.3.1
Stazione di Moruzzo
Confronto di diverse
ipotesi di stima dei
parametri α e u della
distribuzione linearizzata
di Gumbel per le
precipitazioni massime
annuali di durata 6 ore

MORUZZO		Gumbel	Gumbel (esclusi 2 eventi estremi)	Gumbel (a di Udine)	Kimball	Kimball (esclusi 2 eventi estremi)
3 ore	α	0,049	0,063	0,051	0,051	0,077
	u	44,17	37,73	44,17	43,36	38,61
6 ore	α	0,025	0,072	0,043	0,05	0,15
	u	43,43	41,78	43,43	47,15	38,32
12 ore	α	0,027	0,083	0,034	0,043	0,095
	u	54,06	53,05	54,06	59,53	53,26
24 ore	α	0,028	0,067	0,029	0,042	0,086
	u	74,78	71,91	74,78	79,15	72,5

Tabella 5.3.3
Stazione di Moruzzo
Valori ottenuti applicando
diverse ipotesi per la
stima dei parametri α e
 u della distribuzione
linearizzata di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di
durata 6 ore

La stazione pluviometrica di Tavagnacco, come la stazione di Moruzzo, è anch'essa situata nella parte bassa del bacino collinare e fornisce pochi dati utili ai fini del calcolo degli eventi estremi.

Anche per questa stazione c'è da sottolineare, come si può anche vedere dal grafico in Figura 5.3.2, l'influenza che due eventi di particolare intensità, rispettivamente quello del 19 giugno 1996 (precipitazione cumulata sulle 6 ore: 115,2 mm) e del 5 settembre 1998 (precipitazione cumulata sulle 6 ore: 136,8 mm), hanno sulla pendenza della distribuzione linearizzata di Gumbel (parametro α).

Per questo motivo l'individuazione della distribuzione ha richiesto l'analisi delle stesse ipotesi fatte per la stazione di Moruzzo.

Tra queste ipotesi non è stato possibile includere la stima dei parametri con il metodo dei minimi quadrati di Gumbel escludendo i due eventi estremi, in quanto la numerosità del campione risulta in questo caso inferiore al numero minimo tabellato.

Dal confronto dei risultati ottenuti per le 6 ore, considerate come durata critica della precipitazione per il bacino collinare del torrente Cormor, unito alla valutazione sulla regionalizzazione di tutte le stazioni, illustrato in seguito, si evince che l'esclusione dei due eventi estremi comporta una riduzione troppo marcata della pendenza della distribuzione linearizzata di Gumbel, sia applicando la stima dei parametri con il metodo di Gumbel che con il metodo di Kimball.

La sostituzione del valore del parametro α con quello stimato per la stazione di Udine, fornisce anche in questo caso una conferma del fatto che la stima dei parametri con il metodo di Gumbel per pochi dati è molto sensibile alla presenza di eventi di particolare intensità, la relativa retta infatti ha una pendenza molto marcata; mentre le rette ottenute utilizzando α di Udine e il metodo di Kimball risultano molto simili.

La Figura 5.3.2 illustra la sovrapposizione delle distribuzioni ottenute applicando le diverse ipotesi appena descritte.

Dal confronto dei risultati ottenuti si è giunti alla conclusione di considerare, quale distribuzione di Gumbel rappresentativa per la stazione di Tavagnacco, quella ottenuta con la stima dei parametri effettuata con il metodo di Kimball applicato all'intero campione.

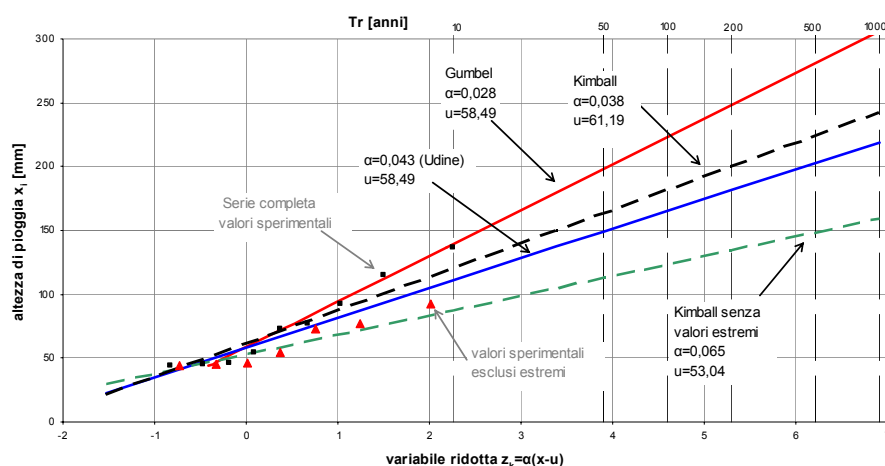


Figura 5.3.2:
Stazione di Tavagnacco
Confronto di diverse
ipotesi di stima dei
parametri α e u della
distribuzione linearizzata
di Gumbel per le
precipitazioni massime
annuali di durata 6 ore

La Tabella 5.3.4 riassume i valori dei parametri α e u calcolati per le durate di 3, 6, 12, e 24 ore con le diverse ipotesi.

TAVAGNACCO		Gumbel	Gumbel (esclusi 2 eventi)	Gumbel (α di Udine)	Kimball	Kimball (esclusi 2 eventi)
3 ore	α	0,028	-	0,051	0,043	0,091
	u	48,71	-	48,71	52,61	45,44
6 ore	α	0,028	-	0,043	0,038	0,065
	u	58,49	-	58,49	61,19	53,04
12 ore	α	0,032	-	0,034	0,04	0,053
	u	78,54	-	78,54	79,89	72,63
24 ore	α	0,022	-	0,029	0,029	0,040
	u	90,52	-	90,52	93,66	83,89

Tabella 5.3.4
Stazione di Tavagnacco
Valori ottenuti applicando
diverse ipotesi per la
stima dei parametri α e
 u della distribuzione
linearizzata di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 6 ore

Nella figura 5.3.3 da (a) a (g) sono presentati i grafici con la distribuzione di Gumbel per le singole stazioni per le durate di 3 ore.

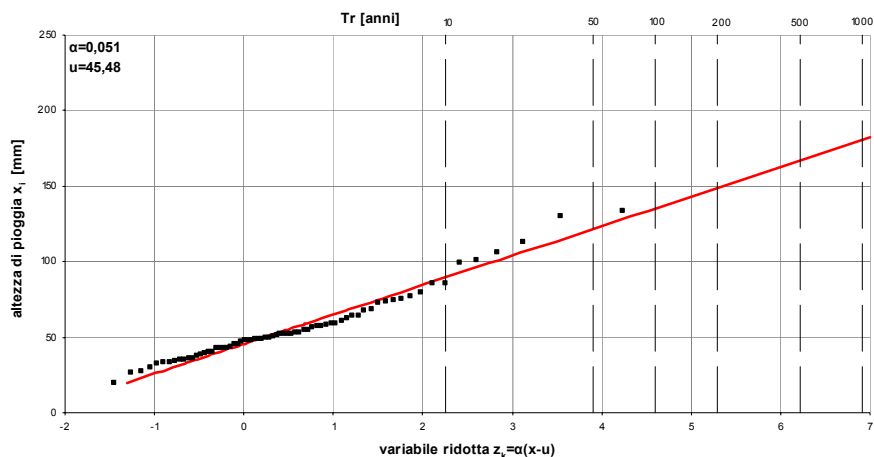


Figura 5.3.3 (a):
Stazione di Udine
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 3 ore
(69 dati)

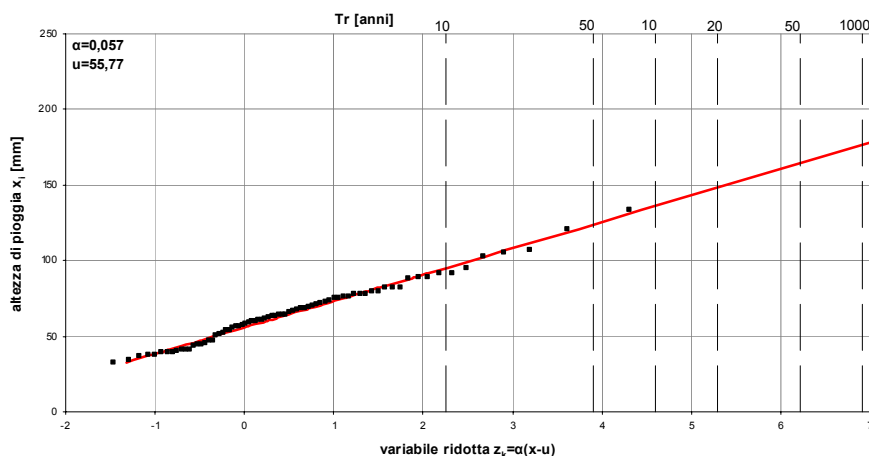


Figura 5.3.3 (b):
Stazione di Gemona
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
3 ore
(74 dati)

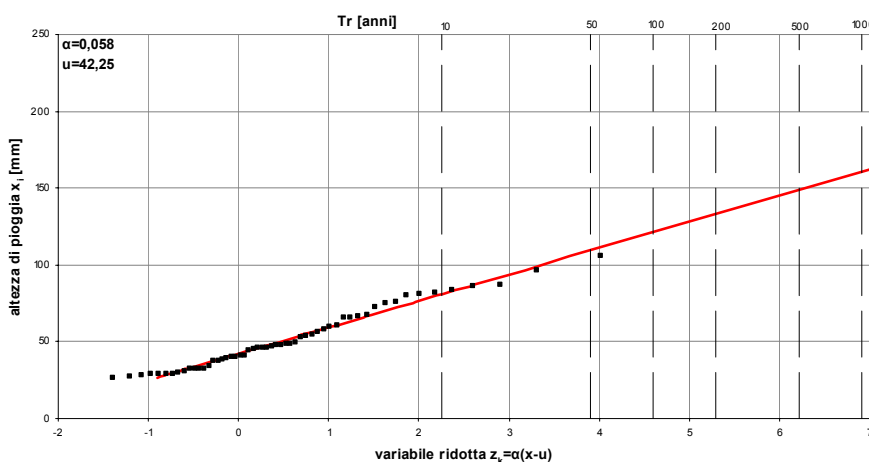


Figura 5.3.3 (c):
Stazione di San Daniele
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
3 ore
(55 dati)

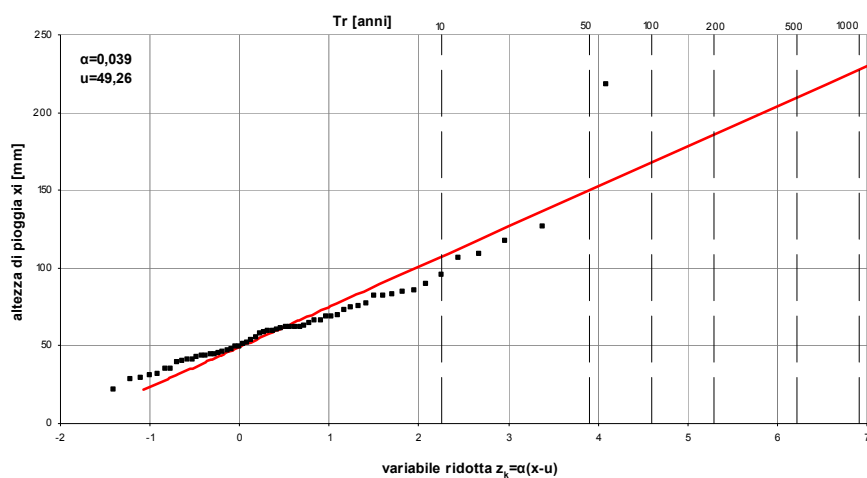


Figura 5.3.3 (d):
Stazione di Ciseriis
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
3 ore
(59 dati)

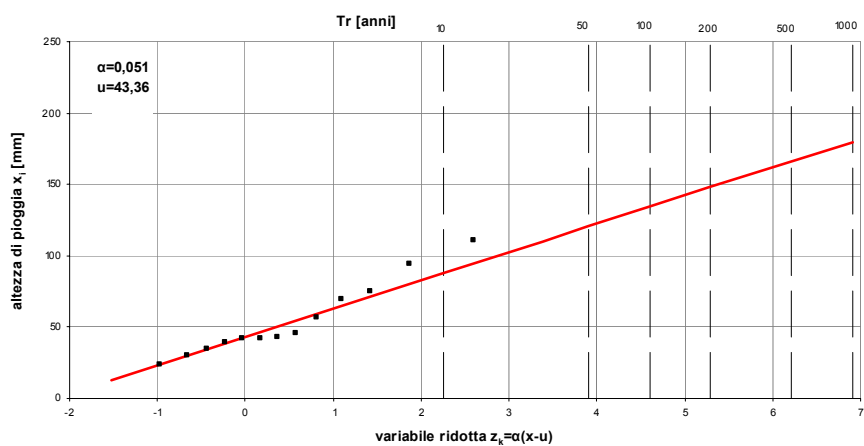


Figura 5.3.3 (e):
Stazione di Moruzzo
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
3 ore
(13 dati)

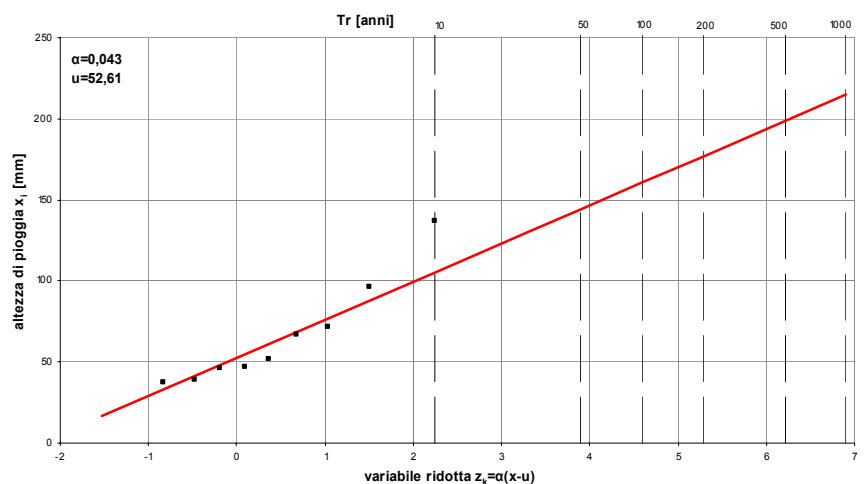


Figura 5.3.3 (f):
Stazione di Tavagnacco
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
3 ore
(9 dati)

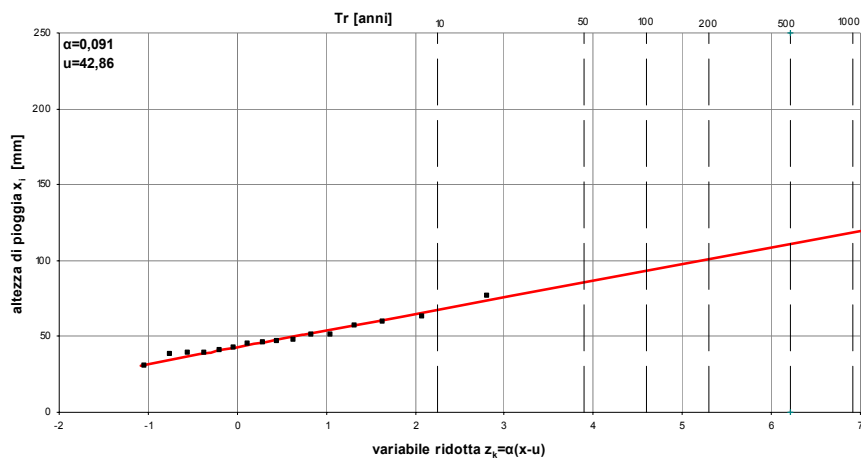


Figura 5.3.3 (g):
Stazione di Zompitta
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 3 ore
(16 dati)

Nella Tabella 5.3.5 sono riassunti i valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 3 ore.

Stazione	α	u
Udine	0.051	4548
Gemona	0.057	55.77
San Daniele	0.058	42.25
Ciseriis	0.039	49.26
Moruzzo	0.051	43.36
Tavagnacco	0.043	52.61
Zompitta	0.091	42.98

Tabella 5.3.5:
Valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 3 ore

La Figura 5.3.4 illustra il risultato della distribuzione delle variabili normalizzate per le precipitazioni massime annuali di durata 3 ore.

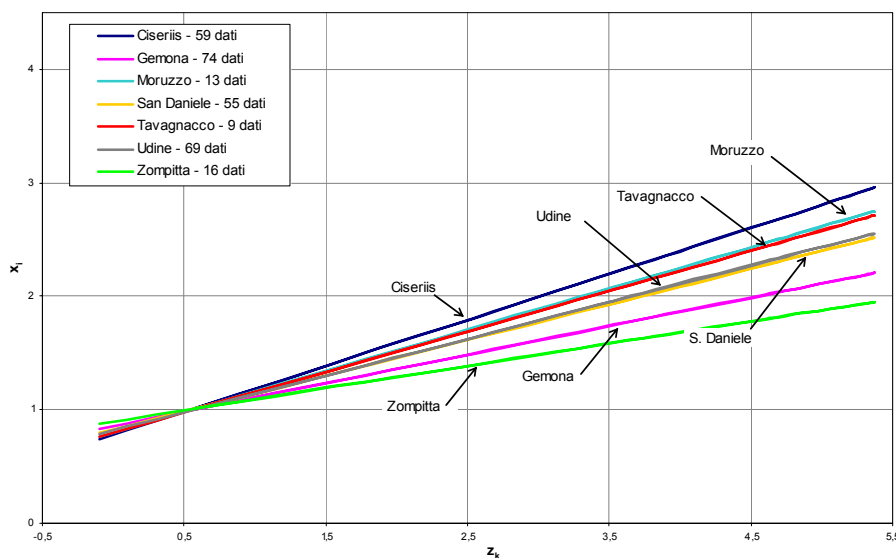


Figura 5.3.4:
Distribuzione di Gumbel
delle variabili
normalizzate 3 ore

Nella Figura 5.3.5 da (a) a (g) sono presentati i grafici con la distribuzione di Gumbel per le singole stazioni per le durate di 6 ore.

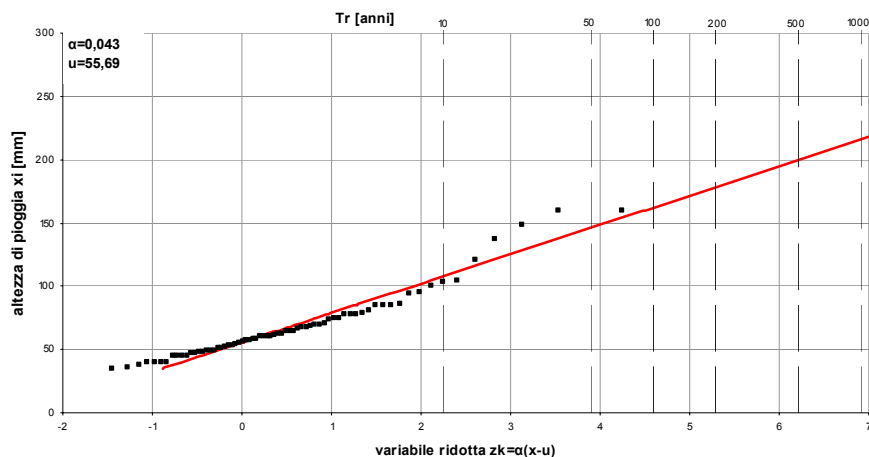


Figura 5.3.5 (a):
Stazione di Udine
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
6 ore
(69 dati)

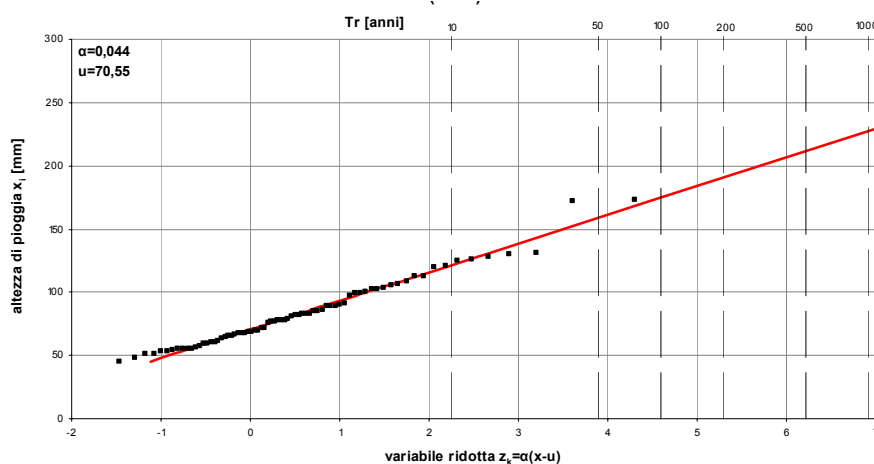


Figura 5.3.5 (b):
Stazione di Gemona
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
6 ore
(74 dati)

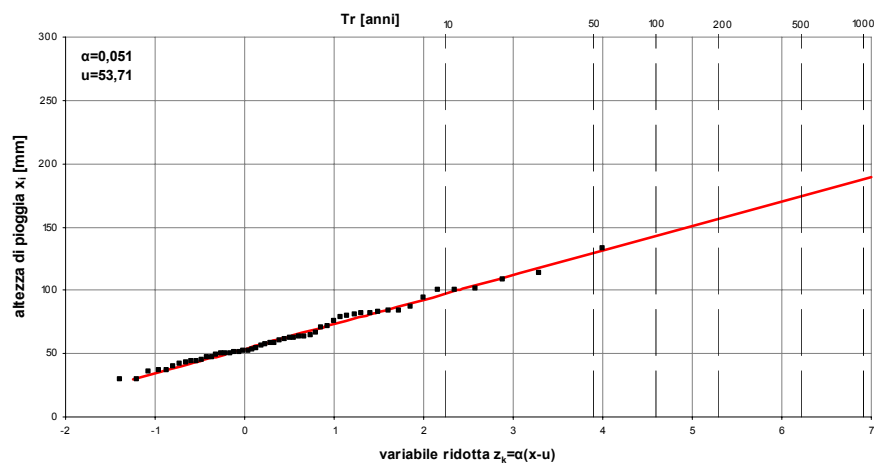


Figura 5.3.5 (c):
Stazione di San Daniele
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
6 ore
(54 dati)

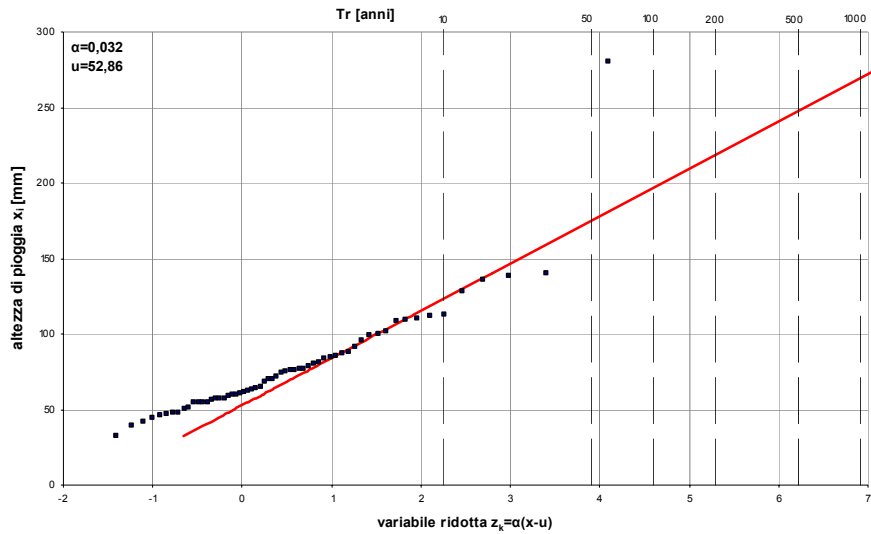


Figura 5.3.5 (d):
Stazione di Ciseriis
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
6 ore
(60 dati)

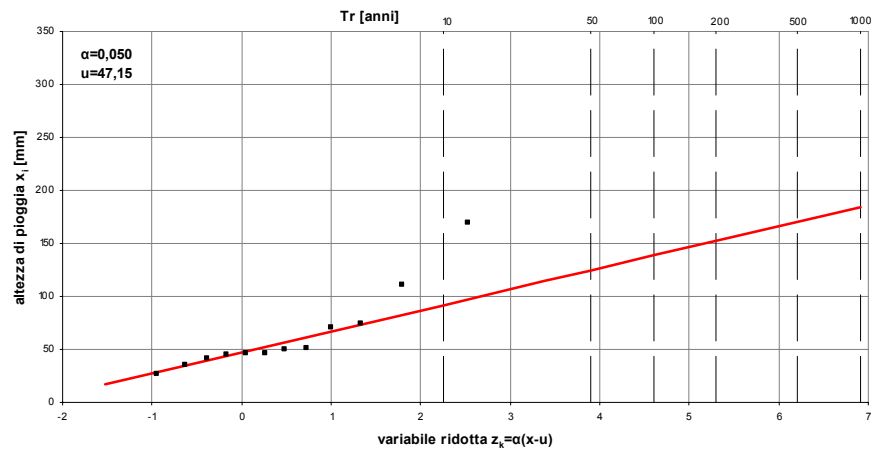


Figura 5.3.5 (e):
Stazione di Moruzzo
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni massime
annuali di durata 6 ore
(12 dati)

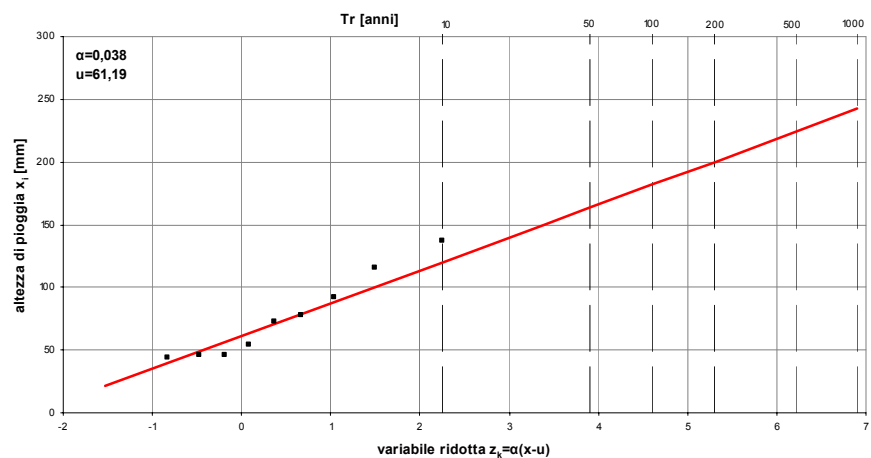


Figura 5.3.5 (f):
Stazione di Tavagnacco
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni massime
annuali di durata 6 ore
(9 dati)

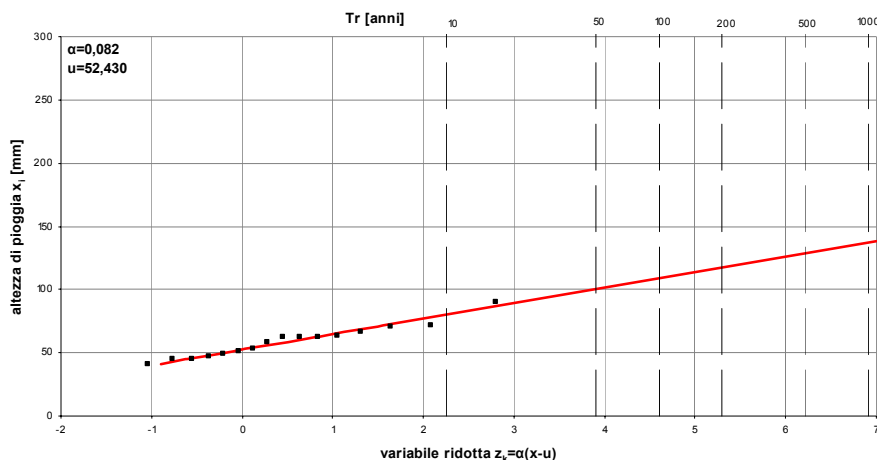


Figura 5.3.5 (g):
Stazione di Zompitta
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
6 ore
16 (dati)

Nella Tabella 5.3.6 sono riassunti i valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 6 ore.

Stazione	α	u
Udine	0.043	55.69
Gemona	0.044	70.55
San Daniele	0.051	53.71
Ciseriis	0.032	52.86
Moruzzo	0.050	47.15
Tavagnacco	0.038	61.19
Zompitta	0.082	52.43

Tabella 5.3.6:
Valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 3 ore

La Figura 5.3.6 illustra il risultato della distribuzione delle variabili normalizzate per le precipitazioni massime annuali di durata 6 ore.

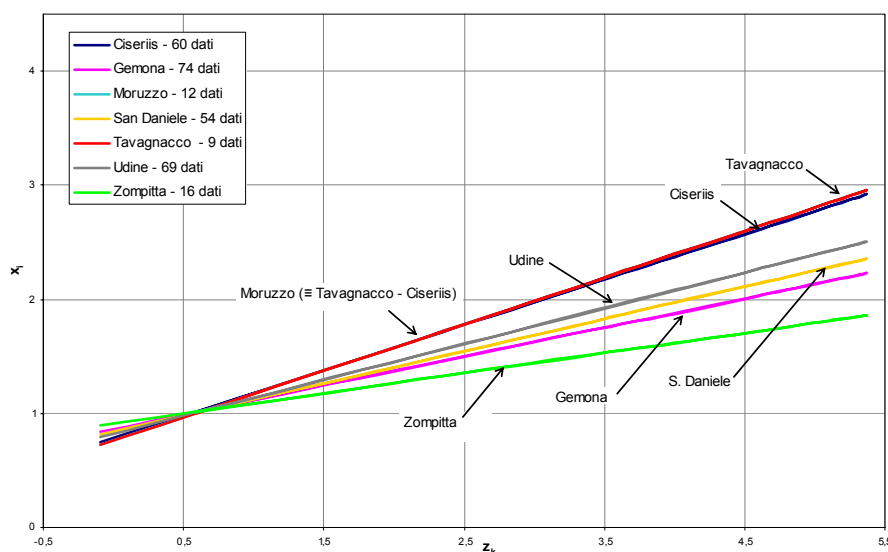


Figura 5.3.6:
Distribuzione di Gumbel
delle variabili normalizzate
6 ore

Nella Figura 5.3.7 da (a) a (g) sono presentati i grafici con la distribuzione di Gumbel per le singole stazioni per le durate di 12 ore.

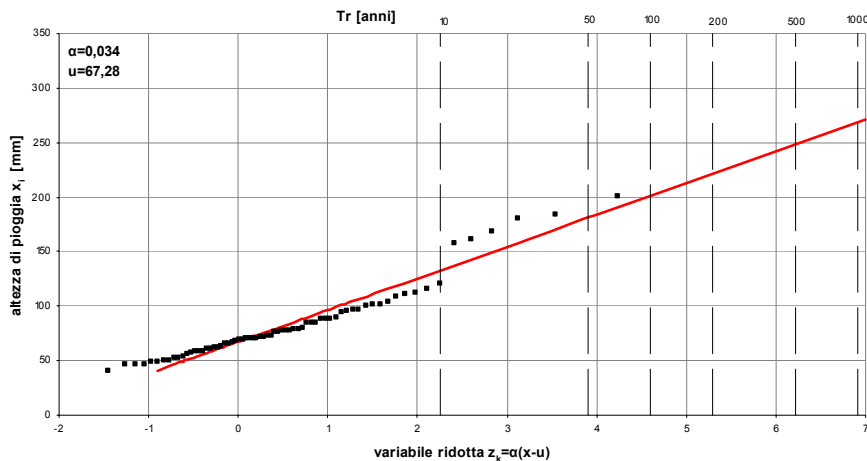


Figura 5.3.7 (a):
Stazione di Udine
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
12 ore
(69 dati)

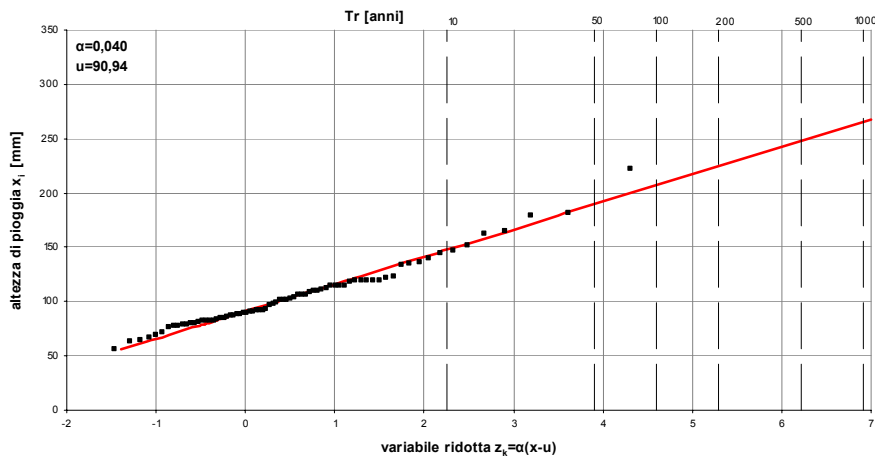


Figura 5.3.7 (b):
Stazione di Gemona
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
12 ore
(74 dati)

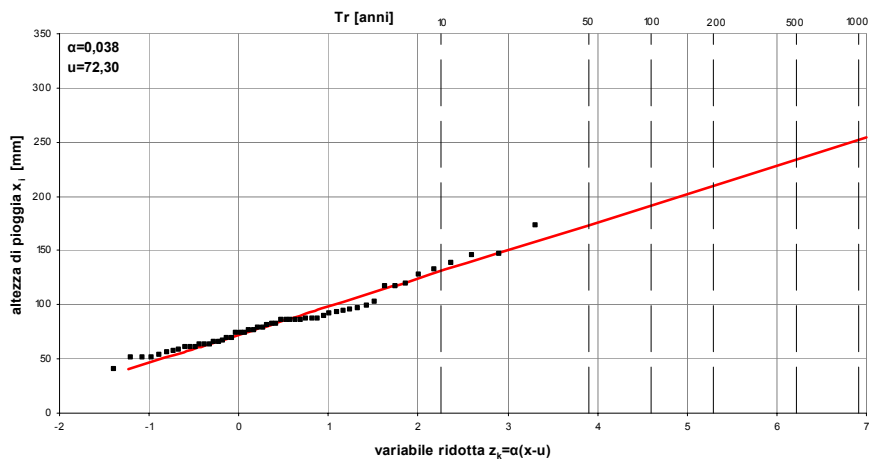


Figura 5.3.7 (c):
Stazione di San Daniele
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
12 ore
(55 dati)

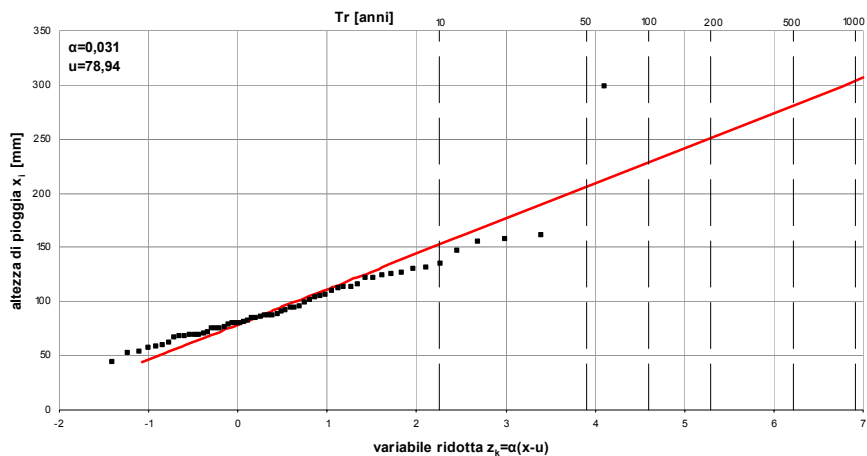


Figura 5.3.7 (d):
Stazione di Ciseri
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 12 ore
(60 dati)

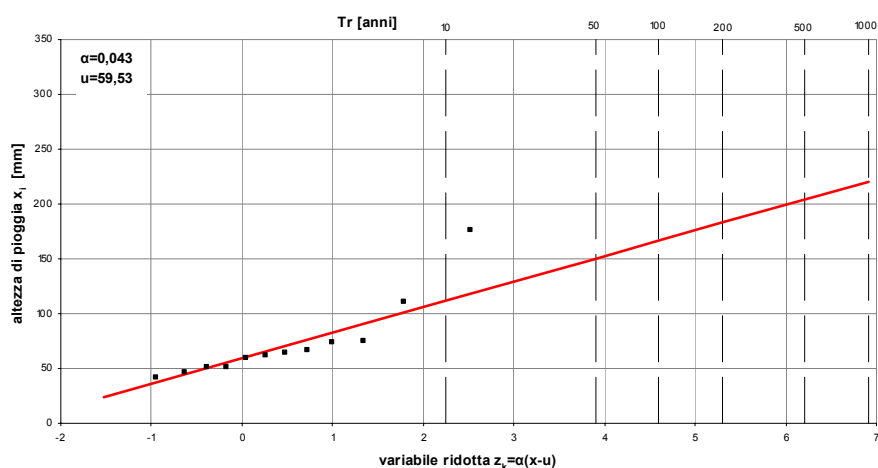


Figura 5.3.7 (e):
Stazione di Moruzzo
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di
durata 12 ore
(12 dati)

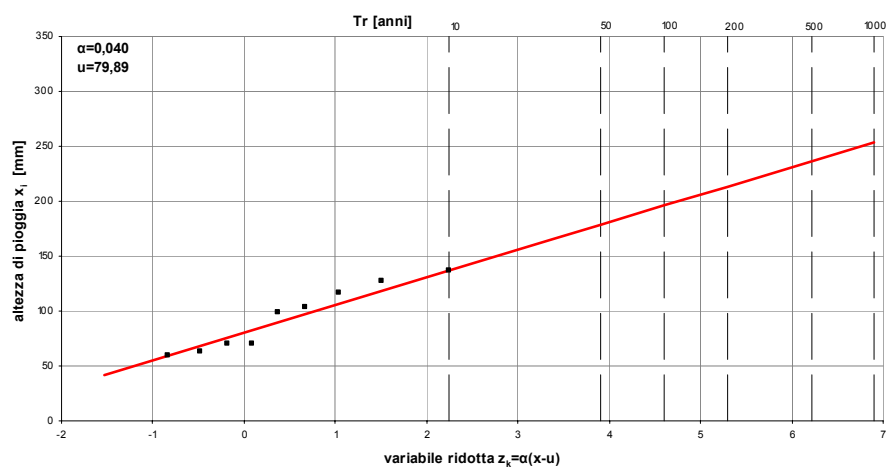


Figura 5.3.7 (f):
Stazione di Tavagnacco
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di
durata 12 ore
(9 dati)

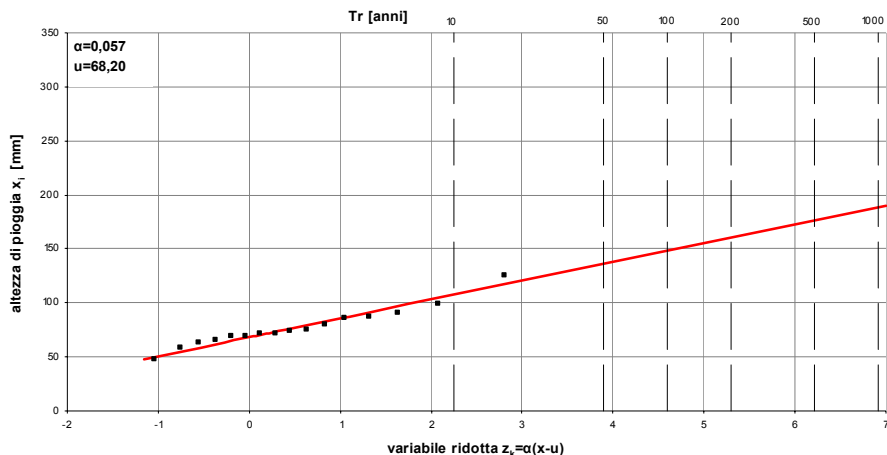


Figura 5.3.7 (g):
Stazione di Zompitta
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di
durata 12 ore
(16 dati)

Nella Tabella 5.3.7 sono riassunti i valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore.

Stazione	α	u
Udine	0.034	67.28
Gemona	0.040	90.94
San Daniele	0.038	72.30
Ciseriis	0.031	78.94
Moruzzo	0.043	59.43
Tavagnacco	0.040	79.89
Zompitta	0.057	68.20

Tabella 5.3.7:
Valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore

La Figura 5.3.8 illustra il risultato della distribuzione delle variabili normalizzate per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore.

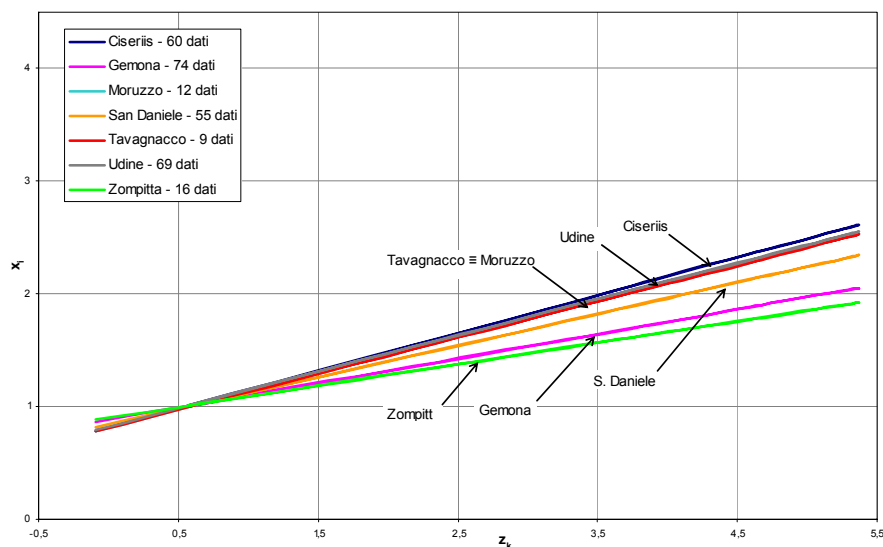


Figura 5.3.8:
Distribuzione di Gumbel
delle variabili normalizzate
12 ore

Nella figura 5.3.9 da (a) a (g) sono presentati i grafici con la distribuzione di Gumbel per le singole stazioni per le durate di 24 ore.

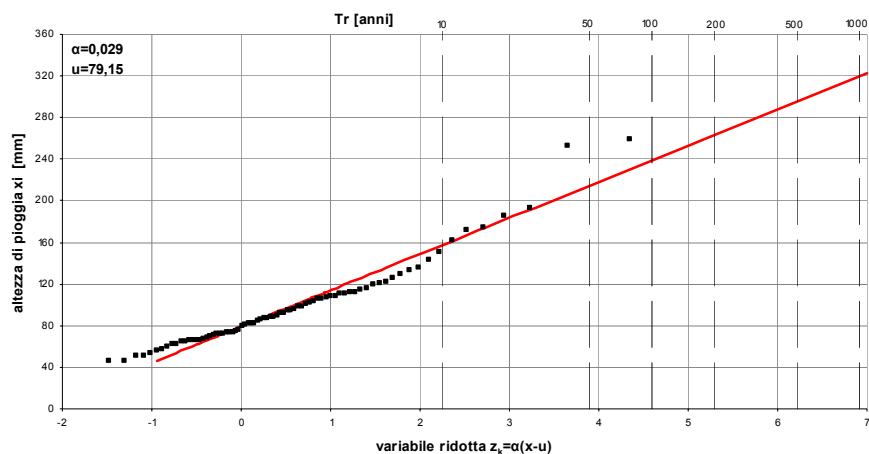


Figura 5.3.9 (a):
Stazione di Udine
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 24 ore
(69 dati)

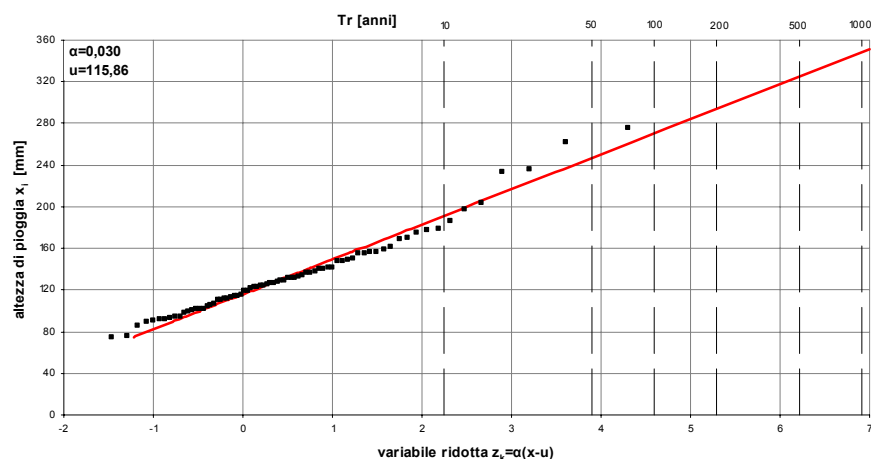


Figura 5.3.9 (b):
Stazione di Gemona
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
24 ore
(74 dati)

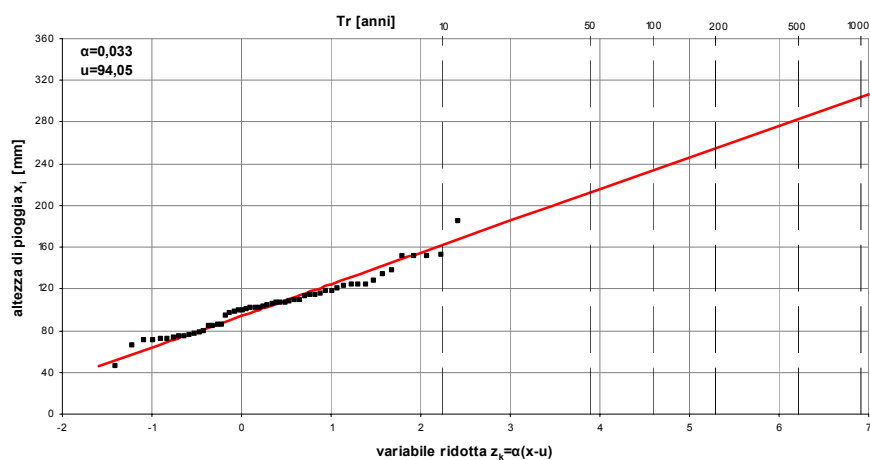


Figura 5.3.9 (c):
Stazione di San Daniele
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
24 ore
(58 dati)

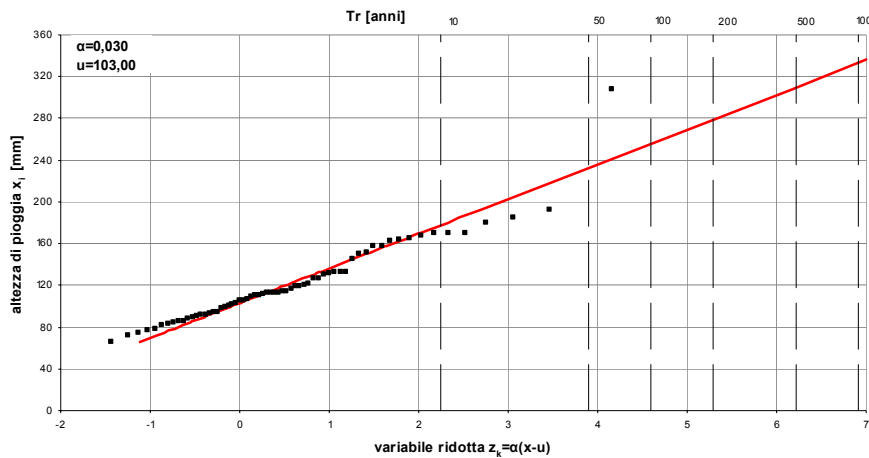


Figura 5.3.9 (d):
Stazione di Ciseriis
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 24 ore
(64 dati)

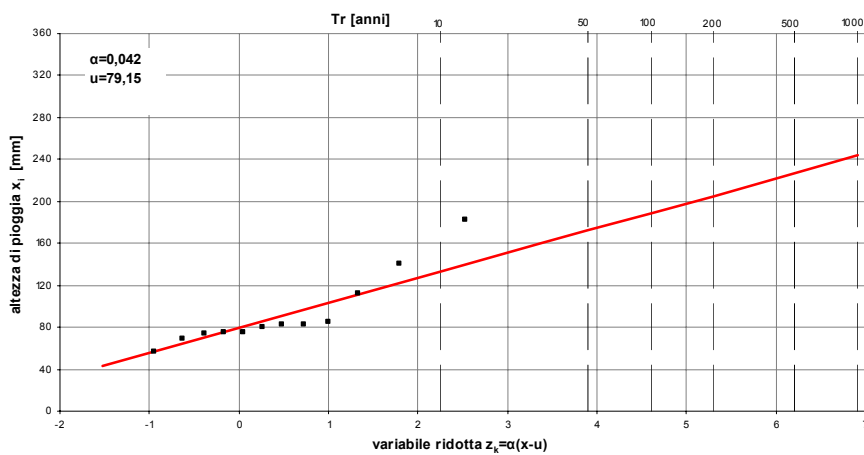


Figura 5.3.9 (e):
Stazione di Moruzzo
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 24 ore
(12 dati)

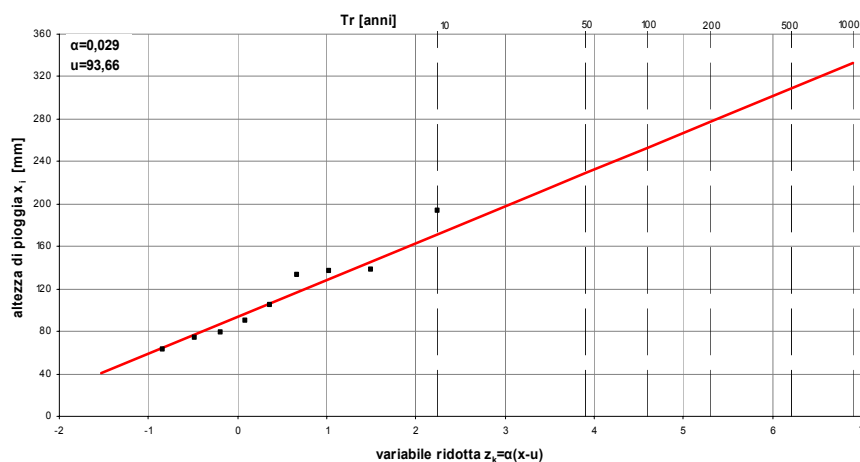


Figura 5.3.9 (f):
Stazione di Tavagnacco
Distribuzione di Gumbel
per le precipitazioni
massime annuali di durata
24 ore
(9 dati)

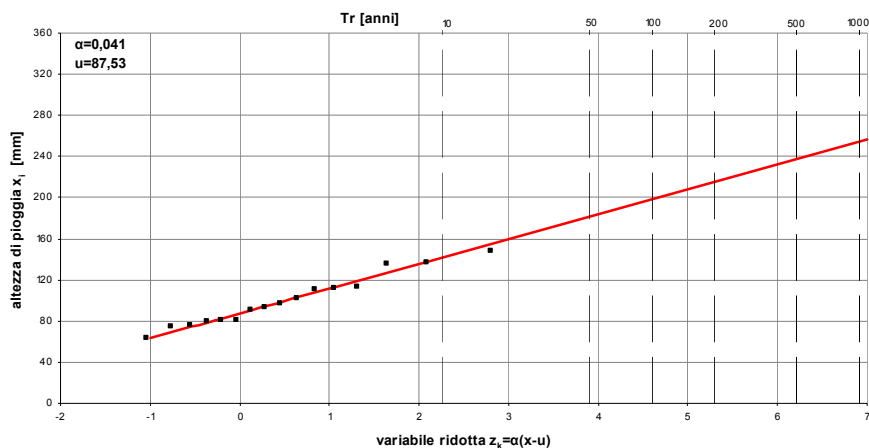


Figura 5.3.9 (g):
Stazione di Zompitta
Distribuzione di Gumbel per
le precipitazioni massime
annuali di durata 24 ore
(16 dati)

Nella Tabella 5.3.8 sono riassunti i valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore.

