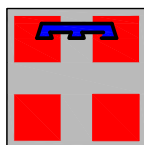




PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)

LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

PROGETTO ESECUTIVO
STUDI E INDAGINI

IDROLOGIA ED IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IDROGRAFIA MINORE

Aggiornato: 00	Data : Apr. 2013	Descrizione: EMISSIONE	Redatto: ing. Buffo	Controllato: ing. Ossesia	Approvato: ing. Ghislandi	Codifica: 2.6 E - r B.4.1.02
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: Marzo 2015
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala: -



PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Enrico Ghislandi
Albo di Milano
N° A 16993

CONCESSIONARIA:





INDICE

PREMESSA.....	2
1. ANALISI IDROLOGICA.....	3
1.1. PLUVIOMETRIA.....	3
1.1.1. <i>Regolarizzazione statistica serie storica dati di pioggia registrati dalla stazione di Alba</i>	3
1.1.2. <i>Curve di possibilità climatica per bacini omogenei (PS45)</i>	5
1.1.3. <i>Regionalizzazione delle precipitazioni in Piemonte mediante applicazione del modello TCEV</i>	6
1.2. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DI PROGETTO	6
1.2.1. <i>Caratteristiche fisiografiche</i>	7
1.2.2. <i>Tempo di corrivazione</i>	8
1.2.3. <i>Valutazione dei coefficienti di deflusso</i>	12
1.2.4. <i>Valutazione delle portate di piena</i>	14
1.3. PORTATE DI RIFERIMENTO PER IL CANALE ERGA	16
2. ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO	18
3. ANALISI IDRAULICA.....	21
3.1. CRITERI DI PROGETTO	21
3.1.1. <i>Normativa di riferimento</i>	21
3.1.2. <i>Metodo di calcolo</i>	23
3.2. DEFINIZIONE DEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO	24
3.2.1. <i>Rio San Michele</i>	24
3.2.2. <i>Rio San Giacomo</i>	25
3.2.3. <i>Rio dei Deglia</i>	26
3.2.4. <i>Canale Molino</i>	27
3.2.5. <i>Canale Erga</i>	29
3.2.6. <i>Canale di Verduno</i>	29
3.2.7. <i>Acque di ruscellamento superficiale e fossi irrigui</i>	29
ALLEGATI.....	
Allegato A - Pluviometria	
Allegato B - Valutazione delle portate di piena	
Allegato C - Verifiche idrauliche	
Allegato D - Misura delle portate su Canale Erga e Molino	

PREMESSA

Scopo del presente documento è la valutazione delle portate dei bacini minori e delle aree di ruscellamento diffuso intercettate dal tracciato del collegamento autostradale A6-A21 (Asti-Cuneo), nel tratto corrispondente al Lotto 2.6, unitamente al dimensionamento delle relative opere di attraversamento idraulico.

Lo studio è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- definizione delle curve di possibilità climatica di riferimento per la zona oggetto di studio;
- individuazione della rete idrografica di ruscellamento intercettata dal collegamento autostradale, composta da rii minori, fossi naturali e canali irrigui e delimitazione dei bacini sottesi;
- stima delle portate di piena per tempi di ritorno pari a 20, 50, 100, 200 e 500 anni, tramite applicazione del metodo cinematico;
- dimensionamento delle opere di attraversamento idraulico sulla base delle indicazioni ottenute nelle precedenti fasi dello studio e di considerazioni volte a garantire un corretto inserimento del nuovo tracciato autostradale rispetto al territorio circostante (attraversamenti per fossi irrigui e per passaggio faunistico).

Le analisi qui brevemente elencate sono riportate in dettaglio nel seguito della presente relazione, unitamente ai risultati ottenuti.

1. ANALISI IDROLOGICA

1.1. PLUVIOMETRIA

La caratterizzazione pluviometrica del territorio in esame è stata effettuata confrontando, per i diversi tempi di ritorno considerati (20, 50, 100, 200 e 500 anni), i valori di precipitazione ottenuti secondo differenti metodologie di calcolo:

- regolarizzazione statistica della serie storica dei dati di pioggia registrati dalla stazione di Alba, essendo questa la più rappresentativa per la zona oggetto di studio;
- regionalizzazione delle precipitazioni per bacini pluviometrici omogenei definita dall'Autorità di Bacino del fiume Po (*Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione, PS45*);
- regionalizzazione delle precipitazioni in Piemonte mediante applicazione del metodo TCEV, *Two component extreme value*, predisposta dall'Assessorato Regionale Tutela del Suolo, Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico.