Stazione	α	u
Udine	0,029	79,15
Gemona	0,030	115,86
San Daniele	0,033	94,05
Ciseriis	0,030	103,00
Moruzzo	0,042	79,15
Tavagnacco	0,029	93,66
Zompitta	0,041	87,53

Tabella 5.3.8:
Valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di
Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le
precipitazioni massime annuali di durata 24 ore

La Figura 5.3.10 illustra il risultato della distribuzione delle variabili normalizzate per le precipitazioni massime annuali di durata 24 ore.

5.4 Curve pluviometriche caratteristiche ad assegnato tempo di ritorno

Riportando nel piano (h, T) i dati pluviometrici elaborati con il metodo di Gumbel è possibile rappresentare l'andamento dell'altezza di pioggia cumulata in funzione del tempo di durata della precipitazione.

L'equazione rappresentativa viene assunta nella forma analitica:

$$h = aT^n \quad (5.4.1)$$

Nella (5.4.1) h rappresenta l'altezza di precipitazione, espressa in $[mm]$, T è la durata della precipitazione, espresso in $[ore]$. I parametri a e n sono due parametri che caratterizzano la curva e dipendono dalla climatologia locale, con n sempre inferiore a 1, determinati volta per volta per le diverse stazioni e per diversi tempi di ritorno Tr . Le curve che si deducono sono dette curve di possibilità pluviometrica.

La curva di regressione, ottenuta interpolando con il metodo dei minimi quadrati le varie altezze di precipitazione per la durata di 3, 6, 12, 24 ore elaborate con il metodo di Gumbel, fornisce in modo continuo il valore di h associato ad un determinato tempo di ritorno.

Dato che il presente Piano stralcio è mirato all'individuazione di un'onda di piena di progetto cui fare riferimento per la determinazione degli interventi di difesa idraulica, si è ritenuto opportuno studiare i tempi di ritorno di 100 e 200 anni, analizzando comunque anche tempi di ritorno inferiori al fine di una migliore conoscenza del comportamento del bacino.

Nelle seguenti figure 5.4.1 (a)-(g) vengono presentate le curve di possibilità pluviometrica delle singole stazioni per tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni.

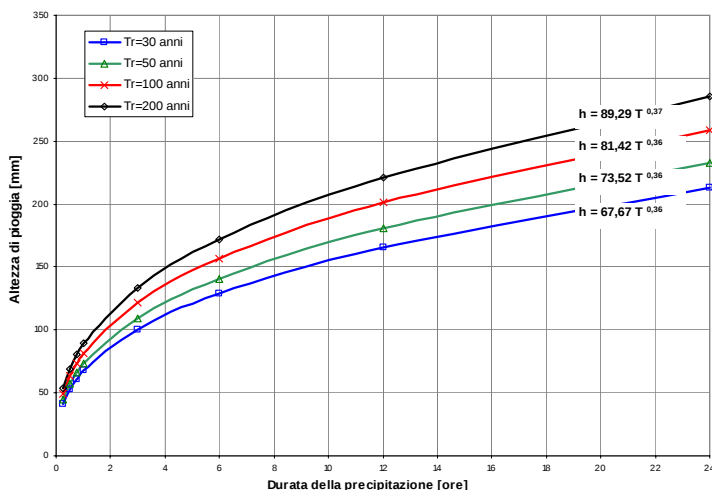


Figura 5.4.1 (a):
Stazione di Udine
Curva di possibilità
pluviometrica per Tr 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	67,67	0,36
Tr 50	73,52	0,36
Tr 100	81,42	0,36
Tr 200	89,29	0,37

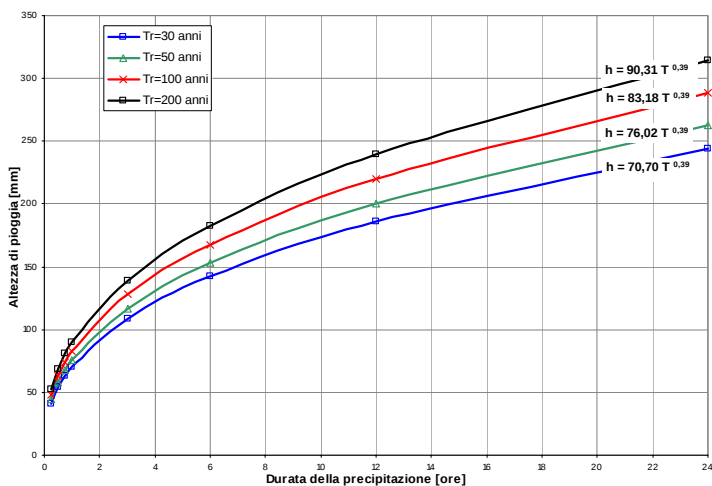


Figura 5.4.1 (b):
Stazione di Gemona
Curva di possibilità
pluviometrica per Tr 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	70,70	0,39
Tr 50	76,02	0,39
Tr 100	83,16	0,39
Tr 200	90,10	0,39

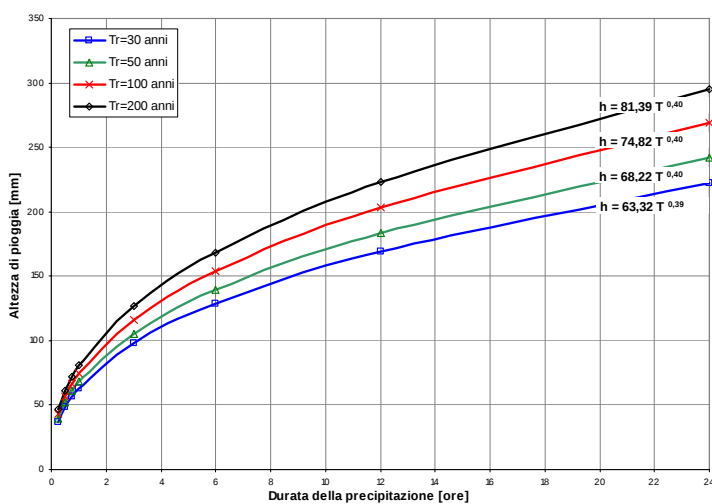


Figura 5.4.1 (c):
Stazione di San Daniele
Curva di possibilità
pluviometrica per Tr 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	63,32	0,30
Tr 50	68,22	0,30
Tr 100	74,82	0,31
Tr 200	81,39	0,31

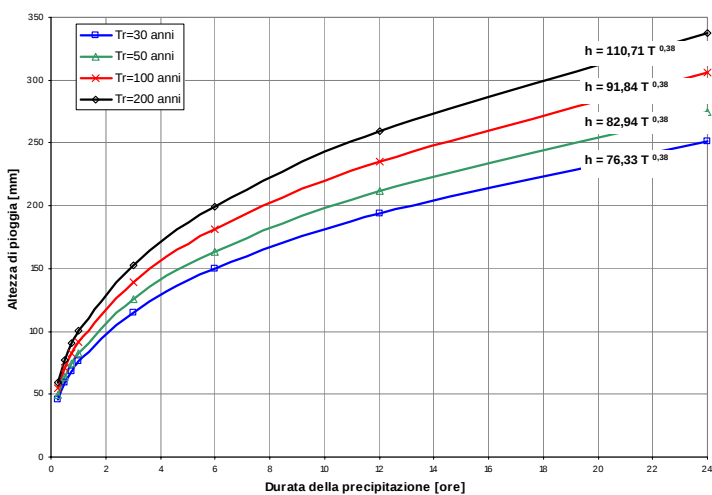


Figura 5.4.1 (d):
Stazione di Ciseriis
Curva di possibilità
pluviometrica per Tr 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	76,33	0,38
Tr 50	82,94	0,38
Tr 100	91,84	0,38
Tr 200	110,71	0,38

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

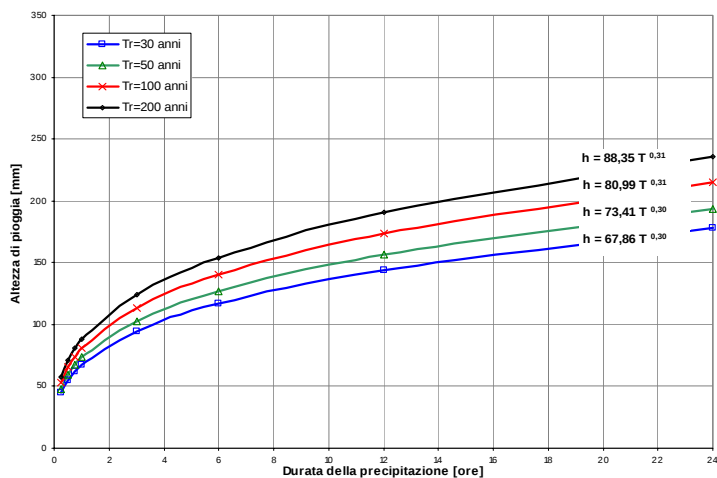


Figura 5.4.1 (e):
Stazione di Moruzzo
Curva di possibilità
pluviometrica per T_r 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	67,86	0,30
Tr 50	73,41	0,30
Tr 100	80,99	0,31
Tr 200	88,50	0,31

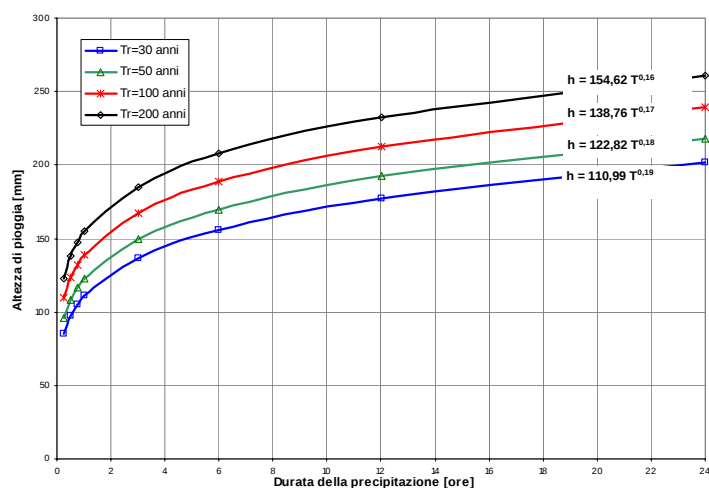


Figura 5.4.1 (f):
Stazione di Tavagnacco
Curva di possibilità
pluviometrica per T_r 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	110,99	0,19
Tr 50	122,82	0,18
Tr 100	138,76	0,17
Tr 200	154,62	0,16

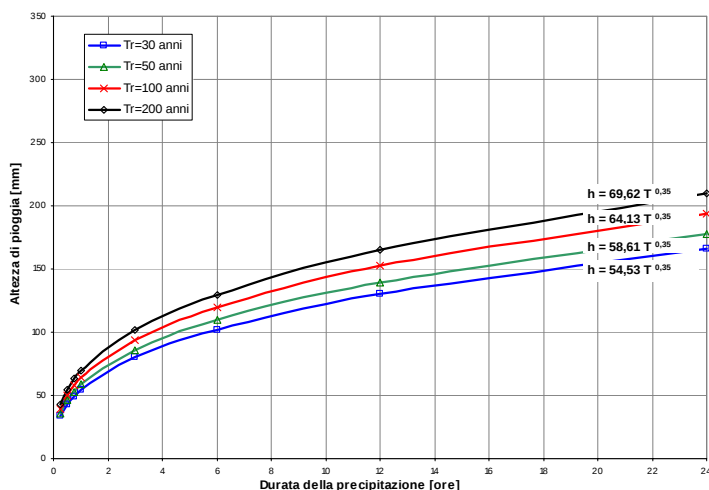


Figura 5.4.1 (g):
Stazione di Zompitta
Curva di possibilità
pluviometrica per T_r 30, 50,
100, 200 anni

	a	n
Tr 30	54,53	0,35
Tr 50	58,61	0,35
Tr 100	64,13	0,35
Tr 200	69,62	0,35

Nelle seguenti figure 5.4.2 (a)-(d) vengono presentate, a scopo comparativo, le curve pluviometriche caratteristiche per tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni per tutte le

stazioni analizzate.

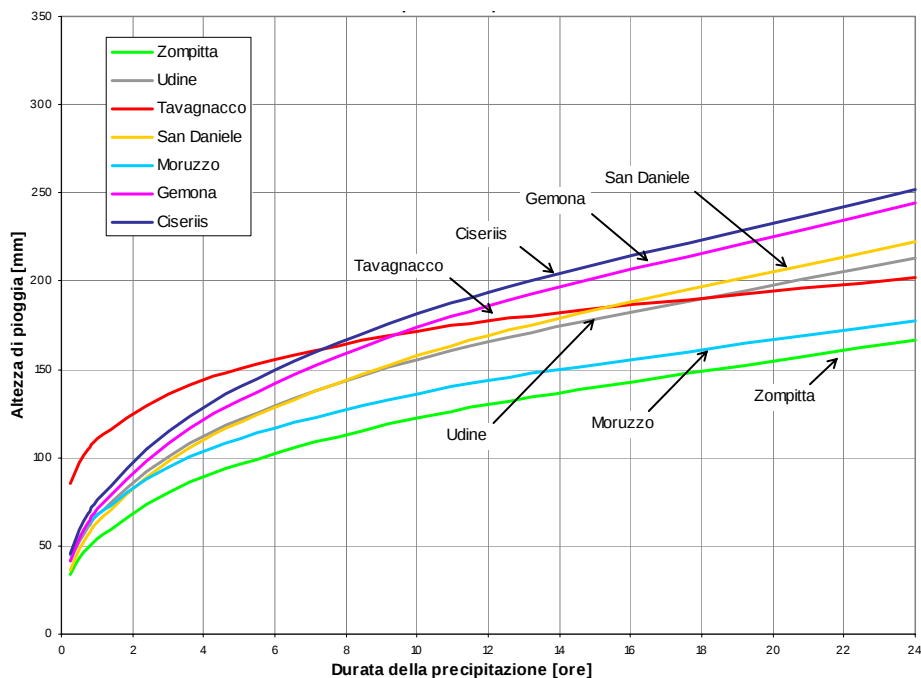


Figura 5.4.2 (a):
Curva pluviometrica
caratteristica per
 T_r 30 anni

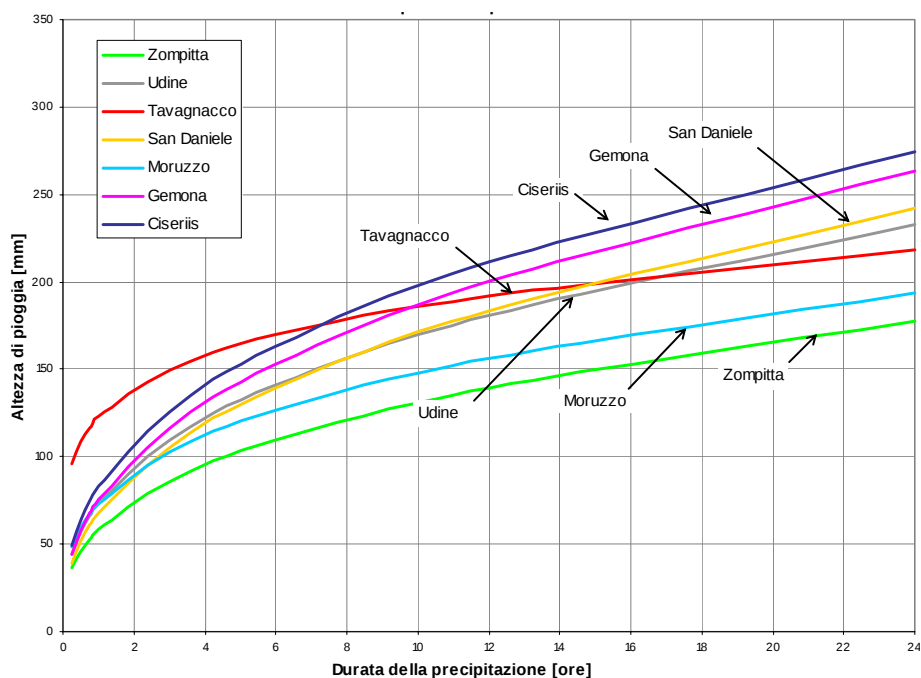


Figura 5.4.2 (b):
Curva pluviometrica
caratteristica per T_r
50 anni

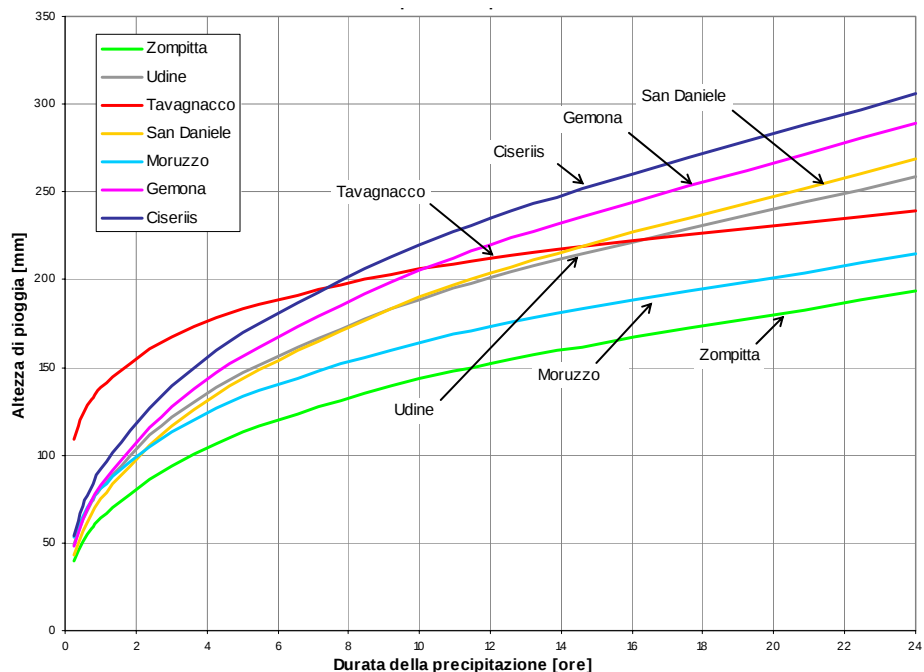


Figura 5.4.2 (c):
Curva pluviometrica
caratteristica per T_r
100 anni

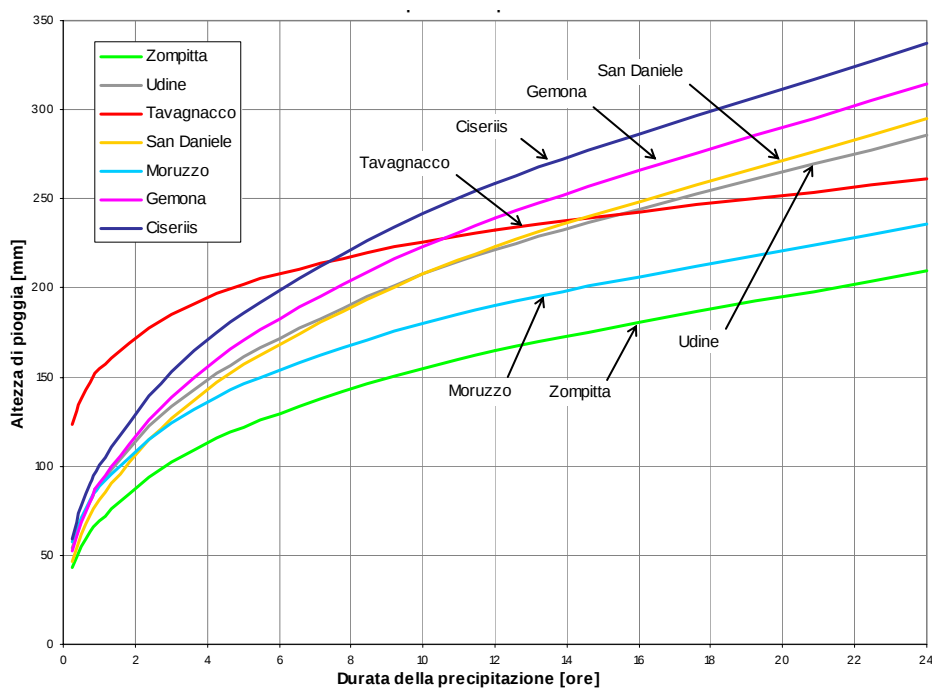


Figura 5.4.2 (d):
Curva pluviometrica
caratteristica per
 T_r 200 anni

Dal confronto delle Figure 5.4.2 (a)÷(d) si osserva che l'ordine di sottogiaccenza delle curve pluviometriche relative alle singole stazioni, si mantiene, indipendentemente dal tempo di ritorno considerato, secondo l'ordine seguente:

- ☐ Ciseriis
- ☐ Gemona
- ☐ San Daniele
- ☐ Udine
- ☐ Moruzzo
- ☐ Zompitta.

Dalle figure si può notare inoltre che la curva pluviometrica della stazione di Udine assume sempre una posizione mediana rispetto al fascio di curve.

Nelle stesse figure si nota inoltre l'andamento anomalo della curva di possibilità pluviometrica di Tavagnacco. Dal confronto con le curve relative alle altre stazioni, si osserva infatti che le altezze di pioggia per durate uguali o inferiori a 6 ore presentano valori più elevati. Per durate di precipitazione maggiori, invece, i valori delle altezze tendono al valore medio delle altre curve. Questo fatto è da attribuire al limitato numero di anni di funzionamento della stazione, durante i quali si sono verificati degli eventi eccezionali soprattutto per le precipitazioni di durata inferiore o uguale alle 6 ore.

Ad ulteriore conferma di questa affermazione si è osservata la scarsa influenza dei dati relativi alla stazione di Tavagnacco una volta inseriti nel campione di dati della stazione di Udine che, come illustrato nel §5.1, presenta una serie storica estesa. I risultati ottenuti presentano infatti un'influenza pressoché nulla nella distribuzione di probabilità.

La Tabella 5.4.1 illustra, per le singole stazioni pluviometriche, i valori di precipitazione cumulata per le durate di 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 ore corrispondenti ai tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

Da quanto osservato dalla distribuzione di Gumbel delle variabili normalizzate e da dalle curve pluviometriche caratteristiche riferite ai diversi tempi di ritorno, risulta difficile individuare in maniera univoca una stazione rappresentativa del comportamento idrologico del bacino nel suo complesso.

La stazione di Udine risulta tuttavia la migliore, in quanto è la mediana del fascio di rette normalizzate ed è anche in posizione intermedia tra le curve di possibilità pluviometrica.

L'altra stazione che ben si adatta a quanto detto è quella di San Daniele, visto anche l'andamento della curva di possibilità pluviometrica molto prossimo a quello della stazione di Udine, ma essendo localizzata in una posizione troppo decentrata rispetto al bacino collinare, si è ritenuto di non considerarla.

Per completezza, nelle Tabelle 5.4.2 (a)÷(c) si riportano i valori di precipitazione cumulata sulle 6 ore, per le diverse stazioni, stimati per un tempo di ritorno rispettivamente di 50, 100, 200 anni

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

Tabella 5.4.1 (a): Schema riassuntivo dei valori orari di precipitazione cumulata per le durate da 1 a 6 ore [mm]

STAZIONE	Tr	1 ora	2 ore	3 ore	4 ore	5 ore	6 ore
Ciseriis	50	82,94	107,70	125,48	139,85	152,12	162,95
	100	91,84	119,41	139,22	155,25	168,93	181,01
	200	100,71	131,07	152,91	170,57	185,67	198,99
Gemona	50	76,02	99,66	116,76	130,65	142,55	153,08
	100	83,18	109,12	127,90	143,16	156,23	167,80
	200	90,31	118,55	139,00	155,61	169,86	182,46
Moruzzo	50	73,41	90,69	102,63	112,04	119,93	126,79
	100	80,90	100,09	113,36	123,82	132,60	140,24
	200	88,35	109,44	124,03	135,56	145,22	153,63
San Daniele	50	68,22	89,92	105,69	118,53	129,55	139,32
	100	74,82	98,89	116,41	130,70	142,97	153,86
	200	81,39	107,81	127,08	142,81	156,33	168,33
Tavagnacco	50	122,82	139,18	149,75	157,72	164,20	169,70
	100	138,76	156,29	167,56	176,05	182,92	188,74
	200	154,62	173,32	185,29	194,27	201,55	207,69
Udine	50	70,71	91,97	107,26	119,63	130,19	139,51
	100	77,99	101,68	118,74	132,56	144,37	154,80
	200	85,23	111,33	130,17	145,43	158,49	170,03
Zompitta	50	58,61	74,68	86,05	95,15	102,86	109,63
	100	64,13	81,62	94,00	103,90	112,29	119,65
	200	69,62	88,54	101,92	112,62	121,68	129,63

Tabella 5.4.1 (b): Schema riassuntivo dei valori orari di precipitazione cumulata per le durate da 7 a 12 ore [mm]

STAZIONE	Tr	7 ore	8 ore	9 ore	10 ore	11 ore	12 ore
Ciseriis	50	172,69	181,61	189,85	197,54	204,77	211,59
	100	191,89	201,84	211,04	219,63	227,70	235,33
	200	211,00	221,98	232,15	241,63	250,55	258,97
Gemona	50	162,58	171,29	179,36	186,89	193,98	200,69
	100	178,24	187,81	196,67	204,96	212,76	220,13
	200	193,84	204,27	213,93	222,96	231,46	239,50
Moruzzo	50	132,89	138,42	143,48	148,17	152,54	156,64
	100	147,04	153,19	158,83	164,05	168,93	173,50
	200	161,12	167,90	174,12	179,88	185,25	190,30
San Daniele	50	148,15	156,24	163,75	170,77	177,38	183,64
	100	163,70	172,74	181,12	188,96	196,35	203,35
	200	179,19	189,17	198,42	207,08	215,25	222,98
Tavagnacco	50	174,48	178,74	182,58	186,08	189,31	192,30
	100	193,80	198,29	202,34	206,04	209,44	212,59
	200	213,03	217,77	222,03	225,92	229,49	232,80
Udine	50	147,91	155,59	162,70	169,33	175,56	181,45
	100	164,21	172,81	180,78	188,22	195,21	201,81
	200	180,44	189,97	198,79	207,03	214,78	222,11
Zompitta	50	115,70	121,22	126,32	131,06	135,49	139,68
	100	126,24	132,25	137,78	142,93	147,75	152,30
	200	136,75	143,23	149,21	154,76	159,96	164,87

<i>Tr</i> 50 anni	
STAZIONE	6 ore
Ciseriis	162,95
Gemona	153,08
Moruzzo	126,79
Dan Daniele	139,32
Tavagnacco	169,70
Udine	139,51
Zompitta	109,63

Tabella 5.4.2 (a):
Valori orari di precipitazione cumulata sulle 6 ore
espressa in mm per *Tr* 50 anni

<i>Tr</i> 100 anni	
STAZIONE	6 ore
Ciseriis	181,01
Gemona	167,80
Moruzzo	140,24
Dan Daniele	153,86
Tavagnacco	188,74
Udine	154,80
Zompitta	119,65

Tabella 5.4.2 (b):
Valori orari di precipitazione cumulata sulle 6 ore
espressa in mm per *Tr* 100 anni

<i>Tr</i> 200 anni	
STAZIONE	6 ore
Ciseriis	198,99
Gemona	182,46
Moruzzo	153,63
Dan Daniele	168,33
Tavagnacco	207,69
Udine	170,03
Zompitta	129,63

Tabella 5.4.2 (c):
Valori orari di precipitazione cumulata sulle 6 ore
espressa in mm per *Tr* 200 anni

5.5 Evento pluviometrico del 5-7 ottobre 1998

Tra tutti gli eventi pluviometrici che hanno interessato il bacino idrografico del torrente Cormor sono stati presi in considerazione gli eventi per cui c'è disponibilità di dati. Si tratta di eventi rari caratterizzati da intensità di pioggia e distribuzioni sul bacino idrografico variabili, con conseguenti diversi idrogrammi e valori delle portate di picco. Gli eventi di piena, cui si fa riferimento per le precipitazioni, sono i seguenti:

- ❑ 5-7 ottobre 1998
- ❑ 31 ottobre 2004.

Dal punto di vista della precipitazione, l'evento del 5-7 ottobre 1998 e quello del 31 ottobre 2004 presentano intensità massime nel picco dello stesso ordine di grandezza, tuttavia la massima cumulata sulle 6 ore per la stazione di Udine durante l'evento del 1998 presenta tempi di ritorno notevolmente superiori rispetto al 2004. Inoltre, le conseguenze riscontrate sul bacino durante l'evento del 1998 sono di gravità nettamente superiori rispetto al 2004, così come descritto nei § 3.4 e § 3.5.

Alla ricostruzione degli eventi si procede analizzando per primo l'evento del 5-7 ottobre 1998.

Per procedere alla ricostruzione dell'evento pluviometrico si è provveduto all'acquisizione dei dati di pioggia ora per ora relativi all'evento di piena e dei dati di precipitazione dei cinque giorni precedenti, al fine di inquadrare correttamente la situazione idrologica del bacino idrografico. E' infatti necessario valutare se l'evento pluviometrico è isolato, e quindi sufficientemente lontano da altre precipitazioni che possono essersi verificate in precedenza e che potrebbero influenzare l'evento di piena.

Partendo dai dati già resi disponibili dall'Ufficio Idrografico di Udine si sono raccolte e completate le informazioni di pioggia orarie, leggendo direttamente i grafici originali delle diverse stazioni pluviografiche messi a disposizione dallo stesso Ufficio Idrografico.

Sono stati raccolti inoltre i dati relativi all'evento analizzato, forniti dall'Osmer e derivanti dalla trasmissione in telemisura dalle stazioni meteorologiche posizionate sul territorio di interesse.

Le stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione di tale evento sono elencate nella Tabella 5.5.1, dove sono riportati i valori delle precipitazioni orarie relative all'evento in oggetto.

Tabella 5.5.1: Stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione dell'evento del 5-7 ottobre 1998 [mm]

Data / Ora	Udine (TL)	Zompitta (TL)	Artegna (PR)	Attimis (PR)	Gemona (PR)	Ciseriis (PR)	Udine (Osmer)	Fagagna (Osmer)	Faedis (Osmer)
05/10/1998 06.00	0,8	1,2	1,2	1,0	1,4	0,0	1,4	1,0	1,2
05/10/1998 07.00	1,4	1,0	1,4	1,4	1,8	0,2	0,4	0,8	0,8
05/10/1998 08.00	0,4	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
05/10/1998 09.00	0,4	0,6	0,8	0,8	1,2	0,2	0,6	0,6	0,6
05/10/1998 10.00	0,8	0,6	1,0	1,2	1,4	0,2	0,4	0,8	0,6
05/10/1998 11.00	0,4	0,8	0,2	0,2	1,8	1,2	0,0	0,8	0,4
05/10/1998 12.00	0,2	1,0	1,0	1,0	2,0	1,2	0,4	0,2	0,2
05/10/1998 13.00	0,0	1,0	2,0	1,0	4,3	1,4	0,2	1,2	0,0
05/10/1998 14.00	0,2	0,8	1,4	3,6	1,8	1,0	3,0	2,0	3,4
05/10/1998 15.00	2,8	3,2	1,6	0,0	1,6	4,8	3,2	1,6	3,0
05/10/1998 16.00	2,6	1,6	5,0	1,4	3,5	2,4	0,8	1,2	1,6
05/10/1998 17.00	1,2	2,8	3,2	2,8	5,5	3,6	0,6	2,4	0,8
05/10/1998 18.00	0,6	2,0	2,2	1,8	5,4	3,6	0,2	3,4	0,6
05/10/1998 19.00	0,2	2,8	4,0	0,4	2,5	3,5	0,6	1,0	0,2
05/10/1998 20.00	0,4	0,2	5,6	0,6	6,0	1,5	0,4	2,8	0,2
05/10/1998 21.00	0,0	0,4	2,2	0,0	4,4	0,6	11,0	1,0	4,2
05/10/1998 22.00	10,6	3,4	2,6	0,2	2,6	2,8	12,0	1,8	11,4
05/10/1998 23.00	11,4	6,2	4,6	7,8	7,2	6,2	11,0	7,0	21,8
06/10/1998 00.00	13,8	11,0	3,2	10,0	5,0	9,0	11,4	15,0	6,8
06/10/1998 01.00	13,0	28,8	6,6	10,4	5,5	10,0	47,0	6,8	34,0
06/10/1998 02.00	34,6	21,4	13,4	45,8	3,3	20,4	21,4	0,2	20,8
06/10/1998 03.00	11,6	1,6	15,8	9,8	0,2	5,2	0,4	0,0	1,0
06/10/1998 04.00	0,2	0,2	5,2	6,8	0,0	0,6	2,0	1,6	3,6
06/10/1998 05.00	5,2	1,0	2,0	3,3	2,4	0,2	4,4	3,0	9,0
06/10/1998 06.00	3,8	4,4	0,0	1,6	3,6	2,4	18,6	3,0	13,8
06/10/1998 07.00	10,0	4,6	1,2	4,3	0,2	4,2	0,6	0,2	2,4
06/10/1998 08.00	0,8	0,4	4,6	12,6	0,2	1,2	0,2	0,2	1,0
06/10/1998 09.00	0,2	1,6	1,2	0,0	4,6	0,2	0,0	1,0	1,2
06/10/1998 10.00	0,2	0,4	0,0	4,6	2,0	3,2	2,0	2,0	1,8
06/10/1998 11.00	2,0	2,2	4,8	1,6	3,0	1,4	3,0	3,2	2,6
06/10/1998 12.00	3,2	3,4	1,8	2,4	7,5	2,2	4,4	4,4	7,4
06/10/1998 13.00	4,8	5,2	2,4	4,0	4,8	4,8	1,4	2,6	2,2

segue Tabella 5.5.1

06/10/1998 14.00	1,6	2,2	5,0	5,6	2,6	5,0	0,4	0,2	0,2
06/10/1998 15.00	0,6	-	4,6	2,0	1,6	1,4	0,2	0,4	0,2
06/10/1998 16.00	0,2	-	2,0	1,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0
06/10/1998 17.00	0,0	-	0,4	0,0	2,4	0,4	4,0	7,8	1,6
06/10/1998 18.00	3,6	-	0,2	2,6	14,4	3,8	2,0	0,8	0,8
06/10/1998 19.00	2,0	-	3,4	1,0	2,7	13,0	28,0	0,4	2,0
06/10/1998 20.00	28,6	-	12,0	3,0	0,0	46,6	62,2	0,0	54,0
06/10/1998 21.00	73,8	-	14,0	57,0	3,5	7,4	7,4	4,6	50,6
06/10/1998 22.00	24,8	-	0,0	43,0	8,0	8,8	21,6	2,2	22,2
06/10/1998 23.00	11,0	-	1,4	28,4	2,3	11,0	11,8	1,6	31,8
07/10/1998 00.00	21,4	-	9,6	28,6	3,0	4,4	15,4	1,6	15,6
07/10/1998 01.00	10,8	-	0,6	19,0	5,7	4,6	4,2	8,8	0,8
07/10/1998 02.00	8,6	-	4,2	34,0	22,0	20,0	0,8	17,0	2,8
07/10/1998 03.00	0,8	-	4,6	5,0	13,2	11,0	0,8	2,0	0,6
07/10/1998 04.00	0,8	-	20,0	1,0	4,2	4,6	0,4	2,0	0,2
07/10/1998 05.00	0,6	-	8,6	1,0	1,6	2,4	0,0	0,2	0,0
07/10/1998 06.00	0	-	6,0	0,6	6,0	0,2	0,2	1,0	0,2
07/10/1998 07.00	0,2	-	1,4	0	-	0,4	1,8	1,2	1,2
07/10/1998 08.00	2	-	4,4	0,2	-	1,2	5,6	4,0	2,8
07/10/1998 09.00	5,6	-	0,8	1,6	-	4,2	6,4	4,0	1,6
07/10/1998 10.00	5	-	2,6	3,6	-	5,4	4,6	6,0	2,2
07/10/1998 11.00	4,4	-	12,0	2,6	-	2,1	7,2	4,0	4,8
07/10/1998 12.00	5,8	-	2,0	2,8	-	5,5	6,6	5,2	5,6
07/10/1998 13.00	4,8	-	3,4	6,6	-	7,0	6,4	8,4	3,8
07/10/1998 14.00	4,8	-	8,0	3,0	-	5,0	3,6	5,8	6,2
07/10/1998 15.00	2,6	5,6	7,6	4,0	7,2	7,2	2,0	3,8	1,8
07/10/1998 16.00	1,8	2,8	4,6	8,0	2,5	4,8	0,4	0,8	1,6
07/10/1998 17.00	0,2	0,8	7,0	1,6	1,5	1,4	0,0	0,0	0,0
07/10/1998 18.00	0	0	2,8	0,4	0,9	1,4	0,0	0,0	0,0
07/10/1998 19.00	0	0	1,8	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4
07/10/1998 20.00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0
07/10/1998 21.00	0,2	0,8	0,0	0,4	0,0	0,2	2,2	0,0	0,4
07/10/1998 22.00	2,6	0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,2	0,0	4,4
07/10/1998 23.00	0,4	2,8	0,0	4,0	0,0	1,6	0,4	0,0	3,8

Come si può notare dalla Tabella 5.5.1, lo strumento della stazione pluviometrica di Zompitta ha interrotto il funzionamento nell'intervallo in cui si è verificata la maggiore precipitazione dell'evento (secondo picco). Per evitare quindi di falsare i risultati a causa della non completezza dei dati, si è deciso di escludere dalla ricostruzione dell'evento tale stazione.

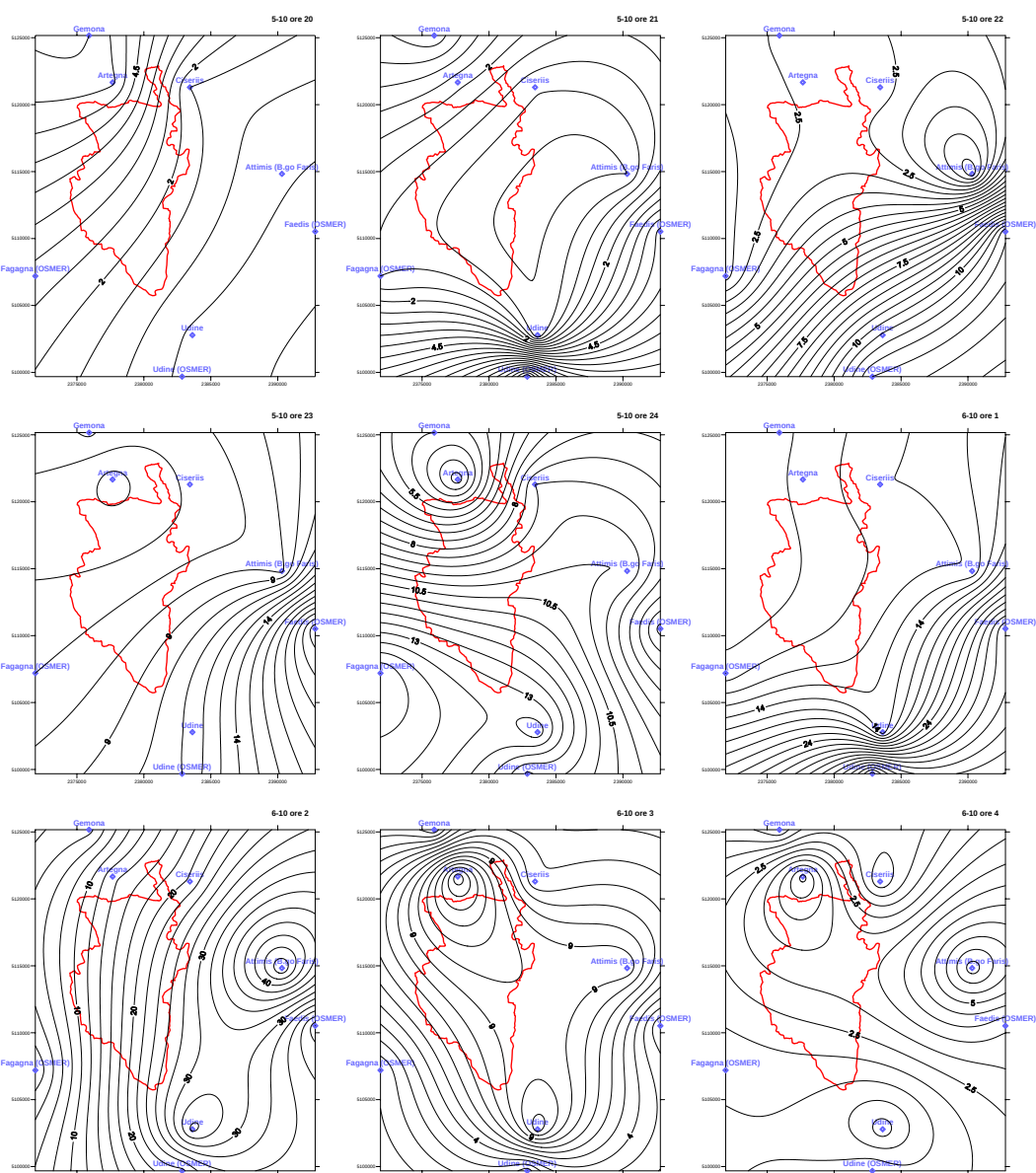
La precipitazione è un fenomeno che presenta una grande variabilità sia spaziale che temporale. La modellazione dei deflussi di un bacino richiede la descrizione spazialmente accurata dei campi di pioggia a partire dalle misure registrate nelle stazioni pluviometriche sparse nel territorio. Si è proceduto quindi all'impiego di evolute tecniche geostatistiche di stima.

Il metodo del Kriging, già utilizzato su vasta scala in campo idrologico da Verri *et al.* [1982] per la mappatura delle risorse idriche regionali, rappresenta un efficace strumento di interpolazione stocastica dei dati di pioggia misurati; esso permette, a partire da una serie di dati misurati in diverse stazioni, di calcolare il più probabile valore di precipitazione in un punto generico attraverso stimatori che minimizzano la varianza dell'errore. Ripetendo il calcolo per i centri di ogni cella di una griglia regolare, è possibile costruire una stima ottimale della distribuzione di pioggia su tutto il bacino.

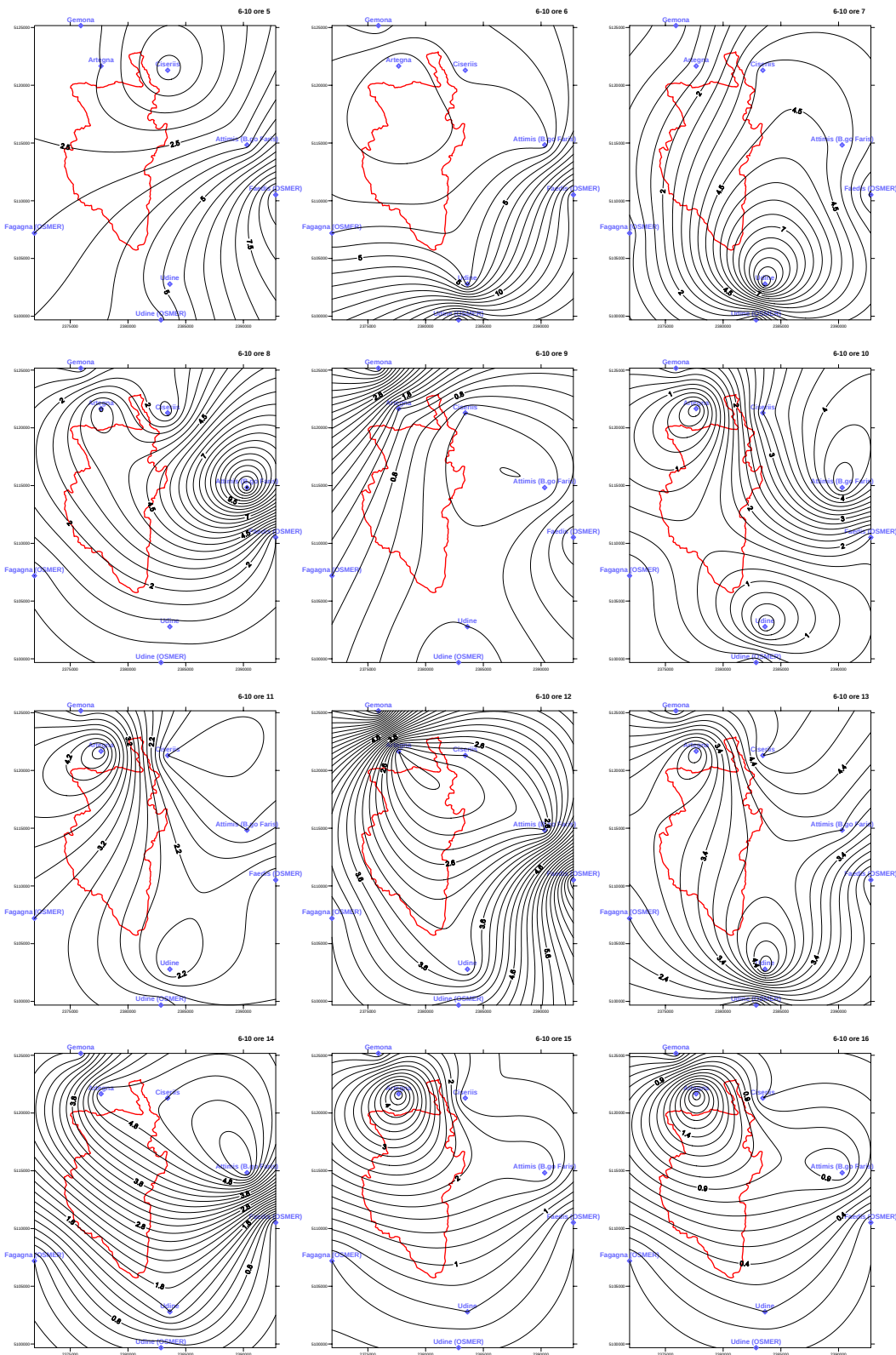
Questa operazione è stata effettuata mediante l'utilizzo del software Surfer[®] 8.0 della Golden Software, Inc..

I dati di pioggia oraria sono stati riassunti in ietogrammi per ogni singola stazione di misura e poi organizzati in files con estensione ".txt", uno per ogni ora di pioggia di ciascun evento, in cui sono indicate le coordinate nel sistema Gauss-Boaga e l'altezza di precipitazione rilevata in [mm]. Utilizzando il programma di calcolo Surfer[®] 8.0, i dati di pioggia sono stati elaborati con la tecnica degli interpolatori stocastici Kriging per ottenere una rappresentazione tramite isoiete, ovvero linee che uniscono punti di uguale precipitazione.

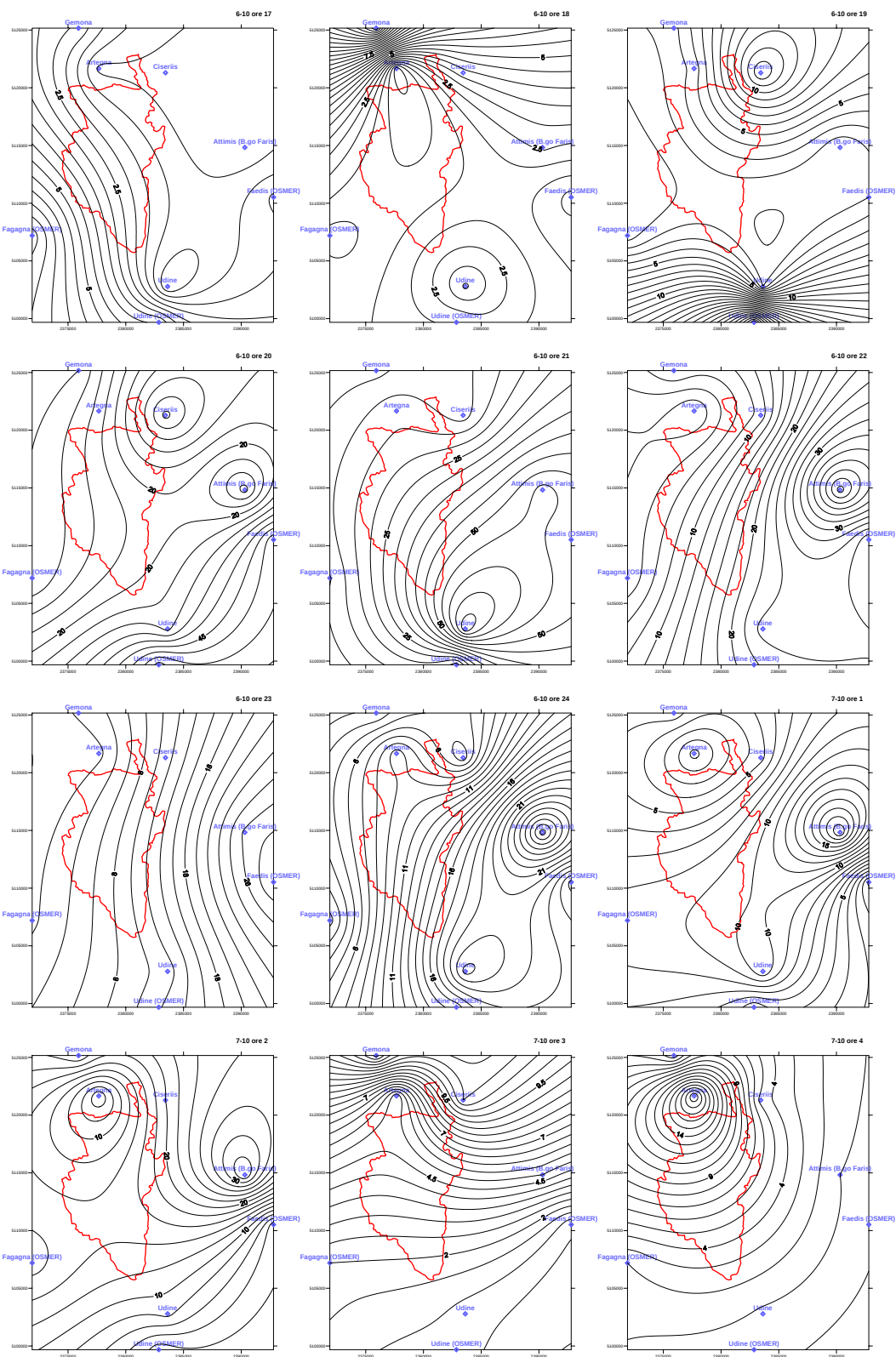
Nella Figura 5.5.1 sono riportate le mappe delle isoiete relative alle precipitazioni orarie per l'evento di piena del 5-7 ottobre 1998, da leggersi da sinistra verso destra dall'alto verso il basso, dalle ore 7 del giorno 5 fino alle ore 7 del giorno 7.



Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor



Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor



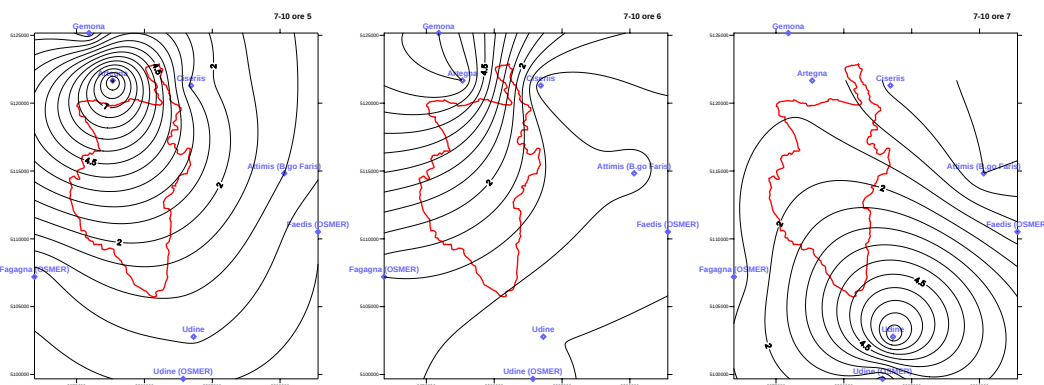


Figura 5.5.1: Mappe delle isoiete relative alle precipitazioni orarie per l'evento di piena del 5-7 ottobre 1998

Osservando le mappe delle isoiete riportate in Figura 5.5.1 si osserva che l'evento comprende due picchi principali di precipitazione, il primo alle ore 2:00, il secondo alle ore 21:00 del giorno 6 ottobre. Questi due picchi risaltano anche dal grafico in Figura 5.5.2 che riporta l'andamento delle precipitazioni medie ora per ora dell'evento.

In particolare si nota, che la distanza pari a 19 ore tra i due picchi, molto si avvicina all'intervallo intercorso tra i due picchi nell'evento catastrofico del 19-20 settembre 1920, pari a 24 ore.

Si evince inoltre che l'evento principale, quello corrispondente al secondo picco, si è sviluppato principalmente lungo un'asse sud-nord est del territorio ad est del bacino collinare.

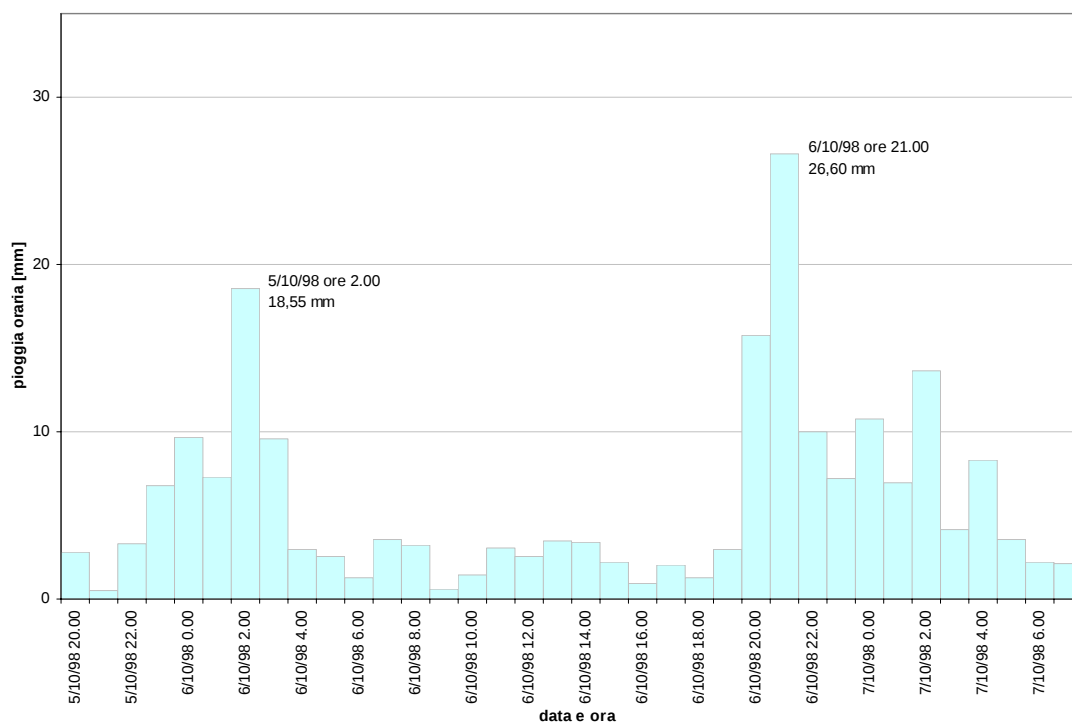


Figura 5.5.2: Andamento delle precipitazioni orarie medie dell'evento del 5-7 ottobre 1998

La ricostruzione dell'evento del 5-7 ottobre 1998 è confermata anche dalle mappe radar fornite dall'Osmer, di cui si riportano nelle Figure 5.5.3 e 5.5.4 quelle relative alle ore 21:00 e 22:00 del giorno 6 ottobre 1998.

Al fine di individuare la stazione più caratteristica per l'evento del 5-7 ottobre 1998, da utilizzarsi come stazione di riferimento per valutare il tempo di ritorno, sono stati calcolati i massimi di pioggia cumulata sulle 6 ore durante il fenomeno, che corrisponde al tempo medio di concentrazione del bacino collinare, e per quelle stazioni dotate di serie storica, si sono calcolati i corrispondenti tempi di ritorno.

Per l'evento del 1998, i valori massimi di precipitazione per un intervallo di 6 ore, pari a 170.4 mm, sono stati rilevati nella stazione di Udine e corrispondono ad un tempo di ritorno di circa 143 anni.

Il risultato così ottenuto porta a considerare Udine come stazione di riferimento. Questa scelta è supportata anche dall'analisi dell'evoluzione spazio-temporale del fenomeno, il cui nucleo principale risulta appunto persistere nella zona nord-est della città.

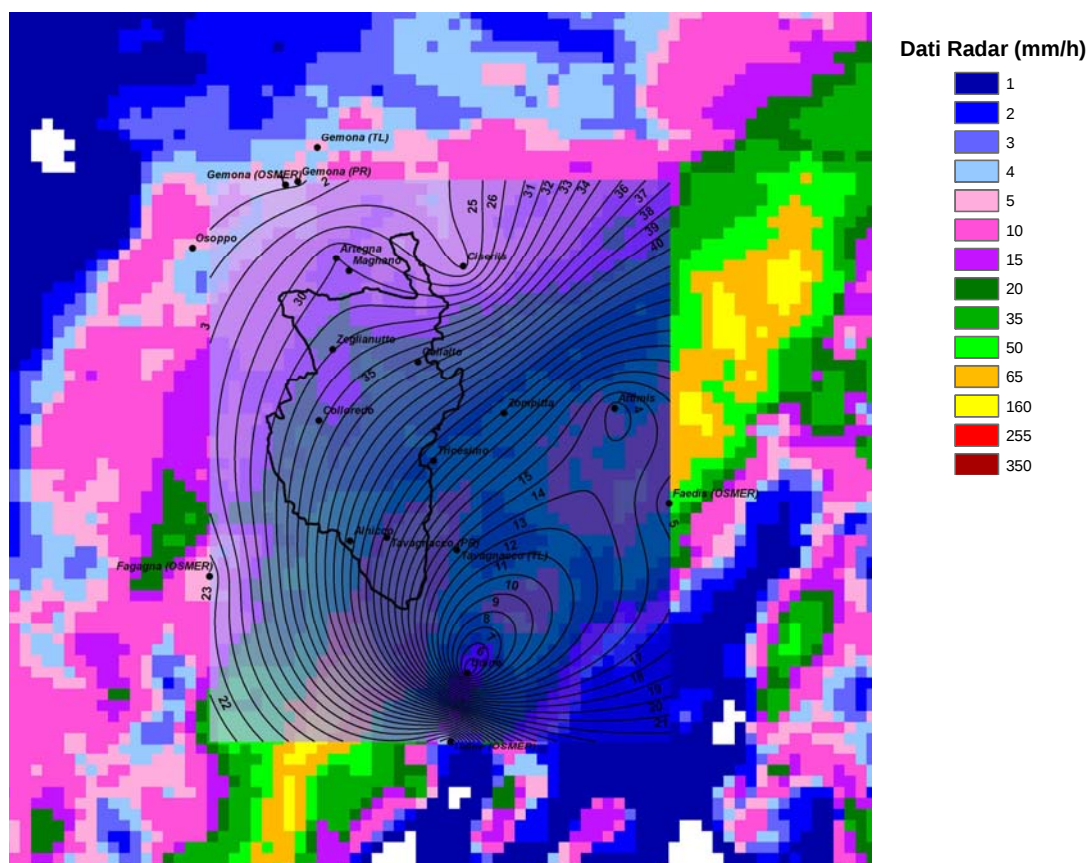


Figura 5.5.3: Mappa radar, con sovrapposto grafico delle isoiete, relativa alle ore 21:00 del giorno 6 ottobre 1998

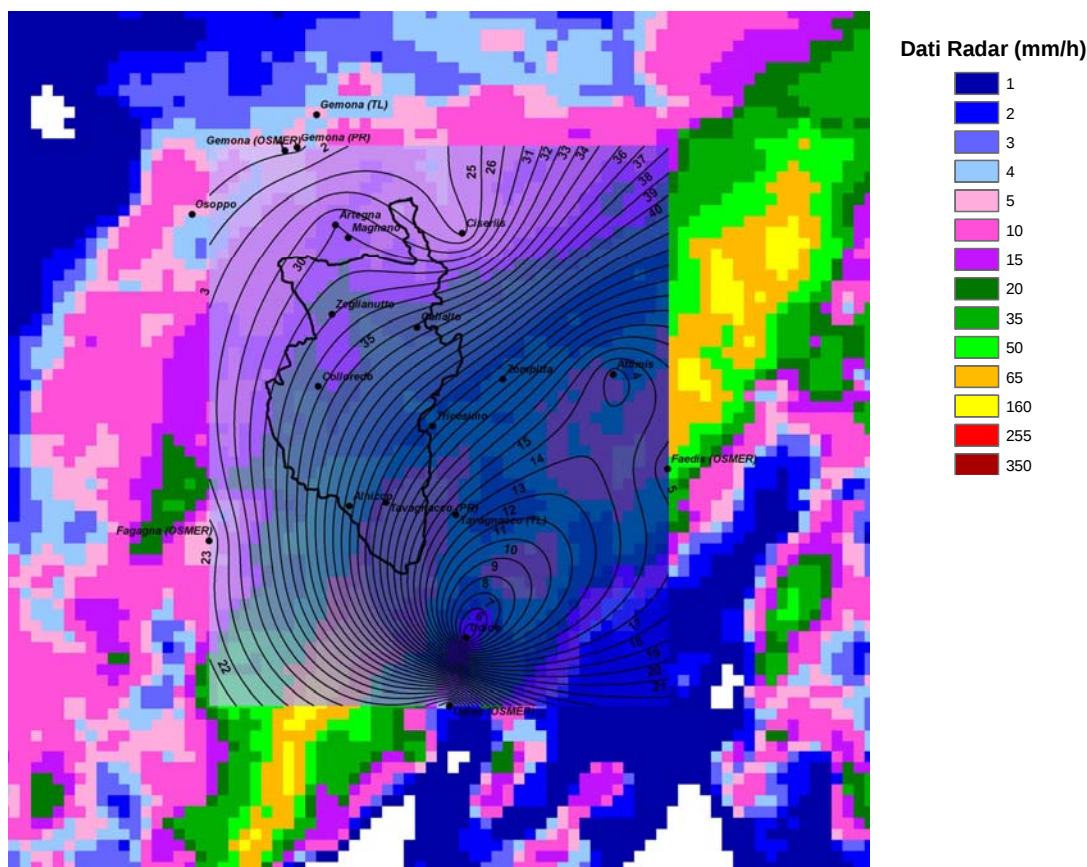


Figura 5.5.4: Mappa radar, con sovrapposto grafico delle isoiete, relativa alle ore 22:00 del giorno 6 ottobre 1998

5.6 Evento pluviometrico del 31 ottobre 2004

Con analogo procedimento seguito per l'evento del 5-7 ottobre 1998, si è proceduto alla ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004. Si osservi che entrambi gli eventi si sono registrati nel mese di ottobre, particolarmente piovoso per questa zona.

Si è ritenuto utile ricostruire l'evento del 2004 in quanto tale evento dispone di una quantità rilevante di dati, in particolare dati provenienti dalle nuove stazioni installate successivamente all'evento del 1998, tra cui quelle di Zeglianutto, Collalto, Collaredo e Alnicco collocate all'interno del bacino collinare.

Le stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione dell'evento sono elencate nella Tabella 5.5.1, dove sono riportati i valori delle precipitazioni orarie relative all'evento in oggetto.

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

Tabella 5.6.1 (a): Stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004 [mm]

Data / Ora	Alnicco	Tavagnacco	Colloredo	Zeglianutto	Tricesimo	Collalto	Gemona PR	Zompitta	Udine UI
29/10/04 1.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29/10/04 2.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29/10/04 3.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29/10/04 4.00	1,2	1,0	1,0	0,6	0,4	0,4	0,0	0,4	1,0
29/10/04 5.00	2,4	1,8	1,8	1,8	1,2	1,6	0,6	1,2	1,6
29/10/04 6.00	1,2	1,0	1,2	0,8	0,8	0,8	0,2	1,8	1,0
29/10/04 7.00	1,8	1,2	1,8	2,2	1,2	1,6	2,2	1,4	0,8
29/10/04 8.00	2,2	2,0	2,4	1,8	1,4	1,4	2,0	1,4	2,2
29/10/04 9.00	2,0	1,2	3,4	3,2	1,6	3,6	2,6	1,4	0,8
29/10/04 10.00	0,8	0,6	1,8	1,6	0,6	1,4	4,2	2,2	0,4
29/10/04 11.00	0,0	0,0	0,6	0,6	0,2	0,8	2,0	0	0,0
29/10/04 12.00	0,2	0,2	0,4	0,4	0,0	0,2	0,4	0,2	1,0
29/10/04 13.00	1,0	1,0	0,6	0,4	0,8	0,8	2,0	1,0	0,0
29/10/04 14.00	1,8	1,8	0,8	1,2	1,0	0,8	1,8	1,8	4,6
29/10/04 15.00	0,6	2,4	0,6	0,4	1,2	1,4	2,8	1,6	1,4
29/10/04 16.00	0,2	0,0	1,4	3,2	0,2	0,8	0,8	0,6	0,0
29/10/04 17.00	0,2	0,4	1,0	0,4	0,0	0,4	1,0	0,6	0,8
29/10/04 18.00	5,8	5,6	1,4	1,2	3,8	3,2	0,2	5,6	2,4
29/10/04 19.00	6,2	5,8	4,8	5	4,6	6,6	4,4	6,0	2,8
29/10/04 20.00	0,2	0,4	0,8	1,0	0,4	0,8	3,6	0,6	0,2
29/10/04 21.00	3,4	3,8	5,2	5	3,8	7,4	6,2	5,2	4,4
29/10/04 22.00	4,6	6,8	5,2	5,4	5	7,8	6,6	8,8	6,8
29/10/04 23.00	1,2	1,2	1	1	0,8	0,8	7,6	1,8	1,6
30/10/04 0.00	0,4	1,2	0,2	0,2	0,8	0,4	0,4	1	1,8
30/10/04 1.00	1,0	1,6	1,0	1,6	1,4	1,4	1,2	3,2	1,0
30/10/04 2.00	1,4	0,6	0,6	0,8	0,4	0,6	4,2	0,8	0,0
30/10/04 3.00	5	1	7	5,8	4	6,2	5,0	2,6	0,0
30/10/04 4.00	1,0	2,2	0,0	0,0	1,4	1,0	0,2	4,8	2,4
30/10/04 5.00	0	0,2	0,0	0,0	0	0,2	0,0	0,0	0,8
30/10/04 6.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 7.00	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 8.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 9.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 10.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 11.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
30/10/04 12.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 13.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 14.00	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 15.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 16.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 17.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 18.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 19.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 20.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 21.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 22.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

segue Tabella 5.6.1 (a)

	Alnicco	Tavagnacco	Colloredo	Zeglianutto	Tricesimo	Collalto	Gemona PR	Zompitta	Udine UI
30/10/04 23.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 0.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
31/10/04 1.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 2.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 3.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 4.00	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,4
31/10/04 5.00	0,8	0,6	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	1,0	0,4
31/10/04 6.00	1,4	2,4	0,4	0,4	1,2	1,0	0,6	2,0	3,0
31/10/04 7.00	21,0	18,8	14,4	12	14,4	14,4	6,6	12,6	17,6
31/10/04 8.00	18,0	10,4	21	20,4	11,6	18,4	20,0	12,8	4,6
31/10/04 9.00	13,6	12,6	15,4	14,2	13,4	18,0	11,4	11,6	7,6
31/10/04 10.00	12,0	8,0	13,2	12,0	9,0	11,4	17,0	5,4	5,6
31/10/04 11.00	5,8	6,2	9,8	10,8	4,6	6,8	11,6	8,8	3,2
31/10/04 12.00	1,2	3,8	3,2	5,2	1,2	3,4	28,6	2,4	1,8
31/10/04 13.00	17,8	10,2	32,6	30,4	11,0	22,8	40,8	7,2	4,2
31/10/04 14.00	20,4	27,2	8,2	9,4	25,6	21	1,4	36,2	25,2
31/10/04 15.00	0,0	0,0	2	2,2	0,2	0,8	2,4	0,2	0,2
31/10/04 16.00	1,2	3,8	0,6	1,4	1,0	0,2	2,8	1,2	1,2
31/10/04 17.00	2,0	1,0	3,2	4,2	1,2	2,4	5,4	1,0	0,8
31/10/04 18.00	0,0	0,4	0,2	0,4	0,6	2,2	0,0	0,8	0,0
31/10/04 19.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 20.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0
31/10/04 21.00	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
31/10/04 22.00	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
31/10/04 23.00	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
1/11/04 0.00	0	0	0	0	0	0,2	0,0	0	0
1/11/04 1.00	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
1/11/04 2.00	0,2	0	0	0	0	0	0,0	0	0
1/11/04 3.00	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0
1/11/04 4.00	0	0	0,4	0	0	0,2	1,0	0	0
1/11/04 5.00	0,2	0,2	0,8	0,8	0	0,8	1,4	0,2	1,2
1/11/04 6.00	0,2	6,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,0	4,6	0
1/11/04 7.00	0	0	0	0	0	0,2	0,0	0	0

Tabella 5.6.1 (b): Stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004 [mm]

Data / Ora	Osoppo	Faedis	Udine Osmer	Gemona Osmer	Fagagna	Artegna	Attimis	Tavagnacco PR	Gemona UI
29/10/04 1.00	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
29/10/04 2.00	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
29/10/04 3.00	0,0	-	-	-	-	0,2	0,0	0,0	0,0
29/10/04 4.00	0,2	-	-	-	-	1,0	0,6	0,0	0,0
29/10/04 5.00	1,2	-	-	-	-	0,4	0,8	0,0	1,0
29/10/04 6.00	0,8	-	-	-	-	1,6	1,6	1,8	0,4
29/10/04 7.00	2,0	-	-	-	-	1,8	1,0	1,4	2,6
29/10/04 8.00	1,4	-	-	-	-	3,0	2,2	1,4	1,0

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

segue Tabella 5.6.1 (b)

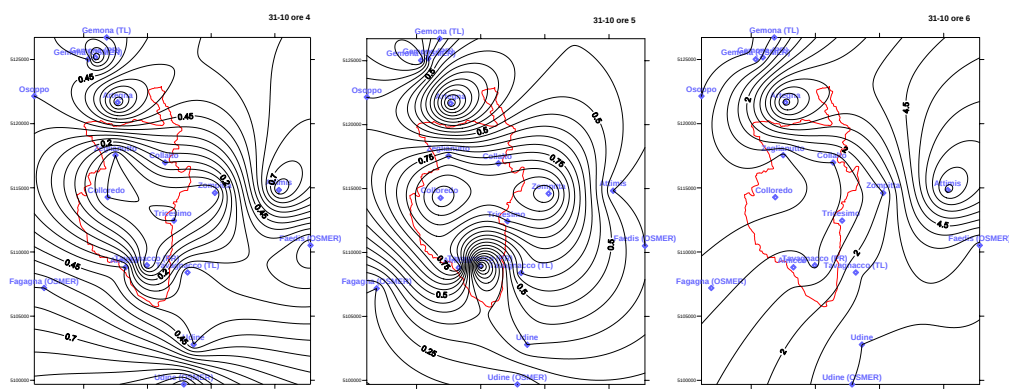
	Osoppo	Faedis	Udine Osmer	Gemona Osmer	Fagagna	Artegna	Attimis	Tavagnacco PR	Gemona UI
29/10/04 9.00	2,4	-	-	-	-	3,0	0,2	1,6	2,0
29/10/04 10.00	5,0	-	-	-	-	1,2	0,6	2,2	5,4
29/10/04 11.00	1,4	-	-	-	-	0,4	0,0	1,2	2,0
29/10/04 12.00	1,2	-	-	-	-	1,8	1,4	0,5	0,2
29/10/04 13.00	1,0	-	-	-	-	0,2	0,4	0,0	2,2
29/10/04 14.00	3,2	-	-	-	-	2,0	3,8	1,4	1,2
29/10/04 15.00	0,6	-	-	-	-	0,4	1,8	0,0	2,4
29/10/04 16.00	1,4	-	-	-	-	1,2	0,6	2,6	0,8
29/10/04 17.00	0,2	-	-	-	-	0,2	1,4	0,2	0,4
29/10/04 18.00	0,6	-	-	-	-	3,0	6,6	0,2	0,4
29/10/04 19.00	10,8	-	-	-	-	3,2	4,2	2,2	4,2
29/10/04 20.00	6,0	-	-	-	-	4,8	0,6	6,0	2,8
29/10/04 21.00	7,0	-	-	-	-	5,0	5,2	3,4	6,4
29/10/04 22.00	8,4	-	-	-	-	5,6	12,0	1,6	9,4
29/10/04 23.00	0,6	-	-	-	-	0,2	4,6	4,0	5,0
30/10/04 0.00	0,4	-	-	-	-	1,2	3,8	6,4	0,4
30/10/04 1.00	2,4	-	-	-	-	2,0	2,0	0,6	2,2
30/10/04 2.00	2,4	0,2	0,0	3,6	0,8	3,6	0,2	1,2	3,4
30/10/04 3.00	2,0	0,0	0,0	5,8	5,6	0,6	0,6	0,8	5,4
30/10/04 4.00	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	0,2
30/10/04 5.00	0,0	1,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,2	4,0	0,0
30/10/04 6.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,0	0,0
30/10/04 7.00	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 8.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 9.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 10.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
30/10/04 11.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 12.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 13.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 14.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 15.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 16.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 17.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 18.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 19.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 20.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 21.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 22.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/10/04 23.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 0.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 1.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 2.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31/10/04 3.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

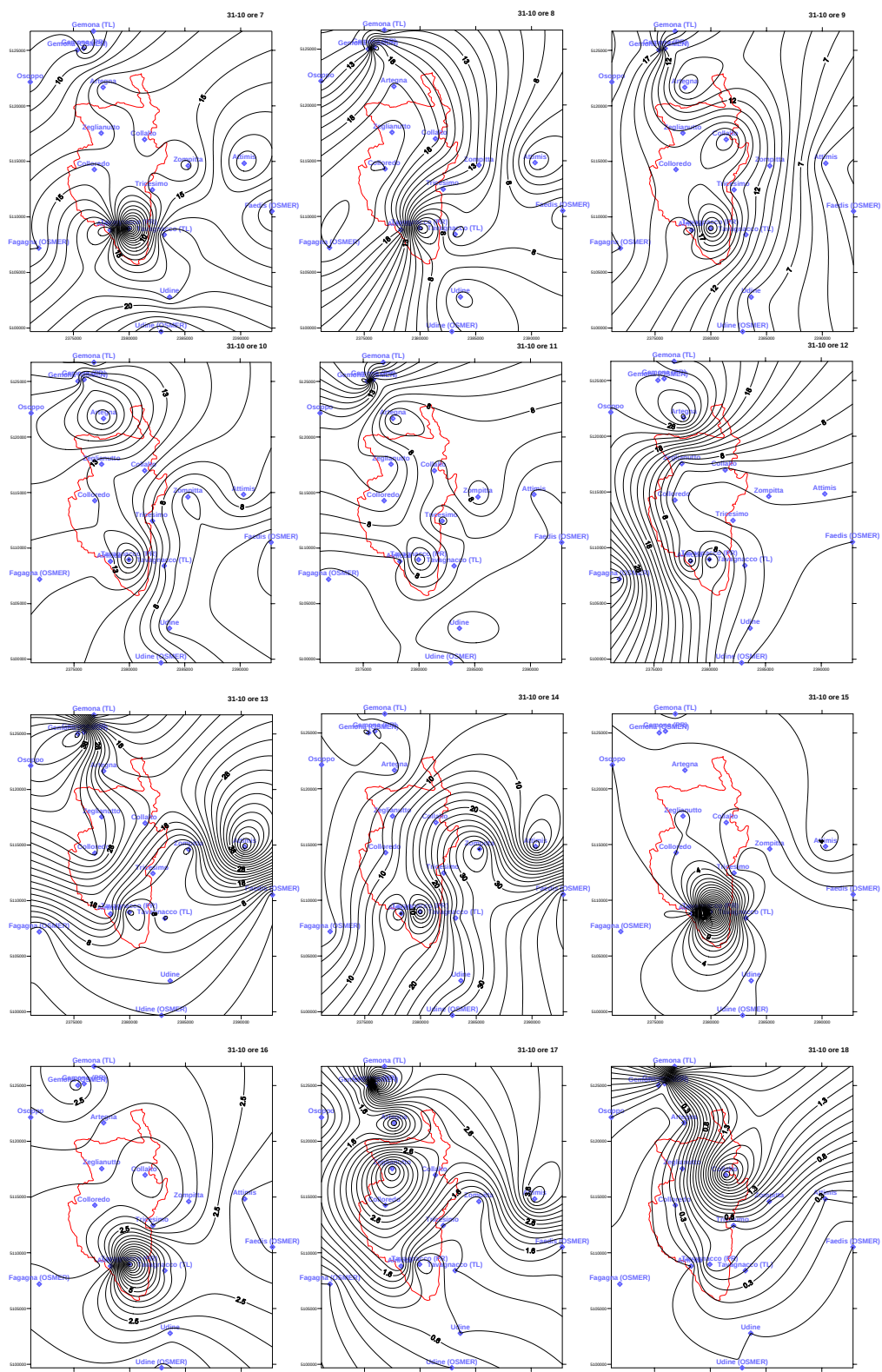
segue Tabella 5.6.1 (b)

	Osoppo	Faedis	Udine Osmer	Gemona Osmer	Fagagna	Artegna	Attimis	Tavagnacco PR	Gemona UI
31/10/04 4.00	0,4	0,2	1,0	0,4	0,6	0,8	0,8	0,0	0,4
31/10/04 5.00	0,6	0,4	0,2	0,8	0,2	0,0	0,4	0,0	0,6
31/10/04 6.00	0,0	2,8	3,0	0,2	0,8	5,8	7,2	0,9	0,6
31/10/04 7.00	8,4	13,8	25,2	9,0	14,0	14,8	20,0	0,3	8,2
31/10/04 8.00	11,8	9,6	6,4	12,2	21,0	19,2	3,0	3,4	11,0
31/10/04 9.00	18,8	3,4	8,8	17,2	18,0	8,0	3,4	21,8	14,4
31/10/04 10.00	14,8	3,8	9,6	13,2	12,2	20,0	9,6	17,1	10,8
31/10/04 11.00	11,6	5,0	5,6	19,4	4,4	5,4	4,8	11,0	17,4
31/10/04 12.00	25,6	0,0	0,2	28,8	40,4	34,6	2,4	12,4	23,6
31/10/04 13.00	39,8	0,6	2,0	44,6	0,2	21,0	49,6	3,2	48,0
31/10/04 14.00	1,4	40,6	30,6	4,2	0,4	1,2	0,4	2,4	5,6
31/10/04 15.00	1,0	0,4	0,4	2,8	0,8	1,0	4,4	25,0	3,2
31/10/04 16.00	1,8	3,6	0,4	3,2	1,2	1,4	3,6	10,2	2,0
31/10/04 17.00	0,4	1,4	0,4	2,2	0,0	0,6	4,0	0,4	3,2
31/10/04 18.00	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,6	2,2
31/10/04 19.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
31/10/04 20.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
31/10/04 21.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
31/10/04 22.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
31/10/04 23.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/11/04 0.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/11/04 1.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/11/04 2.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
1/11/04 3.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
1/11/04 4.00	0,0	1,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0
1/11/04 5.00	0,6	1,4	1,0	0,4	0,0	0,8	0,0	0,0	0,2
1/11/04 6.00	1,0	1,2	0,0	1,6	0,0	0,0	2,2	0,0	1,4
1/11/04 7.00	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2

Nella Figura 5.6.1 sono riportate le mappe delle isoiete relative alle precipitazioni orarie per l'evento di piena del 31 ottobre 2004, da leggersi da sinistra verso destra, dall'alto verso il basso, per le diverse ore consecutive.



Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor





La Figura 5.6.2 illustra l'andamento delle precipitazioni medie relative all'evento.

Per l'evento del 2004, i valori massimi di precipitazione per un intervallo di 6 ore, pari a 129.4 mm, sono stati rilevati nella stazione di Gemona e corrispondono ad un tempo di ritorno di circa 14 anni.

Si tratta di un evento con basso tempo di ritorno che però ritorna molto utile in sede di taratura del modello idrologico di ricostruzione dell'onda di piena in quanto dotato di misure di livelli idrometrici nella sezione di chiusura di Colugna.

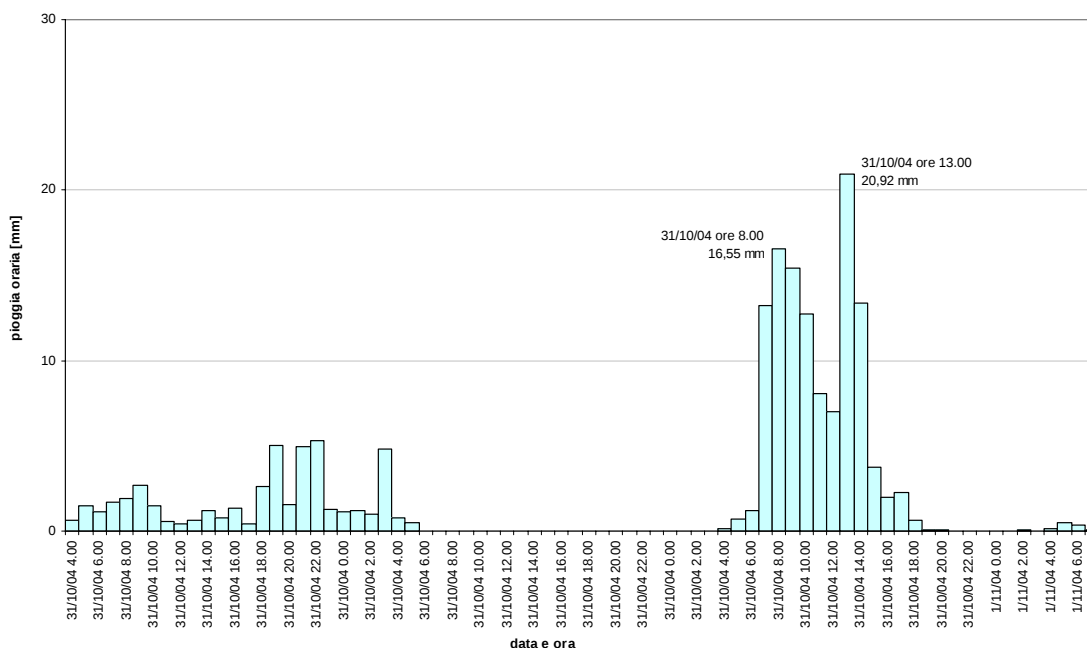


Figura 5.6.2: Andamento delle precipitazioni orarie medie dell'evento del 31 ottobre 2004

Bibliografia:

- Gumbel E. J., 2004, "Stocastics of Extremes" – Dover Publicationd Inc., Mineola, New York
- Kimball B. F., 1956, "The bias in certain estimates of the parameters of the extreme-value distribution" – Ann. Math. Stats
- Verri G., Volpi G., Gambolati G., 1982, "Mappatura automatica delle risorse idriche regionali" – Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale Lavori Pubblici, Servizio dell'Idraulica
- Ufficio Idrografico di Udine, Fornitura serie storiche massimi annuali; dati pluviometrici; altezze idrometriche alla sezione di Colugna
- Osservatorio Meteorologico Regionale dell'Agenzia regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia, Fornitura dati pluviometrici degli eventi 5-7 ottobre 1998, 31 ottobre 2004; dati radar meteorologici di rilevamento delle precipitazioni

6

ONDA DI PIENA DI PROGETTO

La rete di monitoraggio del bacino collinare del torrente Cormor non fornisce molte informazioni per quanto riguarda l'idrometria e le misure di portata alla sezione di chiusura di Colugna. L'idrometro in telemisura disponibile è stato installato sul ponte di Colugna nel 2003 e il 4 ottobre 2005 è stata effettuata da parte del personale dell'Ufficio Idrografico Regionale di Udine una lettura di portata in occasione di un evento di bassa intensità. Non esiste attualmente una scala delle portate.

Per individuare un'onda di progetto quindi si fa riferimento all'evento del 5-7 ottobre 1998, che risulta avere molte analogie con quello verificatosi nel 1920. È stato inoltre ricostruito l'evento del 31 ottobre 2004 che, pur non avendo caratteristiche di eccezionalità, risulta interessante sia per confermare l'affidabilità del modello utilizzato sia perché ha un tempo di ritorno medio basso.

Per ricostruire la risposta del bacino a questi eventi è stato adottato un metodo di depurazione delle piogge che tenesse conto del tipo di suolo e dell'uso del suolo, a tal fine è stato utilizzato il metodo del Curve Number (CN) sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) dell' U.S. Department of Agriculture nel 1972.

Il passo seguente è stato quello di applicare un modello afflussi-deflussi per ottenere l'onda di piena ricostruita.

I dati a disposizione non consentono di applicare modelli di tipo analitico per determinare la risposta del bacino, pertanto la ricostruzione delle onde di piena relative agli eventi sopra indicati è stata effettuata utilizzando il modello sintetico dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico.

6.1 Il metodo del Curve Number per il calcolo delle piogge efficaci

La determinazione dell'aliquota di precipitazione che si trasforma in deflusso superficiale richiede la conoscenza del fenomeno dell'infiltrazione e del suo andamento temporale. Tale fenomeno è influenzato da diversi fattori tra cui le caratteristiche del terreno, le condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento e le modalità con cui evolve l'evento meteorico.

Esistono diversi metodi sia empirici che teorici che ne descrivono il funzionamento:

- ☐ Modelli idrologici, basati su leggi empiriche
- ☐ Modelli fisici, basati sulla schematizzazione della reale dinamica del fenomeno.

I primi, nonostante un minore legame fisico con il processo in esame, offrono il vantaggio di una parametrizzazione meno onerosa e più facilmente determinabile in funzione della litologia e dell'uso del suolo.

Nel presente lavoro è stato adottato il metodo del Curve Number, introdotto dal *Soil Conservation Service* [1972].

Secondo tale modello, il volume specifico (altezza) di pioggia netta P_{net} , dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t , risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P e al volume d'acqua complessivamente perduto S' , caduta nel medesimo intervallo temporale, dall'equazione di continuità:

$$P_{net} = P - S' \quad (6.1.1)$$

Il modello si basa sull'ipotesi che sussista la seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{S'}{S} = \frac{P_{net}}{P} \quad (6.1.2)$$

in cui S indica il massimo volume specifico che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione. Considerando S' pari a F , volume infiltrato per unità di superficie fino allo stesso istante, ed introducendo al posto di P il termine $(P - I_a)$, con I_a pari alle perdite per unità di superficie, la relazione di proporzionalità (6.1.2) può essere così riformulata:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)F}{S} \quad (6.1.3)$$

e sostituendo a F l'espressione ottenuta dall'equazione di continuità (6.1.1) si ottiene:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (6.1.4)$$

dove S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione (capacità potenziale di infiltrazione) ed I_a è la perdita iniziale, ossia il valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia produzione di deflusso.

Questa relazione è valida soltanto per P maggiore di I_a , mentre nel caso in cui l'altezza di pioggia risulti minore di I_a si ha $P_{net} = 0$. In realtà, con l'introduzione della

perdita iniziale si intende tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale.

I due parametri che compaiono nella relazione precedente, S ed I_a , possono essere determinati attraverso operazioni di taratura del modello. In mancanza di adeguate osservazioni utili a questo scopo, per la stima di I_a , espresso in $[mm]$, si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S \quad (6.1.5)$$

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN secondo la relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (6.1.6)$$

valida per S espresso in $[mm]$.

L'indice CN è un numero adimensionale chiamato appunto Curve Number, compreso tra 0 e 100, funzione delle caratteristiche geologiche del suolo, del tipo di copertura vegetale e di destinazione d'uso e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

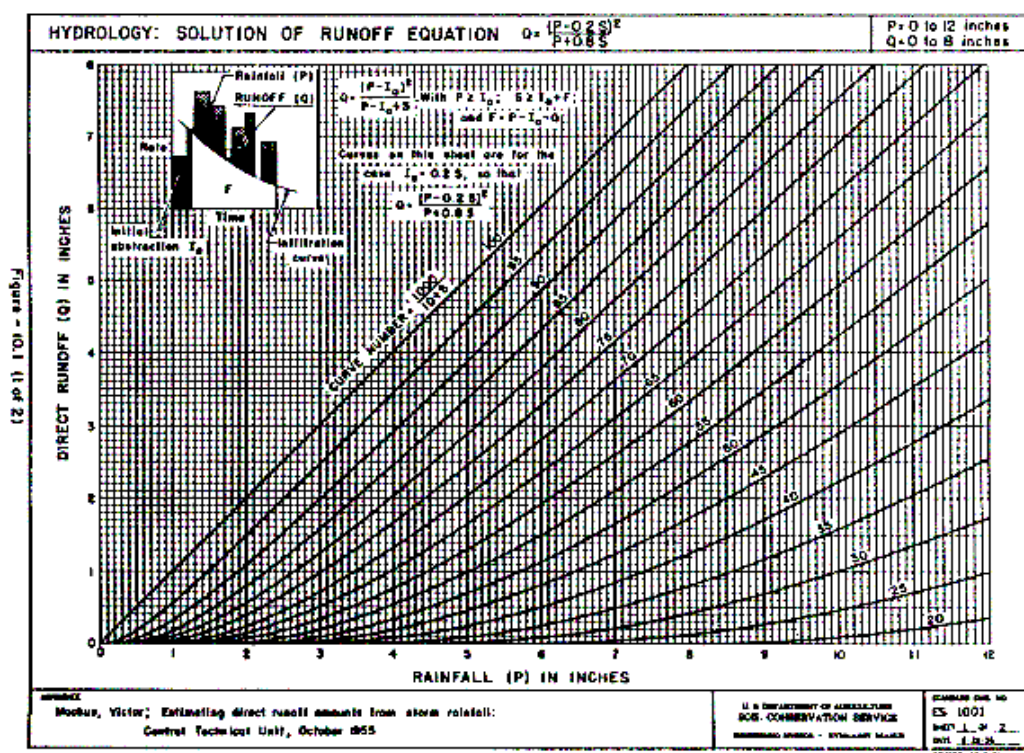


Figura 6.1.1: Influenza del parametro CN sulla stima del volume di pioggia netta (estratta dal sito <http://hydrolab.arsusda.gov/SPAW/Appendices/AppendixI.htm>)

Come si può osservare nella Figura 6.1.1 per CN=100 il deflusso superficiale coincide con la pioggia totale cumulata, per cui l'infiltrazione risulta nulla (superfici impermeabili). Viceversa per CN=0 si ha una retta orizzontale corrispondente a superfici completamente permeabili.

Per quanto riguarda la natura del suolo, l'SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento (Tabella 6.1.1):

Tabella 6.1.1: Gruppi di suolo in base alla capacità di assorbimento

DEFINIZIONE	GRUPPO
<i>Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso.</i> Comprende sabbie profonde, con scarssissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.	A
<i>Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso.</i> Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto al gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.	B
<i>Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta.</i> Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.	C
<i>Potenzialità di deflusso molto elevata.</i> Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione	D

Nella Tabella 6.1.2 sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.

Tabella 6.1.2: Valori del CN in funzione dell'uso del suolo (estratta dal sito <http://hydrolab.arsusda.gov/SPAW/Appendices/AppendixI.htm>)

Cover			Hydrologic Soil Group			
Land Use	Treatment or Practice	Hydrologic Condition	A	B	C	D
Fallow	Straight Row	---	77	86	91	94
Row Crops	Straight Row	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	Terraced	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
Small Grain	Straight Row	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	Terraced	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81

Close-seeded Legumes or Rotation Meadow	Straight Row	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	Terraced	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80
Pasture or Range	Natural	Poor	68	79	86	89
		Fair	49	69	79	84
		Good	39	61	74	80
	Contoured	Poor	47	67	81	88
		Fair	25	59	75	83
		Good	6	35	70	79
Meadow	Natural	Good	30	58	71	78
Woods	Natural	Poor	45	66	77	83
		Fair	36	60	73	79
		Good	25	55	70	77
Farmsteads	---	---	59	74	82	86
Roads	(dirt)	---	72	82	87	89
	(hard surface)	---	74	84	90	92

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC, Antecedent Moisture Condition), a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento meteorico, come indicato nella Tabella 6.1.3.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Tabella 6.1.3:
Classi AMC per il metodo CN

I valori del CN riportati nella Tabella 6.1.3 si riferiscono ad una condizione media di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico (AMC II). Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate le seguenti relazioni di trasformazione del valore CN(II), rispettivamente nel valore relativo ad AMC I e ad AMC III:

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (6.1.7)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (6.1.8)$$

6.2 Classi CN del tipo di suolo in rapporto alla geologia del bacino collinare

Definizioni generali

Le caratteristiche geologiche del territorio concorrono alla definizione dei diversi gruppi idrologici del suolo, raggruppati dal metodo CN in 4 classi che definiscono globalmente la capacità di assorbimento (o infiltrabilità) del suolo. La valutazione della relativa classe di appartenenza di una porzione di territorio si basa sia sulle caratteristiche del sottosuolo che del suolo vero e proprio.

Per quanto riguarda le caratteristiche del sottosuolo la valutazione della capacità di assorbimento va in genere riferita alla permeabilità, e quindi alla granulometria dei terreni nel caso si tratti di depositi incoerenti, al grado di fratturazione ed eventuale carsismo nel caso di formazioni rocciose. Per quanto riguarda le caratteristiche del suolo numerose sono le proprietà che concorrono alla definizione della permeabilità e del drenaggio interno del suolo stesso. Fra queste le più importanti sono la tessitura, il grado di sviluppo del suolo e la presenza o meno di orizzonti impermeabili, in particolare in vicinanza della superficie. In questo contesto la valutazione della classe CN deve esser dedotta dall'incrocio delle caratteristiche sia del sottosuolo che del suolo, in quanto non sempre esiste una corrispondenza univoca tra i due fattori: in particolare i suoli, a parità di materiale parentale (materiale da cui si sono generati, in pratica in questo contesto quello del sottosuolo), possono presentare gradi di evoluzione differenziati in rapporto alla situazione morfologica al contorno (es. erosione nel caso di aree acclivi, sviluppo maggiore in aree stabili).

In conseguenza della variabilità locale di questi fattori, l'applicazione del metodo CN, con la definizione generica di 4 classi, permette di valutare la capacità di assorbimento partendo da informazioni di tipo qualitativo, quali carte geologiche e pedologiche.

Infiltrabilità in rapporto alla geologia del bacino collinare del Cormor

Le due principali unità morfologiche che costituiscono il bacino collinare hanno avuto un meccanismo di deposizione diverso. In conseguenza i depositi che le costituiscono presentano una granulometria (e quindi permeabilità) nettamente diversa.

La prima unità è rappresentata dall'anfiteatro morenico del Tagliamento, costituito prevalentemente dai materiali trasportati ed abbandonati dagli antichi ghiacciai wurmiani. I rilievi collinari che lo caratterizzano si riconducono, nell'insieme, ad una serie di tre cerchie moreniche, rappresentative delle fasi di massima espansione (cerchia più esterna) e dei successivi periodi di stasi nel ritiro del ghiacciaio tilaventino. Il sottosuolo di questi archi morenici è caratterizzato da marcate eterogeneità litologiche e tessiturali riscontrabili anche a brevi distanze lineari. Prevalentemente si tratta di materiali incoerenti piuttosto fini o per lo meno con accentuata presenza di materiali limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, che vanno a costituire la matrice in cui sono immersi ghiaie o veri e propri blocchi di roccia. In linea molto generale sono rinvenibili depositi prevalentemente ghiaiosi in corrispondenza della prima cerchia (la più esterna), prevalentemente limosi in corrispondenza delle altre due cerchie, dove esistono differenziazioni soprattutto in senso meridiano, poiché al piede dei versanti meridionali e lungo quelli settentrionali compare till di alloggiamento prevalentemente fine, cui si raccorda il fluvioglaciale ghiaioso e sabbioso e si sovrappone il till di ablazione grossolano. A questi materiali compete una permeabilità

media e medio-bassa. All'interno dell'anfiteatro le aree intermoreniche sono caratterizzate da rilievi poco accentuati o da zone subpianeggianti e talora depresse, quest'ultime rappresentanti antichi ambienti glacio-lacustri o paludosi. Le aree di raccordo tra le superfici più acclivi e le aree subpianeggianti sono caratterizzate da fasce di materiale colluviale prevalentemente limoso, mentre i depositi glacio-lacustri sono costituiti da sedimenti limosi alternati a sedimenti argillosi o sabbiosi, ai quali si somma talora una più o meno abbondante componente organica (torba). Le principali "bassure" sono quelle di Bueris, quella ubicata ad occidente della strada Pagnacco-Colloredo di Monte Albano (loc. Pradis e Casale della Bonifica) e la bassura che si estende dai colli di Buia sino a Zegliacco. A queste aree compete una permeabilità bassa o molto bassa.

La seconda unità morfologica è rappresentata dalla pianura pedemorenica. E' costituita da alluvioni fluviali e fluvioglaciali prevalentemente ghiaiose o ghiaioso-sabbiose, raramente cementate, deposte dagli scaricatori glaciali e dagli attuali corsi d'acqua, costituenti gli ampi conoidi alluvionali oggi profondamente incisi e terrazzati. A questo tipo di materiali compete una elevata permeabilità. Sedimenti alluvionali pleistocenici si estendono talora anche all'interno delle cerchie moreniche, in corrispondenza delle valli originariamente percorse dagli scaricatori glaciali e in alcune zone pianeggianti che si estendono alla base dei versanti meridionali dei cordoni morenici principali della seconda e terza cerchia dell'anfiteatro, dove possono assumere un carattere più francamente sabbioso-limoso. A questo tipo di materiali compete una permeabilità media.

Il basamento su cui poggia l'anfiteatro morenico e le alluvioni della pianura pedemorenica è costituito, a seconda dell'area di interesse, da conglomerati del Pliocene-Pleistocene sup. (Supersintema del Friuli) e alternanze di marne ed arenarie dell'Eocene inferiore (Marne e Arenarie di Savorgnano). Gli spessori della coltre morenica possono superare il centinaio di metri, ma la struttura a scaglie tettoniche del basamento ne fa affiorare lembi limitati in alcuni isolati rilievi tra Buia e Tarcento. La parte più settentrionale del bacino si stacca dalle due unità morfologiche qui descritte e rientra in un ambito prettamente montano, dove affiorano litologie marnoso-arenacee. Queste formazioni costituiscono generalmente un substrato poco permeabile. Di conseguenza la permeabilità di questi terreni, anche in rapporto al tipo di suolo presente, è ritenuta bassa.

Per quanto riguarda il ruolo dei suoli nell'area vengono segnalati due principali tipi di suolo: Endoskeleti-Calcaric Cambisols e Cutani-Chromic Luvisols (FAO, [1998]), a tessitura da franco-ghiaiosa a franco-limoso, caratterizzanti gran parte delle aree collinari dell'anfiteatro morenico e le aree dei terrazzi pedemorenici più antichi, con drenaggio interno da buono ad eccessivo, e spessori tra 50-100 cm per i cambisuoli (suoli meno sviluppati) e fino a 150 cm per i luvisuoli.

Per quanto riguarda la presenza di falde freatiche superficiali, in tutta l'area del bacino collinare non vengono segnalati livelli permanenti in prossimità del piano campagna, eccezion fatta per le aree più depresse delle antiche torbiere e paludi ed alcune sorgenti alla base delle colline moreniche.

Classi CN del bacino collinare del Cormor

Sulla base delle informazioni geologiche e pedologiche disponibili vengono riportate in Tabella 6.2.1 ed in Figura 6.2.1 le corrispondenze tra il raggruppamento delle diverse

situazioni geologiche e le classi CN. Per la descrizione USDA delle classi CN ci si può riferire alla Tabella 6.1.1. Oltre alla consultazione della cartografia geologica di base esistente e pedologica (Comel A., Nassimbeni P., Nazzi P., [1982]), sono attualmente in corso di stampa alcuni importanti documenti, che costituiscono nel complesso un valido strumento per interpretare l'assetto del territorio in rapporto alle classi CN:

- ❑ foglio CARG UDINE a scala 1:50.000 (Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia)
- ❑ Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia a scala 1:150.000 (Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia).

Tabella 6.2.1: Corrispondenza tra geologia e classi CN del bacino collinare

GEOLOGIA	CLASSE CN
- Alluvioni recenti e prevalentemente ghiaioso-sabbiose dell'Alta Pianura	A
- Alluvioni antiche prevalentemente ghiaioso-sabbiose - Tilliti prevalentemente ghiaiose e con suoli sviluppati con permeabilità alta e modesta ritenzione idrica - Calcare di Soccher - Conglomerati	B
- Tilliti a matrice prevalentemente limosa - Flysch e suoli su substrato a Flysch - Alluvioni limoso-sabbiose prevalenti - Colluvi	C
- Limi e argille prevalenti - Depositi glacialacustri e torbiere	D

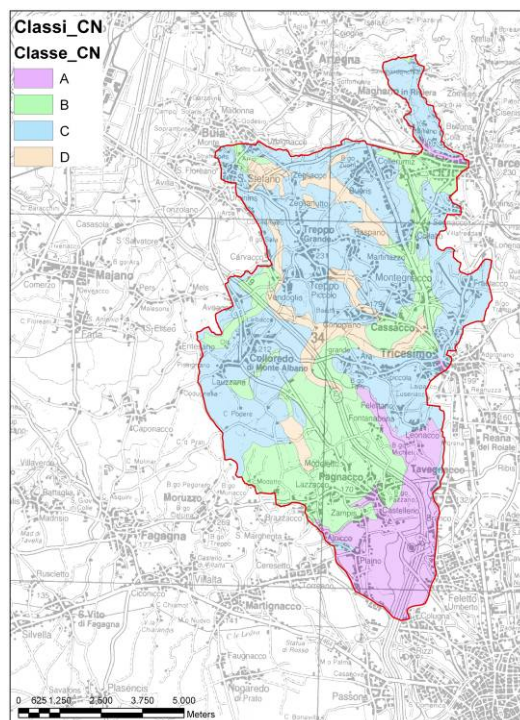
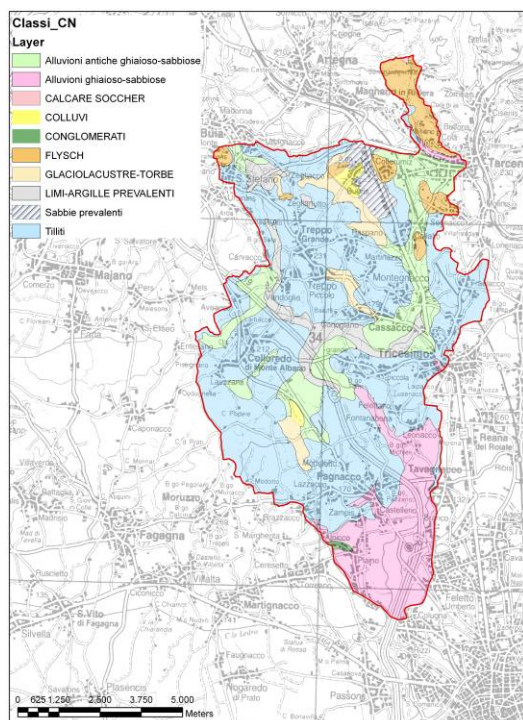


Figura 6.2.1: Corrispondenza tra geologia (a sinistra) e classi CN del bacino collinare (a destra)

6.3 Analisi dell'uso del suolo

Per l'analisi dell'uso del suolo si è voluto utilizzare un metodo di classificazione in grado di analizzare, dettagliatamente, quanto presente sul territorio di nostro interesse. Tale metodo si basa sull'impiego della carta del Progetto MOLAND-FVG per l'uso del suolo, sulla interpretazione delle ortofotoi relative alla zona stessa e sulle osservazioni e sopralluoghi effettuati direttamente in campo.

La metodologia MOLAND (MONitoring LAND Use/ Cover Dynamics) è un progetto avviato nel 1998 dal Dipartimento Generale Centro Comune di Ricerca (CCR) della Commissione Europea.

Nel Gennaio 2000, su incarico della Direzione regionale della pianificazione territoriale della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, la metodologia Moland è stata applicata al territorio della stessa Regione FVG. Il progetto MOLAND-FVG ricostruisce l'evoluzione in uso del suolo del territorio regionale durante gli ultimi 50 anni, associando ai parametri territoriali dati socio-economici e ambientali col fine di individuare i trends di sviluppo e indirizzarli verso criteri di sostenibilità. Il progetto consta di un database georiferito di poligoni con gli attributi d'uso del suolo specificati nella legenda e di un layer vettoriale rappresentante viabilità, ferrovie, canali e corsi d'acqua.

Secondo la carta dell'uso del suolo, l'area del bacino collinare del torrente Cormor è descritta da 30 classi di uso del suolo (Figura 6.3.1). Una descrizione, dunque, che analizza dettagliatamente quanto presente sul territorio, sia a livello ambientale che urbanistico.