Nei successivi paragrafi sono riportati in sintesi gli elementi più significativi utili alla definizione delle curve di possibilità climatica secondo ciascuno dei metodi adottati, mentre per una illustrazione dettagliata delle elaborazioni effettuate si rimanda agli allegati A.1, A.2 e A.3.

1.1.1. Regolarizzazione statistica serie storica dati di pioggia registrati dalla stazione di Alba

I dati di pioggia per durate <1, 1, 3, 6, 12 e 24 ore, registrati alla stazione pluviografica di Alba (periodo: 1954-1994), sono stati sottoposti a regolarizzazione statistica dopo esser stati adimensionalizzati secondo la funzione:

$$H = h/\mu(h)$$

essendo:

- h altezza di precipitazione di durata t ;
- $\mu(h)$ media aritmetica della variabile h in funzione della durata.

Le leggi probabilistiche adottate, in quanto ben si prestano all'analisi dei massimi valori di una grandezza, sono state la distribuzione di probabilità Lognormale a due parametri (LN_2) e la distribuzione di probabilità GEV (distribuzione a tre parametri):

- *Distribuzione Lognormale a 2 parametri:*

$$p(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma(y)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - \mu(y)}{\sigma(y)}\right]^2\right\}$$

con parametri $\mu(y)$ e $\sigma(y)$ della variabile $y = \ln x$ legati alla media $\mu(x)$ ed allo scarto $\sigma(x)$ della variabile originaria x . Il metodo di stima dei parametri adottato è quello dei momenti.

- *Distribuzione generalizzata del massimo valore (GEV)*

$$P(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \frac{\alpha(x-u)^{-k}}{k} \right] \right\}$$

con parametri α , u e k stimati mediante il metodo dei momenti pesati in probabilità (Cunnane, 1989).

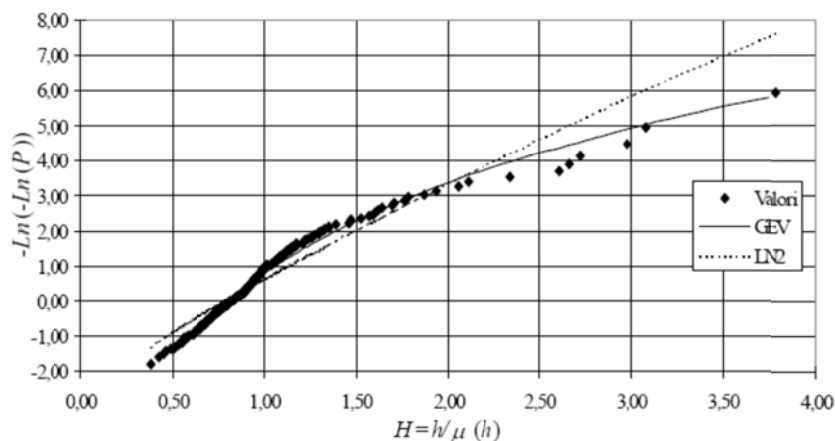
In Tabella 1 sono riportati i valori di H calcolati con le due distribuzioni di probabilità GEV e LN₂ per tempi di ritorno 20, 50, 100, 200 e 500 anni, relativamente alla stazione considerata.

Tabella 1 – Valori della variabile H per i diversi tempi di ritorno

STAZIONE DI ALBA			
tempo di ritorno	prob. di non superamento	valore calcolato GEV	valore calcolato LN2
T	P	H	H
20	0.950	1.801	1.855
50	0.980	2.298	2.213
100	0.990	2.751	2.490
200	0.995	3.286	2.774
500	0.998	4.145	3.161

Applicando il test di Pearson (definizione dell'indice di adattamento χ^2) e confrontando con metodo grafico le due leggi di distribuzione di probabilità con la frequenza cumulata del campione di altezze di pioggia, registrato dalla stazione di Alba, è stata adottata la distribuzione di probabilità GEV. In Figura 1 sono riportati i grafici di confronto delle due leggi di distribuzione probabilistica.