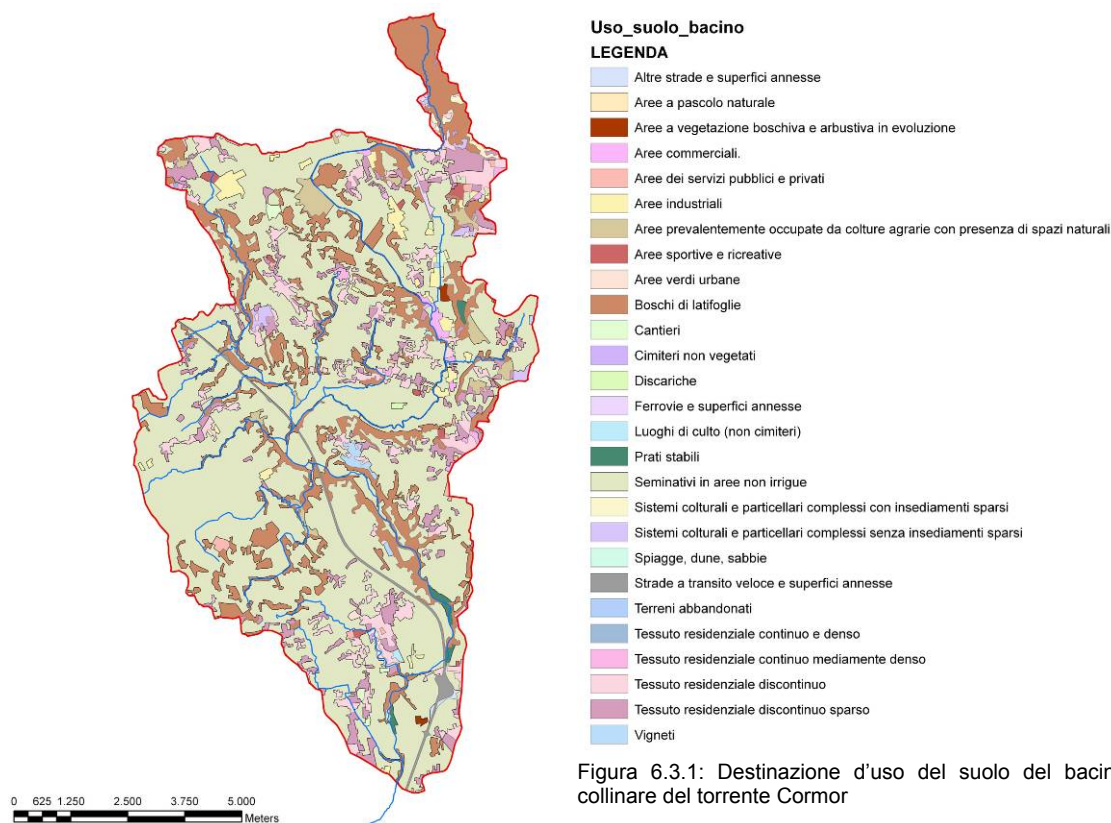


Figura 6.3.1: Destinazione d'uso del suolo del bacino collinare del torrente Cormor

Una prima semplificazione delle classi di uso del suolo ha permesso di individuare 8 classi più ampie per alcune tipologie rappresentative di uso del suolo relative:

- ☐ a seminativi: seminativi in aree non irrigue
- ☐ a sistemi misti: aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali, sistemi colturali e particellari complessi con e senza insediamenti sparsi
- ☐ a colture arboree: vigneti
- ☐ a colture permanenti: prati stabili, aree a pascolo naturale (argini dei corsi d'acqua) e discariche
- ☐ alle aree boscate: aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione, boschi di latifoglie
- ☐ a terreni non agricoli: superfici incolte, sabbie e dune
- ☐ alle superfici antropizzate: tessuti residenziali, spazi aperti (aree verdi urbane, cimiteri, luoghi di culto), aree commerciali e industriali
- ☐ alla viabilità: strade a percorrenza veloce, strade minori e ferrovie.

Successivamente, dopo un'indagine condotta sul territorio, supportata anche dall'osservazione delle ortofoto relative al bacino collinare, tali classi sono state raggruppate per colture prevalenti e per percentuale di superficie impermeabile (aree antropizzate):

Tabella 6.3.1: Categorie di uso del suolo del bacino collinare del torrente Cormor

CATEGORIA	DESCRIZIONE
Superfici coltivate	Seminativi in aree non irrigue, sistemi colturali e particellari complessi con o senza insediamenti sparsi, aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali, vigneti
Incolti	Terreni abbandonati, spiagge, dune e sabbie
Prati	Prati stabili e discariche (rivegetate)
Boschi	Boschi di latifoglie, aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
Spazi aperti	Aree verdi urbane, aree ricreative, cimiteri, luoghi di culto
Aree industriali	
Aree commerciali	
Tessuto residenziale	Tessuto residenziale continuo, discontinuo, sparso e cantieri
Strade	Strade a transito veloce, strade minori, ferrovie

Nella Figura 6.3.2 è riportata la carta dell'uso del suolo semplificata, ottenuta applicando le definizioni della Tabella 6.3.1.

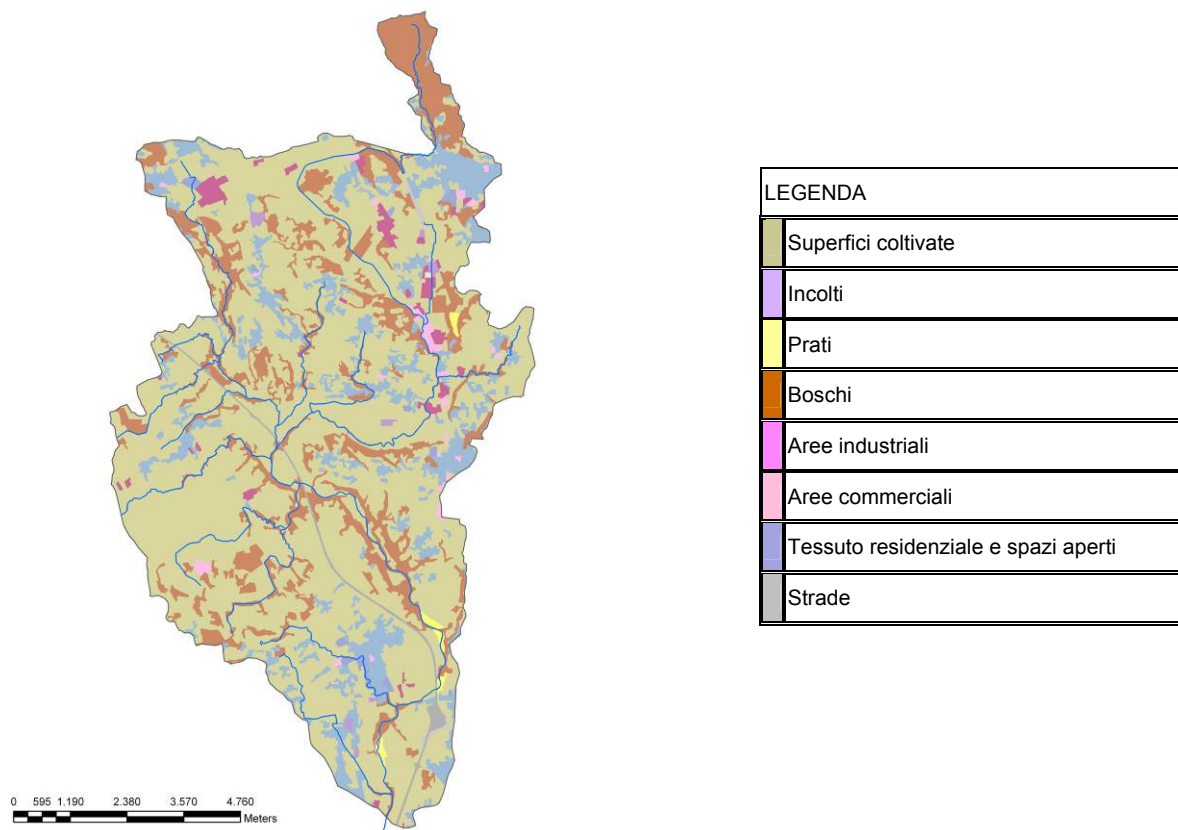


Figura 6.3.2: Uso del suolo semplificato

USO DEL SUOLO	SUPERFICIE [km ²]	%
Superfici coltivate	55,930	65,76
Incolti	0,043	0,05
Prati	0,463	0,54
Boschi	14,150	16,64
Spazi aperti	0,512	0,60
Aree industriali	1,207	1,42
Aree commerciali	0,616	0,72
Tessuto residenziale	9,138	10,74
Strade	2,996	3,50

Tabella 6.3.2:
Distribuzione delle categorie di uso del suolo

Di seguito viene riportata, per ognuna delle categorie riportate nelle Figura e Tabella 6.3.2, una descrizione dettagliata, corredata da immagini esemplificative.

Superfici coltivate

La maggior parte della superficie del bacino, come è deducibile dalla carta dell'uso del suolo, è destinata ai seminativi. Una vasta area è occupata da mais ma anche le colture foraggere occupano delle superfici considerevoli. Frequente è la presenza di siepi e filari (gelsi e pioppi) che mantengono un aspetto di ruralità tradizionale.



Figura 6.3.3: Superfici coltivate secondo la carta dell'uso di suolo e relativa ortofoto

La presenza del mais in monosuccessione può essere considerato un fattore di degradazione del suolo, tuttavia la presenza dei residui colturali e le pratiche agricole di sistemazione del letto di semina favoriscono l'interramento di sostanza organica esercitando un effetto benefico sulle proprietà fisiche dello stesso, migliorandone la struttura. Al contrario, nelle conversioni da seminativo ad un uso che comprenda piante ad apparato radicale esteso (rimboschimento di terreni agricoli), negli incolti ove si è affermata la vegetazione spontanea, negli inerbimenti e nelle conduzioni agricole ove sono presenti le foraggere, si osserva un fitto reticolo di radici che avvolge e permea gli aggregati determinando una notevole stabilità strutturale; per questo motivo le rotazioni colturali migliori sono quelle che comprendono colture foraggere e leguminose che lasciano grandi quantità di sostanza organica nel terreno.

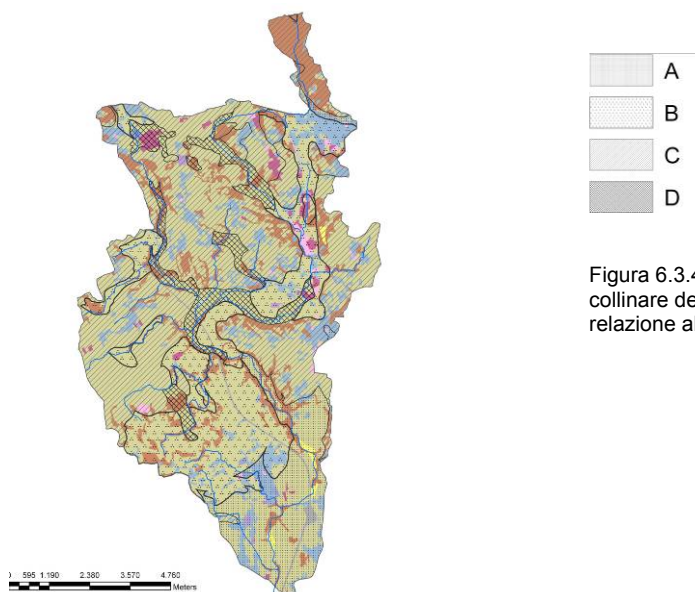


Figura 6.3.4: Uso del suolo del bacino collinare del torrente Cormor in relazione al tipo di suolo

È importante evidenziare anche la presenza di una fitta rete di scoline e capifossi che raccolgono le acque superflue, sia superficiali che sottosuperficiali, convogliandole in collettori a scolo naturale. In relazione a ciò, si ricorda che circa il 60% della superficie del bacino collinare è di tipo C e D (Figura 6.3.4), quindi frequenti sono i fenomeni di ristagno idrico.

Superfici boscate

I boschi rappresentano l'altra categoria maggiormente rappresentata nell'area del bacino. Le aree boscate sono presenti in maniera del tutto frastagliata e disomogenea, estendendosi lungo i corsi d'acqua e sui pendii collinari più scoscesi, in particolare nella parte più settentrionale del bacino, sulle colline tra Magnano in Riviera e Tarcento. Si tratta di boschi di latifoglie che conservano ancora un certo grado di naturalità, mentre i boschetti ripariali, soprattutto quelli nella parte più meridionale del bacino, sono gestiti a ritmi di ceduzione e sono caratterizzati da specie fortemente infestanti come *Robinia pseudoacacia*.

Entrambe queste tipologie di bosco sono caratterizzate da un certo grado di fittezza. Le chiome durante la stagione vegetativa intercettano e rallentano le gocce di pioggia, permettendo lo scivolamento delle stesse lungo branche e fusto e, quindi, la loro penetrazione nel terreno a livello delle radici e impedendone il ruscellamento. Durante il riposo invernale l'assenza di copertura favorisce la crescita di specie erbacee effimere che, con il loro apparato radicale, aumentano la capacità di assorbimento del terreno.

La stessa funzione assumono quei prati presenti in quantità consistente, anche se discontinua, a ridosso delle fasce boscate ripariali dove le pendenze vanno addolcendosi.

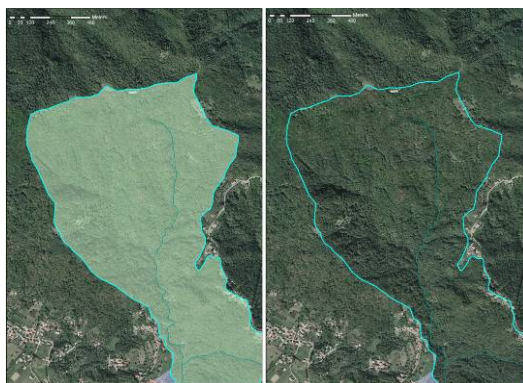


Figura 6.3.5: Boschi di latifoglie lungo pendii collinari secondo la carta dell'uso del suolo e relativa ortofoto

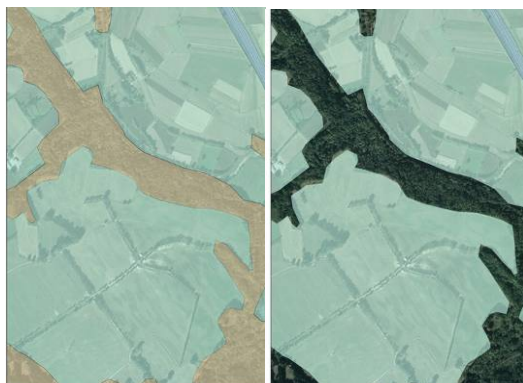


Figura 6.3.6: Boschi ripariali di latifoglie secondo la carta dell'uso del suolo e relativa ortofoto

Tessuto residenziale

Circa l'11% della superficie del bacino è occupata dal tessuto residenziale. Una piccolissima parte di questo viene descritto come tessuto residenziale continuo, con più dell'80% della superficie impermeabile. Al contrario, le tipologie di tessuto residenziale che si ritrovano maggiormente in questa area sono il tessuto residenziale discontinuo (sup. impermeabile 38%) e quello sparso (sup. impermeabile 20%).

Si tratta infatti di Comuni suddivisi in frazioni, dove non manca la presenza di caratteristici borghi rurali.



Figura 6.3.7: Tessuto residenziale continuo secondo la carta dell'uso del suolo e relativa ortofoto



Figura 6.3.8: Tessuto residenziale discontinuo secondo la carta dell'uso del suolo e relativa ortofoto



Figura 6.3.9: Tessuto residenziale sparso secondo la carta dell'uso del suolo e relativa ortofoto

Stima del Curve Number

Le considerazioni fatte sull'analisi dell'uso del suolo, in particolar modo in relazione alle superfici coltivate, hanno permesso di formulare dei giudizi relativi alle condizioni idriche (o di drenaggio) del terreno e di assegnare i relativi valori del Curve Number in funzione della tipologia del suolo, come riportato nella seguente tabella:

Tabella 6.3.3: Valori di CN relativi alle superfici a copertura vegetale

Uso del suolo	C.I.	A	B	C	D
SUPERFICI COLTIVATE					
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	buona	62	71	78	81
Seminativi in aree non irrigue	buona	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	buona	62	71	78	81
Vigneti	buona	62	71	78	81
Pascoli	buona	39	61	74	80
INCOLTI					
Spiagge, dune, sabbie	povera	68	79	86	89
Terreni abbandonati	povera	68	79	86	89
PRATI					
Discariche	buona	30	58	71	78
Prati stabili	buona	30	58	71	78
BOSCHI					
Boschi di latifoglie	buona	25	55	70	77
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	buona	25	55	70	77

(C.I. = condizioni idriche del terreno)

I valori del Curve Number assegnati alle superfici antropizzate cambiano, al contrario, in funzione della superficie impermeabile e della tipologia di suolo in questo modo:

Tabella 6.3.4: Valori di CN relativi alle superfici antropizzate

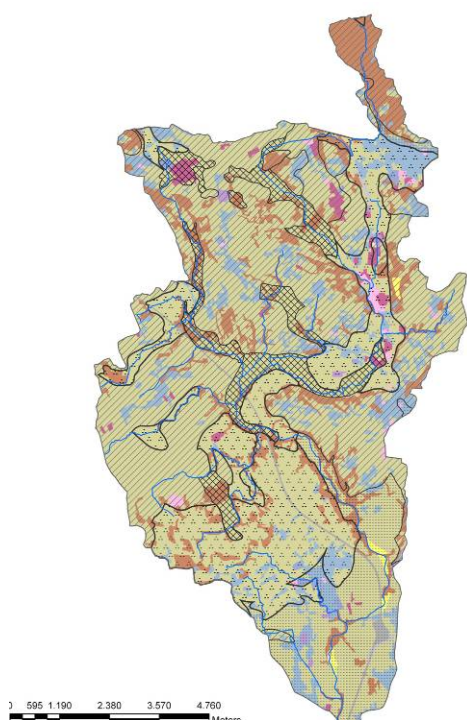
Uso del suolo	C.I.	A	B	C	D
SPAZI APERTI					
Aree verdi urbane	c.v. >75%	39	61	74	80
Aree sportive e ricreative, cimiteri, luoghi di culto	c.v. 50-75%	49	69	79	84
AREE INDUSTRIALI					
Aree industriali	s.i. 72%	81	88	91	93
AREE COMMERCIALI					
Aree commerciali, aree dei servizi pubblici e privati	s.i. 85%	89	92	94	95

TESSUTO RESIDENZIALE					
Tessuto residenziale continuo e denso	s.i. 85%	89	92	94	95
Tessuto residenziale continuo mediamente denso	s.i. 85%	89	92	94	95
Cantieri	s.i. 85%	89	92	94	95
Tessuto residenziale discontinuo	s.i. 38%	61	75	83	87
Tessuto residenziale discontinuo sparso	s.i. 20%	51	68	79	84
STRADE					
Strade a transito veloce, strade minori, ferrovie	imp.	98	98	98	98

(C.I. = condizioni idriche del terreno; c.v. = copertura vegetale; s.i. = superficie impermeabile; imp. = impermeabile)

6.4 Il Curve Number del bacino collinare del torrente Cormor

In Tabella 6.4.1 vengono illustrate le percentuali di territorio relative alle classi del tipo di suolo.



TIPO IDROLOGICO DI SUOLO	%
A	14,10
B	26,78
C	48,58
D	10,54

Tabella 6.4.1: Percentuali delle classi idrologiche del suolo

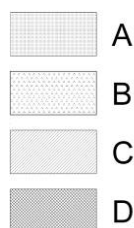


Figura 6.4.1: Uso del suolo in relazione alle classi di suolo

I punteggi derivanti dall'incrocio dell'uso del suolo e delle classi di tipo di suolo vengono successivamente pesati in base all'estensione totale di ogni voce di uso del suolo. A titolo d'esempio si riporta in Tabella 6.4.2 il procedimento di calcolo del CN relativo al tipo di suolo A.

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

Tabella 6.4.2: calcolo del CN per il suolo di tipo idrologico A

CATEGORIE	TIPO IDROLOGICO DI SUOLO			
	A			
	Area (km ²)	% area (sull'area totale)	CN	CN*%
SUPERFICI COLTIVATE				
Seminativi in aree non irrigue	7,63	8,97	62	556,33
Sistemi colturali e particellari complessi con insediamenti	0,03	0,04	62	2,22
Sistemi colturali e particellari complessi senza insediamenti	0,02	0,02	62	1,23
INCOLTI				
Terreni abbandonati	0,03	0,03	68	2,27
PRATI				
Prati stabili	0,23	0,27	30	7,99
BOSCHI				
Boschi di latifoglie	1,28	1,51	25	37,73
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0,04	0,04	25	1,04
SPAZI APERTI				
Aree verdi urbane	0,08	0,10	39	3,76
Aree sportive e ricreative	0,04	0,05	49	2,47
Cimiteri	0,00	0,00	49	0,01
Luoghi di culto (non cimiteri)	0,04	0,04	49	2,18
AREE INDUSTRIALI				
Aree industriali	0,06	0,07	81	5,92
AREE COMMERCIALI				
Aree commerciali	0,01	0,01	89	1,07
Aree dei servizi pubblici e privati	0,03	0,04	89	3,56
TESSUTO RESIDENZIALE				
Tessuto residenziale continuo e denso	0,00	0,00	89	0,02
Tessuto residenziale continuo mediamente denso	0,00	0,00	89	0,15
Cantieri	0,08	0,09	89	8,10
Tessuto residenziale discontinuo	0,88	1,04	61	63,32
Tessuto residenziale discontinuo sparso	0,79	0,92	51	47,14
STRADE				
Altre strade e superfici annesse	0,05	0,06	98	5,76
Strade a transito veloce e superfici annesse	0,32	0,37	98	36,62
Strade minori	0,35	0,42	98	40,84
	Totale area A	% superficie suolo A (sull'area totale)		
	11,99	14,10		829,74

Lo stesso calcolo viene ripetuto per i suoli di tipo B, C e D.

In questo modo per ogni classe di uso del suolo si ottiene una serie di 4 valori pesati relativi alle 4 classi di tipo di suolo (A,B,C,D).

Il CN complessivo del bacino, in condizioni medie di umidità del terreno, è dato dall'espressione:

$$(829.74 + 1795.24 + 3776.63 + 854.40)/100 = 72.56 \cong 73$$

dove:

- ☐ 829.74 rappresenta la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe A
- ☐ 1795.24 rappresenta la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe B
- ☐ 3776.63 rappresenta la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe C
- ☐ 854.40 rappresenta la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe D.

6.5 Il calcolo dell'idrogramma di piena con il metodo dell'idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico

Il bacino idrografico si può descrivere come un dispositivo che trasforma le precipitazioni in portate, ovvero gli afflussi in deflussi. Lo studio della trasformazione afflussi-deflussi è uno dei campi di più difficile interpretazione nell'ambito dell'idrologia, in quanto è un processo fortemente non lineare, variabile temporalmente, spazialmente distribuito e non facilmente descrivibile mediante modelli semplici.

Esistono diversi metodi per individuare la risposta idrologica di un bacino ad una determinata precipitazione, la cui scelta è condizionata dai dati a disposizione e dalla natura del problema da trattare, questi metodi sono:

- ☐ metodi diretti, qualora siano disponibili dati di portata
- ☐ metodi indiretti, quando mancano i dati di portata.

I metodi di calcolo si possono poi suddividere in quattro categorie:

- ☐ metodi statistici puri
- ☐ metodi basati sulla similitudine idrologica
- ☐ formule empiriche (sperimentali)
- ☐ metodi basati sui modelli afflussi-deflussi.

Con i modelli afflussi-deflussi si cerca di dare una descrizione fisica e matematica ai processi idrologici che avvengono in un bacino idrografico quando questo sia interessato da un evento meteorico di particolare intensità.

Il metodo dell'Idrogramma Unitario (UH), proposto da *Sherman* [1932] e modificato da vari autori, è un primo tentativo di individuare il rapporto di causa ed effetto tra la pioggia netta ed il deflusso alla sezione di chiusura del bacino idrografico, e di stimare, oltre alla portata di piena, anche la forma dell'idrogramma di piena.

L'idrogramma unitario è il modello semplificato di risposta di un bacino idrografico ad una data pioggia e si basa sulle seguenti ipotesi:

- ❑ piogge nette uniformi su tutto il bacino idrografico, aventi la stessa durata, producono deflussi di durata uguale, indipendentemente dall'intensità della pioggia
- ❑ il rapporto tra i deflussi è uguale al rapporto tra le intensità delle piogge nette, purché le piogge abbiano uguale durata
- ❑ l'idrogramma rappresentativo di una combinazione di eventi di pioggia è pari alla somma degli idrogrammi di ogni singolo evento; principio di sovrapposizione degli effetti.

Quest'ultima ipotesi corrisponde all'assunzione di un comportamento lineare del bacino idrografico, ovvero la risposta generata da una serie di impulsi è uguale alla somma degli output prodotti da ogni singolo impulso.

Una variante al procedimento dell'UH è quella di considerare, anziché impulsi di pioggia di durata unitaria, impulsi istantanei generando l'idrogramma istantaneo unitario, indicato solitamente come IUH.

Di conseguenza l'IUH può essere rappresentato come una funzione continua. L'integrale di convoluzione, che dà il valore della portata all'istante t , è:

$$Q(t) = \int_0^t \{i(\tau) \cdot d\tau\} \cdot u(t - \tau) = \int_0^t i(\tau) \cdot u(t - \tau) d\tau \quad (6.5.1)$$

dove:

$Q(t)$: portata all'istante t , espressa in $[m^3/s]$

$i(\tau)$: intensità della precipitazione al tempo τ , espressa in $[mm/ora]$

$u(t - \tau)$: funzione peso determinata dall'intervallo di tempo esistente tra l'istante τ in cui si considera la pioggia ed il tempo t in cui si calcola la portata, espressa in $[(m^3/s) \cdot mm^{-1}]$.

L'IUH è uno strumento fisico che racchiude al suo interno tutta la complessa fenomenologia di formazione delle piene nel bacino oggetto di studio; anche in questo caso la teoria a cui si riferisce assume come semplificazione che la risposta del bacino idrografico sia lineare e invariante nel tempo.

La Figura 6.5.1 mostra l'andamento della pioggia efficace, l'Idrogramma Istantaneo dovuto all'impulso $i(\tau)d\tau$ e l'idrogramma di piena che si ottiene per integrazione.

Una volta nota la risposta del bacino idrografico ad un impulso di precipitazione di volume unitario uniformemente distribuito, cioè noto l'IUH, è possibile ricostruire la risposta di tale bacino ad ogni altra precipitazione. L'idrogramma complessivo è quindi ottenibile quale integrale di convoluzione degli IUH istantanei, proporzionali, nel valore del picco, alla precipitazione istantanea uniformemente distribuita sul bacino idrografico.

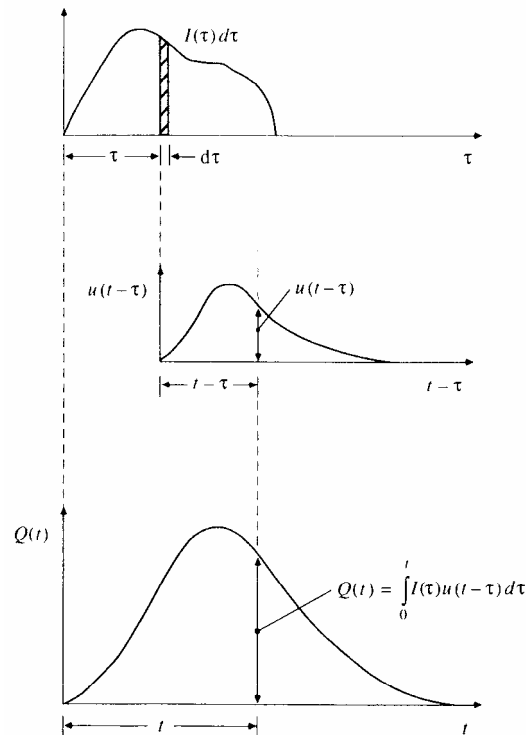


Figura 6.5.1: Integrale di convoluzione

I risultati di alcune ricerche condotte negli anni settanta, tra le quali spiccano quelle condotte da *Rodriguez-Iturbe e Valdez* [1979], hanno mostrato che è possibile stimare l'IUH di un certo bacino idrografico a partire dalla conoscenza della struttura morfologica del suo reticolo idrografico e dalle caratteristiche idrodinamiche del deflusso superficiale canalizzato. Se questa struttura segue con buona approssimazione le leggi di composizione di Horton-Strahler (Capitolo 4, § 4.1) è possibile dimostrare che la risposta del bacino idrografico assume una forma particolare; ad essa viene dato il nome di Idrogramma Unitario Istantaneo Geomorfologico.

L'IUH Geomorfologico è espresso in funzione di R_A, R_B , dell'ordine Ω del bacino e di λ_i che rappresenta il tempo medio di permanenza di una particella d'acqua in un ramo di ordine i .

La risposta di un bacino, e quindi l'IUH, può cambiare forma in base alla scala ed

inoltre, a scale uguali possono corrispondere IUH differenti. Dato che la scala non dipende da R_A, R_B , o da Ω , la motivazione di quanto sopra detto va ricercata in λ_i che contiene sia gli effetti dalla grandezza di scala che la componente dinamica della risposta.

Dalla definizione di λ_i risulta chiaro che è necessario un numero di λ_i pari all'ordine Ω del sistema. Presa v come velocità media nell'intero bacino, si ha:

$$\lambda_i = \frac{v}{\bar{L}_i} \quad (6.5.2)$$

da cui segue, ad esempio, che in un bacino del 3° ordine si ha:

$$\lambda_1 = \frac{v}{\bar{L}_1} \quad \lambda_2 = \lambda_1 \cdot R_L^{-1} \quad \lambda_3 = \lambda_1 \cdot R_L^{-2} \quad (6.5.3)$$

dove:

$\bar{L}_1$ la lunghezza media delle aste di ordine 1, espressa in $[km]$

$R_L = \frac{\bar{L}_\Omega}{\bar{L}_{\Omega-1}}$ parametro delle lunghezze di Horton (*adimensionale*)

La (6.5.2) fornisce λ_i come funzione del solo parametro dinamico v , del rapporto delle lunghezze di Horton R_L e della scala (e quindi $\bar{L}_i$).

Le caratteristiche più importanti dell'IUH sono il picco q_p e il tempo di picco t_p . Se questi due fattori sono corretti, la forma esatta dell'IUH non è molto importante e l'approssimazione ad un triangolo è soddisfacente. *Henderson*, [1966].

Le espressioni usate per la determinazione di questi due fattori sono:

$$q_p = \mathcal{Q} \cdot v \quad (6.5.4)$$

$$t_p = \frac{k}{v} \quad (6.5.5)$$

dove:

q_p è espresso in $[h^{-1}]$

t_p è espresso in $[h]$

v è espresso in $[m/s]$

$\mathcal{G}$ e k dipendono da $R_A, R_B, R_L, \bar{L}_i$ e Ω ed hanno le dimensioni rispettivamente di L^{-1} e L ((6.5.7) e (6.5.8)).

Approssimando l'IUH ad un triangolo di area unitaria si ha:

$$(q_p \cdot t_b)/2 = 1 \quad (6.5.6)$$

dove t_b rappresenta il tempo di base dell'IUH (Figura 6.5.2).

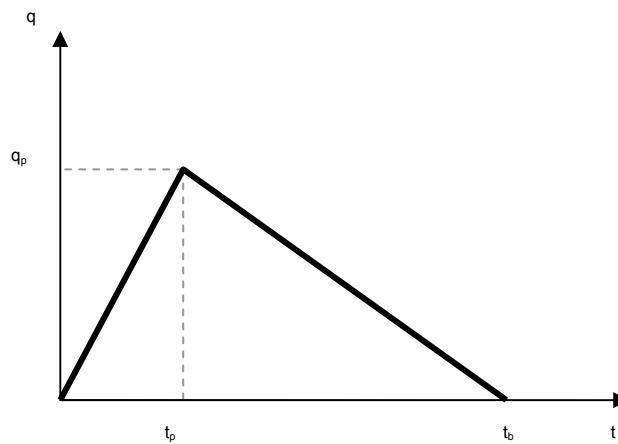


Figura 6.5.2: Idrogramma Istantaneo Unitario

Da osservazioni sperimentali si è notato che la differenza tra i valori ottenuti con l'equazione corretta dell'IUH e quelli ottenuti con le (6.5.4) e (6.5.5) è inferiore al 10%.

Nelle equazioni seguenti è dimostrata la dipendenza di $\mathcal{G}$ e k dai parametri geomorfologici del bacino. *Rodriguez-Iturbe e Valdez* [1979]:

$$\mathcal{G} = \frac{1.31}{L_\Omega} \cdot R_L^{0.43} \quad (6.5.7)$$

$$k = 0.44 \cdot L_\Omega \cdot \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^{0.55} \cdot R_L^{-0.38} \quad (6.5.8)$$

Rodriguez-Iturbe et al. [1979] suggeriscono come valore più probabile del rapporto R_B/R_A il numero 0.80.

Dalle (6.5.4) e (6.5.5) si può osservare che il prodotto $q_p \cdot t_p$ è indipendente dalla velocità v e dalla variabile di scala L_Ω ; indicando questo prodotto adimensionale con IR

si può scrivere:

$$IR = q_p \cdot t_p = 0.58 \cdot (R_B / R_A)^{0.55} \cdot R_L^{0.05} \quad (6.5.9)$$

e per i valori riscontrabili in natura l'espressione si semplifica in:

$$IR = 0.58 \cdot (R_B / R_A)^{0.55} \quad (6.5.10)$$

Il rapporto IR è costante per ogni bacino, è indipendente dal tipo di precipitazione ed è intimamente legato alla geomorfologia del bacino ed alla struttura della sua risposta idrologica, inoltre, utilizzando questo rapporto, la descrizione dell'IUH può essere fatta in termini di un solo parametro, t_p o q_p .

L'importanza pratica dell'approccio geomorfologico è legata alla possibilità di giungere ad una valutazione, sia pure orientativa, dei parametri della risposta impulsiva anche nel caso di bacini privi di registrazioni idrometriche relative ai livelli dei corsi d'acqua, che sono indispensabili per la taratura dei modelli.

A conferma della validità del metodo sono sempre più frequenti le sue applicazioni, come ad esempio la "Modellazione matematica del bacino idrografico del fiume Brenta" del 2002, di cui il prof. Rinaldo era il responsabile scientifico, commissionata dall'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione con sede a Venezia. *Rinaldo [2002]*

Nel suddetto lavoro è stata ricostruita la risposta idrologica del bacino idrografico del fiume Brenta, con sezione di chiusura a Bassano del Grappa, utilizzando il metodo del Curve Number per la depurazione delle piogge ed il modello geomorfologico per la determinazione dell'idrogramma di piena.

Nel 1982 Rodriguez-Iturbe, considerando il fatto che l'IUH rappresenta la distribuzione di frequenza dei tempi di arrivo alla sezione di chiusura delle singole particelle di pioggia che cadono sul bacino, introduce ed amplia la teoria dell'Idrogramma Unitario Istantaneo Geomorfoclimatico (GIUH). *Rodriguez-Iturbe, Gonzáles-Sanabria, Bras [1982], Rodriguez-Iturbe, Gonzáles-Sanabria, Caamaño [1982].*

Continuando il ragionamento fatto per l'IUH Geomorfologico, si ha che sia l'intensità che la durata della precipitazione sono contenute nella velocità v che compare nelle formule (6.5.4) e (6.5.5) e che come già detto può considerarsi costante.

Seguendo queste assunzioni, v può essere espressa analiticamente come funzione di i_r e di t_r e delle caratteristiche geomorfologiche medie del bacino di ordine 1, le quali sono a loro volta legate ai bacini di ordine superiore dalle leggi geomorfologiche. *Rodriguez-Iturbe, Gonzáles-Sanabria, Bras [1982].*

La risposta di un bacino dipende quindi dall'intensità e dalla durata della pioggia netta, ne consegue la non linearità. Tuttavia, dato che i rami di un certo ordine vengono rappresentati attraverso un canale medio in cui il parametro dell'onda cinematica vale α_s ,

si può sostenere che i bacini reali possono essere trattati con linearità.

Per canali rettangolari α_s è definito come:

$$\alpha_s = \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n \cdot b^{\frac{2}{3}}} \quad (6.5.11)$$

dove:

S è la pendenza

n coefficiente di scabrezza di Manning espresso in $[s/m^{1/3}]$

b è la larghezza del canale espressa in $[m]$

Per quanto riguarda la velocità, questa può essere espressa dalla:

$$v = 0.665 \cdot \alpha_{\Omega}^{0.6} \cdot (i_r \cdot A_{\Omega})^{0.4} \quad (6.5.12)$$

in cui i coefficienti tengono conto delle conversioni delle unità di misura.

Sostituendo quest'ultima equazione nelle (6.5.4) e (6.5.5) si ottiene il picco e il tempo di picco dell'idrogramma:

$$q_p = \frac{0.871}{\Pi_i^{0.4}} \quad (6.5.13)$$

$$t_p = 0585 \cdot \Pi_i^{0.4} \quad (6.5.14)$$

ed inoltre, dal fatto che $\frac{q_p \cdot t_b}{2} = 1$ si ottiene la durata del GIUH, t_b :

$$t_b = \frac{2}{q_p} \quad (6.5.15)$$

Per calcolare i parametri fondamentali del GIUH si deve prima calcolare:

$$\alpha_{\Omega} = \frac{S_{\Omega}^{\frac{1}{2}}}{n \cdot b_{\Omega}^{\frac{2}{3}}} \quad (6.5.16)$$

$$\Pi_i = \frac{L_{\Omega}^{2.5}}{i_r \cdot A_{\Omega} \cdot R_L \cdot \alpha_{\Omega}^{1.5}} \quad (6.5.17)$$

dove:

$L_{\Omega}, A_{\Omega}, R_L, \alpha_{\Omega}$ parametri geomorfologici

i_r parametro climatico.

A questo punto è possibile determinare la portata di picco Q_p dell'idrogramma di piena ed il tempo ad essa corrispondente T_p .

Riassumendo quindi, dato che il picco q_p e il tempo di picco t_p del GIUH sono variabili casuali la cui distribuzione dipende dalla geomorfologia del bacino e dalle caratteristiche climatiche, espresse da i_r e t_r , una volta determinate le funzioni di densità di probabilità di q_p e t_p risulta risolto il problema della determinazione del GIUH.

Accettato il fatto che q_p e t_p variano tra un evento e l'altro, è possibile verificare come questo si ripercuota su Q_p e T_p ; riflettendo quindi la dipendenza del GIUH dal fattore climatico.

Gli idrogrammi ottenuti sono in funzione del tipo di piovosità (basse, medie, alte, molto alte). La differenza sostanziale con la teoria dell'IUH quindi è che non si determina un solo IUH per un dato bacino, bensì se ne trovano diversi in base al tipo di precipitazione e di conseguenza in base al tempo di ritorno T_R , garantendo la linearità per quella gamma di precipitazioni.

6.6 Ricostruzione dell'idrogramma di piena del 5-7 ottobre 1998

Applicando il metodo del Curve Number (§ 6.1) per la determinazione delle precipitazioni efficaci ed il metodo dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico (§ 6.5) è stato possibile ricostruire l'evento di piena verificatosi nei giorni 5-7 ottobre 1998.

Il Curve Number medio CN(II) adottato è quello risultante da un'approfondita analisi del territorio (§ 6.2, § 6.3, § 6.4), da cui è stato calcolato il CN(III) in base alle considerazioni sulla piovosità dei 5 giorni precedenti l'evento (6.1.8).

Nella Tabella 6.6.1 sono riportati i parametri utilizzati nell'elaborazione.

Parametri del bacino collinare del torrente Cormor	
Pendenza asta principale	0.00346
Larghezza asta principale	20 metri
Lunghezza asta principale	10.12 km
Area bacino collinare	85 km ²
Rapporto delle lunghezze R_L	2.305
Coefficiente di scabrezza di Manning	0.05
Curve Number	CN(II)=73; CN(III)=86; CN(I)=53

Tabella 6.6.1:
Parametri utilizzati per la
ricostruzione degli eventi

Le caratteristiche del GIUH ottenuto sono riportate nella Tabella 6.6.2

Caratteristiche del GIUH	
GIUH ora per ora	GIUH medio sul picco
$q_p=0.340$	$q_p=0.256$
$t_p=1.499$	$t_p=1.990$
$t_b=5.884$	$t_b=7.807$

Tabella 6.6.2:
Caratteristiche del GIUH dell'evento del 5-7 ottobre 1998

Nella Figura 6.6.1 sono riportati i risultati ottenuti.

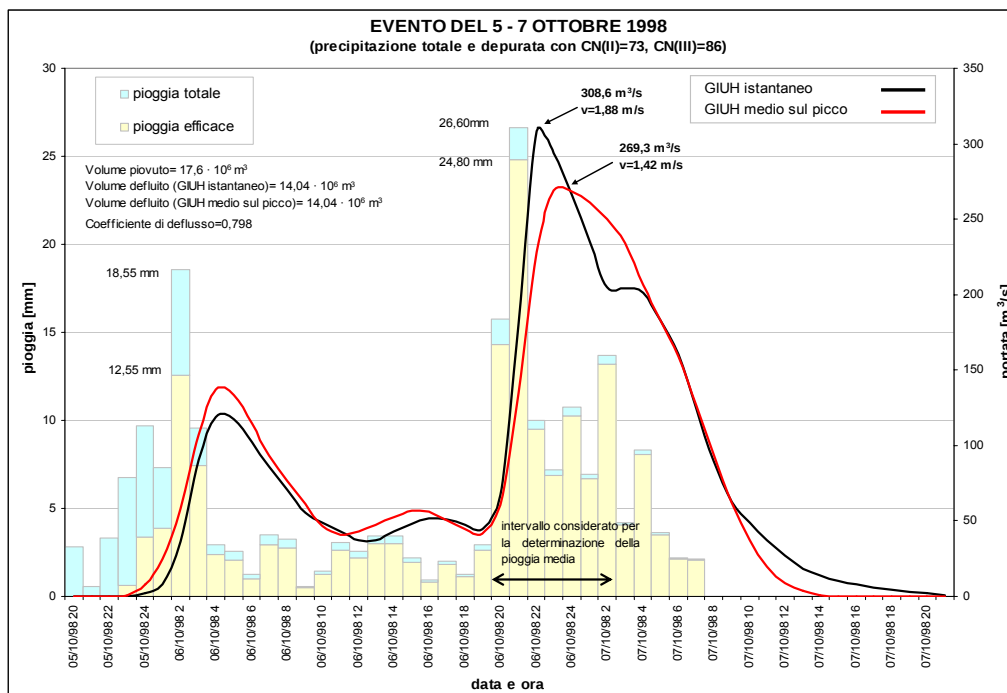


Figura 6.6.1: Ricostruzione onda di piena dell'evento 5-7 ottobre 1998

Nella Tabella 6.6.3 sono riportati i valori delle portate orarie ricostruite con il GIUH.

Tabella 6.6.3: Portate dell'evento del 5-7 ottobre 1998 ricostruite con il GIUH

data	ora	portata GIUH istantaneo $[m^3/s]$	portata GIUH medio sul picco $[m^3/s]$	data	ora	portata GIUH istantaneo $[m^3/s]$	portata GIUH medio sul picco $[m^3/s]$
05/10/98	20.00	0,00	0,00	07/10/98	1.00	234,89	260,90
	21.00	0,00	0,00		2.00	204,80	250,25
	22.00	0,00	0,00		3.00	204,04	233,83
	23.00	0,08	0,91		4.00	200,99	206,20
	0.00	2,10	7,91		5.00	182,79	183,38
06/10/98	1.00	8,31	24,69		6.00	160,25	159,23
	2.00	36,32	58,12		7.00	124,13	126,12
	3.00	90,19	107,07		8.00	89,81	94,19
	4.00	119,08	137,09		9.00	62,92	62,06
	5.00	117,68	133,40		10.00	48,69	37,14
	6.00	101,91	114,67		11.00	37,46	19,59
	7.00	85,81	93,29		12.00	27,04	8,97
	8.00	70,71	76,85		13.00	18,43	3,50
	9.00	55,55	61,20		14.00	13,93	0,69
	10.00	48,50	46,56		15.00	10,38	0,00
	11.00	43,21	40,66		16.00	7,98	0,00
	12.00	37,06	42,76		17.00	5,61	0,00
	13.00	37,33	47,10		18.00	4,03	0,00
	14.00	42,99	52,21		19.00	2,98	0,00
	15.00	48,28	56,59		20.00	1,93	0,00
	16.00	51,49	55,79		21.00	0,89	0,00
	17.00	50,79	50,24				
	18.00	47,47	44,59				
	19.00	44,79	41,52				
	20.00	67,29	60,76				
	21.00	180,89	134,60				
	22.00	308,60	228,50				
	23.00	293,89	269,27				
	0.00	265,92	268,05				

La determinazione dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico è stata fatta seguendo due metodologie:

- ☐ calcolando un GIUH per ogni intensità oraria di precipitazione, facendone poi la composizione
- ☐ calcolando un unico GIUH in base all'intensità media della precipitazione attorno al picco.

Nella Figura 6.6.1 viene indicato in nero l'idrogramma di piena ottenuto dalla composizione dei GIUH orari, ed è indicato con la dicitura GIUH istantaneo, mentre in

rosso viene rappresentato l'idrogramma di piena ottenuto con il GIUH calcolato con l'intensità media della precipitazione attorno al picco ed è denominato GIUH medio sul picco. Nella figura sono inoltre riportate le precipitazioni totali orarie e quelle efficaci depurate con il metodo del Curve Number. Infine, sono riportati i valori dei volumi di acqua uscente dalla sezione di chiusura di Colugna e di pioggia caduta sul bacino, il cui rapporto rappresenta il coefficiente di deflusso del bacino che, in occasione dell'evento risulta essere pari a 0,798.

Il valore di tale coefficiente risulta piuttosto elevato rispetto ai valori medi dei bacini limitrofi e del bacino stesso in altri eventi considerati "normali", questo è da imputarsi in primo luogo all'eccezionalità dell'evento disastroso verificatosi nell'ottobre del 1998, che presenta molte analogie con la piena storica del 1920, ed in secondo luogo al fatto che tale fenomeno si è verificato in un momento in cui il terreno era già fortemente imbibito di acqua a causa delle precipitazioni dei giorni precedenti.

Dall'analisi dell'evoluzione spazio-temporale delle precipitazioni e dalle considerazioni fatte nel § 5.3 è stata considerata la stazione di Udine come caratterizzante il bacino collinare del torrente Cormor; ciò ha consentito di individuare il tempo di ritorno associato a questo evento.

In particolare, alla stazione di Udine è stato registrato un massimo di precipitazione cumulata sulle 6 ore di 170.4 mm a cui corrisponde un tempo di ritorno di circa 143 anni.

La mancanza di misure di portata e di livello idrometrico in prossimità della sezione di chiusura del bacino non permette di poter stabilire con certezza il valore delle portate defluite, tuttavia i risultati ottenuti ben si accordano con i valori ricostruiti mediante testimonianze dirette. L'attuale idrometro posto alla sezione di chiusura è stato installato nel 2003 quindi non risulta utile in alcun modo per la ricostruzione di questo evento. L'idrometro di Sant'Andrat, posto circa 25 km a valle della sezione di Colugna non fornisce alcuna indicazione in quanto il Cormor a quell'altezza era già esondato.

6.7 Ricostruzione dell'idrogramma di piena del 31 ottobre 2004

Per la ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004 sono state applicate le stesse considerazioni fatte nel paragrafo precedente, tuttavia l'applicazione del metodo Curve Number ha portato ad una depurazione delle piogge piuttosto marcata rispetto all'evento del 1998 in quanto, non essendosi verificate precipitazioni rilevanti nei 5 giorni precedenti l'evento, è stato applicato il CN(I) che è risultato pari a 53 (6.1.7).

Per quanto riguarda i parametri utilizzati per il calcolo del GIUH si veda la Tabella 6.6.1 nel paragrafo precedente.

Nella Tabella 6.7.2 sono riportati i valori delle portate dell'evento del 31 ottobre 2004 ricostruite con il GIUH seguendo le due ipotesi già enunciate al § 6.6.

Le caratteristiche del GIUH ottenuto sono riportate nella Tabella 6.7.1.

Caratteristiche del GIUH	
GIUH ora per ora	GIUH medio sul picco
$q_p=0.237$	$q_p=0.180$
$t_p=2.149$	$t_p=2.825$
$t_b=8.437$	$t_b=11.090$

Tabella 6.7.1: Caratteristiche del GIUH dell'evento del 31 ottobre 2004

Nella Figura 6.7.1 sono riportati i risultati ottenuti.

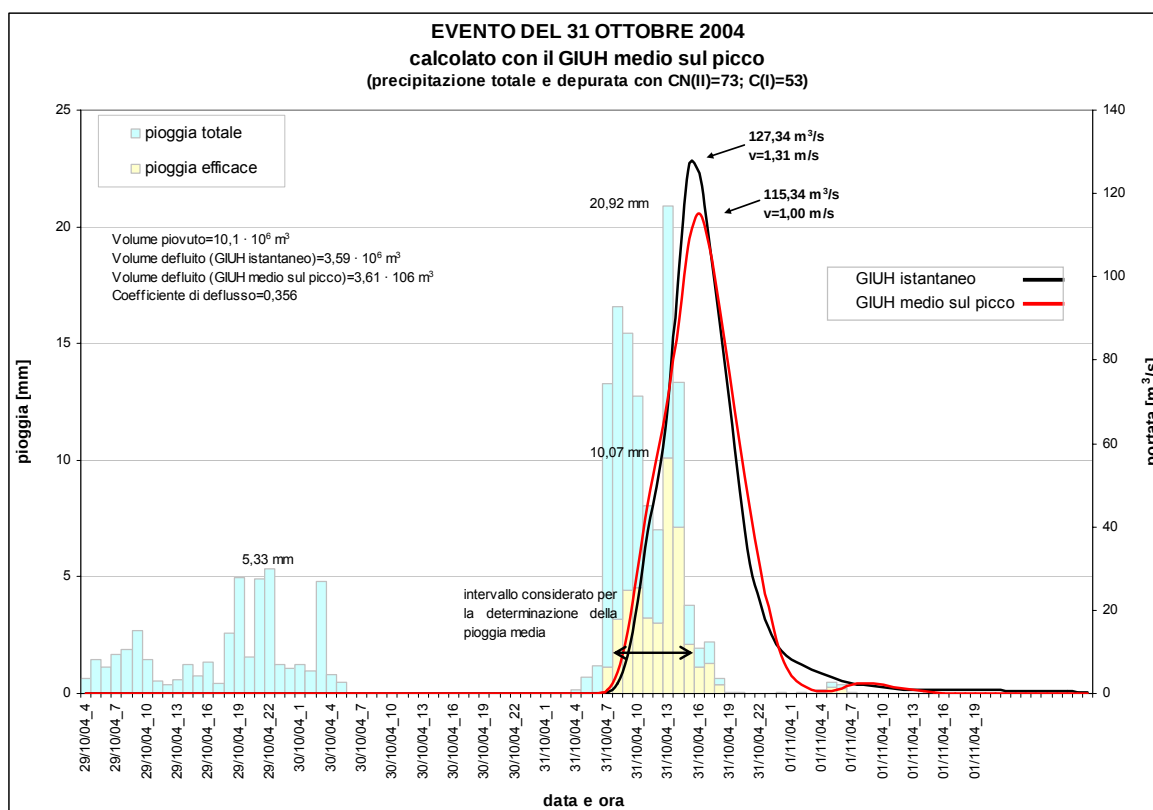


Figura 6.7.1: Ricostruzione onda di piena dell'evento 31 ottobre 2004

Dall'analisi della situazione meteorologica del periodo antecedente l'evento, è stato osservato che nei giorni precedenti non si sono verificate precipitazioni e quindi il terreno si presentava asciutto, di questa condizione è stato tenuto conto calcolando $CN(I)$.

Tutto ciò si riscontra analizzando l'istogramma delle piogge, dal quale risulta che l'acqua piovuta tra i giorni 29 e 30 ottobre viene trattenuta totalmente dal terreno.

Dall'analisi dell'evoluzione spazio-temporale delle precipitazioni è stata considerata la stazione di Gemona come caratterizzante questo singolo evento, ciò ha consentito di individuarne il tempo di ritorno associato che risulta essere di circa 14 anni.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso ottenuto da questa ricostruzione, si ha un valore di 0,356.

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

Tabella 6.7.2: Portate dell'evento del 31 ottobre 2004 ricostruite con il GIUH

data	ora	portata GIUH istantaneo [m ³ /s]	portata GIUH medio sul picco [m ³ /s]
30/10/04	1.00	0,00	0,00
	2.00	0,00	0,00
	3.00	0,00	0,00
	4.00	0,00	0,01
	5.00	0,00	0,03
	6.00	0,00	0,05
	7.00	0,00	0,06
	8.00	0,00	0,05
	9.00	0,00	0,04
	10.00	0,00	0,04
	11.00	0,00	0,03
	12.00	0,00	0,02
	13.00	0,00	0,01
	14.00	0,00	0,01
	15.00	0,00	0,00
	16.00	0,00	0,00
	17.00	0,00	0,00
	18.00	0,00	0,00
	19.00	0,00	0,00
	20.00	0,00	0,00
	21.00	0,00	0,00
	22.00	0,00	0,00
	23.00	0,00	0,00
	0.00	0,00	0,00
31/10/04	1.00	0,00	0,00
	2.00	0,00	0,00
	3.00	0,00	0,00
	4.00	0,00	0,00
	5.00	0,00	0,02
	6.00	0,00	0,07
	7.00	0,26	0,99
	8.00	2,41	5,12
	9.00	9,15	14,89
	10.00	21,99	29,80
	11.00	38,89	45,53
	12.00	51,43	57,91
	13.00	69,35	71,12
	14.00	102,74	89,87
	15.00	127,34	109,10
	16.00	124,83	115,34

data	ora	portata GIUH istantaneo [m ³ /s]	portata GIUH medio sul picco [m ³ /s]
31/10/04	17.00	107,83	107,08
	18.00	89,13	92,61
	19.00	69,45	76,51
	20.00	48,74	59,93
	21.00	31,00	44,32
	22.00	21,98	30,50
	23.00	14,18	18,23
	0.00	10,14	8,99
01/11/04	1.00	8,10	4,28
	2.00	6,82	2,20
	3.00	5,75	1,00
	4.00	4,80	0,47
	5.00	3,88	0,65
	6.00	3,01	1,31
	7.00	2,52	2,07
	8.00	2,19	2,43
	9.00	1,86	2,31
	10.00	1,53	1,99
	11.00	1,20	1,64
	12.00	0,96	1,30
	13.00	0,99	0,97
	14.00	1,01	0,64
	15.00	1,00	0,33
	16.00	0,98	0,10
	17.00	0,94	0,01
	18.00	0,90	0,00
	19.00	0,85	0,00
	20.00	0,80	0,00
	21.00	0,76	0,00

Come già accennato in precedenza, a partire dal 2003 è in funzione, presso il ponte situato alla sezione di chiusura del bacino collinare a Colugna, un idrometro in telemisura, tuttavia, l'unica misura di portata effettuata in tale sezione risale all'ottobre 2005 e di conseguenza non risulta esserci una scala delle portate.

Nella Tabella 6.7.3 sono riportati i dati principali di tale misura.

data	04/10/2005
altezza idrometrica	92.4 cm
inghiaimento asta	20 cm
portata	11.7 m ³ /s
velocità media	0.833 m/s

Tabella 6.7.3:
Misura di portata a Colugna del 4 ottobre 2005

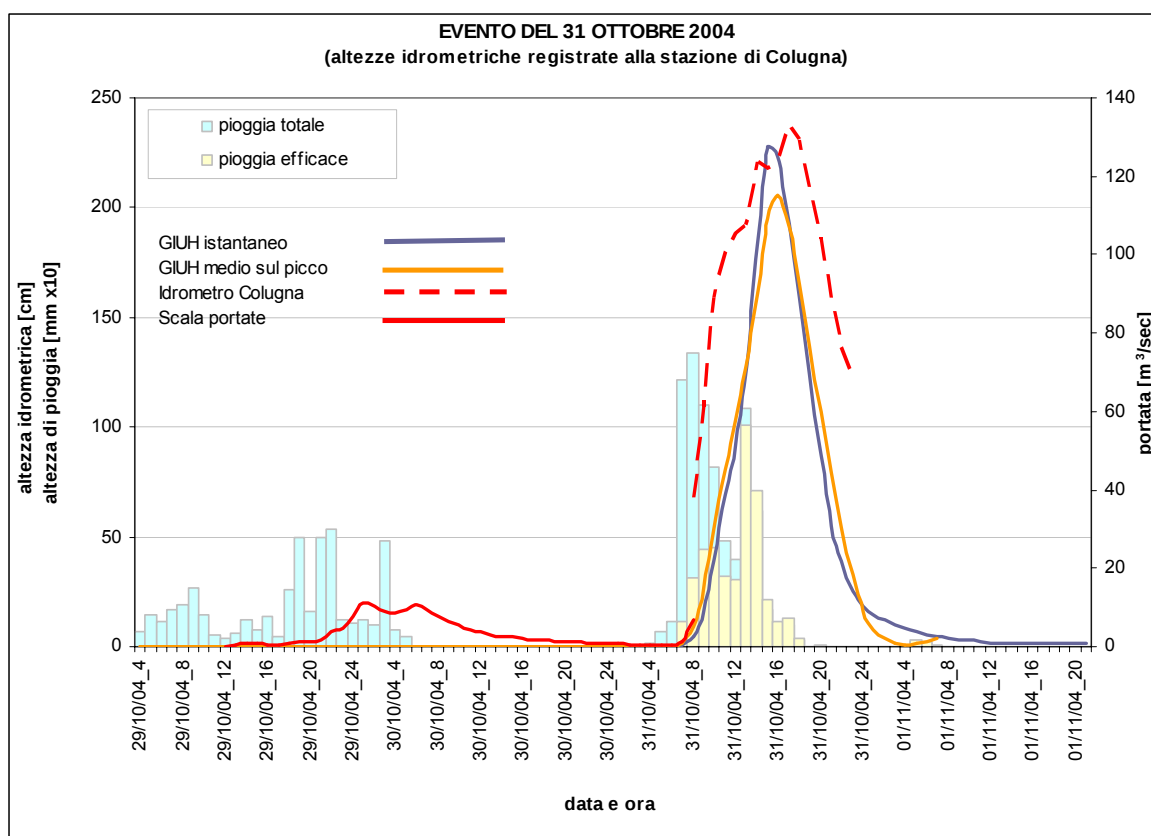


Figura 6.7.2: Sovrapposizione fra le altezze idrometriche registrate alla sezione di chiusura e l'andamento delle onde di piena ricostruite

Nella Figura 6.7.2 è riportata in rosso l'onda di piena ottenuta facendo una scala delle portate in base all'unica misura di portata disponibile utilizzando la formula:

$$Q = v \cdot A = \chi \cdot b \cdot h \sqrt{R_i} = K \cdot h^{3/2} \quad (6.7.1)$$

Questa ricostruzione, seppur sommaria, ben si adatta ad altezze idrometriche basse. Per valori elevati non è stato possibile fare alcun tipo di ricostruzione, quindi sul grafico è stata riportata con un tratteggio rosso l'altezza idrometrica misurata.

6.8 Individuazione dell'idrogramma di piena di progetto

La mancanza di una serie storica di misure di portata per il bacino collinare del torrente Cormor non consente di effettuare uno studio statistico allo scopo di individuare una portata di progetto. D'altra parte la scarsità di stazioni pluviometriche fino al 1998 non consente di ricostruire in maniera precisa gli eventi verificatisi in passato.

Il primo evento che si riesce a ricostruire con una buona affidabilità è quello del 5-7 ottobre 1998 (§ 6.6) che risulta per molti aspetti simile a quello del 1920. Entrambi gli eventi infatti si sono manifestati con due picchi, distanziati fra loro di circa 20 ore, inoltre anche la persistenza della perturbazione nei giorni precedenti risulta analoga.

Per questo motivo l'evento del 1998 è stato scelto come evento di riferimento per la determinazione dell'onda di piena di progetto.

Il metodo utilizzato è stato quello di determinare il tempo di ritorno della stazione di Udine per la pioggia massima cumulata sulle 6 ore durante l'evento del 1998, che come riportato nel § 6.6, risulta essere di ≈ 143 anni.

La scelta di analizzare le piogge cumulate sulle 6 ore deriva dal fatto che il tempo di concentrazione stimato per il bacino collinare risulta avere tale ordine di grandezza.

Il passo successivo è stato quello di individuare il valore corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni, sempre per la stessa stazione. Facendo il rapporto tra questi due valori si è determinato il coefficiente da applicare alle piogge medie sul bacino collinare calcolate per l'evento del 1998. È stata poi effettuata la depurazione delle stesse con il metodo del Curve Number, ottenendo così l'evento di progetto.

Per l'individuazione della piena di progetto si è utilizzato il metodo del GIUH medio sul picco, in modo da avere una coerenza con il metodo di depurazione delle piogge, che non tiene conto della fenomenologia con cui si verifica l'infiltrazione del terreno nei diversi intervalli di tempo, ma che rappresenta un'analisi delle caratteristiche globali di risposta del bacino.

In questo modo, applicando gli stessi parametri della Tabella 6.6.1, è stato individuato l'idrogramma di piena di progetto.

Le caratteristiche del GIUH ottenuto sono riportate nella Tabella 6.8.1.

Caratteristiche del GIUH	
GIUH ora per ora	GIUH medio sul picco
$q_p=0.332$	$q_p=0.250$
$t_p=1.534$	$t_p=2.035$
$t_b=6.02$	$t_b=7.990$

Tabella 6.8.1:
Caratteristiche del GIUH dell'evento di piena di progetto

Nella Tabella 6.8.2 e nella Figura 6.8.1 sono riportati i risultati ottenuti con tale procedimento.

Le ore riportate nella Tabella 6.8.2 sono considerate come successione temporale e non fanno alcun riferimento ad una collocazione temporale dell'evento. In sostanza l'evento di progetto risulta avere una durata di circa 48 ore.

Tabella 6.8.2: Piogge e portate dell'evento di piena di progetto con $T_r=200$ anni

ora	precipitazione oraria totale [mm]	precipitazione oraria netta [mm]	portata GIUH medio sul picco [m^3/s]	ora	precipitazione oraria totale [mm]	precipitazione oraria netta [mm]	portata GIUH medio sul picco [m^3/s]
1	3,50	0,00	0,00	25	10,53	10,01	247,62
2	7,08	0,75	1,19	26	7,56	7,22	288,15
3	10,16	0,00	3,58	27	11,29	10,82	285,11
4	7,70	4,21	10,87	28	7,30	7,02	276,10
5	19,48	13,50	44,81	29	14,35	13,87	262,62
6	10,04	7,92	102,81	30	4,39	4,25	244,21
7	3,11	2,54	137,69	31	8,75	8,49	214,55
8	2,69	2,23	135,78	32	3,78	3,67	192,51
9	1,29	1,08	118,07	33	2,29	2,23	166,09
10	3,70	3,12	97,53	34	2,22	2,16	130,50
11	3,42	2,92	80,23	35			96,76
12	0,59	0,50	63,26	36			62,66
13	1,51	1,30	48,54	37			37,29
14	3,21	2,79	43,02	38			18,98
15	2,67	2,33	45,51	39			8,59
16	3,61	3,18	50,14	40			3,17
17	3,59	3,19	55,63	41			0,48
18	2,30	2,05	60,43	42			0,00
19	0,98	0,87	59,37	43			0,00
20	2,13	1,91	52,97	44			0,00
21	1,32	1,19	46,86	45			0,00
22	3,10	2,80	43,59	46			0,00
23	16,55	15,17	65,05	47			0,00
24	27,93	26,18	146,45	48			0,00

Nella Figura 6.8.1 è riportata l'onda di piena di progetto ottenuta calcolando il GIUH con un'intensità media unica determinata nell'intorno del picco dell'evento.

Un'interessante confronto su tale argomento risulta essere quello tra l'evento del 1998 e quello del 2004, infatti i valori massimi delle precipitazioni orarie risultano essere pressoché analoghi, tuttavia, la differente condizione del terreno nei giorni precedenti porta a notevoli differenze sui valori delle piogge depurate e di conseguenza sui valori del coefficiente di deflusso che passa da 0,798 per l'evento del 1998 a 0,356 per quello del 2004.

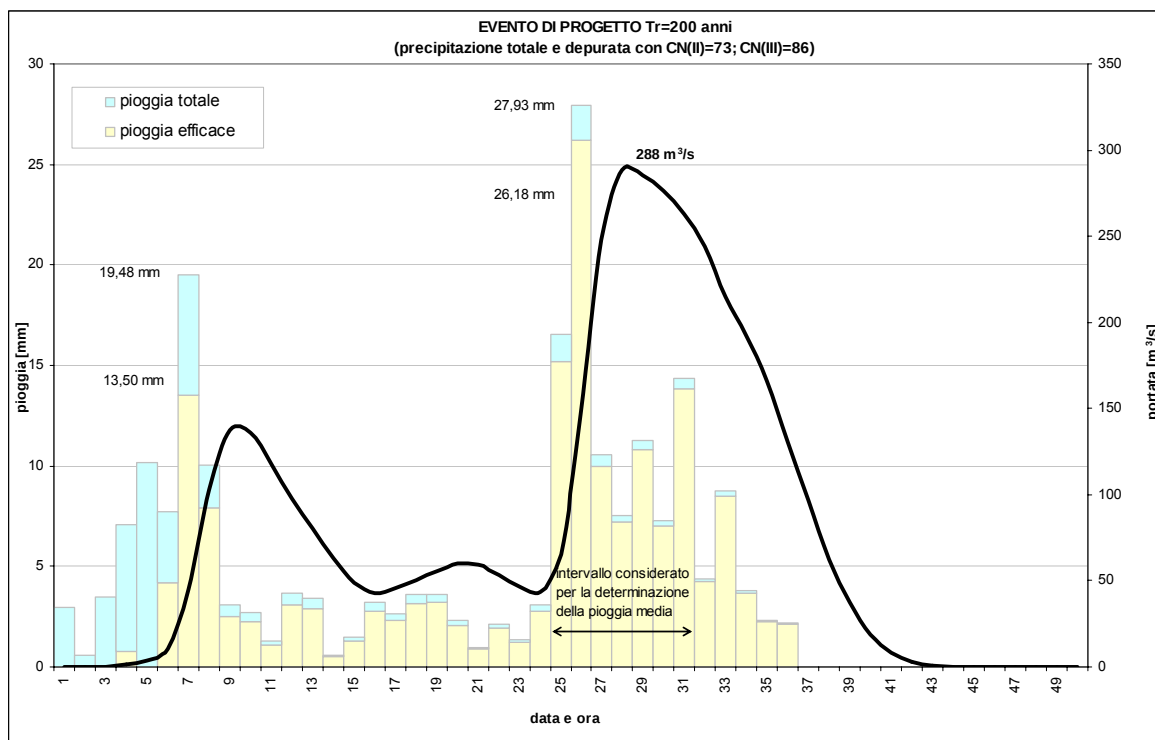


Figura 6.8.1: Ricostruzione onda di piena di progetto

Bibliografia:

- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., 1988, "Applied hydrology", McGraw-Hill, New York
- Comel A., Nassimbeni P., Nazzi P., 1982, "Carta Pedologica della Pianura Friulana e del connesso anfiteatro morenico del Tagliamento", CRSA, Udine
- Fao, 1998, "World Reference Base for Soil Resources" - World Soil Resources Report n.84., FAO, Roma
- Henderson FM., 1966, "Some properties of the unit hydrograph", J. Geophiys. Res., 68(10), pg 4785-4793, 1963
- Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità, Centro Comune di Ricerca Commissione Europea, I-21020-Ispra, 2000, "MOLAND-FVG Consumo ed uso del territorio del Friuli-Venezia Giulia"
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, "Progetto CARG, Carta Geologica d'Italia 1:50.000, Foglio 066 Udine", in stampa
- Rinaldo A., 2002, "Modellazione matematica del bacino idrografico del Brenta (chiuso a Bassano del Grappa) – Relazione finale", Univ. degli Studi di Padova (Dipart. di ingegneria idraulica, marittima, ambientale e geotecnica), Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave Brenta-Bacchiglione, Padova
- Rodriguez-Iturbe I., González-Sanabria M., Bras R. L., "A geomorphoclimatic theory of the instantaneous unit hydrograph", Water Resources Research, 18(4), 877 – 886, August 1982
- Rodriguez-Iturbe I., González-Sanabria M., Caamaño G., "On the climatic dependence of the IUH: a rainfall-runoff analysis of the nash model and the geomorphoclimatic theory", Water Resources Research, 18(4), 887 – 903, August 1982
- Rodriguez-Iturbe I., Valdéz J. B., "The geomorphologic structure of hydrologic response", Water Resources

Research, 15(6), 1409 – 1420, December 1979

Sherman L.K., “Streamflow from rainfall by the unit-graph method”, Eng. News. Rec., vol 108, pg 501-505, 7 april 1932

Soil Conservation Service, 1972, “National Engineering Handbook”, U.S. Department of Agriculture, Washington

7

MODELLO IDRAULICO DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA

Il tratto del torrente Cormor, oggetto delle modellazioni effettuate in questa sede, è lungo 43 km ed è compreso tra il ponte Colugna-Plaino (sezione di chiusura del bacino collinare) nei comuni di Tavagnacco e Pagnacco e la Laguna di Marano.

Le verifiche idrauliche condotte su questo tratto sono state svolte attraverso la messa a punto e l'implementazione di un modello di simulazione che rappresentasse in dettaglio la reale geometria del corso d'acqua. I dati geometrici di tutte le sezioni rappresentative dell'asta del torrente sono stati inseriti nel modello in seguito a rilievi e misurazioni effettuati direttamente sul territorio o rilevamenti forniti all'Autorità di bacino da Enti e Consorzi di Bonifica. In seguito è stata effettuata una taratura del modello consistente nella individuazione dei coefficienti di scabrezza da attribuire al canale ed alle aree golenali. I risultati ottenuti sono stati confrontati con due eventi reali avvenuti nell'ottobre del 1998 e nell'ottobre del 2004.

7.1 Richiami di idraulica fluviale

Nei corsi d'acqua naturali, a causa delle variazioni di alimentazione idrica proveniente dai bacini idrografici, il moto è generalmente di tipo vario. Tuttavia, al fine della taratura e verifica di un modello, è stato utile calcolare anche una serie di profili idrici a moto permanente.

Si riportano nel seguito alcuni cenni teorici fondamentali, utili per la comprensione delle premesse di calcolo e dei risultati.

I profili di moto permanente

Il livello di pelo libero in ogni sezione si determina risolvendo, per via iterativa, per ogni tronco elementare in cui è suddiviso il canale, l'equazione di bilancio dell'energia:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (7.1.1)$$

dove i pedici 1 e 2 indicano i valori relativi alla sezione di valle e di monte del tronco considerato; Y rappresenta la profondità del pelo libero sul fondo, Z rappresenta l'altitudine del fondo del canale nel riferimento assoluto, V rappresenta la velocità media

nella sezione, α è il coefficiente di Coriolis, g è l'accelerazione di gravità e h_e rappresenta la perdita complessiva di carico energetico tra le due sezioni.

La Figura 7.1.1 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di monte e quella di valle.

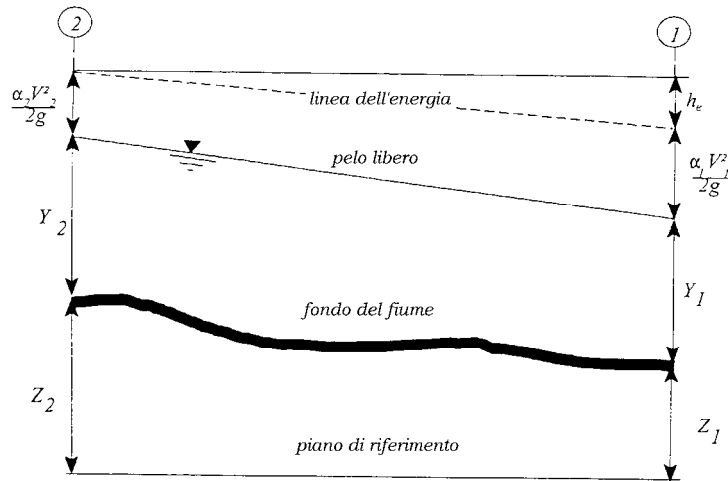


Figura 7.1.1: Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua

Le perdite complessive d'energia h_e tra le due sezioni sono imputabili sia alle perdite continue sia a quelle localizzate dovute a fenomeni d'espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (7.1.2)$$

dove L è la distanza media tra le due sezioni, $\bar{J}$ rappresenta le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni e C è il coefficiente di perdita dovuto all'espansione o contrazione della vena fluida.

Per la valutazione della perdita di carico J è stata utilizzata la formula di Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{2/3} \sqrt{J} \quad (7.1.3)$$

in cui Q è la portata, A è l'area della sezione trasversale occupata dal fluido, R_H è il raggio idraulico della sezione ed n è il coefficiente di scabrezza di Manning.

Dalla precedente relazione si ottiene:

$$J = \frac{n^2 V^2}{R_H^{4/3}} \quad (7.1.4)$$

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti dove la velocità media possa essere ritenuta, ai fini pratici, costante (Figura 7.1.2).

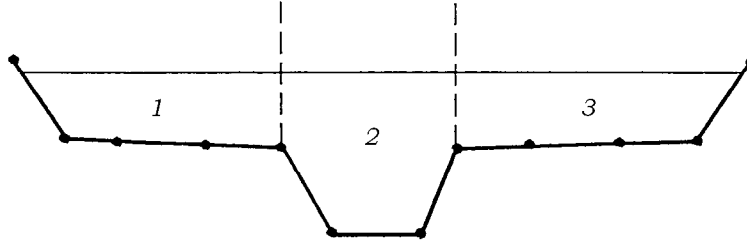


Figura 7.1.2: Sezione schematica di un corso d'acqua naturale

Con riferimento alla Figura 7.1.2, indicata con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata d'ogni singola parte i -esima in cui la sezione è stata suddivisa, si ha, in accordo con la formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n} A_i R_{H,i}^{2/3} \quad (7.1.5)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza J risulta pari a:

$$J = \left(\frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (7.1.6)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservando che, per la costanza di J , la portata di ogni singola area $Q_i = K_i \sqrt{J}$ è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale $Q = \sum_i Q_i$.

La (7.1.5) è calcolata in corrispondenza di ogni sezione, da cui la pendenza media della linea dell'energia tra le sezioni 1 e 2 è fornita dalla equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (7.1.7)$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, inoltre, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a $\sum_i Q_i^3 / A_i^2$, e l'energia cinetica calcolata per il valore medio della velocità, e quindi proporzionale a Q^3 / A^2 .

Esprese le portate delle singole parti i -esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si giunge con qualche passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \left(\sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \frac{\left(\sum_i A_i \right)^2}{\left(\sum_i K_i \right)^3} \quad (7.1.8)$$

Calcolati le perdite d'energia h_e ed il coefficiente di Coriolis α , l'equazione (7.1.1), associata all'equazione di continuità che impone la costanza della portata lungo il tratto, permette di calcolare la quota del pelo libero, $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte, essendo noto, in corrispondenza della sezione di valle, il valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$, quando ci si trovi in condizioni di corrente lenta. Per le correnti veloci l'incognita è la quota del pelo libero all'estremità di valle del tronco, essendo noti i valori già calcolati all'estremità di monte.

Essendo la (7.1.1) un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, che prende avvio da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

Moto vario

Il moto di una corrente a superficie libera, è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come equazioni di De Saint-Venant monodimensionali:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (7.1.9)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + J \right) = 0 \quad (7.1.10)$$

in cui Q è la portata, A è l'area della sezione trasversale occupata dal fluido, V è la velocità, g è l'accelerazione di gravità e J la pendenza della linea dell'energia.

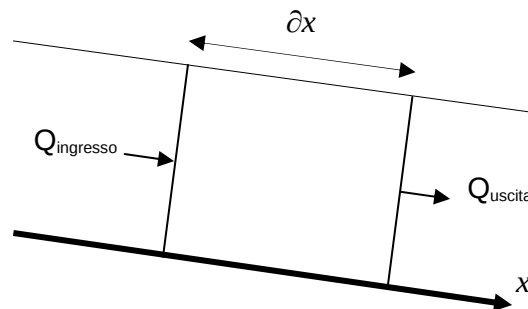


Figura 7.1.3: Volume di controllo considerato nelle equazioni di De Saint – Venant

7.2 Rilievo laserscan del torrente Cormor

Al fine di analizzare la geometria e la morfologia dell'alveo del torrente Cormor e del territorio circostante, è stato commissionato un lavoro di rilievo laser aereo. Il rilievo ha interessato l'asta del torrente dal ponte di Colugna fino a valle della cassa di espansione di Sant'Andrat, per un larghezza media di 1.200 metri in maniera simmetrica rispetto all'asta fluviale.

Il rilievo laser aerotrasportato è divenuto da pochi anni una metodologia di rilievo topografico di notevole importanza. Il maggior costo economico di tale tecnologia trova un immediato riscontro nella quantità e nella qualità del dato, nonché nella velocità di esecuzione del rilievo. Il rilievo consiste in una nuvola di punti quotati con densità di rilievo superiore al punto per metro quadrato, che permette di determinare un modello digitale del terreno ad elevata risoluzione.

Questa tecnologia inoltre elimina la soggettività insita nel rilievo con strumentazione tradizionale, con la quale è l'operatore a decidere quali siano gli elementi del territorio da misurare, con il rischio di non rilevare alcune strutture difficilmente individuabili ad occhio nudo o coperte dalla vegetazione o non raggiungibili. Al contrario il non diretto controllo del territorio tramite il rilievo laserscan, viene compensato dalla elevata densità di punti rilevati, i quali permettono di mettere in evidenza tutti gli oggetti di dimensioni superiori alla densità di campionamento. Inoltre, rispetto al rilievo fotogrammetrico, la tecnologia laserscan è in grado di penetrare anche all'interno dell'apparato fogliare degli alberi, consentendo così di ottenere una risposta dal terreno anche in presenza di vegetazione.

Il rilievo dell'asta fluviale del Torrente Cormor è stato eseguito dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste, in collaborazione con la ditta Helica Srl di Amaro (UD), la quale dispone di un elicottero predisposto ad ospitare l'apparecchiatura per il rilievo. La strumentazione utilizzata denominata ALTM3100, prodotta dalla ditta canadese Optech, è costituita da un sistema di controllo della posizione dell'apparecchio e da un sistema di rilievo laserscan in grado di operare a 100 KHz. Il sistema di posizionamento inerziale integra un sistema di posizionamento satellitare GPS per la determinazione della posizione assoluta, con un sistema di accelerometri laser sui tre assi per la posizione relativa tra un posizionamento GPS ed il successivo. Inoltre gli accelerometri laser misurano le oscillazioni di rollio e beccheggio sugli assi longitudinali e trasversali dell'apparecchio.

Il rilievo del terreno viene eseguito dall'apparecchiatura laserscan che invia a terra un impulso laser e ne determina il tempo di ritorno e l'angolo di emissione rispetto alla verticale dell'apparecchio in volo. Il controllo dell'angolo viene effettuato tramite un sistema di specchi riflettenti basculanti.

Nel caso di ostacoli, l'impulso laser produce ritorni multipli che vengono registrati dall'apparecchiatura laserscan. In questa maniera è possibile distinguere tra il primo ritorno determinato dalla vegetazione e l'ultimo determinato dal punto più basso ovvero dal terreno.

Il risultato finale del rilievo consiste in una nuvola di punti inseriti nello spazio tridimensionale ai quali corrispondono le coordinate ellissoidiche geocentriche dei punti di riflessione del raggio laser. Per passare al sistema di riferimento locale è necessario operare una trasformazione a sette parametri, valida per la zona oggetto del rilievo, tra il sistema di riferimento IGM95 e quello Gauss-Boaga della cartografia locale. In questa maniera si giunge ad una rappresentazione con accuratezza compatibile alla

rappresentazione topografica della Carta Tecnica Regionale Numerica alla scala 1:5.000 e con accuratezza altimetrica migliore di 15 cm. Questo valore è stato verificato nella fase di collaudo ottenendo uno scarto medio tra il dato laser e il rilievo GPS a terra pari a 4 cm su otto punti di controllo.

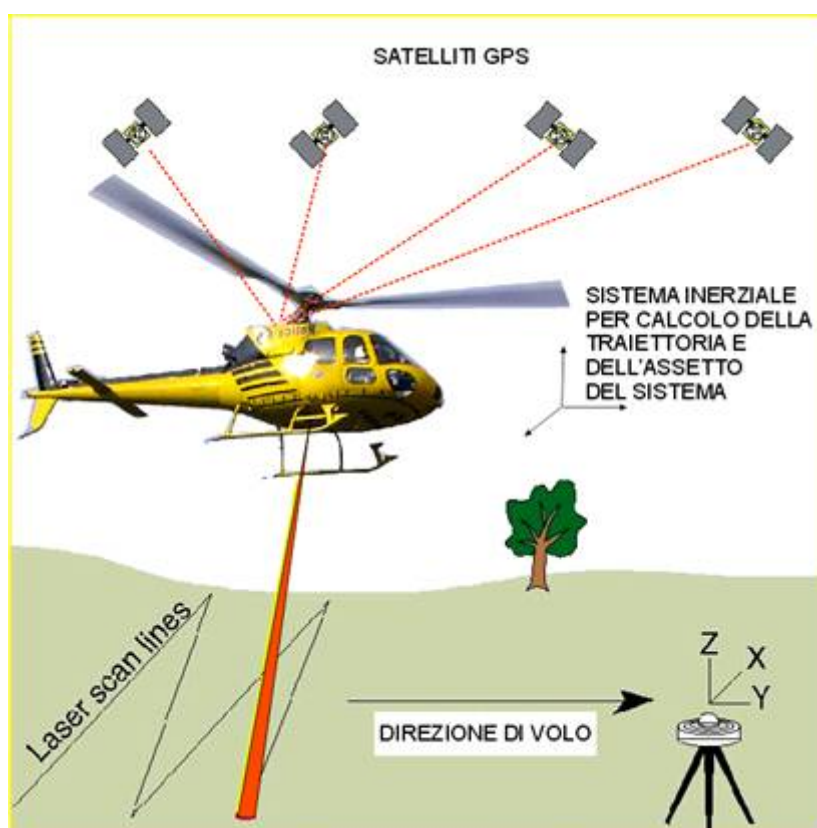


Figura 7.2.1: Schema dell'apparecchiatura utilizzata per il rilievo laserscan

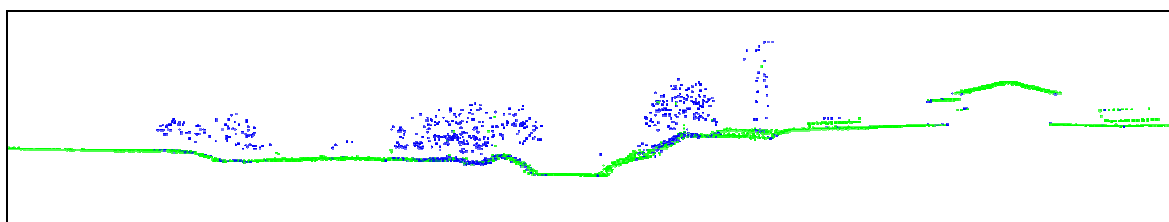


Figura 7.2.2: Esempio di sezione del rilievo con evidenziati il primo e l'ultimo impulso laser

Per la determinazione delle quote ortometriche è stato utilizzato un modello geoidico locale calcolato dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, di proprietà dell'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione di Venezia. L'utilizzo di questo modello di geoide ha introdotto un errore assoluto sulla quota pari a 10 cm su tutta la zona del rilievo.

La restituzione del rilievo lungo l'asta del torrente Cormor ha previsto anche il filtraggio dei dati per la rimozione della vegetazione e degli edifici, ottenendo così una nuvola di punti rappresentanti il modello digitale del terreno.

Assieme al rilievo laser sono state effettuate delle riprese fotografiche con una fotocamera metrica montata a bordo dell'elicottero. Le riprese sono state ortorettificate grazie al modello del terreno ottenuto dal rilievo laser. Le ortofoto, con risoluzione spaziale pari a 20 cm, hanno permesso di creare un modello virtuale del territorio di elevata verosimiglianza e sono state un valido aiuto per la scelta delle sezioni del modello idraulico e per riconoscere le particolarità idrauliche del torrente Cormor.



Figura 7.2.3: Modello virtuale del terreno ottenuto dalla sovrapposizione dell'ortofoto al DEM

7.3 Geometria e morfologia dell'alveo del torrente Cormor da Colugna alla foce

Il tratto del torrente Cormor, oggetto delle modellazioni idrauliche effettuate nel presente Piano, si estende dal ponte che collega la località di Colugna (Comune di Tavagnacco) a Udine, alla Laguna di Marano, in cui sfocia, ed è lungo complessivamente 43 km.

Con riferimento all'inquadramento geologico dell'alveo di Alta e Bassa Pianura, riportata nei § 4.2 e § 4.3, si richiamano all'attenzione le caratteristiche morfologiche del terreno attraversato dal torrente Cormor, essendo esse di evidente importanza dal punto di vista idraulico. Si possono quindi distinguere due tipologie morfologiche predominanti che caratterizzano il territorio. A partire da Colugna l'alveo di magra non presenta argini, scorre incassato all'interno di una depressione delimitata da terrazzamenti, i quali circoscrivono ampie zone d'espansione non interessate da alcun tipo di urbanizzazione. Tale tipologia caratterizza il territorio fino a Pozzuolo del Friuli, da dove detti terrazzamenti

si aprono sulla Pianura Friulana, determinando una diversa tipologia di territorio in cui l'alveo è delimitato da argini.

Tali caratteristiche sono riconoscibili osservando diverse sezioni lungo l'alveo, ottenute sulla base dei dati plano-altimetrici disponibili grazie al rilievo topografico effettuato con la tecnologia del laserscan. Per maggior chiarezza si riportano di seguito alcune sezioni tipo.

Partendo quindi da Nord (Figura 7.3.1) si può vedere dalla sezione rappresentata in Figura 7.3.2 come l'alveo sia racchiuso tra zone di espansione naturale non molto ampie ma comunque delimitate da terrazzamenti aventi un dislivello variabile dai quattro ai dieci metri. Tale assetto morfologico si estende fino alla località di Basaldella; da qui in poi le aree di espansione iniziano ad allargarsi fino a raggiungere la massima ampiezza a sud di Zugliano (Figure 7.3.3 e 7.3.4) per poi restringersi nuovamente verso Pozzuolo del Friuli (Figure 7.3.5 e 7.3.6). Il confine dei terrazzamenti, presenti pure in questo tratto, è rappresentato nelle Figure 7.3.3 e 7.3.5 dalla linea tratteggiata.

Da Pozzuolo in poi (Figure 7.3.7, 7.3.8 e 7.3.9) le zone di espansione si allargano ulteriormente, fino a confondersi con la pianura; si allontanano così i terrazzi, i quali non posso più trattenere l'acqua nell'eventualità di esondazioni del torrente Cormor nella fascia di Bassa Pianura. In tale tratto l'alveo risulta però racchiuso da argini, come emerge dalle sezioni rappresentate nelle Figure 7.3.7 e 7.3.9.

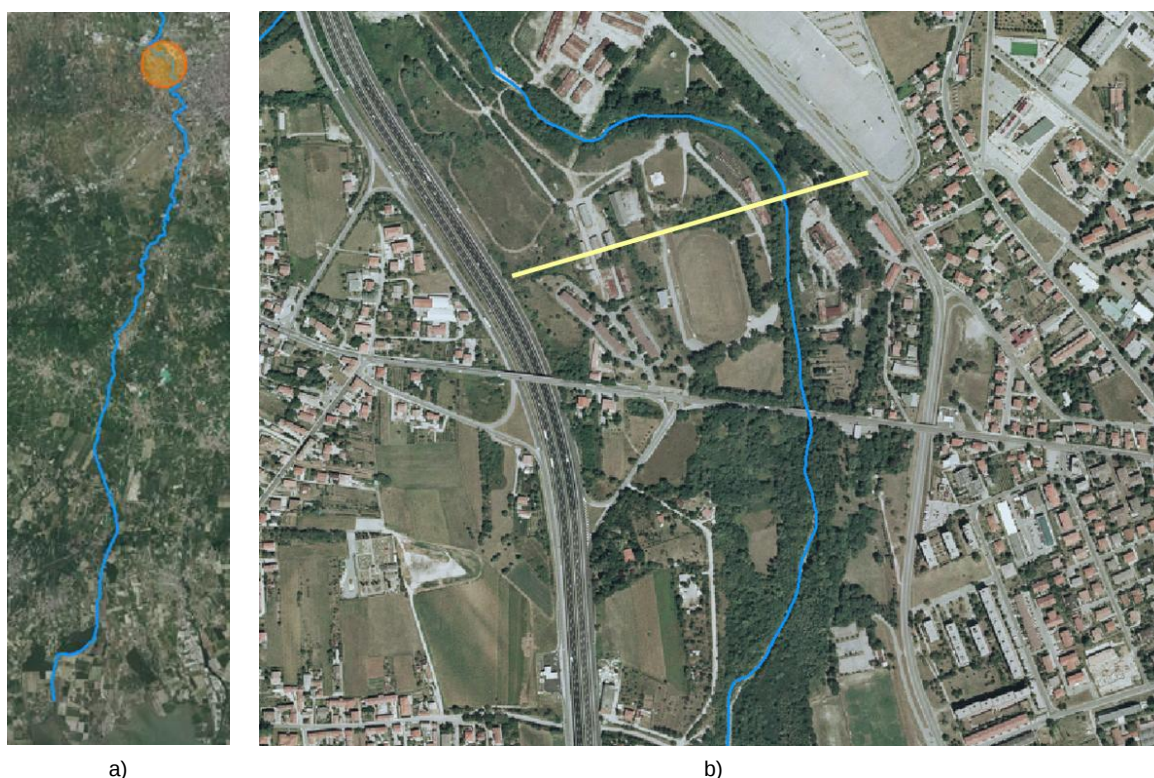


Figura 7.3.1:

a) Asta del torrente Cormor da Colugna alla foce: il cerchio colorato indica l'area ingrandita nella Figura 7.3.1 b)

b) Stadio Friuli di Udine, in sinistra idrografica, e Parco del Cormor, sulla destra idrografica; in giallo è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 7.3.2

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

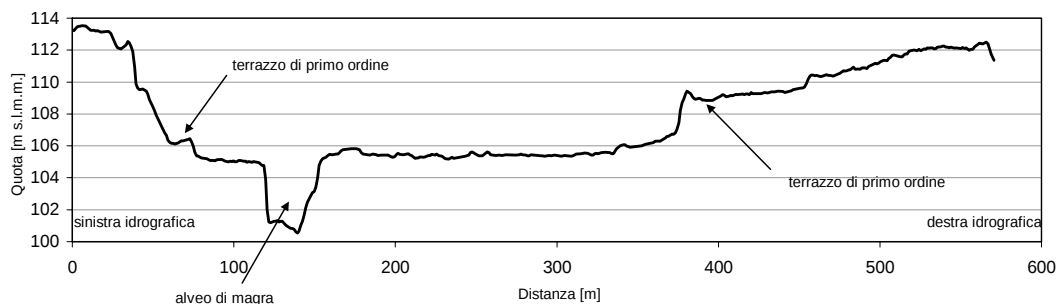
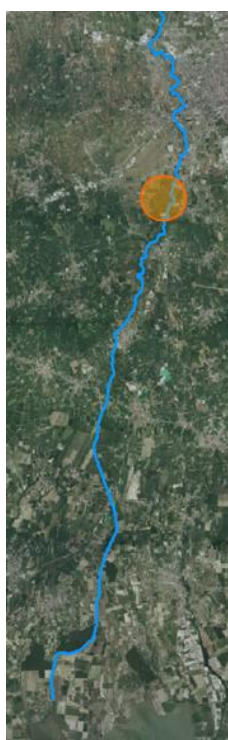


Figura 7.3.2: Sezione tipo nel tratto tra Colugna e Zugliano



a)



b)

Figura 7.3.3:

a) Asta del torrente Cormor da Colugna alla foce: il cerchio colorato indica l'area ingrandita nella Figura 7.3.3 b)

b) Zugliano-Pozzuolo del Friuli; in azzurro si evidenzia il limite dei terrazzamenti; in giallo è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 7.3.4

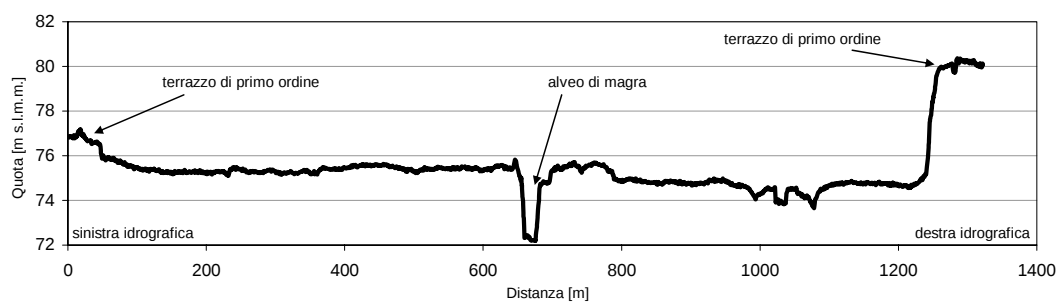


Figura 7.3.4: Sezione tipo a sud di Zugliano

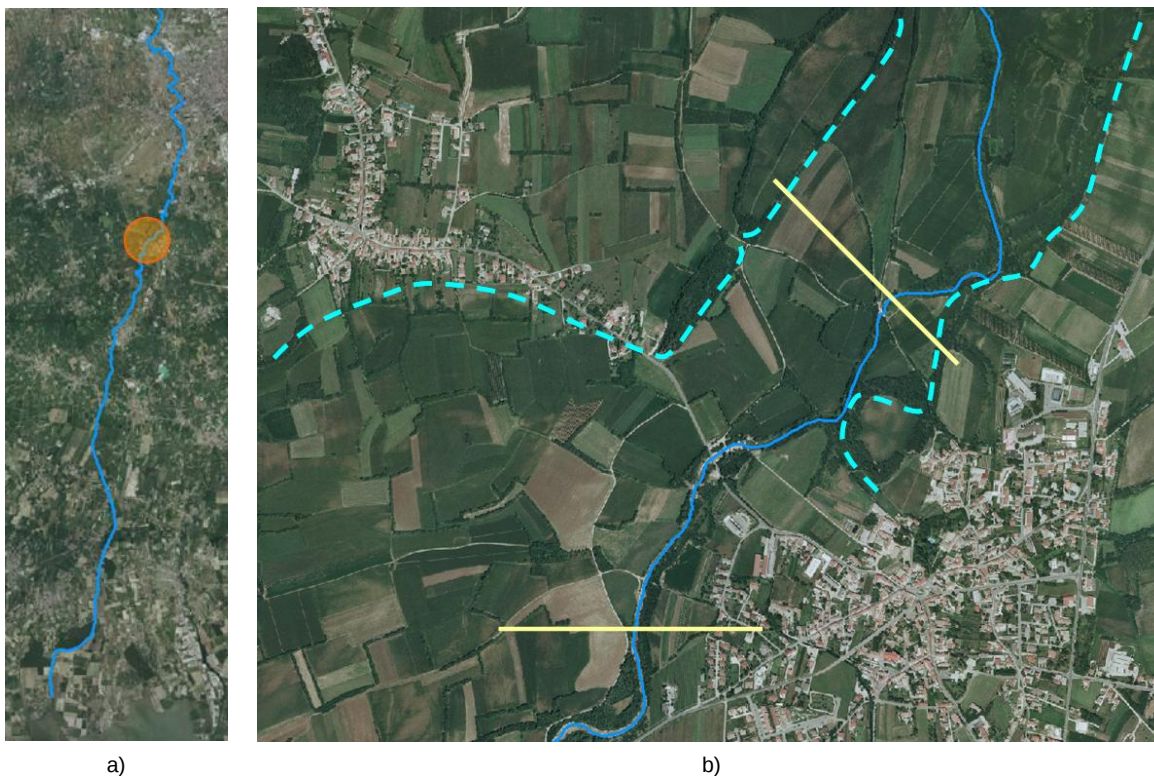


Figura 7.3.5:
a) Asta del torrente Cormor da Colugna alla foce: il cerchio colorato indica l'area ingrandita nella Figura 7.3.5 b)
b) Pozzuolo del Friuli; in azzurro si evidenzia il limite dei terrazzamenti; in giallo è indicata la posizione delle sezioni rappresentate in Figura 7.3.6 e Figura 7.3.7

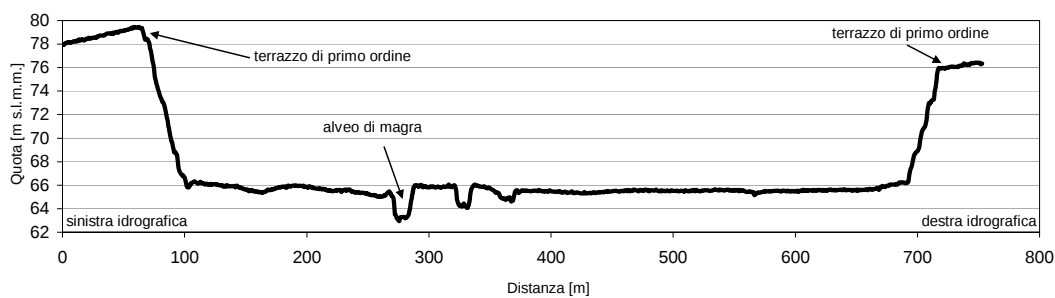


Figura 7.3.6: Sezione tipo a nord di Pozzuolo del Friuli

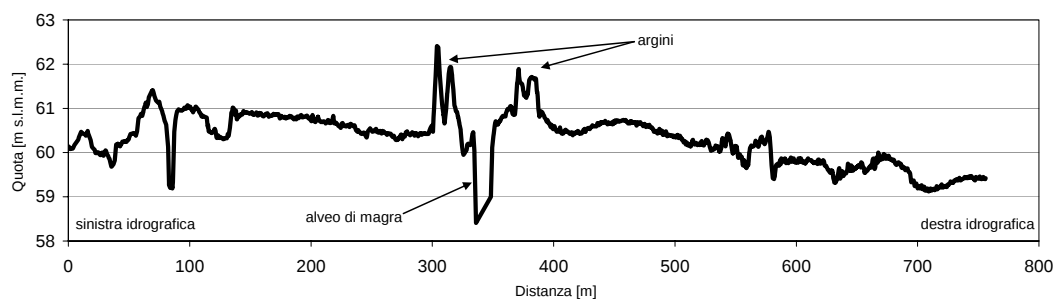


Figura 7.3.7: Sezione tipo a sud di Pozzuolo del Friuli

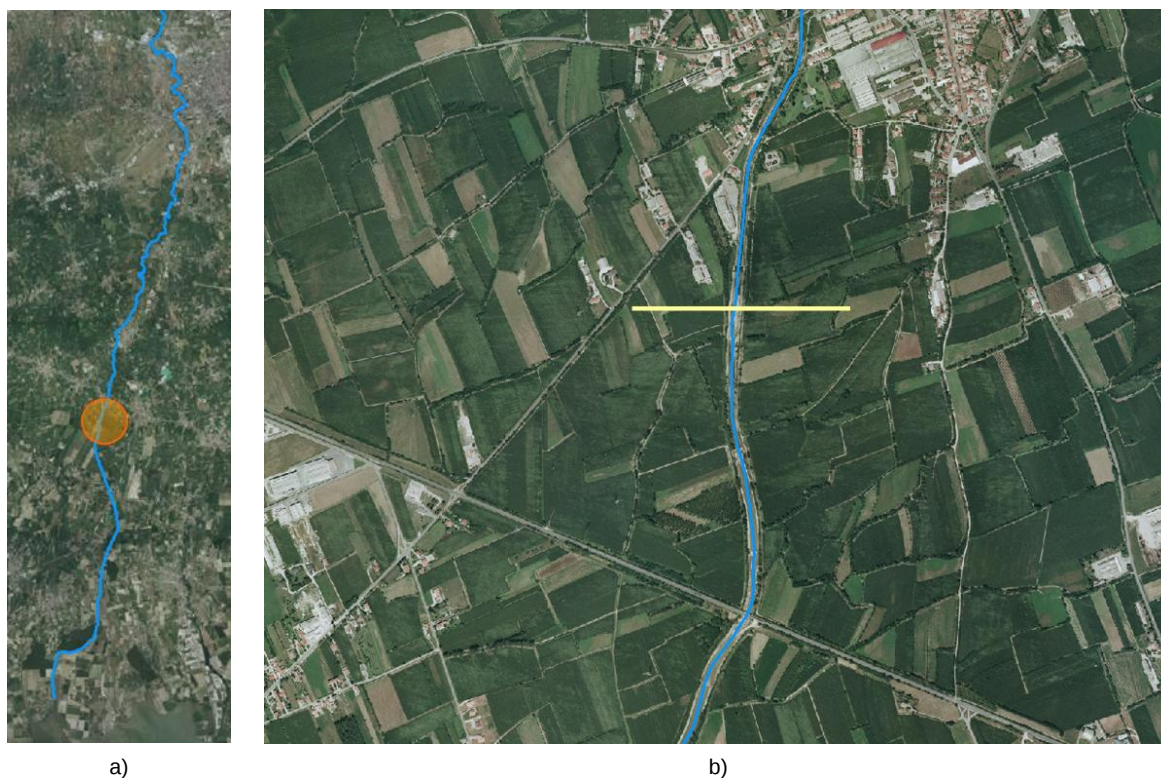


Figura 7.3.8:
 a) Asta del torrente Cormor da Colugna alla foce: il cerchio colorato indica l'area ingrandita nella Figura 7.3.8 b)
 b) Mortegliano; in giallo è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 7.3.9

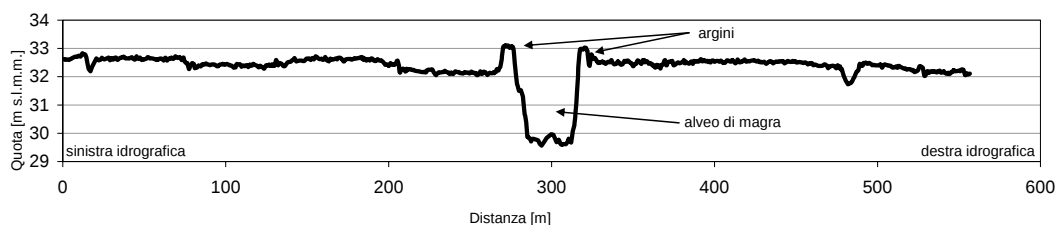


Figura 7.3.9: Sezione tipo da Mortegliano alla foce

7.4 Scabrezza idraulica dell'alveo

La scabrezza idraulica fornisce informazioni riguardo alla scabrosità della parete, ossia, nel caso di correnti a pelo libero, del fondo dell'alveo in relazione al moto del fluido. In termini fisici essa rappresenta la resistenza al flusso.

In termini di granulometria, una relazione di interesse fluviale che assegna il valore del coefficiente K_S di Gauckler-Strickler è la seguente:

$$K_S = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (7.4.1)$$

nella quale d_{90} [m] è il diametro cui corrisponde, in un'analisi granulometrica significativa del materiale di cui è costituito il fondo dell'alveo, un passante (in peso) pari al 90% del campione.



Figura 7.4.1: Alveo del torrente Cormor nei pressi della Fiera di Udine



Figura 7.4.2: Alveo del torrente Cormor a Udine (V.le dello Sport-Autostrada A28)

Tuttavia la definizione del coefficiente richiede qualche altra attenzione in quanto la scabrezza intrinseca non è l'unica causa di resistenza al moto; infatti la difficile determinazione di un coefficiente globale può dipendere da diversi fattori, quali:

- ❑ *vegetazione* in termini di altezza, densità, distribuzione e tipologia della stessa;



Figura 7.4.3: Il torrente Cormor a Carlino



Figura 7.4.4: Il torrente Cormor a Colugna

- ❑ *forme di fondo e variazioni di forma* come dimensione della sezione trasversale con continui allargamenti e restringimenti che si succedono lungo il corso d'acqua.



Figura 7.4.5: Il torrente Cormor a Udine



Figura 7.4.6: Il torrente Cormor a Mortegliano

- ❑ *ostruzioni*, quali macigni, alberi, pile di ponti, sbarramenti, ecc.



Figura 7.4.7: Particolare del guado di Terenzano (Pozzuolo)



Figura 7.4.8: Vista da valle della presa della Roggia di Udine a Zugliano

- ❑ *regolarità del contorno* in termini di regolarità dell'andamento planimetrico sinuoso o a meandri.



Figura 7.4.9: Il torrente Cormor a S.Osvaldo



Figura 7.4.10: Il torrente Cormor a Colugna

Nel caso in cui non si disponga di prove granulometriche precise è possibile far riferimento ai valori presenti in letteratura. La Tabella 7.4.1 riporta i valori del coefficiente di Manning n ($n = 1/K_s$) per i corsi d'acqua naturali suggeriti da V.T.Chow.