Figura 1 – Confronto tra le distribuzioni GEV e LN2



Espressa la dipendenza della media $\mu(h)$ dalla durata t per mezzo della funzione:

$$\mu(h) = \frac{at}{(t+c)^b}$$

particolarmente flessibile per la presenza di tre parametri, dove $\mu(h)$ è espressa in mm e t in ore, i parametri a , b e c delle due curve sono stati calcolati in modo da minimizzare la somma dei quadrati degli scarti tra i valori osservati delle medie delle altezze di pioggia relative alle diverse durate e i valori calcolati utilizzando la precedente espressione. I risultati così ottenuti sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2 – Valori dei parametri

Stazione	a	b	c
Alba	19,680	0,579	-0,039

La curva di possibilità climatica relativa alla stazione di Alba risulta pertanto espressa nella forma:

$$h = H \cdot \frac{at}{(t+c)^b}$$

con h (mm), t (ore), H , a , b e c parametri riportati nelle precedenti tabelle.

Per una illustrazione dettagliata del metodo di calcolo e di tutti i risultati ottenuti si rimanda alle elaborazioni eseguite nello sviluppo del Progetto Definitivo che vengono riproposte come allegati A.1, A.2 e A.3 al presente documento.

1.1.2. Curve di possibilità climatica per bacini omogenei (PS45)

L'Autorità di Bacino del fiume Po ha predisposto, aggregate per bacini pluviometrici omogenei (in ALLEGATO A.4), delle curve di possibilità climatica regionalizzate valide per l'intero bacino del fiume Po. In particolare, il comprensorio in esame è compreso nel B.P.O. n. 18 a cui corrispondono i parametri riportati in Tabella 3.

Tabella 3 – Curve di possibilità climatica PS45 (B.P.O. n. 18)

TR (anni)	A	n'	n
20	114.89	0.37	0.43
50	134.82	0.38	0.44
100	149.90	0.39	0.44
200	164.98	0.39	0.45
500	184.91	0.40	0.45

Essendo:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia [mm];

t = tempo [giorni]

n' = coefficiente per durate < 24 ore;

n = coefficienti per eventi di durata > 24 ore.

1.1.3. Regionalizzazione delle precipitazioni in Piemonte mediante applicazione del modello TCEV

L'Assessorato Regionale Tutela del Suolo – Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico ha predisposto uno studio di "Regionalizzazione delle piogge" mediante impiego del modello TCEV – Two component extreme value (*"Primo rapporto sull'evento alluvionale verificatosi in Piemonte il 4 – 6 novembre 1994"*, Regione Piemonte - Assessorato Tutela del Suolo, 1994).

Il modello TCEV è stato elaborato sulla base delle massime piogge orarie nelle 24 ore, utilizzando una serie storica di 4474 dati riferiti a 157 stazioni pluviografiche del S.I.M.I. con più di 25 anni di osservazione.

L'intero territorio della regione Piemonte è stato suddiviso in 6 aree omogenee AO e 3 sottozone pluviometriche SZO (ALLEGATO A.5).

A ciascuna delle aree omogenee corrisponde un'espressione che definisce, in funzione del tempo di pioggia e dell'altitudine dell'area esaminata, il parametro E (valore atteso o media dei massimi):

$$\begin{aligned} \text{AO1: } E &= h_t(t,z) = 30,86 \cdot t^{(0,412 + 0,00024 Z)/1,38} \\ \text{AO2: } E &= h_t(t,z) = 25,37 \cdot t^{(0,469 + 0,00023 Z)/1,38} \\ \text{AO3: } E &= h_t(t,z) = 22,62 \cdot t^{(0,3377 + 0,000178 Z)/1,38} \\ \text{AO4: } E &= h_t(t,z) = 36,58 \cdot t^{(0,504 + 0,000186 Z)/1,38} \\ \text{AO5: } E &= h_t(t,z) = 18,37 \cdot t^{(0,827 + 0,000075 Z)/1,38} \\ \text{AO6: } E &= h_t(t,z) = 16,07 \cdot t^{(0,69 + 0,00007 Z)/1,38} \end{aligned}$$

dove:

t = durata della pioggia considerata [ore];

Z = altitudine media dell'area [m s.l.m.].

Il valore di precipitazione XT, di dato tempo di ritorno TR, risulta individuato dalla relazione:

$$X' = XT/E$$

essendo X' legato al tempo di ritorno mediante le espressioni:

$$TR = \frac{1}{1 - SZ}$$

$$SZO1 = \exp(-15,81 \cdot 19,452^{-X'} - 1,855 \cdot 7,179^{-X'})$$

$$SZO2 = \exp(-20,38 \cdot 25,078^{-X'} - 2,231 \cdot 8,498^{-X'})$$

$$SZO3 = \exp(-43,35 \cdot 53,35^{-X'} - 3,684 \cdot 14,21^{-X'})$$

rappresentate graficamente, per ciascuna delle tre sottozone in cui è stato suddiviso il territorio della regione Piemonte, in ALLEGATO A.5.

In particolare, il territorio in esame ricade nell'area pluviometrica omogenea AO3, posto al limite con l'area AO2, nella sottozona SZO2.

1.2. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DI PROGETTO

Le portate di piena di assegnato tempo di ritorno (20, 50, 100, 200 e 500 anni) sono state stimate, non essendo disponibili misure dirette, mediante applicazione del

metodo di corrivazione, secondo cui alle portate calcolate viene attribuito il medesimo tempo di ritorno delle piogge che le hanno generate.

L'analisi è stata sviluppata secondo le seguenti fasi:

- delimitazione dei bacini di interesse su base cartografica costituita dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e definizione dei parametri morfologici e fisiografici (superficie, lunghezza dell'asta principale, acclività, copertura vegetale, uso del suolo);
- definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- analisi dei dati di copertura e vegetazione, acclività e morfologia per la valutazione del coefficiente di deflusso da attribuire ai bacini imbriferi nel calcolo della portata di massima piena;
- calcolo della portata di massima piena mediante applicazione del metodo razionale.

La stima delle portate è stata effettuata confrontando i risultati ottenuti a partire dai valori di precipitazione ricavati mediante i seguenti metodi:

- a) curve di possibilità climatica per bacini pluviometrici omogenei definite dall'Autorità di Bacino del fiume Po (*Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione, PS45*);
- b) curva di possibilità climatica ricavata mediante regolarizzazione statistica della serie storica dei dati di pioggia registrati dalla stazione di Alba;
- c) curve di regionalizzazione predisposte dall'Assessorato Regionale Tutela del Suolo, Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico, mediante applicazione del metodo TCEV (Two component extreme value).

1.2.1. Caratteristiche fisiografiche

In Tabella 4 sono riportate le caratteristiche fisiografiche dei bacini di interesse per il tracciato autostradale Asti-Cuneo (**lotto 2.6**): l'area del bacino sotteso (S), la lunghezza (L) e la pendenza (i) dell'asta principale, la pendenza dei versanti (y), la quota massima (H_{max}), minima (H_{min}) e media (H_{med}) del bacino, ed il parametro CN (Curve Number, SCS).

Tabella 4 – Caratteristiche dei bacini idrografici

BACINO	s (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L (km)	i (%)	y (%)	CN
RI	0.650	184	179	176	0.30	0.8	0.8	80
R2	0.046	227	212	202	0.12	9.3	10.0	80
Ra (sottobacino C. Molino)	0.740	370	259	185.7	2.20	1.3	14.3	80
Canale Molino	3.396	370	253	174	6.30	0.5	13.7	80
Rio S. Giacomo	1.019	439	309	194	3.20	5.0	15.0	80
Rio dei Deglia	2.700	460	341	200	3.20	6.3	15.0	80
Rio San Michele	1.876	444	302.2	198.8	2.90	8.5	15.0	80

I bacini sono rappresentati nelle due tavole grafiche “Idrologia ed Idraulica/Bacini idrografici minori/Usa del suolo”.

1.2.2. Tempo di corrivazione

La determinazione del valore del tempo di corrivazione è stata effettuata mediante applicazione delle formule di Giandotti, Pasini, Ventura, Pezzoli ed S.C.S., in funzione delle caratteristiche fisiografiche di ciascun bacino:

- superficie S [km²];
- altitudine massima Hmax [m s.l.m.];
- altitudine media Hmed [m s.l.m.];
- quota della sezione di chiusura Hsez [m s.l.m.];
- lunghezza dell’asta principale L [km];
- pendenza dell’asta principale i [m/m];
- pendenza dei versanti y [m/m];
- coefficiente medio di scabrezza c [m^{1/3}s⁻¹];
- parametro CN (Curve Number).