Tabella 7.4.1: Valori del coefficiente di Manning n suggeriti da V.T.CHOW

	MINIMO	NORM.	MAX.
1. Corsi d'acqua minori (larghezza di pelo libero al livello di piena < 30 metri (100 ft).			
a) <i>Corso d'acqua in pianura</i>			
1. Pulito, diritto, in regime di piena, senza incisioni o buche profonde	0,025	0,030	0,033
2. Come sopra, ma con maggior numero di ciottoli ed erbaccia	0,030	0,035	0,040
3. Pulito, tortuoso, con qualche buca e qualche deposito	0,033	0,040	0,045
4. Come sopra, ma con qualche ciottolo ed erbaccia	0,035	0,045	0,050
5. Come sopra, in regime di magra, con scarpate e sezioni più irregolari	0,040	0,048	0,055
6. Come al punto 4, ma con più ciottoli	0,045	0,050	0,060
7. Tratti con corrente lenta, coperti da erbacce, con buche profonde	0,050	0,070	0,080
8. Tratti molto inerpati, buche profonde, o filoni principali con grossi tronchi e sottobosco	0,075	0,100	0,150
b) <i>Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde frequentemente ripide, alberi e sottobosco lungo le sponde sommergevoli durante le piene</i>			
1. Fondo: ghiaia, ciottoli e qualche masso	0,030	0,040	0,050
2. Fondo: ciottoli con grandi massi	0,040	0,050	0,070
2. Alvei di esondazione			
a) <i>A prato: senza sterpaglia</i>			
1. Erba bassa	0,025	0,030	0,035
2. Erba alta	0,030	0,035	0,050
b) <i>Aree coltivate</i>			
1. Senza coltura	0,020	0,030	0,040
2. Coltivazione a filari	0,025	0,035	0,045
3. Coltivazioni a campo	0,030	0,040	0,050
c) <i>Sottobosco</i>			
1. Sottobosco rado, molto erboso	0,035	0,050	0,070
2. Sterpaglie rade ed alberi, in inverno	0,035	0,050	0,060
3. Come sopra, in estate	0,040	0,060	0,080
4. Sottobosco da medio folto a folto, in inverno	0,045	0,070	0,110
5. Come sopra, in estate	0,070	0,100	0,160
d) <i>Alberi</i>			
1. Con salici, in estate, diritti	0,110	0,150	0,200
2. Terra disboscata con ceppi, senza getti	0,030	0,040	0,050
3. Come sopra, ma con molti getti	0,050	0,060	0,080
4. Alberi a grosso fusto con poco sottobosco, livello di piena al di sotto delle fronde	0,080	0,100	0,120
5. Come sopra, ma con livello di piena che raggiunge le fronde	0,100	0,120	0,160
3. Corsi d'acqua maggiori			
(larghezza di pelo libero al livello di piena > 30 metri (100 ft))			
Il valore di n è minore di quello dei corsi d'acqua minori di uguale descrizione, poiché le sponde offrono minore resistenza effettiva			
a. Sezione regolare senza massi o sottobosco	0,025	—	0,060
b. Sezione irregolare e scabra	0,035	—	0,100

7.5 Modello di calcolo

La modellazione idraulica del torrente Cormor è stata effettuata utilizzando il programma HEC-RAS 3.1.3, River Analysis System, Maggio 2005, sviluppato da US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis CA 95616.

Il software consente di calcolare i livelli idrici corrispondenti alle portate di riferimento sia in condizioni di moto permanente, sia in condizioni di moto vario, secondo uno schema unidimensionale. Inoltre ha la capacità di determinare profili di correnti lineari in regime di corrente lenta, rapida e mista con sezioni di qualsiasi forma ed in presenza di manufatti idraulici, quali pile di ponti, traverse con luci a sfioro libero ed a battente, sfioratori laterali.

Per la teoria idraulica alla base del programma si rimanda al § 7.1 e al manuale d'uso "Hydraulic Reference Manual", prelevabile dal sito Internet dell'HEC, per un approfondimento maggiore circa l'uso, le basi teoriche ed una serie di applicazioni che ne dimostrano la potenzialità.

La geometria del tratto d'asta fluviale interessato dalla propagazione della piena è stata descritta mediante l'inserimento di 200 sezioni trasversali, distanti in media 150 metri. Le sezioni sono state scelte tenendo anche conto di tutte le variazioni altimetriche e planimetriche del tracciato dell'alveo del torrente, dei salti di fondo, allargamenti o restringimenti d'alveo, ecc. In aggiunta alle sezioni geometriche, sono state inserite anche tutte le infrastrutture presenti lungo l'asta (ponti, guadi, sbarramenti, briglie).

I dati geometrici delle sezioni trasversali sono stati ricavati da:

- ☐ rilevamenti diretti effettuati sul territorio
- ☐ rilievi laserscan effettuati lungo l'asta fluviale da Udine a Sant'Andrat (Comune di Talmassons)
- ☐ rilevamenti diretti forniti dal Consorzio di Bonifica della Bassa Friulana
- ☐ rilevamenti diretti forniti dal Consorzio di Bonifica Ledra Tagliamento
- ☐ rilevamenti diretti forniti dalla Provincia di Udine, Servizio Ambiente e Territorio.

Una volta inseriti tutti i dati geometrici del corso d'acqua (coordinate dell'asta, sezioni trasversali, infrastrutture), al fine di simulare con un modello unidimensionale certe caratteristiche del moto che sono tipicamente bidimensionali, è prevista la possibilità di inserire delle opzioni per la caratterizzazione delle sezioni, che rendono i risultati dei calcoli del modello più aderenti alla realtà. Ad esempio, nel caso di brusco allargamento di sezione, si formano lateralmente zone vorticose che non contribuiscono al moto della corrente: il programma consente di definire, all'interno delle sezioni, l'area attiva al moto dell'acqua in modo tale che quella residua non venga considerata per la valutazione della velocità media della sezione.

Inoltre è possibile includere automaticamente delle sezioni interpolate fra le estreme di un tratto, in modo da ridurre il passo spaziale. Il software ha al suo interno un algoritmo di interpolazione che traccia le corde congiungenti i punti più significativi delle sezioni estreme del tratto e quindi costruisce nuove sezioni basandosi su di esse.

Per maggior completezza, sono state prese in esame anche tutte le immissioni naturali e non lungo il tracciato. A tal proposito, sono stati considerati anche tutti gli apporti in termini di portata della rete fognaria del Comune di Udine. I valori dei contributi

ed i tempi di smaltimento degli stessi sono stati calcolati attraverso una simulazione relativa all'evento del 5-7 ottobre 1998 su un modello di drenaggio urbano realizzato dall'AMGA, Azienda Multiservizi Spa di Udine. Si riportano in seguito i valori massimi di portata relativi ai collettori della rete fognaria di Udine (Tabella 7.5.1) e gli idrogrammi simulati per i dieci scarichi fognari con le relative registrazioni orarie di portata (Figure 7.5.1-10).

Tabella 7.5.1: Valori della portata relativa agli sfiori conferenti ai collettori della rete di drenaggio urbano di Udine

Sfiori conferenti ai collettori della rete di drenaggio urbano di Udine	Qmax [m ³ /s]
via Cotonificio - via S.Daniele (Colugna)	7.96
viale dello Sport	2.20
via Latina	3.24
via M. Nogara	8.44
via Cormor Basso nord	0.38
via Cormor Basso sud	0.31
via S. Rocco	0.47
Collettore Occidentale	19.39
via Basiliano	1.44
S. Osvaldo	25.87
Totale	69.70

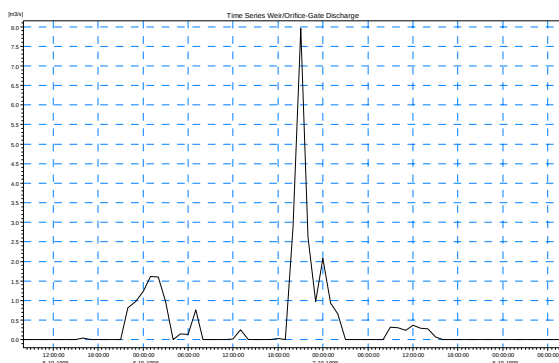


Figura 7.5.1: Sfioro di via S.Daniele (Colugna)

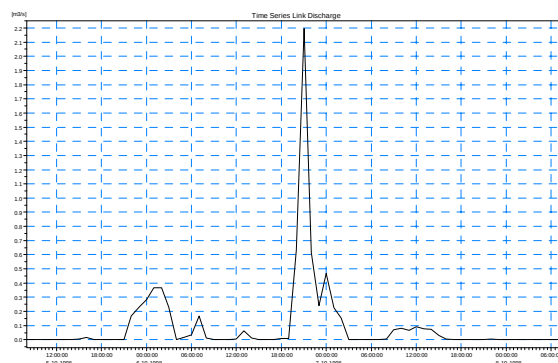


Figura 7.5.2: Sfioro di viale dello Sport

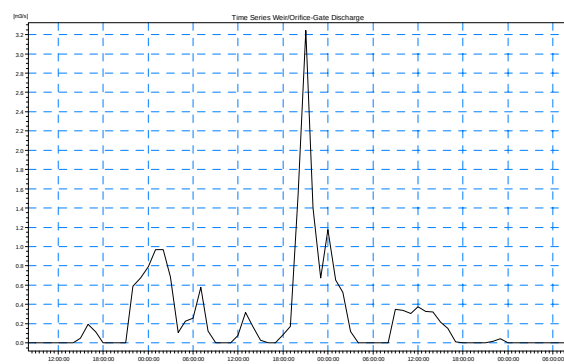


Figura 7.5.3: Sfioro di via Latina

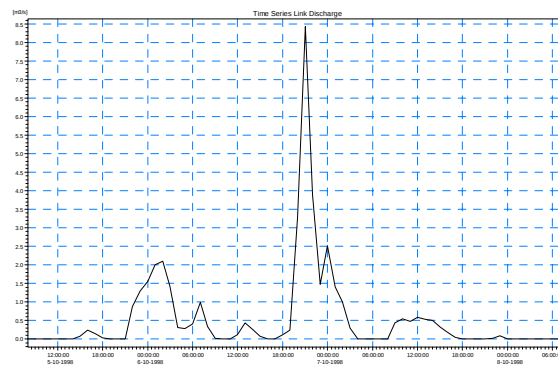


Figura 7.5.4: Sfioro di viale M. Nogara

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

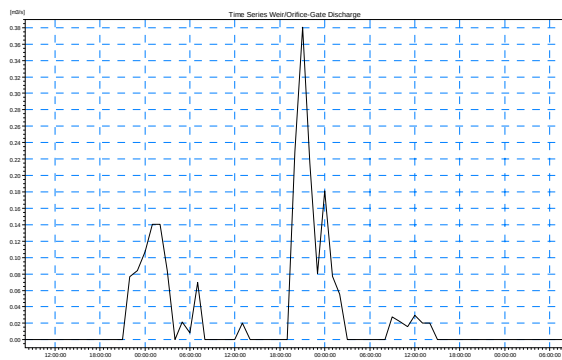


Figura 7.5.5: Sfioro di via Cormor Basso nord

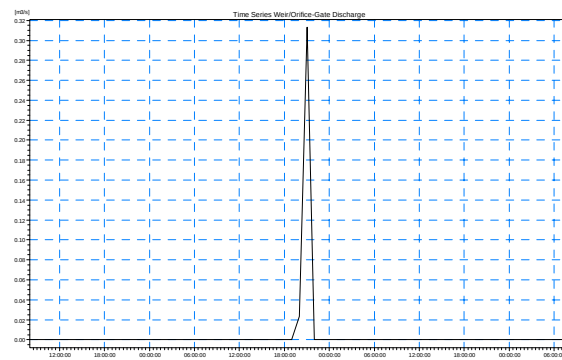


Figura 7.5.6: Sfioro di via Cormor Basso sud

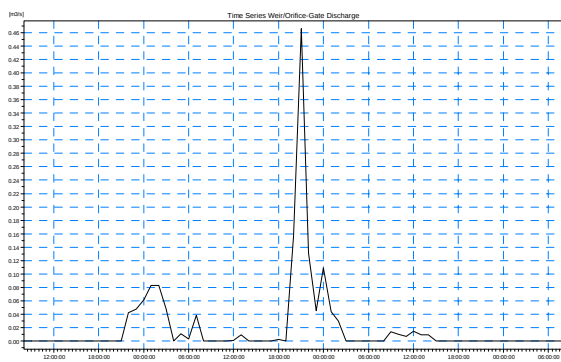


Figura 7.5.7: Sfioro di via San Rocco

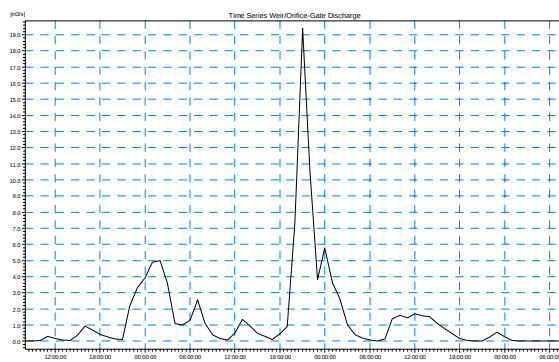


Figura 7.5.8: Sfiore Collettore Occidentale

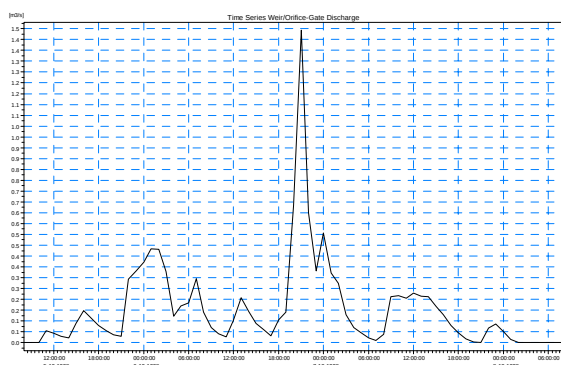


Figura 7.5.9: Sfioro di via Basiliano

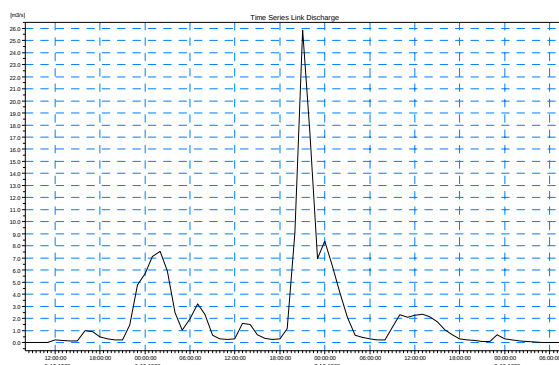


Figura 7.5.10: Sfiore di S.Osvaldo

I coefficienti di scabrezza secondo Strickler sono stati assegnati come segue: nel tratto compreso tra il ponte di Colugna e Zugliano è stata assegnata una scabrezza di $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il canale principale e $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le golene, mentre nel tratto da Zugliano alla foce i valori di scabrezza considerati sono $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il canale principale e $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le golene.

Le equazioni con cui il programma calcola i diversi livelli idrici vengono risolte numericamente dopo aver definito le condizioni al contorno e quelle iniziali. Il programma

di calcolo ha la possibilità di utilizzare diverse condizioni al contorno da definirsi nelle sezioni estreme del tronco in esame, tra le quali si ricordano: valore del pelo libero a moto uniforme, portata in ingresso (per le simulazioni a moto permanente), altezza critica, variazione nel tempo del livello idrico o della portata, relazioni fra le due variabili livello e portata, ecc..

Alla sezione di monte, nel caso delle simulazioni a moto vario, è stato applicato l'idrogramma di piena di progetto definito nel § 6.8.

7.6 Taratura del modello

La taratura del modello di simulazione consiste essenzialmente nella calibratura dei parametri di scabrezza da assegnare al canale principale ed alle zone golenali. La scelta di un appropriato valore della scabrezza è molto importante ai fini dell'accuratezza con cui vengono calcolati i profili idrici dal modello di propagazione.

La condizione ideale per tale operazione è quella di poter disporre di contemporanee misure di portata e di livelli in sezioni significative al fine di poter ricavare per tentativi i valori dei parametri ottimali alla ricostruzione dei livelli. Non avendo a disposizione tali informazioni, si è deciso di utilizzare valori di scabrezza noti in letteratura e già adottati per altri corsi d'acqua aventi le medesime caratteristiche, indicati nel § 7.4.

Ai fini della validità del modello è necessario verificare che i risultati ottenuti nella simulazione siano riscontrabili con gli effetti prodotti sul territorio dagli eventi di piena. La verifica è stata effettuata sui due eventi del 5-7 ottobre 1998 e del 31 ottobre 2004.

Per quanto riguarda l'evento dell'ottobre 1998, è stata propagata in alveo l'onda di piena ricostruita col GIUH con portata di picco pari a $308.6 \text{ m}^3/\text{s}$, ottenuta facendo variare l'Idrogramma Istantaneo Unitario in funzione dell'intensità oraria di precipitazione. Per la corretta messa a punto del modello idraulico sono inoltre state considerate tutte le immissioni fognarie della città di Udine, illustrate precedentemente nel § 7.5.

La verifica del modello idraulico di propagazione dell'onda di piena del torrente Cormor è stata effettuata su tre punti di controllo (Figura 7.6.1).

Il primo punto di controllo è posto a valle del ponte Udine - Passons. In questo punto, sulla base di testimonianze dirette dell'evento del 1998, si è riscontrato che il livello dell'acqua ha ricoperto i prati arrivando ad un'altezza di circa 1 metro. La quota media del piano campagna nella sezione considerata è di 103.55 m s.l.m. , quella del pelo libero calcolata dal modello è di 104.60 m s.l.m. . La differenza delle due quote conferma dunque la validità della ricostruzione del livello di piena in questo punto raggiunto durante l'evento.

Il secondo punto di controllo è posto in corrispondenza al ponte sud di Basaldella in Comune di Campoformido. La ricostruzione dei livelli di piena dimostra come l'impalcato del ponte è interessato dall'acqua per le portate di picco. Ciò è confermato da testimonianze dirette dalle quali risulta che il livello dell'acqua arrivò a lambire il ponte.

Il terzo punto di controllo considerato è posto nella frazione di Zugliano in Comune di Pozzuolo del Friuli. In questo punto durante l'evento del 5-7 ottobre 1998 il livello raggiunto dall'acqua è stato di circa 1 metro dal piano della chiesa. Per simulare correttamente il livello dell'acqua nella sezione di controllo sono stati inseriti, nel modello idraulico per la propagazione delle onde di piena, degli sfioratori laterali con la funzione di laminare la portata e quindi togliere il volume d'acqua eccedente la capacità di deflusso

dell'alveo. L'analisi delle quote topografiche evidenzia infatti come l'acqua uscita da tali sezioni si accumuli in una zona d'espansione e non rifluisca nell'alveo. Dai risultati della simulazione, nella sezione corrispondente al guado di Zugliano il pelo libero dell'acqua risulta a quota 76.50 m s.l.m. ed il piano della chiesa è posto a quota 77.60 m s.l.m.. Anche in questo caso il confronto fra le due quote costituisce ulteriore verifica della buona rispondenza del modello matematico di propagazione idraulica con i dati di osservazione in campo.

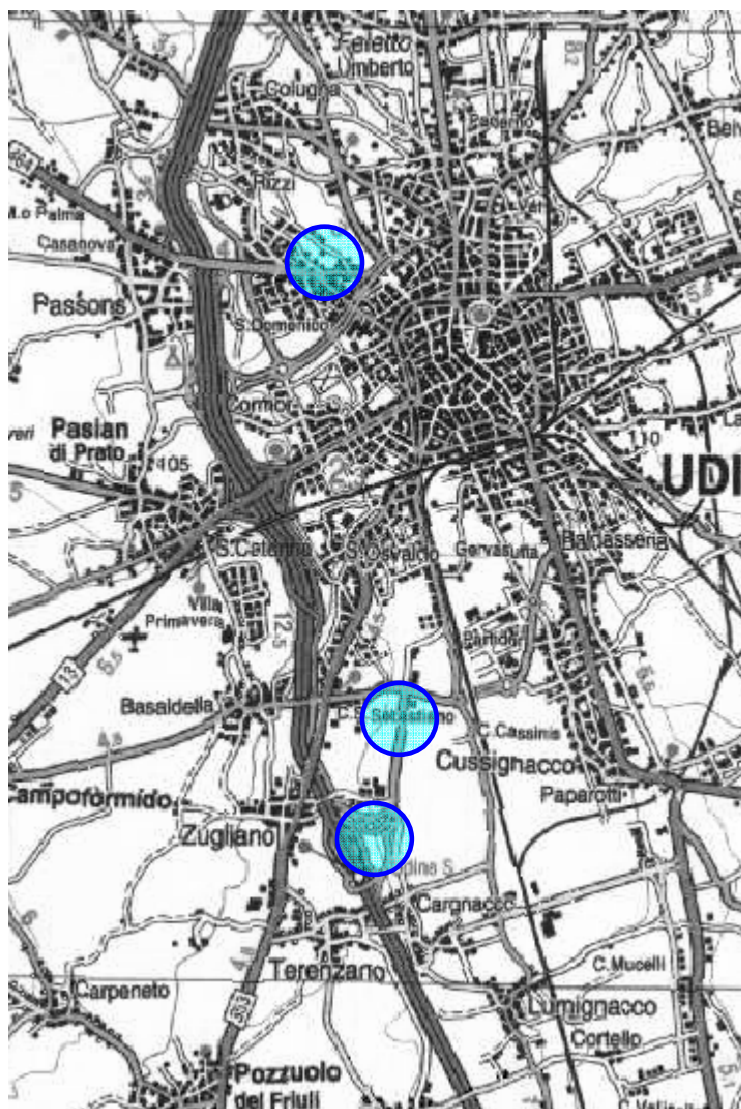


Figura 7.6.1: Mappa con indicati i tre punti di controllo

Per quanto riguarda l'evento del 31 ottobre 2004 al modello è stata applicata l'onda di piena ricostruita col GIUH con portata di picco pari a $127.34 \text{ m}^3/\text{s}$, ottenuta facendo variare l'Idrogramma Istantaneo Unitario in funzione dell'intensità oraria di precipitazione. Con tale portata è stata effettuata una simulazione al fine di misurare il livello massimo raggiunto presso il ponte di Colugna dove la piena ha raggiunto la quota di 115.44 m s.l.m.. Il livello massimo registrato dall'idrometro situato sul ponte è di 2.38 m che,

sommata alla quota dello zero idrometrico dello strumento pari a 113.03 *m* s.l.m., fornisce lo stesso livello calcolato con la modellazione.

Un ulteriore controllo è stato effettuato confrontando le sezioni dedotte dal modello matematico, che presentano una criticità all'esondazione, con la mappa degli allagamenti dell'evento del 2004 fornitaci dal Consorzio Ledra-Taglimento, verificando la congruenza tra le sezioni dell'alveo in cui il modello individua una esondazione e gli allagamenti realmente avvenuti sul territorio (Figura 7.6.2 e Figura 7.6.3).

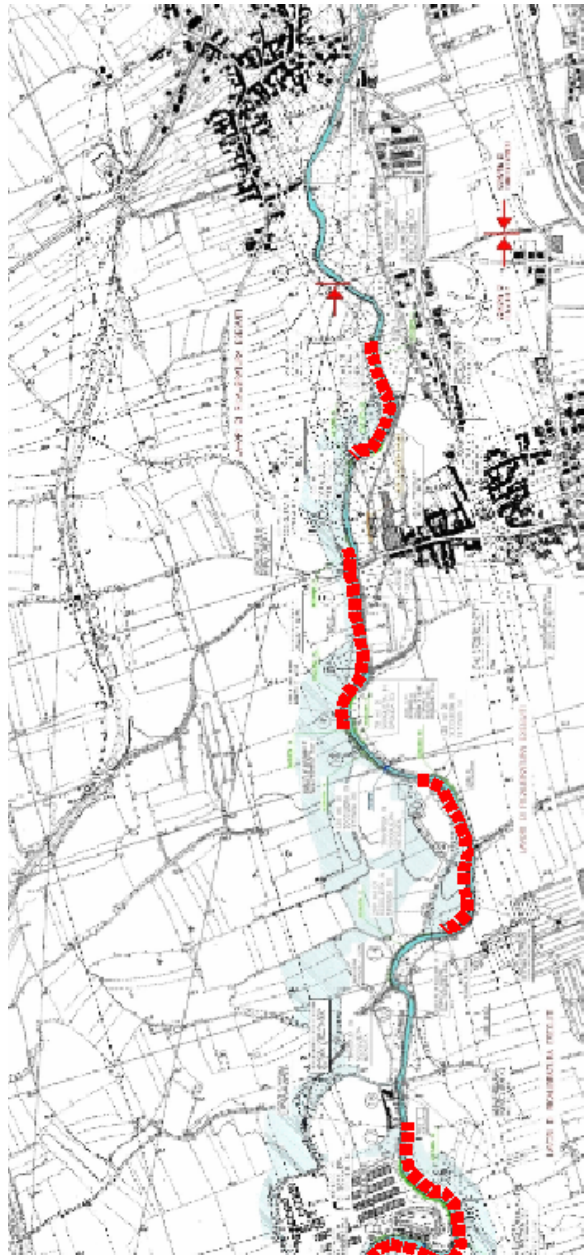


Figura 7.6.2: Mappa inondazioni evento del 31 ottobre 2004 da Basaldella a sud dell'Azienda agricola S.Croce (Pozzuolo) con indicazione in rosso delle sezioni critiche

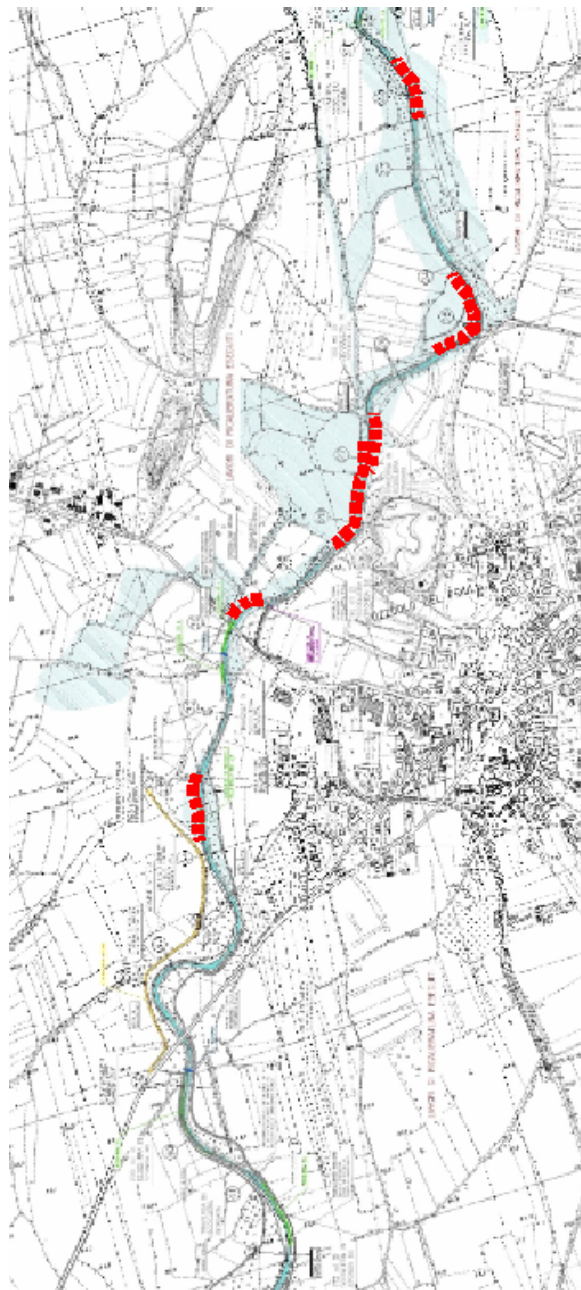


Figura 7.6.3: Mappa inondazioni evento del 31 ottobre 2004 da valle dell'Azienda agricola S.Croce (Pozzuolo) a Pozzuolo con indicazione in rosso delle sezioni critiche

Bibliografia:

- AMGA, *Azienda Multiservizi Spa*, Fornitura dei dati relativi ai contributi di portata ed i tempi di smaltimento della rete di drenaggio urbano di Udine
- Citrini D., Nosedà G., 2005, "Idraulica", Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., 1988, "Applied Hydrology", McGraw – Hill International Editions, Singapore
- Consorzio di Bonifica della Bassa Friulana, Fornitura dei rilievi effettuati per l'esecuzione dei lavori di "Sistemazione idraulica del torrente Cormor a monte della S.S. Stradalta nei comuni di Mortegliano, Pozzuolo del Friuli, Lestizza, Campoformido e Udine" nell'ambito dei lavori di sistemazione idrogeologica dei bacini idrografici delle zone colpite dal terremoto del 1976 (Legge 8 agosto 1977 n.546 art.10 e dei rilievi effettuati per l'esecuzione dei lavori di "Intervento urgente di Protezione Civile lungo il torrente Cormor per il ripristino della funzionalità delle casse d'espansione di S. Andrat"
- Consorzio di Bonifica Ledra Tagliamento, Fornitura dei rilievi diretti effettuati per l'esecuzione di "Intervento di prosecuzione delle opere di difesa del tratto compreso tra i comuni di Campoformido e Pozzuolo del Friuli sul torrente Cormor comprese nel bacino idrografico della laguna di Grado e Marano" e delle mappe di inondazione dell'evento del 31 ottobre 2004
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., 2004, "Sistemazione dei corsi d'acqua", Libreria internazionale Cortina, Padova
- Provincia di Udine, Servizio Ambiente e Territorio, Fornitura dei rilievi diretti effettuati ai fini dello "Studio propedeutico finalizzato alla valutazione e definizione del rischio idraulico nei corsi d'acqua di pianura della Provincia di Udine"
- Richard H. French, 1987, "Open – Channel Hydraulics", McGraw – Hill International Editions, Singapore
- Zannier Giampaolo, *Rassegna Tecnica* 4/2005, "La realizzazione a Udine di un modello di drenaggio urbano"

8

VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ED INTERVENTI DI PIANO PER IL CONTENIMENTO DELLE PORTATE DI PIENA

8.1 Ipotesi progettuali pregresse al presente Piano stralcio per il contenimento delle portate di piena

Gli studi e le simulazioni modellistiche condotte evidenziano come la zona in cui ricade il bacino idrografico del torrente Cormor presenti caratteristiche di piovosità tipiche dell'Alta Pianura Friulana ove, sempre con maggiore frequenza, gli eventi meteorici assumono picchi di intensità particolarmente rilevanti.

Si deve inoltre considerare l'insieme delle trasformazioni dell'assetto dell'uso del suolo avvenute negli ultimi 50 anni che ha portato, come elemento di maggior evidenza, l'estensione del territorio urbanizzato. Ciò comporta, da un lato, l'aumento delle portate di piena e, dall'altro, notevoli difficoltà per un eventuale adattamento di tutte le sezioni d'alveo al transito delle portate massime prevedibili.

Tali problematiche si sono evidenziate nella loro gravità nel corso degli eventi alluvionali del 5-7 ottobre 1998. Durante tale evento, originato dalle intense precipitazioni che hanno interessato il bacino del torrente Cormor e dal pesante apporto dato dallo scarico drenante della città di Udine, si sono evidenziate tutte le carenze dovute alla limitata capacità di deflusso delle tratte torrentizie situate a valle dell'abitato di Basaldella, con conseguente sommersione di vaste aree agricole e urbane nei comuni di Campoformido, Pozzuolo del Friuli, Lestizza, Mortegliano e Castions di Strada.

A seguito di tale evento alluvionale l'allora Direzione regionale dell'ambiente, per la messa in sicurezza del territorio dal rischio idrogeologico affidò, in delegazione amministrativa al Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento la progettazione e la realizzazione dell'intervento denominato "Sistemazione idrogeologica del torrente Cormor e del rio Tresemane in Comuni vari – lotti funzionali". La tipologia di intervento all'epoca individuata mirava a contenere ed a laminare la portata di piena entro valori compatibili con le capacità di deflusso delle sezioni a valle del corso d'acqua. In particolare era previsto un primo bacino di laminazione nel Comune di Pagnacco (località Fontanabona) ed un secondo bacino di laminazione tra i Comuni di Pagnacco e Tavagnacco in località Plaino.

Le evidenze emerse durante i lavori di progettazione condotti dall'apposito gruppo di professionisti incaricati dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento avevano da subito

portato a scartare l'ipotesi iniziale due bacini di laminazione a favore di un unico bacino da realizzarsi in corrispondenza dell'abitato di Plaino nella zona denominata Prati del Cormor.

Le contrarietà di fronte a tale soluzione progettuale da subito manifestate dalle amministrazioni comunali di Pagnacco e di Tavagnacco ha portato l'allora Direzione regionale dell'ambiente a richiedere al Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento delle soluzioni alternative al bacino di laminazione proposto in località "Prati". A tal fine il Consorzio esperiva un concorso di progettazione finalizzato all'individuazione di soluzioni alternative per poter fronteggiare le problematiche idrauliche del torrente Cormor.

Le tre soluzioni progettuali alternative alla realizzazione del bacino di laminazione in località Prati prevedevano rispettivamente:

- ☐ la realizzazione di un bacino di laminazione della capacità di invaso di 3.1 milioni di m^3 ubicato nel Comune di Pagnacco, in località Fontanabona. Il bacino di invaso, creato mediante una traversa di sbarramento della lunghezza di 250 metri ed una altezza, rispetto l'alveo del torrente Cormor, di 11,5 m, prevede uno sfioratore centrale dimensionato in modo da consentire il deflusso delle portate compatibili con le condizioni dell'alveo a valle e uno sfioratore laterale per la derivazione delle portate di sfioro in una galleria scolmatrice con il compito di far defluire le acque del torrente Cormor nel torrente Torre. Tale galleria, della lunghezza complessiva di 6.720 m, è dimensionata per garantire una portata di 40 m^3/s e trova sbocco a valle delle briglie poste a valle del ponte di Salt di Povoletto
- ☐ la realizzazione di un canale scolmatore con tracciato in galleria per la derivazione delle portate in eccesso del torrente Cormor nel torrente Torre avente portata massima di 120 m^3/s con opera di presa posizionata nel Comune di Tricesimo, in località Borgo Michieli e scarico posizionato a valle delle briglie poste a valle del ponte di Salt di Povoletto. La particolare conformazione dell'opera di presa permette di non alterare il normale deflusso delle acque e di non interferire con il normale trasporto solido di fondo del torrente Cormor
- ☐ la realizzazione di una cassa di espansione della capacità di invaso di circa 4 milioni di m^3 posizionata nel Comune di Pozzuolo del Friuli, in destra idrografica del torrente Cormor che sfrutta una naturale depressione esistente, un tempo paleoalveo del torrente Cormor. L'opera di presa è prevista presso il guado di Zugliano ed è realizzata con sfioratore laterale mediante restringimento d'alveo con manufatti appositamente progettati, mentre il rilascio delle acque al torrente Cormor avviene tramite uno scarico di fondo con una luce a battente regolata da paratoia e da uno sfioratore di emergenza.

La commissione giudicatrice preposta alla valutazione del concorso di progettazione ha preferito la soluzione progettuale relativa alla realizzazione di un canale scolmatore per lo scarico delle portate del torrente Cormor nel torrente Torre in relazione ad una valutazione comparativa degli aspetti funzionali, della qualità ambientale, della manutenzione, del costo dell'opera e dei tempi necessari per l'esecuzione.

8.2 Propagazione dell'onda di piena di progetto in assenza delle opere di difesa previste

Al modello idraulico del torrente Cormor illustrato nel precedente capitolo è stata fatta propagare l'onda di piena di progetto calcolata nel § 6.8 (Figura 6.8.1). Dai risultati delle simulazioni risulta che il tratto d'alveo da Colugna fino al secondo ponte di Basaldella risulta sufficiente a convogliare la portata di progetto. La morfologia del territorio, caratterizzata da ampie zone d'espansione contenute da terrazzamenti, permette di circoscrivere l'esondazione delle acque.

Ricordando che fino a Basaldella vengono immesse quasi tutte le acque di drenaggio delle fognature di Udine, il volume totale dell'onda di piena di progetto propagata che arriva a Basaldella (Figura 8.2.1) è di $15.300.000 \text{ m}^3$.

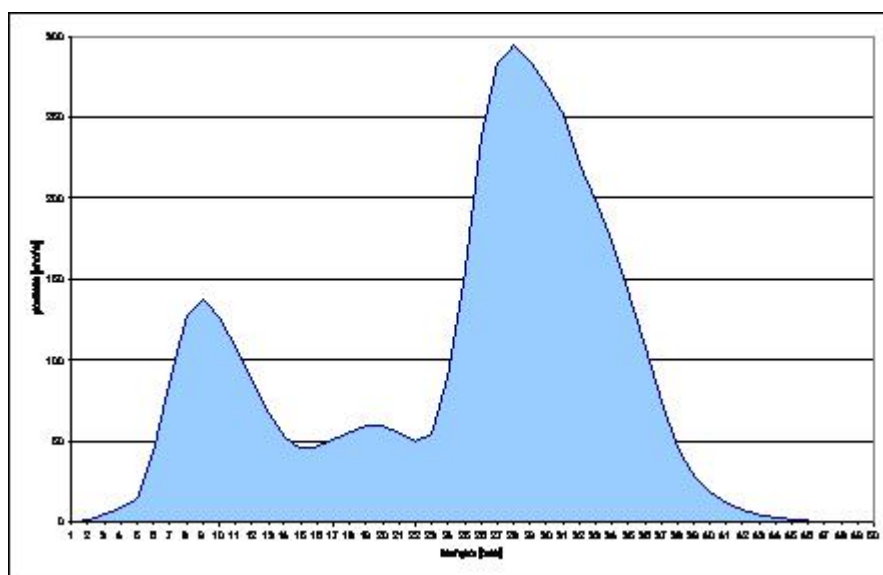


Figura 8.2.1: Onda di piena a Basaldella

Nelle alluvioni del 1998, così come precedentemente nel 1920, a Zugliano, a causa dell'alveo insufficiente a contenere le portate di piena, l'acqua cominciò ad uscire dal suo ufficio sulla destra idrografica, riversandosi ed allagando i paesi di Santa Maria di Scalunico e Lestizza. In seguito furono eseguiti degli interventi di mitigazione da parte della Protezione Civile atti ad intercettare la fiumana: venne potenziato un rilevato stradale capace di bloccare le acque e restituirle al corso d'acqua a nord di Mortegliano. L'onda di progetto con un tempo di ritorno pari a 200 anni, assunta per la propagazione della piena lungo l'alveo del torrente Cormor, non è in grado di transitare in maniera controllata nel tratto a valle dell'abitato di Basaldella. Inoltre il volume calcolato di $15.300.000 \text{ m}^3$, pur considerando la laminazione naturale dell'alveo stesso, non risulta compatibile con le volumetrie disponibili nell'invaso della cassa d'espansione di Sant'Andrat.

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

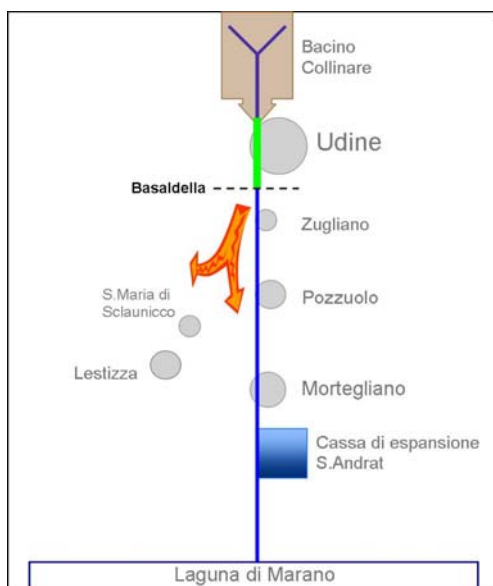


Figura 8.2.2: Schema di allagamenti prima della costruzione della strada argine

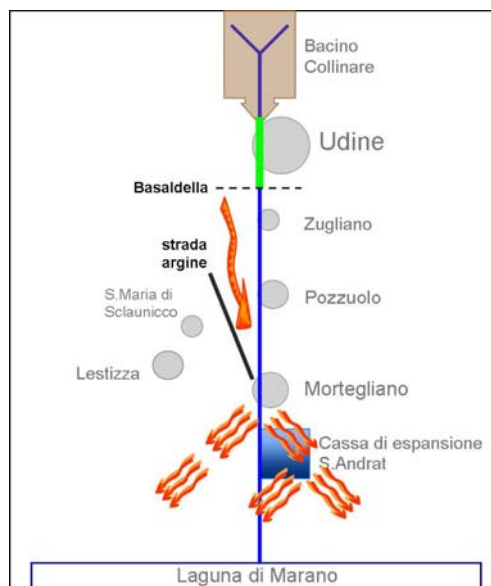


Figura 8.2.3: Schema degli allagamenti dopo la costruzione della strada argine

La cassa d'espansione di Sant'Andrat è stata pensata negli anni '20 e realizzata tra il 1938 ed il 1956 per laminare l'onda di piena e garantire una portata massima transitante nel tratto a valle del torrente Cormor di $30 \text{ m}^3/\text{s}$. A tale portata si sommano i contributi derivanti dai canali di bonifica della Bassa Pianura Friulana che contribuiscono per complessivi $30\text{-}40 \text{ m}^3/\text{s}$, secondo lo schema riportato in Figura 8.2.4. Si ricorda che l'alveo del torrente Cormor a valle della cassa di Sant'Andrat, denominato canale Cormor, è per l'appunto dimensionato per una portata di $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

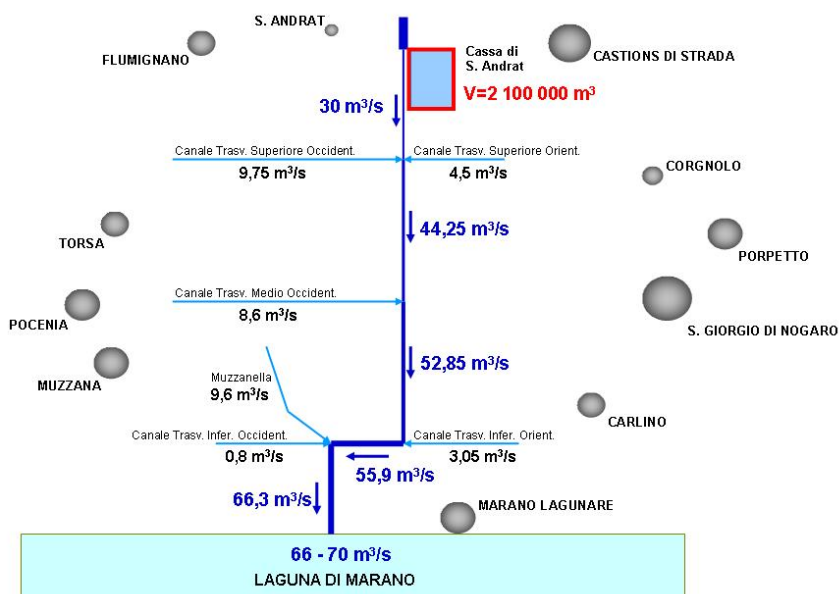


Figura 8.2.4: Schema idraulico della rete di bonifica della Bassa Pianura Friulana

L'opera di immissione delle acque del torrente Cormor destinate ad essere laminate all'interno della cassa di Sant'Andrat è configurata, secondo lo schema in Figura 8.2.5, per suddividere le portate in arrivo tra il canale Cormor ed il canale Moretto secondo una scala delle portate di seguito riassunta (Tabella 8.2.1):

Tabella 8.2.1: Scala delle portate al manufatto partitore della cassa di Sant'Andrat. Unità di misura $[m^3/s]$

PORTATA TOTALE	MORETTO	CORMOR
0.00	0.00	0.00
1.21	0.00	1.21
2.42	0.00	2.42
4.25	0.00	4.25
7.00	0.00	7.00
9.50	1.70	7.80
13.59	4.18	9.41
17.80	6.66	11.14
22.70	10.56	12.14
28.05	14.61	13.44
33.73	18.80	14.93
39.43	23.00	16.43
45.12	27.20	17.92
53.25	33.75	19.50
61.39	40.30	21.09
69.53	46.86	22.67
77.60	53.57	24.03
85.59	60.45	25.14
93.57	67.32	26.25
101.56	74.20	27.36

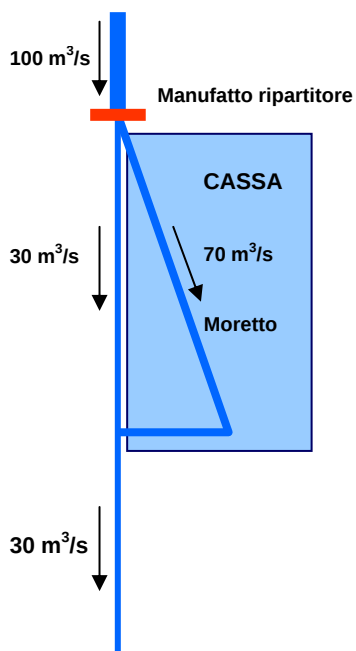


Figura 8.2.5: Schema di funzionamento della cassa di Sant'Andrat

L'opera di scarico della cassa prevede un sistema di regolazione meccanica con paratoie che rimangono aperte finché la portata complessiva a valle della cassa non supera i $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Quando viene superata tale soglia le paratoie vengono chiuse ed inizia l'invaso delle acque del canale Moretto all'interno della cassa.

La cassa di Sant'Andrat, riconfigurata a seguito degli eventi alluvionali del 1998, è stata oggetto di recenti e numerosi interventi finanziati dall'Amministrazione regionale mirati al ripristino della sua funzionalità. Anche a seguito di tali interventi, l'attuale configurazione della cassa prevede un volume massimo d'invaso di $2.100.000 \text{ m}^3$ valutati per una quota d'invaso di 20 m s.l.m. con franco arginale di 1 m .

La propagazione dell'onda di piena di progetto porta alle seguenti considerazioni:

- ❑ per portate inferiori a $30 \text{ m}^3/\text{s}$, il volume transitante risulta essere "trasparente" alla cassa e defluisce in laguna attraverso il canale Cormor. A tale portata corrisponde un volume pari a $3.600.000 \text{ m}^3$ (Figura 8.2.6)
- ❑ per portate superiori a $30 \text{ m}^3/\text{s}$, le paratoie del manufatto di scarico della cassa vengono chiuse ed inizia l'invaso. Secondo l'onda di piena di progetto, la cassa termina la propria capacità d'invaso dopo 16 ore dall'inizio dell'evento di progetto. Il volume eccedente risulta pertanto pari a $9.600.000 \text{ m}^3$.

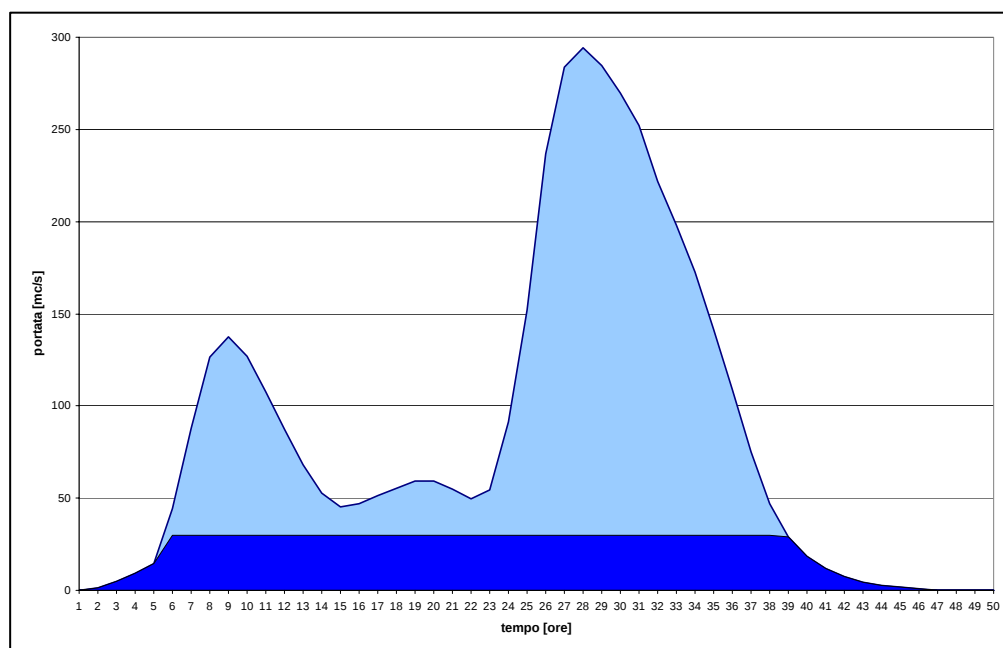
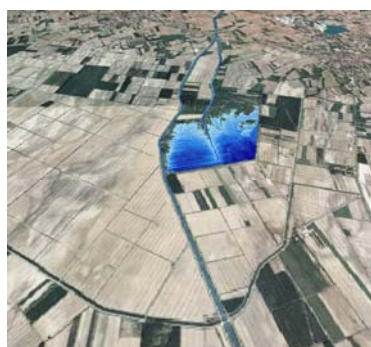
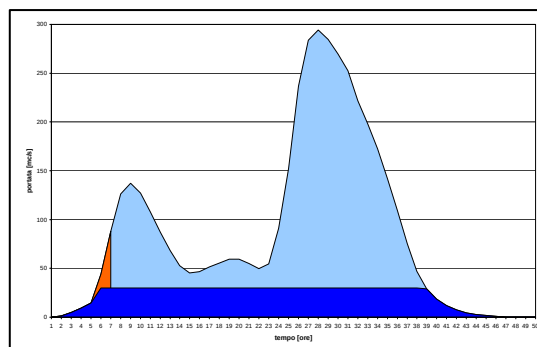


Figura 8.2.6: Onda di piena con indicato in blu il volume che defluisce in laguna

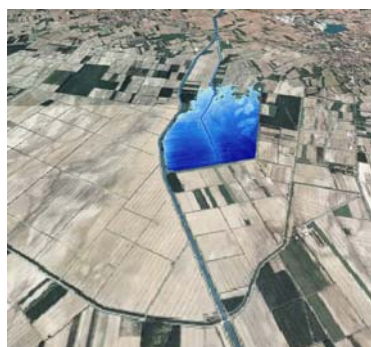
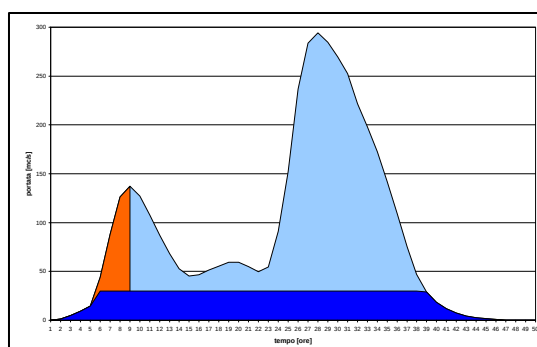
Lo schema di riempimento della cassa in rapporto all'onda di piena di progetto è illustrato in successione di cui alla Figura 8.2.7.



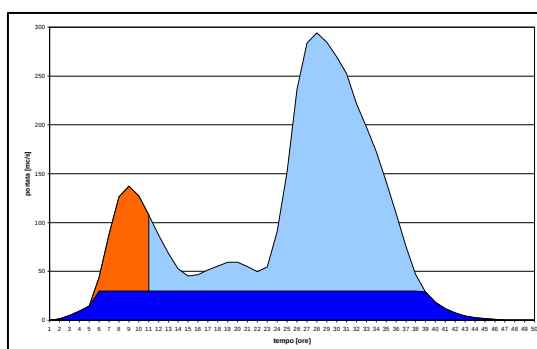
T = 7 ore; quota di riempimento ≈ 17 m s.l.m.

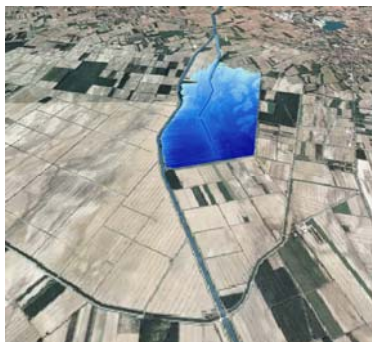


T = 9 ore; quota di riempimento ≈ 18 m s.l.m.



T = 11 ore; quota di riempimento ≈ 19 m s.l.m.





T = 16 ore; quota di riempimento = 20 m s.l.m.

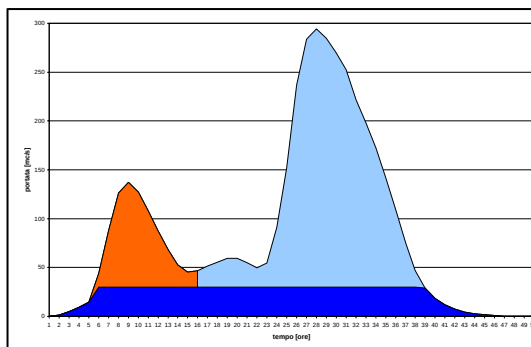


Figura 8.2.7: Schema di riempimento della cassa in rapporto all'onda di piena di progetto

Il volume eccedente, pari a $9.600.000 \text{ m}^3$, porta ad uno scenario d'inondazione che vede soggetto ad allagamento il territorio della Bassa Pianura Friulana compreso tra i comuni di Talmassons e Castions di Strada con grave pregiudizio per la sicurezza e l'incolumità pubblica.

La propagazione in sicurezza dell'onda di piena richiede quindi degli interventi atti a contenere i volumi eccedenti: si riportano di seguito i possibili scenari di intervento finalizzati a garantire la difesa idraulica del torrente Cormor.

8.3 Ipotesi di intervento n. 1: allargamento dell'alveo da Basaldella alla foce

Tale scenario prevede l'allargamento dell'alveo finalizzato a contenere l'intera onda di progetto dall'abitato di Basaldella fino allo sbocco in laguna.

Sotto tale ipotesi, per garantire l'officiosità idraulica, è necessario triplicare le dimensioni dell'attuale alveo nel tratto da Basaldella a Mortegliano e decuplicarlo nel tratto a valle della cassa di Sant'Andrat. L'intervento oltre ad avere dei costi valutabili in circa 70-80 milioni di Euro, comporta il rifacimento di tutte le opere idrauliche e di attraversamento dell'alveo, nonché un notevole impatto ambientale dovuto anche all'eccessivo trasporto solido e di nutrienti in laguna, con gravissimo ed intollerabile pregiudizio al delicato equilibrio della stessa e conseguenti pesanti ricadute sul delicato equilibrio idraulico, sedimentologico ed ambientale della laguna di Marano.



Figura 8.3.1: Vista aerea dello sbocco del Cormor in laguna

8.4 Ipotesi di intervento n. 2: aumento della capacità dell'alveo da Sant'Andrat alla foce

E' possibile ipotizzare una regolazione dell'opera di scarico della cassa di Sant'Andrat che preveda l'esclusivo utilizzo del canale Cormor per l'onda di piena di progetto senza pertanto condividere l'alveo con le portate affluenti della rete di bonifica della Bassa Pianura Friulana.

Sotto tale ipotesi ed in rapporto all'onda di piena di progetto il volume destinato a riversarsi direttamente nella laguna aumenta a complessivi $6.000.000 \text{ m}^3$; rimangono comunque da gestire con opere di difesa ulteriori $7.200.000 \text{ m}^3$. In ogni caso tale ipotesi comporta la chiusura dell'intera rete di bonifica afferente al canale Cormor per tutta la durata dell'evento di progetto, stimata in circa 40 ore, con conseguente allagamento dell'intera area di bonifica per un volume stimato in circa $5.000.000 \text{ m}^3$. Pertanto alla luce delle considerazioni di cui sopra risulta difficilmente perseguibile tale ipotesi di intervento.

8.5 Ipotesi di intervento n. 3: realizzazione di casse di espansione e bacini di laminazione

Tale ipotesi prevede la gestione dell'intero volume dell'onda di piena di progetto attraverso la realizzazione di sole casse d'espansione e bacini di laminazione al fine di trattenere temporaneamente una parte del volume dell'onda entrante e restituire a valle un'onda con un colmo ridotto, in un momento successivo al passaggio dell'onda di piena, potendo così defluire in condizioni di sicurezza.

A tal proposito si fa presente che cassa di espansione e serbatoio di laminazione sono due tipologie di interventi strutturali normalmente utilizzati per la difesa dalle inondazioni e la differenza tra le due opere è rappresentata dalla collocazione della capacità di invaso. Quest'ultimo si trova, nel caso delle casse di espansione, ubicato lateralmente al corso d'acqua, allagando così aree estese non urbanizzate, destinate normalmente ad uso agricolo. Nel caso dei serbatoi di laminazione, invece, esso è posto in corrispondenza dello stesso, invasando le aree golenali mediante uno sbarramento dell'alveo.

Nei serbatoi gli scarichi devono consentire il deflusso di una portata costante durante il defluire dell'onda, a seconda dell'onda di piena in arrivo. La maggiore efficienza è data dagli organi mobili di regolazione, i quali però comportano comunque responsabilità e tempestività nella loro gestione.

L'alimentazione delle casse può altresì avvenire mediante organi fissi di regolazione, rappresentati dagli sfioratori laterali costruiti in sponda del corso d'acqua. E' inoltre possibile realizzare più casse in serie, collegate tra loro mediante opportuni sfioratori di deflusso. Le casse di espansione sono quindi di più facile e sicura gestione ed inoltre presentano il vantaggio di entrare in funzione solo nelle situazioni di progetto.

Gestire l'intero volume dell'onda di piena con casse d'espansione significa ricercare, nel territorio interessato dal torrente Cormor, aree e zone idonee a contenere, attraverso la reale morfologia del territorio e la realizzazione di opere di contenimento, i volumi d'invaso. In tale scenario si è ipotizzata la realizzazione di due casse d'espansione, una a Zugliano e l'altra tra Pozzuolo e Carpeneto, e un bacino di laminazione, collocato in località Prati, a nord di Udine, come da progetto affidato in delegazione amministrativa al Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento per la sistemazione idrogeologica del torrente Cormor a seguito degli eventi alluvionali dell'autunno del 1998. (Figura 8.5.1)

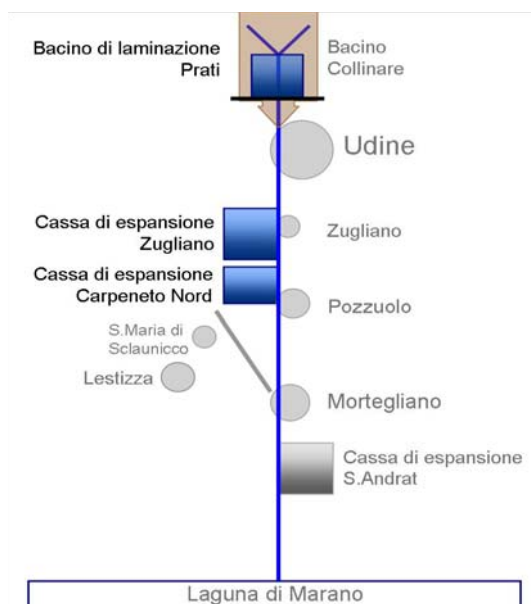


Figura 8.5.1: Schema idraulico del torrente Cormor con casse di espansione e serbatoio di laminazione

Da un'attenta valutazione dei volumi dell'onda di piena di progetto si ha che:

- ❑ il volume totale sotteso all'onda di piena di progetto è pari a $15.300.000 \text{ m}^3$
- ❑ nell'ipotesi di mantenere gli schemi di funzionamento attuali della rete di bonifica della Bassa Pianura Friulana e della cassa di Sant'Andrat (Figura 8.2.4 e Figura 8.2.5), il volume che defluisce in laguna attraverso il canale Cormor è pari a $3.600.000 \text{ m}^3$
- ❑ il volume della cassa d'espansione di Sant'Andrat, nella configurazione di progetto attuale, è pari a $2.100.000 \text{ m}^3$.

Pertanto il volume eccedente da contenere con ulteriori dispositivi è di $9.600.000 \text{ m}^3$.

Da una preliminare valutazione dell'andamento morfologico del territorio compreso tra i Comuni di Campoformido e Pozzuolo del Friuli è emersa la possibilità di ubicare un sistema di casse d'espansione in destra idrografica del torrente Cormor nei territori compresi tra il guado di Zugliano e la strada congiungente gli abitati di Carpeneto e Pozzuolo del Friuli. L'intero sistema di laminazione dell'onda di piena ha un'estensione complessiva di 206 ha , ubicati secondo lo schema riportato in Figura 8.5.2, e capacità complessiva d'invaso pari a $3.550.000 \text{ m}^3$.

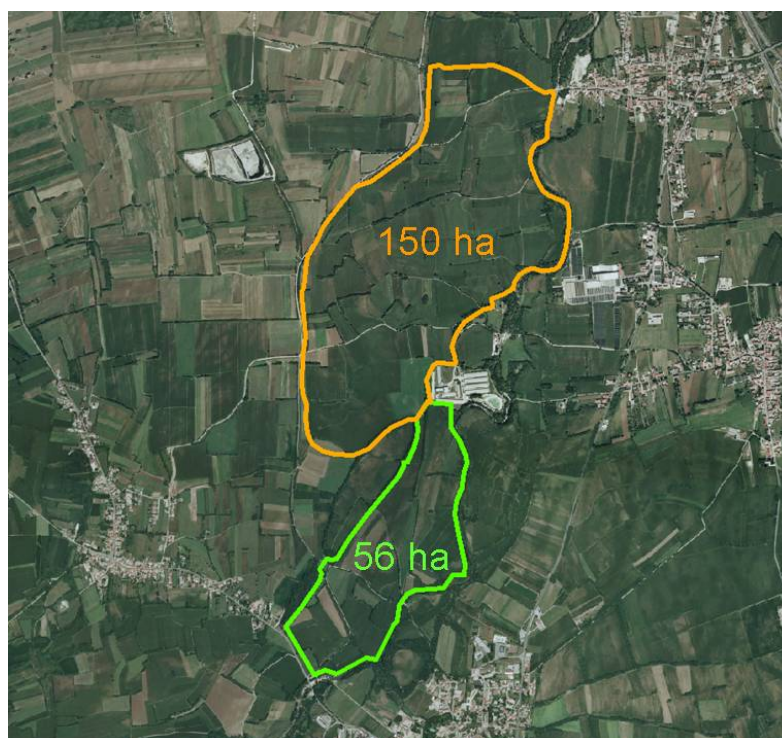


Figura 8.5.2: Estensione casse di espansione a Zugliano e Carpeneto Nord

Il sistema di laminazione precedentemente proposto non risulta comunque sufficiente a laminare tutto il volume in eccesso e risulta pertanto necessario considerare anche il

serbatoio di laminazione in località Prati (Figura 8.5.3) all'interno del bacino collinare del corso d'acqua in esame.

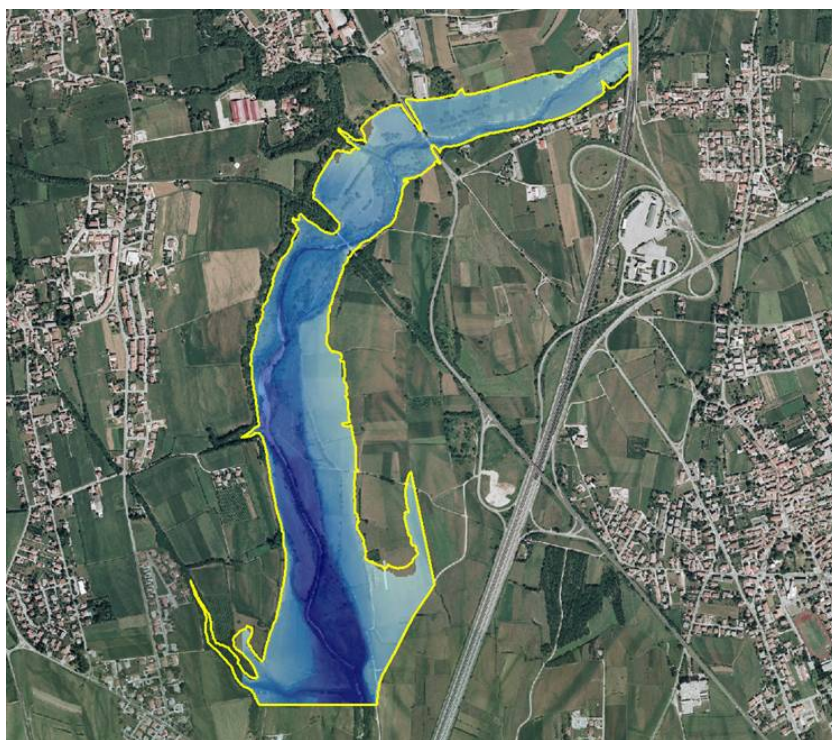


Figura 8.5.3: Estensione del serbatoio di laminazione di Prati

L'opera, così come proposta all'epoca nel progetto dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento, interessa i Comuni di Tavagnacco e Pagnacco per una superficie complessiva di 100 ha ed un volume d'invaso di 3.000.000 m³ considerati senza interventi di asporto di terreno. Lo sbarramento previsto, avente estensione di 400 m, realizza l'invaso proposto con una quota di invaso massima di 15 m circa dal fondo dell'alveo.

Tale opera, assieme a quella precedentemente proposta, non consente la totale laminazione del volume eccedente, valutato in residui 3.050.000 m³. La ricerca di ulteriori siti di laminazione ha portato a considerare l'ampliamento e la riconfigurazione dell'attuale cassa d'espansione di Sant'Andrat secondo lo schema proposto in Figura 8.5.4.

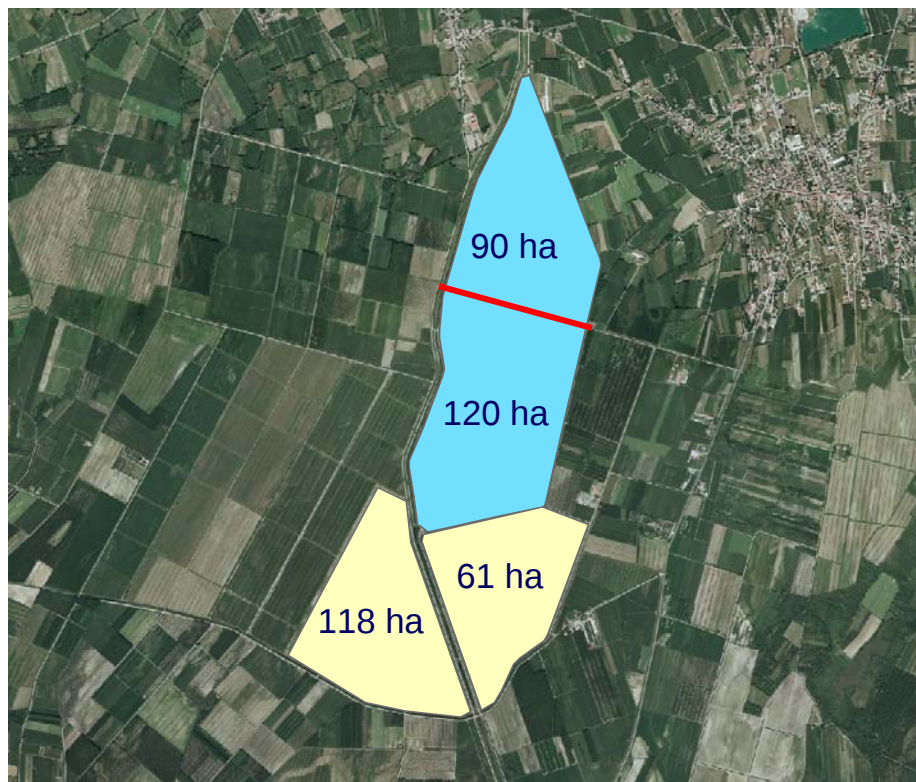


Figura 8.5.4: Schema di ampliamento della cassa di Sant'Andrat

8.6 Ipotesi di intervento n. 4: realizzazione di un canale scolmatore in galleria e di casse d'espansione

La presente ipotesi considera la realizzazione di un diversivo idraulico da realizzarsi nel bacino collinare del torrente Cormor per il trasferimento di una quota delle portate nel torrente Torre, in analogia alla soluzione progettuale vincitrice del concorso di progettazione finalizzato all'individuazione di soluzioni alternative al bacino di laminazione proposto in località Plaino esperito dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento e brevemente sintetizzata nel § 8.1. Per mantenere la naturalità del corso d'acqua, l'intervento del manufatto dovrà intervenire per portate eccedenti $50 \text{ m}^3/\text{s}$, il tutto sia per garantire il mantenimento del corso d'acqua sia per non interferire con il trasporto solido di fondo. Per ragioni di sicurezza si ritiene che il volume massimo scolmabile da tale dispositivo idraulico non debba essere superiore ai $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gli effetti di tale opera idraulica nei confronti dell'onda di piena di progetto sono valutabili dagli schemi delle Figure 8.6.1 e 8.6.2.

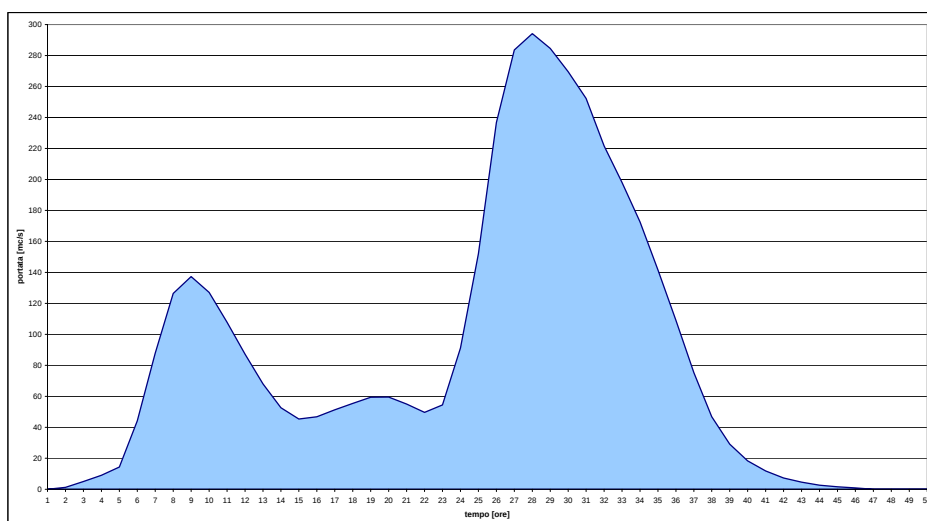


Figura 8.6.1: Onda di piena non scolmata

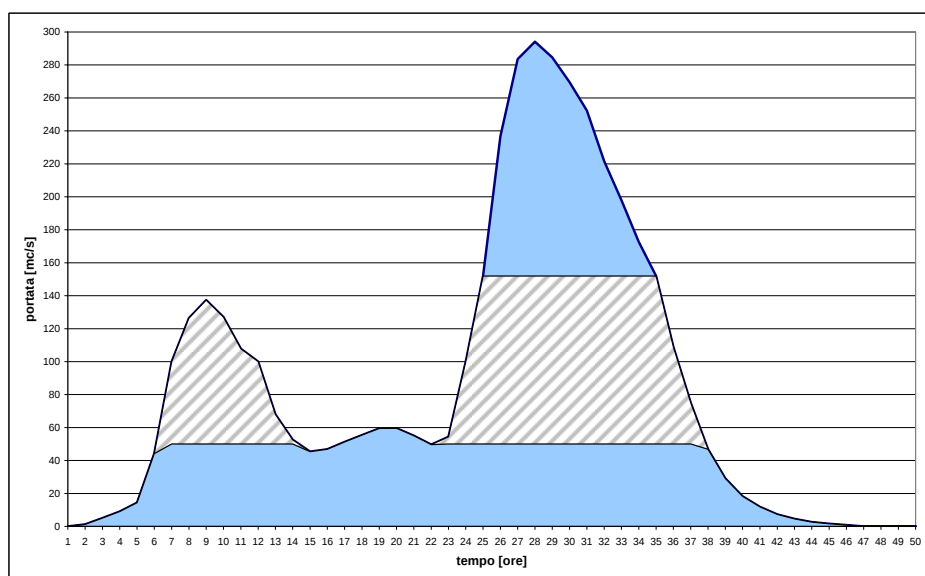


Figura 8.6.2: Effetto dello scolmatore

Il volume scolmato dal dispositivo è pari a $5.700.000 \text{ m}^3$ e l'effetto finale sull'onda propagata in arrivo a Basaldella è riportato in Figura 8.6.3.

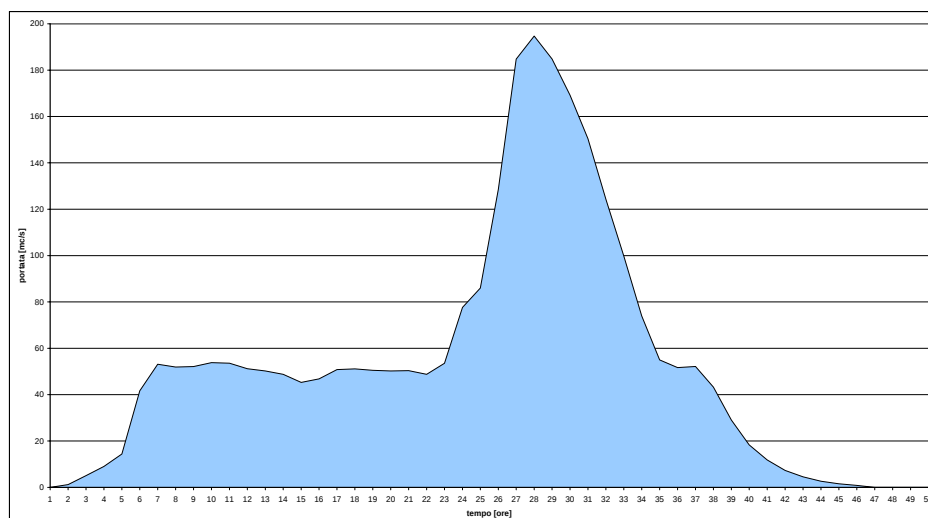


Figura 8.6.3: Onda scolmata a Basaldella

Il volume sotteso all'onda di piena in arrivo a Basaldella è pari a $9.600.000 \text{ m}^3$, il quale dovrà essere gestito attraverso una serie di dispositivi a valle di tale sezione. La ricerca di ulteriori siti di laminazione ha portato a considerare l'ampliamento e la riconfigurazione dell'attuale cassa d'espansione di Sant'Andrat, in analogia a quanto proposto nella terza ipotesi di intervento, al fine di utilizzare con maggiore efficienza l'alveo del torrente Cormor da Mortegliano alla cassa di Sant'Andrat che permette in tale tratto il transito in sicurezza di una portata pari a $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Il potenziamento della cassa in argomento permette un invaso complessivo valutabile in circa $4.300.000 \text{ m}^3$ con una superficie occupata di 271 ha . Il volume invasato dalla cassa, insieme a quello che defluisce in laguna attraverso il canale, è pari a $7.800.000 \text{ m}^3$, secondo lo schema in Figura 8.6.4.

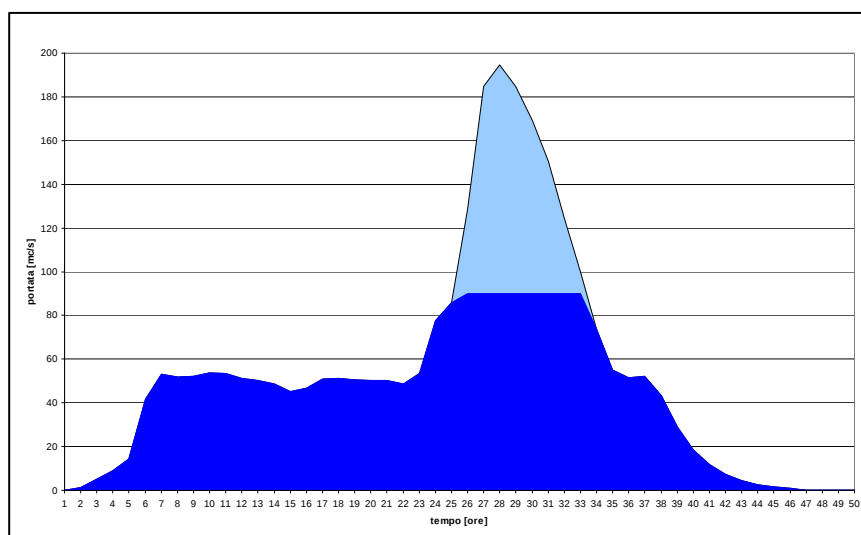


Figura 8.6.4: Onda di piena con i dispositivi considerati

Il volume rimanente, pari a $1.800.000 \text{ m}^3$, comporta l'individuazione di un'ulteriore sito ove poter invasare tale volume residuo. In analogia a quanto proposto in una soluzione progettuale presentata al concorso di progettazione indetto dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento, si ritiene opportuno individuare una cassa d'espansione in località Zugliano, nel Comune di Pozzuolo del Friuli. Tale soluzione riprende parzialmente quella presentata nel concorso di cui sopra e permetterebbe l'invaso del volume residuo in una superficie di 93 ha secondo lo schema in Figura 8.6.5. Tale dispositivo idraulico entrerebbe in funzione qualora la portata in transito alla sezione di Basaldella superi indicativamente i $90 \text{ m}^3/\text{s}$.

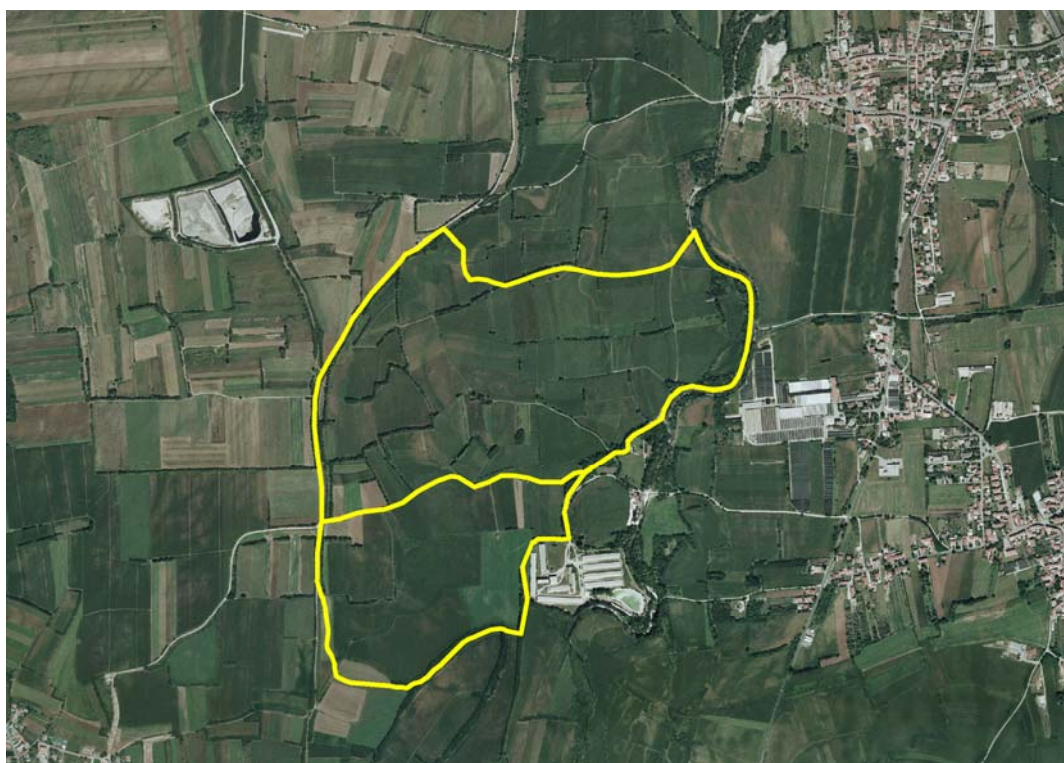


Figura 8.6.5: Cassa di espansione a Zugliano

Tale soluzione progettuale permette di contenere in sicurezza l'intero volume dell'onda di piena di progetto, di diversificare i dispositivi idraulici proposti a tale funzione, occupando complessivamente ulteriori 154 ha e di rispettare gli equilibri della laguna di Marano evitando di immettere portate con trasporto solido eccessivo.

Inoltre, per garantire il deflusso in sicurezza dell'onda di piena nel tratto compreso tra il ponte sud di Basaldella sino all'ex polveriera di Mortegliano, tratto già oggetto di sistemazione, si rendono necessari interventi finalizzati a garantire un adeguato franco arginale e per la rimozione dei guadi che creano condizioni di particolare criticità.

8.7 Valutazione comparativa delle ipotesi di intervento e scelte di piano

L'esame dei possibili scenari di intervento atti a garantire la sicurezza idraulica del torrente Cormor ed illustrati sinteticamente nei precedenti paragrafi, deve necessariamente considerare aspetti oltre che di natura prettamente idraulica anche quelli legati all'efficacia, all'efficienza ed all'impatto sul territorio con conseguente condizionamento ambientale e sullo sviluppo degli insediamenti antropici.

Le valutazioni in termini di efficienza portano ad escludere la terza ipotesi di intervento in quanto il contenimento dell'intera onda di piena di progetto all'interno di solo bacini di laminazione e casse d'espansione comportano estesi vincoli sul territorio e scarsa sicurezza idraulica del sistema di difesa in quanto un insieme costituito da molti dispositivi disposti in serie tra loro e territorialmente disgiunti diventa inaffidabile dal punto di vista della sicurezza. Inoltre tale ipotesi, che prevede la realizzazione per complessivi ulteriori 356 ha da destinare a dispositivi di invaso, porta sicuro pregiudizio allo sviluppo urbano ed anche rurale del territorio impedendo qualsiasi tipo di urbanizzazione sulla congiungente Pozzuolo-Carpeneto, Basaldella-Zugliano e Pagnacco-Tavagnacco.

Le valutazioni in termini di efficacia portano ad escludere la seconda ipotesi in quanto pur consentendo il transito dell'intera onda di piena di progetto del torrente Cormor con l'esclusivo utilizzo dell'intero alveo, verrebbe impedito il deflusso delle acque della rete di bonifica della Bassa Pianura Friulana con conseguenti estesi allagamenti.

Lo scenario esaminato nella prima ipotesi, pur restituendo un sorta di naturale e definitivo assetto idraulico al torrente Cormor, comporta pesanti interventi in aree già urbanizzate dei comuni rivieraschi nonché ingenti vincoli di natura urbanistica. Non è al momento valutabile, ma è certa la pesante ricaduta negativa sul delicato equilibrio idraulico, sedimentologico ed ambientale della laguna di Marano che l'intervento di allargamento dell'alveo da Basaldella alla foce potrebbe causare a seguito dell'eccessivo trasporto solido e di nutrienti.

L'ipotesi di intervento che meglio risponde alle valutazioni in merito ai criteri di efficienza ed efficacia sopra riportati e che risulta essere la più appropriata per garantire la sicurezza idraulica del torrente Cormor nei confronti di eventi di piena aventi tempi di ritorno di 200 anni, come da progetto, risulta descritta nel paragrafo 8.6. Gli interventi riportati risultano ben distribuiti sull'intera asta fluviale in quanto riguardano sia il bacino collinare che l'alveo di pianura, interessando in modo equilibrato e coerente i territori dei comuni attraversati dal torrente Cormor che nel passato anche recente hanno subito gravissimi danni alluvionali.

La tipologia dei dispositivi idraulici proposti permette la diversificazione del funzionamento idraulico degli stessi e la loro entrata in funzione in maniera automatica senza che sia necessario il diretto intervento umano, elementi questi che permettono all'intero sistema il contenimento dell'onda di piena di progetto proposto, raggiungendo elevati livelli di sicurezza intrinseca e di operatività.

L'inserimento territoriale delle opere proposte è stato attentamente studiato al fine di minimizzare sia i vincoli territoriali sia l'impatto nei confronti dell'ambiente, delle attività agricole e produttive esistenti interessando solamente aree attualmente non urbanizzate.

Il dispositivo idraulico individuato per scolmare, all'interno del bacino collinare, le portate di piena presenta, oltre ai già individuati vantaggi di natura idraulica, la

caratteristica di veicolare il trasporto solido fine nel torrente Torre. Ciò presenta due grandi vantaggi dal punto di vista ambientale:

- ❑ il trasferimento del materiale fine in sospensione nel bacino del fiume Isonzo permette il trasporto di tali componenti direttamente in mare, a vantaggio del ripascimento della linea di costa
- ❑ l'allontanamento delle componenti fini legate al trasporto solido dalla laguna di Marano la quale presenta già notevoli problemi di interimento, in analogia a quanto fatto in epoche passate per i fiumi afferenti alla laguna di Venezia, a rispetto dei delicati equilibri che regolano le esistenze e la vita in tali ecosistemi.

Nel seguito vengono illustrati in dettaglio i principi di funzionamento e le possibili soluzioni esecutive che stanno alla base della progettazione delle singole opere.

Canale scolmatore in galleria

La galleria scolmatrice risulta essere idonea sia per le funzioni idrauliche sia per limitare l'impatto visivo ed ambientale, deviando una quota delle portate dell'onda di piena generata nel bacino collinare del torrente Cormor nel torrente Torre. La soluzione progettuale in argomento prevede la realizzazione di una galleria scolmatrice dimensionata per garantire il trasferimento di una portata massima di $100 \text{ m}^3/\text{s}$, valore che si ritiene non debba essere superato in relazione alle capacità recettive in particolare del torrente Torre ed in generale del bacino del fiume Isonzo, di cui il torrente Torre fa parte. Il percorso della galleria si sviluppa lungo un tracciato sotterraneo avente lunghezza di circa 6.600 m e pendenza media di $1,3\%$.

Nella Figura 8.7.1 si riporta una possibile ipotesi di tracciato della galleria scolmatrice.

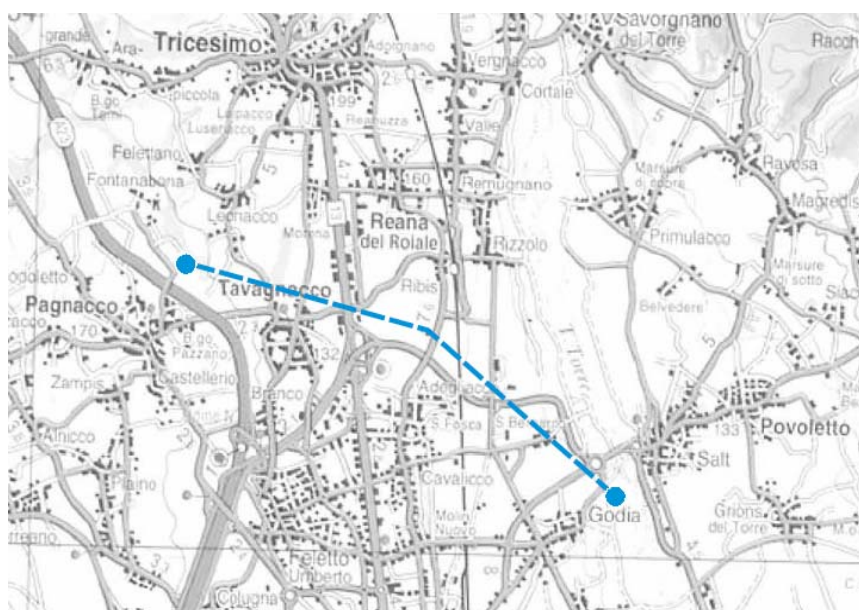


Figura 8.7.1: Ipotesi di tracciato della galleria scolmatrice

La collocazione dell'opera di presa è prevista in sponda sinistra idrografica in corrispondenza di una naturale ansa del torrente Cormor nei pressi dell'abitato di Borgo Michieli, in Comune di Tricesimo. Tal manufatto si sviluppa in un'area nella quale il fondo dell'alveo è a quota media di 132,5 m s.l.m.

Nelle Figure 8.7.2 e 8.7.3 si evidenzia l'area interessata dal manufatto di sfioro in argomento.

L'opera di presa della galleria scolmatrice dovrà essere realizzata in modo da non alterare il normale deflusso delle acque per portate ordinarie e da non interferire con il trasporto solido di fondo del torrente Cormor. Tutto ciò garantirà quindi il rispetto della naturalità e dinamica del corso d'acqua in condizioni di portate di magra.

A tal proposito si ritiene che il manufatto sfioratore che recapita le acque del torrente Cormor alla galleria scolmatrice debba svilupparsi senza ricorrere a traverse e manufatti di restringimento della sezione d'alveo.

In ogni caso, per garantire le condizioni di funzionamento sopra proposte e il rispetto della quantità massima di portata scolmabile all'interno della galleria fissata in $100 \text{ m}^3/\text{s}$, il progetto esecutivo dell'opera dovrà comunque tener conto delle risultanze della sperimentazione su modello idraulico da realizzarsi presso un attrezzato laboratorio universitario, al fine di definire con precisione le quote delle soglie ed i parametri costruttivi con cui dovrà realizzarsi l'opera di presa all'interno della golena del torrente Cormor.

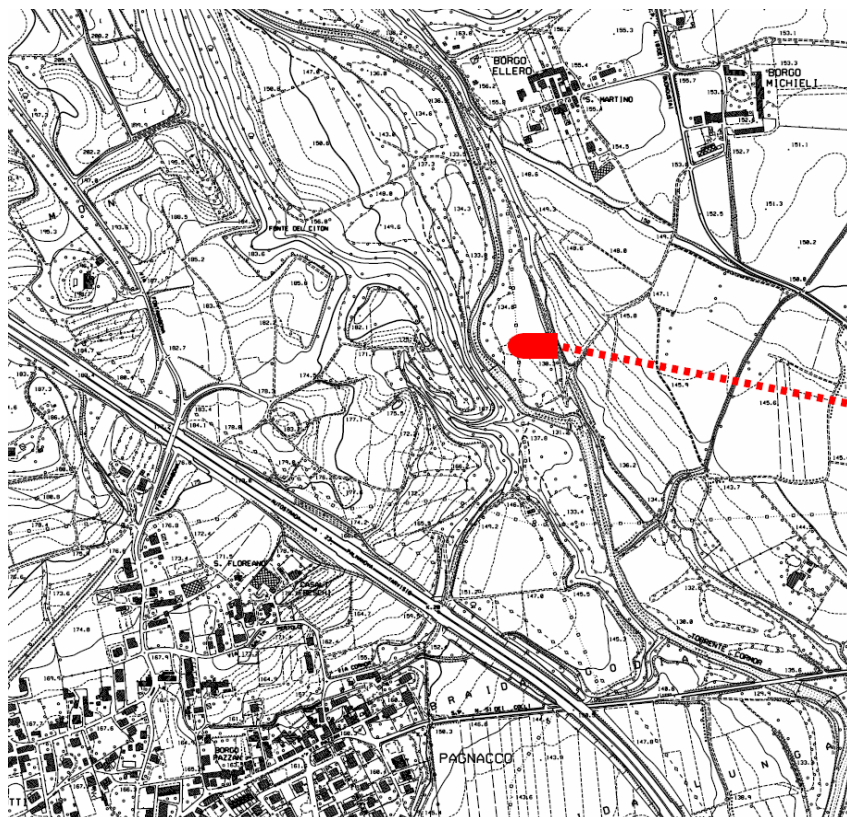


Figura 8.7.2:
Ubicazione opera di presa



Figura 8.7.3:
Vista aerea dell'area della
zona di presa

Nella Figura 8.7.4 si evidenzia, a puro titolo di esempio, una possibile conformazione dell'opera di presa così come proposta dal progetto vincitore del concorso di progettazione finalizzato all'individuazione di soluzioni alternative al bacino di laminazione di Plaino esperito dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento.

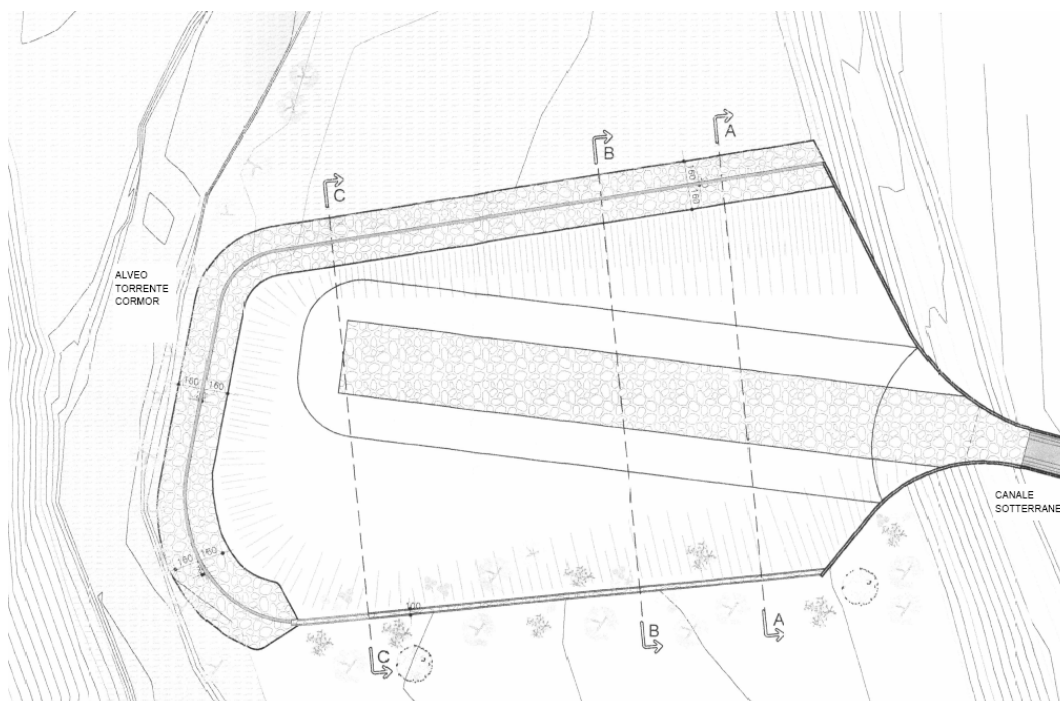


Figura 8.7.4: Planimetria della possibile opera di presa posizionata nell'alveo del torrente Cormor

L'opera d'immissione delle acque del torrente Cormor nel torrente Torre trova ubicazione a valle del ponte di Salt di Povoletto, a quota 120 m s.l.m. e sarà realizzata mediante uno sfioratore laterale, con soglia di sfioro posizionata alla quota di massima piena del torrente stesso, creando dunque condizioni favorevoli al corretto recapito delle acque provenienti dal canale scolmatore, prevenendo fenomeni di rigurgito.

Un'attenta progettazione dell'opera di sfioro, coadiuvata anche da un modello fisico, consente di progettare il manufatto limitando la portata specifica, al fine di ridurre anche l'entità degli effetti localizzati che possono verificarsi al piede dell'opera di sfioro nel caso d'immissione in condizione di alveo asciutto.

L'importo complessivo presunto per la realizzazione del manufatto scolmatore delle portate del torrente Cormor nel torrente Torre realizzato mediante galleria scolmatrice è pari a 94.300.000 Euro.

Tale importo comprende le spese per i lavori, per gli espropri e per le occupazioni temporanee, per la campagna di sondaggi finalizzata alla determinazione delle effettive condizioni geologico-geomeccaniche esistenti lungo il tracciato della galleria scolmatrice e per la realizzazione di un modello idraulico dell'opera di presa per l'ottimizzazione del funzionamento del manufatto stesso.

Il tempo di realizzazione del manufatto in argomento è stimato in 750 giorni lavorativi.

Estensione e potenziamento della cassa di Sant'Andrat

L'attuale cassa di laminazione di Sant'Andrat ideata negli anni '20 e realizzata negli anni 1938-1956 risulta, in base alle risultanze del presente progetto di Piano per la difesa idraulica del torrente Cormor, non possedere la capacità di invaso necessaria a laminare l'intera onda di piena di progetto. Attualmente infatti la cassa ha un volume nominale massimo invasabile, misurato ad una quota massima di invaso di 20,0 m s.l.m. (quota nella quale entra in funzione lo sfioratore laterale di sicurezza) pari a complessivi 2.200.000 m³ ed inadeguata quindi per contenere la quota aggiuntiva stimata sulla base dell'onda di piena di progetto calcolata per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Al fine di tener conto del reale funzionamento dei dispositivi idraulici, si ritiene che le volumetrie di invaso aggiuntive da considerare in sede progettuale debbano essere incrementate rispetto a quelle nominali di una quota valutata del 10%. Conseguentemente il volume complessivo di invaso della cassa di Sant'Andrat dovrà essere pari a 4.500.000 m³.

L'intervento di ampliamento e di riconfigurazione della cassa di laminazione di Sant'Andrat prevede i seguenti interventi:

- ❑ compartimentazione dell'attuale cassa con un argine da realizzarsi in senso trasversale lungo il perimetro di massimo invaso dell'attuale cassa. La realizzazione di tale argine trasversale, unitamente alla realizzazione di un argine est e del rialzo dell'argine ovest permette di utilizzare una superficie pari a 84 ha compresa all'interno della cassa, ma oggi non utilizzata per l'invaso a causa della particolare conformazione planoaltimetrica del terreno. Tale compartimentazione permette di invasare un volume aggiuntivo nominale pari a 1.300.000 m³, valutato per una quota massima di invaso pari a 22,0 m s.l.m. Tale intervento non altera né il percorso attuale del canale Moretto né l'area umida che si estende lungo il suo alveo e nella zona sud dell'alveo stesso. Lo stesso canale Moretto sarà

interessato dalla realizzazione di un'opera di fondo che ne permette l'invaso delle acque in occasione degli eventi meteorici per i quali è richiesta l'attivazione dell'insieme del sistema di laminazione idraulico di Sant'Andrat. Il comparto da realizzare farà defluire le proprie acque direttamente all'interno dell'attuale cassa di laminazione attraverso una apposita soglia sfiorante

- ❑ ampliamento dell'attuale bacino di laminazione mediante la realizzazione di un nuovo bacino di invaso a sud dell'attuale cassa, nel tratto compreso ad ovest dal canale Cormor, a sud dal collettore di bonifica Orientale Superiore. Questo nuovo sottobacino di laminazione, destinato ad invasare le acque del torrente Cormor solamente dopo che si è completato l'invaso dei due sottobacini di monte, sarà dotato di un manufatto sfioratore di sicurezza e di un'opera di rilascio delle acque di invaso da realizzarsi in corrispondenza del nodo idraulico esistente, che vede la confluenza del canale Cormor e dei collettori di bonifica Superiori Orientale ed Occidentale. Il volume nominale invasabile all'interno di tale ampliamento è pari a $1.000.000 m^3$ calcolato per una quota di invaso di 17,0 m s.l.m.

L'intervento di riconfigurazione e di ampliamento della cassa di laminazione di Sant'Andrat così realizzato (Figura 8.7.5) consente di ottimizzarne il funzionamento e di adeguarne la capacità di invaso per una sicura propagazione dell'onda di piena di progetto lungo l'intero alveo del torrente Cormor. Inoltre la particolare conformazione dell'ampliamento ne permette il riempimento naturale in successione, sfruttando un sistema di invasi in serie che ne garantisce il funzionamento idraulico quasi statico senza ricorrere all'intervento dell'uomo o di sistemi automatici, a vantaggio della sicurezza.

Nell'intervento in argomento dovrà essere previsto anche l'adeguamento con diaframmi della sponda destra del canale Cormor in corrispondenza dei due manufatti sfioratori laterali di sicurezza, uno esistente nell'attuale cassa ed uno di progetto a servizio del terzo scomparto, al fine di evitare pericolosi cedimenti nell'eventualità di una possibile entrata in funzione dei manufatti sfioratori stessi.

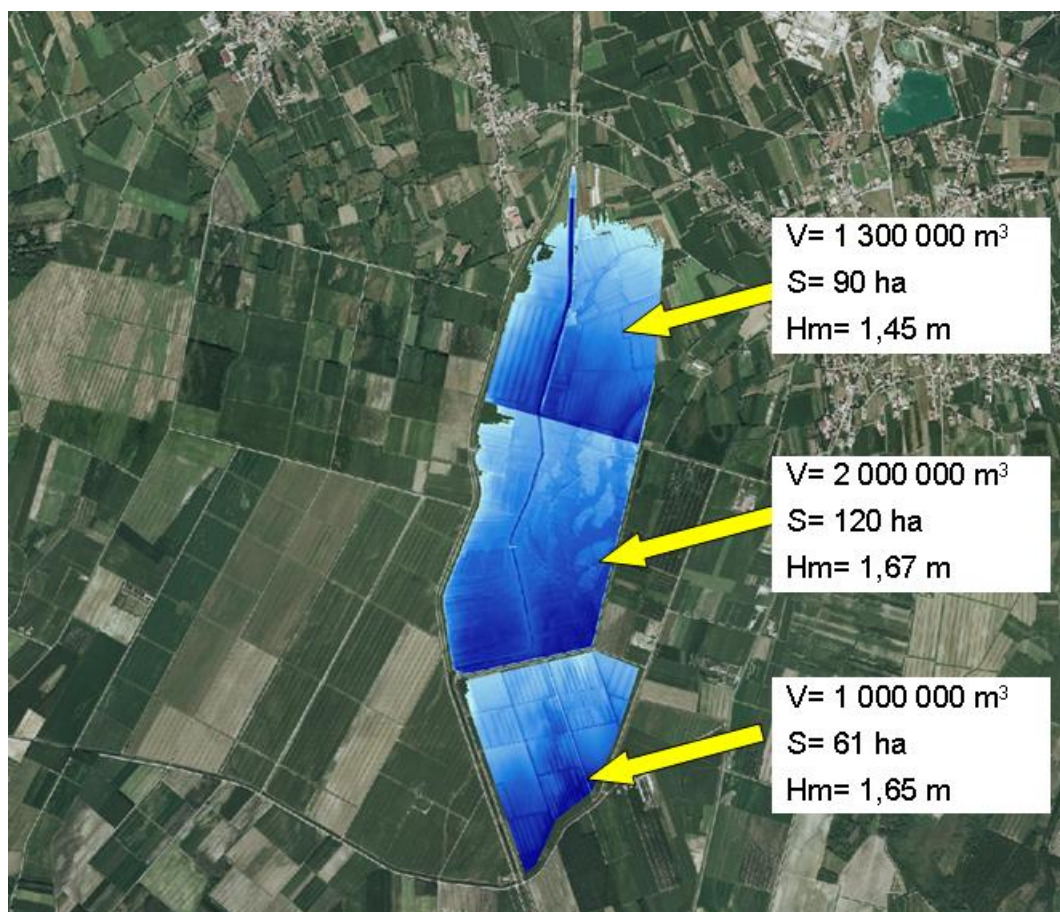


Figura 8.7.5: Riconfigurazione della cassa di Sant'Andrat

Qualsiasi intervento all'interno della cassa dovrà tener conto dell'area SIC (Direttiva Habitat 1992/43) denominata "Palude Moretto" avente codice IT3320027, la cui estensione è riportata in seguito in Figura 8.7.6.

Tale area perimetra un sito SIC dal rilevante valore scientifico naturale in virtù delle caratteristiche e qualità degli habitat presenti. In particolare il sito è caratterizzato da alluvioni limose per lo più calcareo-dolomitiche, racchiude habitat paludosi formati grazie al fenomeno della risorgenza e costituisce uno degli ultimi ambienti di torbiera bassa alcalina in cui sopravvivono specie che necessitano di particolare tutela al fine della salvaguardia di tale ecosistema. La vulnerabilità della flora e della fauna esistenti nel sito è elevata data la vicinanza di centri abitati e di attività agricole intensive che circondano il sito.



Figura 8.7.6: Delimitazione dell'area SIC "Palude Moretto".

Fonte: sito ufficiale della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia <http://regione.fvg.it/ambiente/ambiente.thtm>

Gli interventi di piano previsti per l'estensione ed il potenziamento della cassa di Sant'Andrat non devono interessare l'area SIC sopra citata, come riportato in Figura 8.7.7. In particolare, dovranno essere assicurati gli attuali flussi d'acqua sotterranei e gli apporti idrici del canale Moretto, il cui percorso non deve essere modificato al fine di rispettare le esigenze ecologiche della flora e della fauna esistenti in tale ambiente.

Particolari accorgimenti dovranno essere altresì adottati durante i lavori di esecuzione delle opere stesse che non dovranno perturbare gli equilibri ecologici esistenti e mettere in pericolo o deteriorare la palude Moretto e dovranno rispettare i periodi di svernamento, sosta e riproduzione delle specie animali che prediligono tale luogo.

L'importo complessivo presunto per la riconfigurazione e l'ampliamento della cassa di laminazione di Sant'Andrat e delle opere arginali ed idrauliche di cui sopra, è stimato in 18.500.000 Euro.

Il tempo di realizzazione dell'opera in argomento è stimato in 750 giorni lavorativi.

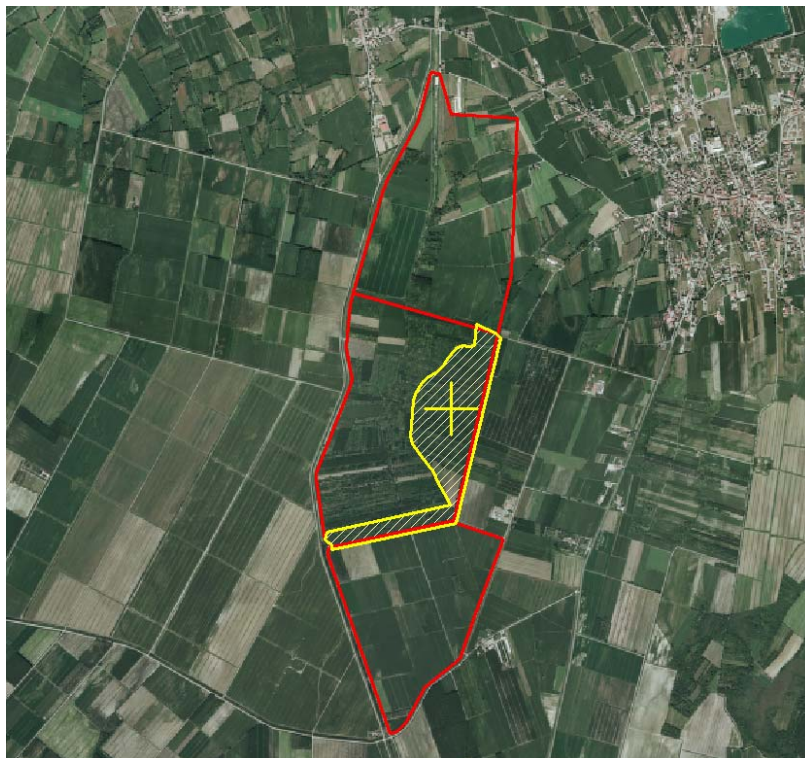


Figura 8.7.7: Delimitazione dell'area SIC "Palude Moretto" e della riconfigurazione della cassa di Sant'Andrat

Cassa d'espansione di Zugliano

La cassa d'espansione è localizzata in destra orografica del torrente Cormor e si estende interamente nel Comune di Pozzuolo, in località Zugliano, sfruttando le naturali capacità di espansione dell'alveo in un'area in un tempo occupata da un paleoalveo del torrente Cormor sub-parallelo all'attuale. L'area risulta, di fatto, già inondata dalle acque del torrente stesso in occasione di piene di notevole intensità.

La cassa di laminazione occupa una superficie agricola con estensione complessiva di 93 ha ed è delimitata ad est dal torrente Cormor, ad ovest da un terrazzo naturale, a nord dalla strada interpoderale che attraversa in senso trasversale l'area interessata ed a sud da un'area a quota altimetrica più elevata rispetto ai terreni circostanti, in prossimità della azienda agricola S. Croce.

La conformazione dell'opera di presa dovrà permettere l'invaso delle acque del torrente Cormor quando la portata, valutata sull'onda di piena in uscita dal bacino collinare e tenuto conto dell'effetto dello scolmatore nel Torre, supera i $90 m^3$ e dovrà essere in grado di ridurre le portate fluenti a valle rendendola compatibile con le dimensioni dell'attuale alveo ed i dispositivi idraulici di progetto in località Sant'Andrat, garantendo dunque la sicurezza idraulica delle aree attraversate dal torrente Cormor a valle dell'abitato di Zugliano.

L'opera, di cui al presente progetto di Piano per la difesa idraulica del torrente Cormor, prevede la realizzazione di un bacino di laminazione diviso in due sezioni da

realizzarsi nell'area delimitata a sud da una esistente azienda agricola, parzialmente perimetrata dall'alveo della roggia denominata "Roggia del mulino", ora in asciutta, e a nord da una strada interpoderale che attraversa la cassa in senso trasversale ed eventualmente dal percorso previsto dal rilevato della Tangenziale Sud di Udine ad oggi in fase di progettazione. La perimetrazione del dispositivo idraulico in oggetto è visualizzabile in Figura 8.7.8

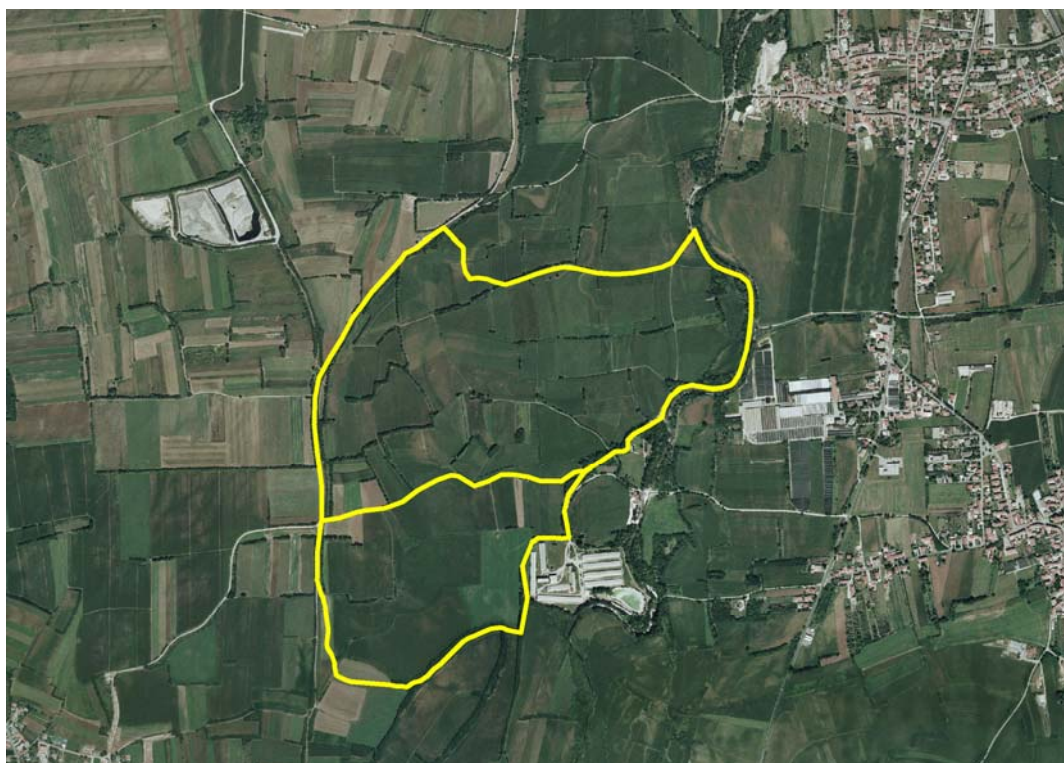


Figura 8.7.8 Cassa di espansione a Zugliano

Il bacino di laminazione garantisce un volume nominale pari a $1.800.000 \text{ m}^3$ per un'altezza massima di invaso di $73,0 \text{ m s.l.m.}$, per il comparto nord, e di $71,0 \text{ m s.l.m.}$ per il comparto sud.

Al fine di tener conto del reale funzionamento del dispositivo idraulico di immissione si ritiene che le volumetrie di invaso aggiuntive da considerare in sede progettuale debbano essere incrementate rispetto a quelle nominali di una quota valutata del 10%. Conseguentemente il volume complessivo di invaso della Cassa d'espansione di Zugliano dovrà essere pari a $2.000.000 \text{ m}^3$.

La suddivisione dei due comparti posti in serie è realizzata con una arginatura trasversale realizzata lungo il tracciato dell'attuale viabilità ed avrà larghezza della testa arginale pari a $6,5 \text{ m}$ per garantire la percorribilità agli automezzi.

L'opera in progetto riprende parte della soluzione progettuale presentata al concorso di progettazione indetto dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento per la valutazione delle soluzioni alternative al bacino di laminazione proposto in località Plaino e destinate a

fronteggiare le problematiche idrauliche del torrente Cormor. Tale progetto prevedeva la realizzazione di una cassa di laminazione con volume invasabile di $4.100.000 \text{ m}^3$ realizzata mediante suddivisione in tre settori comunicanti separati da arginature trasversali che permettono di realizzare il sistema di invasi in serie.

Per un corretto funzionamento è inoltre prevista la realizzazione, lungo un tracciato che ripercorre a grandi linee un paleoalveo del torrente Cormor all'interno della cassa, di un canale con pendenza del 3‰, di ridotta profondità per permettere il deflusso delle acque all'interno dell'area di laminazione e per indirizzare lungo una via preferenziale lo svuotamento della casse di laminazione stessa.

L'opera di presa della cassa di laminazione dovrà essere realizzata mediante uno sfioratore laterale e una sezione di controllo delle portate ottenuta attraverso un restringimento d'alveo con manufatti appositamente progettati.

Si riporta nella Figura 8.7.9 a titolo di esempio, la planimetria dell'opera di presa proposta da uno dei progetti partecipanti al concorso di progettazione finalizzato all'individuazione di soluzioni alternative al bacino di laminazione di Plaino esperito dal Consorzio di bonifica Ledra Tagliamento.

Per permettere la realizzazione dell'invaso in oggetto è inoltre necessaria la realizzazione, nel lato est della cassa, di un opportuno rilevato arginale che si estenderà a partire dal manufatto sfioratore, proseguendo lungo la sponda destra del torrente Cormor e lungo la sponda destra della roggia del Mulino, sino all'opera di scarico del bacino di laminazione. Per maggiore sicurezza si ritiene che il tratto a confine con il primo ed il secondo scomparto della cassa debba essere opportunamente diaframmato.

L'importo complessivo presunto per la realizzazione della cassa di laminazione delle portate di piena del torrente Cormor da attuarsi nel Comune di Pozzuolo, in località Zugliano, avente un volume complessivo di invaso pari a $1.800.000 \text{ m}^3$ è di 11.600.000 Euro.

Tale cifra, comprensiva di oneri per espropri ed occupazioni temporanee, per spese tecniche e per IVA, è comprensiva anche dei lavori per la realizzazione dell'opera di presa e di scarico, del canale di deflusso, degli argini trasversali con sfioratore sommitale e opera di scarico di fondo e dell'argine da realizzarsi ad est della cassa in corrispondenza del torrente Cormor e della roggia del Mulino.

Il tempo di realizzazione dell'opera della cassa di espansione in argomento è stimato in 750 giorni lavorativi.

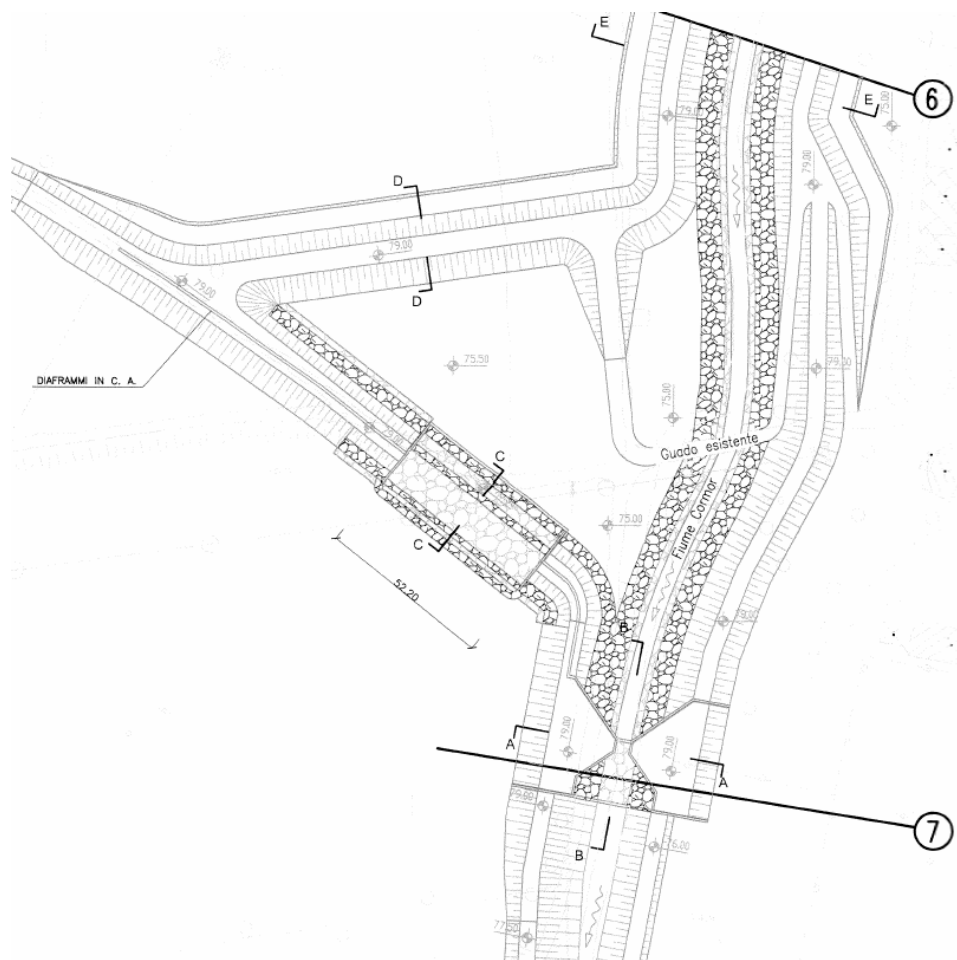


Figura 8.7.9: Planimetria dell'opera di presa della cassa di laminazione

Interventi di adeguamento dell'efficienza dell'alveo: sostituzione guadi

Lungo l'alveo del torrente Cormor sono presenti numerosi attraversamenti d'alveo minori realizzati mediante guadi tombinati. Tali strutture consentono essenzialmente la viabilità ad uso agricolo e sono realizzati con manufatti in conglomerato cementizio che creano notevole resistenza al deflusso delle acque, in particolare durante le condizioni di piena. Inoltre, durante il transito delle piene, frequentemente i guadi creano delle trappole per i vari materiali che vengono trasportati dalla corrente causando pericolose ostruzioni con possibili esondazioni.

Nella figura 8.7.10i riporta l'ubicazione dei guadi in argomento mentre nella Figura 8.7.11 a)-d) si riportano alcune foto degli stessi.

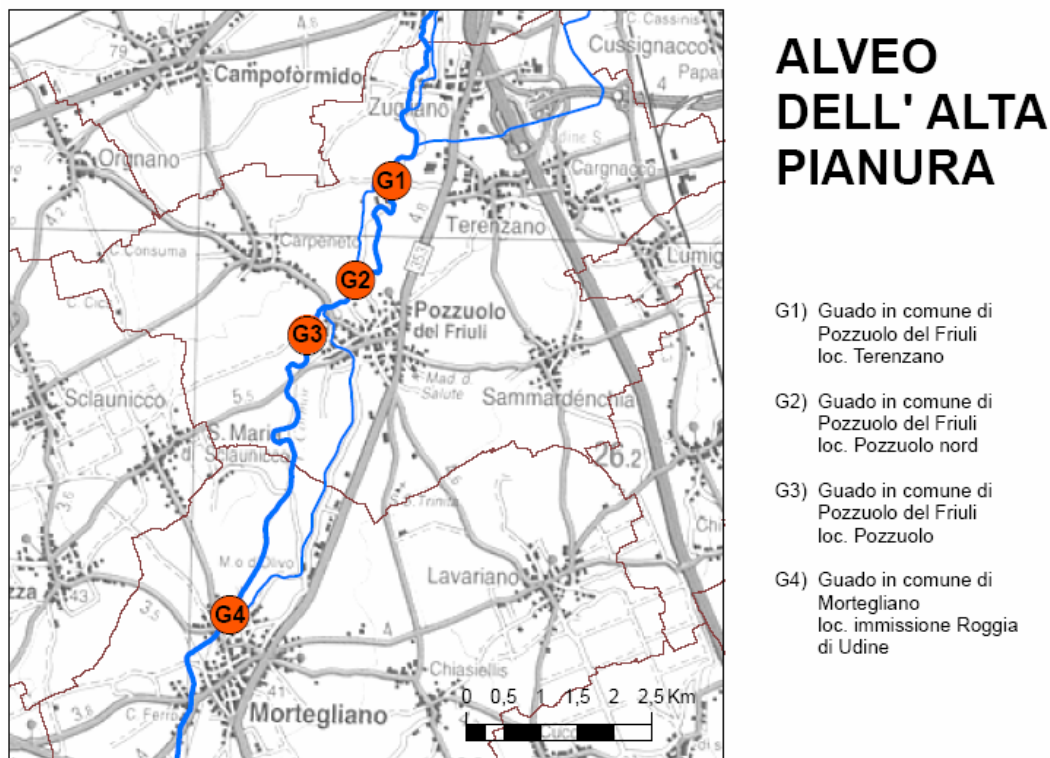


Figura 8.7.10: Ubicazione dei guadi

Tali opere creano ostacolo al trasporto solido di fondo e favoriscono la sedimentazione in alveo, con riduzioni della sezione liquida ed alterando, in generale, le condizioni di deflusso.

I nuovi manufatti di attraversamento dovranno garantire un franco minimo di 1,5 m rispetto al livello massimo raggiunto nella corrispondente sezione dall'onda di piena di progetto.

L'importo complessivo presunto per la realizzazione dei nuovi manufatti di attraversamento del torrente Cormor per garantire la viabilità a prevalente carattere agricolo è di complessivi 2.000.000 Euro mentre il tempo di realizzazione complessivo è stimato in 250 giorni lavorativi.



a): Guado G1



b): Guado G2



c): Guado G3



d): Guado G4

Figura 8.7.11: Guadi

Interventi di adeguamento dell'efficienza dell'alveo: sostituzione ponte sud di Basaldella

Il ponte sud di Basaldella, realizzato sulla via Zugliano, non garantisce un franco di almeno 1,5 m rispetto all'onda di piena di progetto. Pertanto, anche in considerazione della sua tipologia costruttiva, tale opera dovrà essere ricostruita.

Nella figura 8.7.12 si riporta una foto scattata in occasione della piena del 31.10.2004 in corrispondenza del manufatto in argomento e che testimonia l'inadeguatezza della struttura di attraversamento già con portate di 150 m³/s, ben inferiori a quelle di progetto di cui al presente progetto di Piano.

L'importo complessivo presunto per la rimozione dell'attuale manufatto e per la sua ricostruzione è stimata in complessivi 1.200.000 Euro, mentre il tempo di realizzazione complessivo è stimato in 250 giorni lavorativi.



Figura 8.7.12: Ponte di Basaldella in occasione della piena del 31.10.2004.

Interventi di adeguamento dell'efficienza dell'alveo: strutture arginali dal ponte sud di Basaldella al guado di Zugliano

Le simulazioni della propagazione dell'onda di piena di progetto, svolte sul modello numerico in corrispondenza del tratto a valle del ponte sud di Basaldella e sino al guado di Zugliano, evidenziano come le esistenti sponde ed i rilievi arginali non siano sufficienti a contenere le acque del torrente Cormor.

Inoltre la realizzazione della cassa di laminazione di Zugliano prevista nel presente progetto di Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor, prevede un'opera di presa che verrà realizzata, presumibilmente, con una sezione di restringimento d'alveo per consentire il controllo delle portate e lo sfioro delle acque in eccesso all'interno del bacino stesso.

Pertanto i rialzi arginali di entrambe le sponde nel tratto d'alveo compreso tra il ponte sud di Basaldella e l'opera di presa del bacino di laminazione di Zugliano, la cui estensione è pari a 1.450 m, dovranno essere realizzati in funzione del progetto esecutivo dell'opera di presa stessa. Si ritiene inoltre che i rialzi prevedano un adeguato franco di sicurezza e che vengano realizzati mediante opportuna diaframmatura.

L'importo complessivo presunto per la realizzazione dei rialzi arginali nel tratto a valle del ponte sud di Basaldella e sino al guado di Zugliano è di complessivi 5.000.000 Euro mentre la durata dei lavori è complessivamente stimata in 500 giorni lavorativi.

Interventi di adeguamento dell'efficienza dell'alveo: strutture arginali da roggia del Mulino all'ex polveriera di Morteigliano

Il tratto del torrente Cormor compreso tra la derivazione della roggia del Mulino e la sezione in corrispondenza dell'ex polveriera di Morteigliano necessita di interventi di costruzione di argini al fine di contenere, con adeguato franco di sicurezza, l'onda di piena di progetto.

Detti interventi dovranno far ricorso anche a tecniche di ingegneria naturalistica al fine di rispettare la naturalità del corso d'acqua e dovranno tener conto della naturale dinamica evolutiva che il torrente Cormor ha manifestato in tale tratto d'alveo.

La porzione d'alveo in oggetto ha una estensione complessiva di 6.300 m, il costo complessivo degli interventi è stimato in 7.600.000 Euro, mentre la durata dei lavori è stimata in complessivi 750 giorni.

9

PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DI PIANO

La normativa nazionale e regionale in materia di difesa del suolo assegna ai piani di difesa idraulica dei bacini idrografici il ruolo fondamentale della definizione delle opere e degli interventi necessari a garantire la sicurezza idraulica delle popolazioni e dei beni insediati sul territorio per un assegnato tempo di ritorno degli eventi alluvionali catastrofici.

Lo strumento dei piani di difesa idraulica rappresenta dunque il passo fondamentale che deve essere compiuto nel nostro Paese per superare l'attuale fase caratterizzata da interventi di emergenza sempre più frequenti ed onerosi dal punto di vista finanziario, per passare con decisione ad una efficace azione pubblica di lungo respiro nel tempo. In una parola a fare prevenzione attiva.

Appare altresì chiaro come una efficace ed efficiente azione di prevenzione sul territorio con la realizzazione di adeguate opere idrauliche strutturali presenti alti costi di intervento a carico del bilancio pubblico. D'altra parte la somma cumulata dei danni e degli interventi di ripristino a seguito di calamità alluvionali tendono a crescere continuamente ed a produrre interventi certamente utili sul piano puntuale e locale ai quali però manca sempre un quadro di riferimento ed una visione generale dei problemi del territorio per la risoluzione alla radice della sicurezza idraulica a scala di bacino.

In altri termini in assenza di adeguati piani di difesa idraulica studiati accuratamente a scala di bacino, come espressamente previsto dalla normativa in materia di difesa del suolo, gli interventi di emergenza si possono considerare efficaci se si mantengono a livello di interventi di ripristino delle opere danneggiate e di manutenzione del reticolo idrografico. Oltre a questa dimensione operativa ogni intervento idraulico effettuato in assenza di un piano di bacino perde di efficacia, rischia di disperdere preziosi finanziamenti che potrebbero invece essere destinati alla prevenzione e spesso genera l'aggravamento della situazione di rischio idraulico nei territori di valle per effetto dell'aumento delle portate in transito negli alvei di fondo valle e di pianura dove si trovano insediati la maggior parte della popolazione, dei beni e delle infrastrutture da tutelare.

Il problema degli alti costi di intervento per la realizzazione delle opere di sicurezza idraulica è stato sempre ben presente nel legislatore nazionale. Ogni piano di difesa del suolo deve infatti poggiare su solide basi conoscitive delle caratteristiche fisiche ed antropiche del territorio, individuare le opere necessarie di messa in sicurezza e formulare infine la fase programmatica che consenta alla pianificazione finanziaria di alimentare adeguatamente la realizzazione delle opere di Piano.

La normativa definisce infatti il piano di bacino come piano territoriale di settore e lo qualifica come strumento conoscitivo, normativo, tecnico ed operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso che, nella fattispecie, sono

finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche idrologiche, idrauliche, fisiche ed ambientali del territorio interessato dal bacino idrografico del torrente Cormor.

Le considerazioni svolte nella fase propositiva del presente progetto di Piano devono pertanto essere organizzate e classificate anche nell'ambito di una realistica fattibilità tecnica ed economica delle opere di Piano che deve tener conto, oltre che delle priorità degli interventi programmati, anche del loro sviluppo nel tempo, così come espressamente stabilito dalla normativa in materia di difesa del suolo.

9.1 Interventi strutturali di Piano

Gli interventi strutturali previsti dal presente progetto di Piano stralcio sono il risultato di una precisa analisi storica ed evolutiva del bacino idrografico del torrente Cormor, degli insediamenti abitativi e produttivi in esso presenti, e di una accurata analisi idrologica ed idraulica dell'intero bacino che ha consentito di evidenziare l'elevato grado di pericolosità idraulica presente nel bacino medesimo. Le opere strutturali di difesa idraulica previste dal progetto di Piano elencate da monte a valle, comprendono i seguenti interventi:

- ☐ la realizzazione di un canale scolmatore in galleria delle portate di piena che dal torrente Cormor, in Comune di Tricesimo, garantisca il trasferimento nel torrente Torre, a valle del ponte di Salt di Povoletto, di una portata massima di 100 metri cubi al secondo
- ☐ la costruzione di una cassa di espansione situata in destra idrografica del torrente Cormor, in località Zugliano, in Comune di Pozzuolo del Friuli, della capacità di 2.000.000 metri cubi
- ☐ il ripristino e l'adeguamento dell'officiosità idraulica dell'alveo del torrente Cormor da Basaldella, in Comune di Campofornido, a Mortegliano
- ☐ l'estensione ed il potenziamento dell'esistente cassa di espansione di Sant'Andrat al fine di portare l'attuale capacità di invaso da 2.100.000 metri cubi a 4.500.000 metri cubi.

Nella Tabella 9.1.1 sono riportati i costi ed i tempi tecnici di realizzazione delle singole opere strutturali di Piano.

Tabella 9.1.1: Costi e tempi tecnici di realizzazione degli interventi strutturali di Piano

INTERVENTI DI PIANO	SPESA SINGOLO INTERVENTO (Euro)	TEMPI TECNICI DI REALIZZAZIONE
canale scolmatore in galleria	94.300.000	36 mesi
cassa di espansione di Zugliano	11.600.000	24 mesi
adeguamento officiosità alveo	15.800.000	24 mesi
estensione ed potenziamento cassa di Sant'Andrat	18.500.000	36 mesi
costo complessivo	140.200.000	

L'opera caratterizzata dal maggior costo di realizzazione è rappresentata dal canale scolmatore in galleria per il trasferimento delle portate di piena dal torrente Cormor al torrente Torre. Nel calcolo dei costi e dei tempi di realizzazione è stato utilizzato il preventivo di spesa ed il programma dei lavori a suo tempo presentati dai progettisti del canale scolmatore in galleria, nell'esperimento di gara promosso dall'Amministrazione regionale e concernente la ricerca di soluzioni alternative al bacino di laminazione con sbarramento dell'alveo del Cormor in località Prati in Comune di Tavagnacco. I costi delle altre opere strutturali di Piano sono stati desunti dai prezzi correnti di mercato per la realizzazione di argini ed opere idrauliche in alveo.

Complessivamente la spesa per gli interventi di Piano ammonta a 140.200.000 Euro.

Nella Tabella 9.1.2 sono riportati in dettaglio i costi ed i tempi tecnici dei singoli interventi di ripristino e di adeguamento dell'efficienza dell'alveo del torrente Cormor da Basaldella a Mortegliano.

Tabella 9.1.2: Costi e tempi tecnici degli interventi strutturali di Piano per l'adeguamento dell'efficienza dell'alveo del torrente Cormor da Basaldella a Mortegliano

INTERVENTI DI PIANO PER ADEGUAMENTO EFFICIENZA ALVEO DEL TORRENTE CORMOR	SPESA SINGOLO INTERVENTO (Euro)	TEMPI TECNICI DI REALIZZAZIONE
sostituzione guadi	2.000.000	12 mesi
sostituzione ponte sud di Basaldella	1.200.000	12 mesi
strutture arginali dal ponte sud di Basaldella al guado di Zugliano	5.000.000	24 mesi
strutture arginali dalla roggia del mulino all'ex polveriera di Mortegliano	7.600.000	36 mesi

Naturalmente occorre rilevare che i costi degli interventi di adeguamento e ripristino dell'efficienza idraulica del torrente Cormor da Basaldella a Mortegliano tengono conto della notevole riduzione delle portate di piena che si verificano in alveo in conseguenza al trasferimento di una consistente parte delle portate medesime dal torrente Cormor al torrente Torre.

9.2 Programmazione temporale degli interventi

Gli interventi proposti nel presente Piano rappresentano un sistema organico ed interagente di interventi strutturali finalizzati alla gestione ed al controllo delle portate di piena che si verificano nel bacino idrografico del torrente Cormor con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Appare quindi chiaro che la sicurezza idraulica del bacino idrografico del torrente Cormor sarà raggiunta a livello del tempo di ritorno fissato a base del presente progetto di Piano solamente con l'esecuzione di tutte le opere strutturali previste ed elencate in sintesi nel § 9.1 ed esaminate in dettaglio sotto l'aspetto dell'efficienza idraulica e dell'impatto ambientale nel Cap. 8. D'altra parte come già ricordato in premessa, i costi

delle opere di difesa idraulica in rapporto al grado di sicurezza idraulica da raggiungere sono sempre rilevanti. Ed è questa una considerazione di fondo comune a tutti i piani di difesa idraulica sia di bacini idrografici grandi che di bacini idrografici minori.

La soluzione di questo importante problema che fonde assieme in un unico strumento di programmazione aspetti tecnici e finanziari concernenti la sicurezza idraulica può essere individuata solamente nella definizione di una accurata scala di priorità degli interventi strutturali, da realizzare nell'ambito del Piano che tenga conto sia dei costi delle opere che del beneficio atteso in termini di contributo alla sicurezza idraulica del bacino. In fase di programmazione occorre quindi riprendere in esame i termini essenziali del rischio idraulico presente nel bacino idrografico del torrente Cormor ed esaminare il grado di sicurezza incrementale prodotto dai singoli interventi strutturali di Piano.

I termini essenziali del rischio idraulico presente nel torrente Cormor sono rappresentati, come dettagliatamente visto nel Cap. 8, dalla portata di colmo dell'onda di piena di progetto pari a $290 \text{ m}^3/\text{s}$ e ben tollerata dall'alveo solamente fino a Basaldella in Comune di Campoformido, e dal volume di piena eccedente pari a ben 9,6 milioni di metri cubi che deve essere in parte trasferito ed in parte accumulato fuori dall'alveo. Una siffatta onda di piena produrrebbe, come dimostrato nel Cap. 8, l'allagamento generale di tutti i Comuni e di tutte le infrastrutture presenti nella Media e Bassa Pianura Friulana.

La ricerca della definizione delle priorità di intervento deve fondarsi sull'esame dei seguenti elementi di efficienza idraulica:

- ☐ capacità di riduzione del volume eccedente di piena
- ☐ entità della riduzione delle portate di piena in alveo
- ☐ lunghezza dell'alveo interessato dalla riduzione delle portate di piena.

Per quanto riguarda il primo punto è stato dimostrato al Cap. 8 che il canale scolmatore in galleria è in grado di ridurre il volume di piena eccedente di ben 5,7 milioni di metri cubi, contro la riduzione di 2,4 milioni di metri cubi prodotta dall'ampliamento e dal potenziamento dell'esistente cassa di espansione di Sant'Andrat e contro la riduzione di 2,0 milioni di metri cubi prodotta dalla cassa di espansione di Zugliano.

Il secondo ed il terzo punto risultano pure a favore del canale scolmatore in galleria in quanto provoca una drastica riduzione delle portate di piena di entità considerevole e pari a $100 \text{ m}^3/\text{s}$ il cui beneficio si fa sentire su tutto l'alveo del torrente per una lunghezza di circa 48 km dalla sezione idrografica di Borgo Michieli posta all'imbocco del canale scolmatore fino alla foce nella laguna di Marano e Grado.

Nessun altro dispositivo previsto dalle opere strutturali di Piano è quindi in grado di essere competitivo con il grado di efficienza prodotto dallo scolmatore e quindi sotto l'aspetto della sicurezza idraulica l'opera prioritaria è costituita dallo scolmatore medesimo, anche se questo rappresenta l'opera di maggior impegno economico.

Sull'entità della riduzione delle portate di piena prodotte dallo scolmatore è inoltre opportuno sviluppare un corollario di tipo statistico ai ragionamenti fatti sopra. La drastica riduzione delle portate di piena dovuta allo scolmatore neutralizza una notevole fascia di eventi calamitosi e segnatamente quelli più frequenti e ricorrenti, caratterizzati da un tempo di ritorno medio-basso e rende l'alveo attuale compatibile con questa fascia di eventi. Si può affermare quindi che la differenza di costo dello scolmatore rispetto agli altri

dispositivi idraulici previsti dal presente progetto di Piano può essere facilmente compensata in breve tempo dai danni evitati.

Restano a questo punto da stabilire le priorità degli altri interventi strutturali di Piano. Sotto tale profilo, avuto riguardo dei costi delle opere, della localizzazione territoriale degli interventi e dell'efficienza degli stessi nella riduzione del residuo rischio idraulico, conviene dividere gli interventi residui in due grandi categorie. La prima categoria di opere riguarda l'ampliamento ed il potenziamento dell'esistente cassa di espansione di Sant'Andrat. La seconda categoria riguarda il complesso di opere di difesa idraulica che devono essere realizzate nel medio corso del torrente Cormor tra Basaldella e Mortegliano e cioè la cassa di espansione da realizzare a Zugliano e le opere di ripristino ed adeguamento dell'ufficiosità idraulica dell'alveo nel tratto considerato.

I criteri che devono guidare la scelta delle priorità devono essere sempre quelli sopra enunciati. In questo caso i volumi di attenuazione dell'onda di piena sarebbero a favore dell'intervento di Sant'Andrat mentre la lunghezza della tratta d'alveo sottesa sarebbe a favore degli interventi sul medio corso del torrente Cormor.

Sotto tale profilo, disponendo dei necessari finanziamenti, sarebbe quanto mai opportuno realizzare simultaneamente le due categorie di interventi e chiudere in questo modo il problema della sicurezza idraulica del torrente Cormor.

Dovendo però predisporre una programmazione degli interventi a prescindere dalla massa finanziaria spendibile per la sicurezza idraulica risulta necessario individuare le priorità di intervento sviluppando ulteriori concetti che possano portare ad una scelta precisa e razionale.

A questo punto devono essere svolte due considerazioni aggiuntive che possono guidare la scelta. La prima riguarda l'opportunità, a parità di altre condizioni, di privilegiare il completamento funzionale di opere esistenti e nello specifico la cassa di espansione di Sant'Andrat, posta a difesa dei centri abitati della Bassa Pianura Friulana. La seconda considerazione risiede nel fatto che una volta realizzato il potenziamento funzionale di Sant'Andrat, l'allagamento residuo che si formerebbe a valle di Basaldella in destra idrografica del torrente potrebbe essere contenuto, con alta probabilità, in difesa dei centri abitati, dal terrazzamento naturale del Cormor e dalla cosiddetta strada-argine realizzata dalla Protezione Civile regionale per mitigare il rischio di alluvionamento dei centri abitati di S. Maria di Sclaunico e di Lestizza. Con questa analisi aggiuntiva, la priorità dei residui interventi di Piano deve essere data all'ampliamento ed al potenziamento funzionale dell'esistente cassa di espansione di Sant'Andrat.

Nella Tabella 9.2.1 sono individuate le priorità degli interventi strutturali da realizzare per la sicurezza idraulica del torrente Cormor con i costi relativi.

Tabella 9.2.1: Priorità e costi degli interventi di Piano

INTERVENTI DI PIANO IN ORDINE DI PRIORITÀ	COSTO SINGOLO INTERVENTO (Euro)	COSTO COMPLESSIVO (Euro)
canale scolmatore in galleria	94.300.000	94.300.000
estensione ed potenziamento cassa di Sant'Andrat	18.500.000	112.800.000
cassa di espansione di Zugliano e adeguamento ufficiosità alveo	27.400.000	140.200.000

La Tabella riassuntiva 9.2.1 unitamente ai criteri tecnici adottati per l'individuazione delle priorità da assegnare alle diverse opere strutturali previste dal presente progetto di Piano di difesa idraulica consente di evidenziare un equilibrato sviluppo nel rapporto costo/benefici delle opere previste.

9.3 Quadro complessivo di spesa degli interventi strutturali

La fase programmatica dell'elaborazione di un progetto di Piano di difesa idraulica deve chiudersi con la pianificazione strategica finanziaria delle opere strutturali previste dal Piano medesimo.

Definiti infatti i costi dei singoli interventi e le priorità con cui devono essere finanziate le opere in modo da consentire il finanziamento del Piano nel suo complesso, in stralci funzionali successivi, sulla base dei finanziamenti disponibili sui capitoli di spesa della difesa del suolo del bilancio dello Stato o, come più spesso avviene, attraverso le forme di un cofinanziamento, definito sulla base di specifici accordi di programma Stato-Regione, risulta necessario definire con precisione la distribuzione temporale dei finanziamenti destinati a sostenere le fasi della predisposizione dei progetti delle opere di Piano e della realizzazione delle opere medesime.

Per quanto riguarda la predisposizione dei progetti delle opere strutturali di Piano tornano estremamente utili i progetti di massima presentati nell'esperimento di gara promosso dalla Regione per la ricerca di soluzioni alternative al bacino di laminazione dei "Prati" ed i rilievi laserscan dell'alveo del torrente Cormor e delle aree nelle quali è prevista la realizzazione di casse di espansione effettuati dall'Autorità di bacino regionale per l'elaborazione del presente progetto di Piano stralcio. Sulla base della disponibilità di tali dati e progetti sarà possibile arrivare alla stesura di progetti cantierabili nell'arco di un anno.

Nelle Tabelle 9.1.1 e 9.1.2 sono stati già individuati, sulla base dei citati progetti di massima, i tempi tecnici necessari per l'esecuzione delle singole opere strutturali di Piano. Nella distribuzione temporale dei finanziamenti si ritiene di concentrare al primo anno tutte le spese relative alla predisposizione dei progetti. Per gli interventi strutturali di maggior costo quali la realizzazione del canale scolmatore in galleria e l'ampliamento ed il potenziamento dell'esistente cassa di espansione di Sant'Andrat, si ritiene di concentrare un maggior finanziamento nella fase iniziale di realizzazione delle opere in quanto i maggiori costi si incontrano proprio nella delicata fase di impianto del cantiere e di avvio degli interventi costruttivi.

Nella Tabella 9.3.1 è riportata la pianificazione finanziaria strategica degli interventi di Piano. Nella terza colonna, relativa al primo anno di avvio delle opere, sono indicati i costi da sostenere per la progettazione definitiva ed esecutiva degli interventi compresi delle indagini geologiche e geotecniche di dettaglio, la modellazione numerica di funzionamento delle opere di invaso e la modellazione fisica in laboratorio specializzato dei dispositivi di imbocco e sbocco delle portate trasferite ed invase.

L'esame della suddetta tabella evidenzia come, a partire dalla copertura finanziaria dei singoli interventi di Piano, tutte le opere previste possano essere realizzate nel termine massimo di quattro anni. La matrice a doppia entrata dei tempi e dei costi unitamente alle priorità di intervento illustrate nel precedente paragrafo consentono quindi

di alimentare finanziariamente gli interventi di Piano secondo una pianificazione strategica precisa ed ottimale sulla base dei fondi effettivamente disponibili.

Nell'ipotesi di disponibilità finanziarie per la realizzazione dell'intero Piano di difesa idraulica del bacino idrografico del torrente Cormor, emerge che il quadro complessivo di spesa comporta un investimento sul territorio valutato in complessivi 140.200.000 Euro, che la sua attuazione nel tempo richiede una "erogazione" media annua di circa 35.000.000 Euro per una durata di 4 anni. In particolare l'articolazione del finanziamento nei 4 anni prevede, rispettivamente, 16.300.000 Euro nel primo anno, 49.900.000 Euro nel secondo anno, 41.000.000 Euro nel terzo anno e 33.000.000 nel quarto anno.

Tabella 9.3.1: Pianificazione strategica degli interventi di Piano

INTERVENTI DI PIANO	SPESA COMPLESSIVA	1° ANNO	2° ANNO	3° ANNO	4° ANNO
canale scolmatore in galleria	94.300.000	6.300.000	35.000.000	30.000.000	23.000.000
estensione e potenziamento cassa di Sant'Andrat	18.500.000	2.500.000	6.000.000	5.000.000	5.000.000
cassa di espansione di Zugliano	11.600.000	1.600.000	4.000.000	3.000.000	3.000.000
adeguamento officiosità alveo - sostituzione guadi -	2.000.000	1.500.000	500.000	-	-
adeguamento officiosità alveo - sostituzione ponte sud a Basaldella -	1.200.000	800.000	400.000	-	-
adeguamento officiosità alveo - strutture arginali dal ponte sud di Basaldella al guado Zugliano -	5.000.000	2.000.000	2.000.000	1.000.000	
adeguamento officiosità alveo - strutture arginali dalla roggia del mulino all'ex polveriera di Morteigliano -	7.600.000	1.600.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
costi totali	140.200.000	16.300.000	49.900.000	41.000.000	33.000.000

Procedendo per linee orizzontali la Tabella 9.3.1 consente di formulare la pianificazione strategica dei singoli interventi previsti dal progetto di Piano stralcio di difesa idraulica.

In chiusura va fatta infine un'ultima considerazione di merito. Il progetto di Piano stralcio risulta completo ed equilibrato nei suoi interventi territoriali in quanto le opere di difesa idraulica sono efficaci e funzionali e risultano ben distribuite su tutta l'asta fluviale principale interessando in modo equilibrato e coerente i territori dei Comuni attraversati dal torrente Cormor e che nel passato, anche recente, hanno subito gravissimi danni alluvionali. Anche la distribuzione temporale dei finanziamenti risulta congrua ed

equilibrata in rapporto al gravissimo stato di dissesto e di rischio idraulico presente nel bacino del torrente Cormor che, è bene ricordarlo sempre, attraversa la zona più densamente urbanizzata e produttiva del Friuli.

Parte seconda: **NORME DI PIANO**

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

INDICE DEGLI ARTICOLI

Articolo 1	Principi generali
Articolo 2	Natura del Piano
Articolo 3	Obiettivi e finalità del Piano
Articolo 4	Contenuti del Piano
Articolo 5	Efficacia ed effetti del Piano
Articolo 6	Aree destinate alla realizzazione del canale scolmatore
Articolo 7	Aree destinate alla realizzazione delle casse di espansione
Articolo 8	Aree fluviali
Articolo 9	Piano di manutenzione
Articolo 10	Norme finalizzate a limitare gli afflussi nella rete idrografica superficiale delle acque piovane provenienti dal drenaggio delle superfici urbanizzate
Articolo 11	Attività di monitoraggio

NORME DI PIANO

Articolo 1 Principi generali

1. Il Piano stralcio di bacino per la difesa idraulica del torrente Cormor, di seguito denominato Piano, costituisce un insieme organico interagente di previsioni, misure, cautele e disposizioni al fine di:
 - a) dotare il bacino idrografico di un livello di sicurezza compatibile con l'utilizzo antropico e con i caratteri ambientali del territorio, nonché rispettoso del principio di precauzione;
 - b) attuare le previsioni della fase propositiva e della fase programmatica.
2. Il Piano è costituito da:
 - a) relazione tecnica;
 - b) elaborati cartografici;
 - c) norme di piano.
3. Al Presente Piano è allegata la Relazione di sintesi prevista dall'articolo 9 della LR n. 11/2005.

Articolo 2 Natura del Piano

1. Il Piano è redatto, adottato ed approvato ai sensi e per gli effetti dell'articolo 14 della legge regionale 3 luglio 2002, n. 16 e le disposizioni in esso contenute sono immediatamente vincolanti.
2. Il Piano ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico del bacino.

Articolo 3 Obiettivi e finalità del Piano

1. Il Piano si prefigge di garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di esondazione e di dissesto idraulico, attraverso la realizzazione di idonei dispositivi per il contenimento delle portate di piena.
2. Il Piano persegue le finalità di cui al comma precedente nel rispetto degli equilibri ambientali e territoriali presenti all'interno del bacino idrografico.

Articolo 4 Contenuti del Piano

1. Il Piano individua un sistema integrato di interventi strutturali e non strutturali da realizzare secondo quanto indicato nella fase programmatica riportata nella relazione

tecnica, per eventi di piena aventi tempo di ritorno di 200 anni.

2. Gli interventi previsti sono:

- a) la realizzazione di un canale scolmatore in galleria delle portate di piena che dal torrente Cormor, in Comune di Tricesimo, garantisca il trasferimento nel torrente Torre, a valle del ponte di Salt di Povoletto, di una portata massima di 100 metri cubi al secondo;
- b) la costruzione di una cassa di espansione situata in destra orografica del torrente Cormor, in località Zugliano, in Comune di Pozzuolo del Friuli, della capacità di 2.000.000 di metri cubi;
- c) l'estensione ed il potenziamento dell'esistente cassa di espansione di Sant'Andrat al fine di portare l'attuale capacità di invaso da 2.100.000 metri cubi a 4.500.000 metri cubi;
- d) il ripristino e l'adeguamento dell'efficienza idraulica dell'alveo del torrente Cormor da Basaldella, in Comune di Campoformido, a Mortegliano;

3. La progettazione definitiva degli interventi di cui al comma precedente dovrà adottare le prescrizioni previste dal Piano ed essere sottoposta al parere dell'Autorità di bacino regionale.

Articolo 5

Efficacia ed effetti del Piano

1. In osservanza a quanto previsto dall'articolo 13 della LR n. 16/2002, le autorità e le amministrazioni competenti provvedono, entro 12 mesi dall'approvazione del Piano, ad adeguare i propri strumenti urbanistici alle prescrizioni del Piano medesimo.
2. Fino alla realizzazione delle opere e degli interventi di cui all'articolo 4, i Comuni che nel corso degli ultimi 100 anni sono stati soggetti ad allagamenti dovuti alle esondazioni del torrente Cormor, devono adottare i necessari criteri di prudenza nell'uso del territorio che è stato interessato da tali eventi;
3. Le limitazioni ed i vincoli posti dal Piano e dalle sue prescrizioni a carico di soggetti pubblici e privati rispondono all'interesse pubblico generale di tutela da situazioni di pericolosità idraulica, non hanno contenuto espropriativo e non comportano corresponsione di indennizzi.

Articolo 6

Aree destinate alla realizzazione del canale scolmatore

1. Nelle aree destinate alla realizzazione delle opere di imbocco del canale scolmatore di cui all'articolo 4, comma 2, lettera a), rappresentate negli elaborati cartografici di cui al tema F "Aree interessate dalle opere idrauliche previste dal progetto di piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor", Tavola F02, è fatto assoluto divieto di ogni tipo di edificazione, anche a carattere provvisorio.

Articolo 7

Aree destinate alla realizzazione delle casse di espansione

1. Nelle aree destinate alla realizzazione della cassa di espansione, di cui all'articolo 4,

comma 2, lettera b), rappresentate negli elaborati cartografici di cui al tema F “Aree interessate dalle opere idrauliche previste dal progetto di piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor”, Tavola F03, è fatto divieto di ogni tipo di edificazione, anche a carattere provvisorio, salvo quanto previsto dal comma successivo.

2. Nelle aree di cui al comma 1 è consentita esclusivamente la realizzazione di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili purché non costituiscano ostacolo al funzionamento idraulico della cassa di espansione.

3. La progettazione definitiva degli interventi di cui al comma precedente dovrà adottare le prescrizioni previste dal Piano ed essere sottoposta al parere dell’Autorità di bacino regionale.

4. Nelle aree destinate all'estensione e al potenziamento dell'esistente cassa di espansione, di cui all'articolo 4, comma 2, lettera c), rappresentate negli elaborati cartografici di cui al tema F “Aree interessate dalle opere idrauliche previste dal progetto di piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor”, Tavola F04, è fatto divieto di ogni tipo di edificazione, anche a carattere provvisorio.

5. Nelle aree di cui ai commi 1 e 4 sono ammesse, previo nulla osta idraulico, attività agricole con colture di tipo erbaceo ed arboree che non contrastino con l'officiosità e la sicurezza idraulica delle casse medesime.

Articolo 8 Aree fluviali

1. Ai fini della sicurezza idraulica e della prevenzione della pericolosità idraulica, i territori compresi tra le sponde o le difese o in fregio ad esse, ovvero quelli indicati mediante apposita cartografia negli elaborati del Piano, successivamente denominati aree fluviali, appartengono al corpo idrico fluente che li impegna totalmente nelle mutevoli manifestazioni che avvengono in relazione agli effetti idrodinamici ed alla sua evoluzione ambientale e morfologica. In tali ambiti territoriali vanno osservati gli indirizzi di cui ai successivi commi.

2. Il preminente interesse pubblico ai fini della sicurezza idraulica, connesso alla destinazione delle aree fluviali, rende incompatibili le utilizzazioni che possano essere sia di impedimento al deflusso delle acque nelle aree di espansione del corpo idrico fluente o che possano generare condizioni di pericolosità in caso di sradicamento o di trascinamento di strutture da parte delle acque, sia in contrasto con gli interventi, previsti nel presente Piano, finalizzati al controllo dei processi fluviotorrentizi e di tutti quelli che si riferiscono all'assetto ambientale e paesaggistico dell'idrosistema.

3. Nelle aree comprese tra le sponde o le difese arginali non possono essere autorizzate costruzioni di rilevati secondari a protezione di zone adibite a colture.

Articolo 9 Piano di manutenzione

1. Al fine di garantire la buona efficienza idraulica ed ambientale dell'alveo del torrente Cormor e dei suoi affluenti, nonché delle opere di difesa idraulica necessarie a garantire

la corretta regimazione idraulica ed il controllo delle piene, l'Autorità di bacino regionale predispone, entro due anni dall'approvazione del presente Piano, un apposito Piano stralcio di manutenzione idraulica ed ambientale.

Articolo 10

Norme finalizzate a limitare gli afflussi nella rete idrografica superficiale delle acque piovane provenienti dal drenaggio delle superfici urbanizzate

1. La permeabilità naturale dei suoli non edificati costituisce fattore di stabilità del bacino scolante e di riduzione della pericolosità idraulica. Il territorio non edificato, pertanto, deve mantenere, anche in caso di antropizzazione, tali sue caratteristiche.
2. Al fine di limitare gli afflussi nelle reti idrografiche delle acque provenienti dal drenaggio delle superfici urbanizzate, e da nuove costruzioni o nuove lottizzazioni, o nel caso di ristrutturazioni di immobili che interessino anche un'area del lotto non coperta, o prevedano il rifacimento di reti di fognatura interna al lotto, devono essere previsti appositi dispositivi di invaso temporaneo opportunamente regolato delle acque piovane tali da diminuire il deflusso proveniente dalla superficie impermeabilizzata.
3. La valutazione dell'abbattimento delle portate deve essere fatta confrontando la situazione preesistente. L'invaso temporaneo va riferito alla singola unità edilizia da costruire o alla nuova lottizzazione, per le quali devono, in ogni caso, essere previste fognature separate con due condotte: una per le acque reflue ed una per le acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate o scolanti dai tetti.

Articolo 11

Attività di monitoraggio

1. Ai sensi dell'articolo 10, comma 3, della LR n. 11/2005, il presente Piano è soggetto a specifica attività di monitoraggio che verifica, sulla base degli effetti ambientali dallo stesso prodotti, la relativa rispondenza con le previsioni del Rapporto ambientale individuando, inoltre, eventuali effetti negativi imprevisti.
2. Ai fini di cui al comma 1 l'ente che avrà in gestione le opere di cui agli articoli 6 e 7 predisporrà apposito Piano di monitoraggio ambientale seguendo le specifiche indicazioni riportate nella Relazione di sintesi di cui all'art. 1, comma 3, e dovrà essere approvato dalle autorità competenti.

Parte terza: **ELENCO DEGLI ELABORATI
CARTOGRAFICI**

Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor

ELENCO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI

- A Inquadramento territoriale e idrografico del torrente Cormor
- B Cartografia del bacino idrografico collinare del torrente Cormor
 - B01 Delimitazione, reticolo idrografico e parametri di Horton
 - B02 Classificazione geologica dei suoli del bacino collinare del torrente Cormor
 - B03 Uso del suolo del bacino collinare del torrente Cormor
 - B04 Classificazione del suolo e dell'uso del suolo con il metodo del Curve Number
- C Analisi pluviometrica
 - C01 Curve pluviometriche caratteristiche
 - C02 Evento pluviometrico e onda di piena del 5-7 ottobre 1998
 - C03 Evento pluviometrico e onda di piena del 31 ottobre 2004
- D Onda di piena di progetto $Tr=200$ anni
- E Cartografia delle aree fluviali del torrente Cormor da Colugna a Basaldella
 - E01 Quadro d'unione
 - E02 Carta delle aree fluviali nei Comuni di Tavagnacco, Martignacco, Pasian di Prato e Udine
 - E03 Carta delle aree fluviali nei Comuni di Udine e Campoformido
- F Aree interessate dalle opere idrauliche previste dal progetto di piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor
 - F01 Tracciato indicativo del canale scolmatore
 - F02 Zona di imbocco del canale scolmatore
 - F03 Cassa di espansione di Zugliano
 - F04 Estensione e potenziamento della cassa di espansione di Sant'Andrat
 - F05 Opere di adeguamento e ripristino dell'ufficiosità dell'alveo da Basaldella a Mortegliano