Vengono di seguito riportate le espressioni di calcolo relative ad ognuno dei metodi adottati:

- *Giandotti:*

$$t_c = \frac{4 \cdot S^{0.5} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{(H_{med} - H_{min})}}$$

- *Pasini:*

$$t_c = 0,108 \frac{(S \cdot L)^{1/3}}{\sqrt{i}}$$

- *Ventura:*

$$t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$$

- *Pezzoli:*

$$t_c = \frac{200}{c \cdot L^{1/3}} \cdot \sqrt{\frac{S}{i}} \quad [s], \quad \text{con } S=[m^2], L=[m]$$

- *S.C.S.:*

$$t_c = 0,057 \cdot \frac{L^{0,8} \cdot (S'+1)^{0,7}}{\sqrt{y}}$$

dove il parametro S', che rappresenta la quantità d’acqua immagazzinabile nel bacino, è dato dall’espressione:

$$S' = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN è il "Runoff Curve Number", coefficiente sperimentale definito secondo i criteri indicati dal U.S. Soil Conservation Service (Department of Agriculture) in

funzione delle caratteristiche di infiltrazione, uso e trattamento del suolo, contenuto di umidità del terreno, condizione di umidità antecedente del bacino (*AMC Antecedent Moisture Condition*).

In relazione alla capacità di infiltrazione del terreno sono distinte quattro classi di appartenenza:

- A. Suoli ad alta permeabilità (basso potenziale di scorrimento superficiale): sono costituiti principalmente da sabbie o ghiaie di notevole spessore, con elevata capacità di drenaggio.
- B. Suoli a moderato tasso di infiltrazione, caratterizzati da tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana (sabbie limose ed argillose).
- C. Suoli a medio – bassa permeabilità, caratterizzati da tessitura da moderatamente fine a fine (argille e limi, con contenuti organici).
- D. Suoli a bassa permeabilità, costituiti da argille plastiche, con livello piezometrico permanentemente alto.

Il tipo di copertura è caratterizzato in funzione di uso del suolo, trattamento o pratica colturale, condizione idrologica del terreno. Nella successiva Tabella 5 sono riportati i valori che assume il parametro CN nel caso di suoli in condizioni di umidità medie del terreno.

Tabella 5 – Valori del CN in funzione di suolo e tipo di copertura (AMC II)

Runoff Curve Number (CN)						
Uso del suolo	Tipo di copertura Trattamento	Condizione idrologica	A	Classe del suolo B	C	D
Aree residenziali						
Area media dei lotti		Area impermeabile (%)				
	1/8 acro o meno	65	77	85	90	92
	1/4 acro	38	61	75	83	87
	1/3 acro	30	57	72	81	86
	1/2 acro	25	54	70	80	85
	1 acro	20	51	68	79	84
Parcheggi pavimentati, tetti, viali di accesso						
Strade urbane ed extraurbane						
	pavimentate		98	98	98	98
	in ghiaia		76	85	89	91
	sterrate		72	82	87	89
Aree commerciali e professionali (impermeabili per l'85%)						
Distretti industriali (impermeabili per il 72%)						
			89	92	94	95
Spazi aperti, prati, parchi, campi da golf, cimiteri, etc.						
		in buone condizioni: copertura erbosa sul 75% o più	39	61	74	80
		in discrete condizioni: copertura erbosa sul 50 + 75%	49	69	79	84
Maggesi	a solchi dritti		77	86	91	94
Colture a solchi	solchi secondo la linea di massima pendenza	cattiva	72	81	88	91
		buona	67	78	85	89
		cattiva	70	79	84	88
		buona	65	75	82	86
		cattiva	66	74	80	82
	a terrazze	buona	62	71	78	81
Cereali piccoli	solchi secondo la linea di massima pendenza	cattiva	65	76	84	88
		buona	63	75	83	87
		cattiva	63	74	82	85
		buona	61	73	81	84
		cattiva	61	72	79	82
	a terrazze	buona	59	70	78	81
Colture leguminose, seminati folti o prati in rotazione	solchi secondo la linea di massima pendenza	cattiva	66	77	85	89
		buona	58	72	81	85
		cattiva	64	75	83	85
		buona	55	69	78	83
		cattiva	63	73	80	83
	a terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
		cattiva	47	67	81	88
		discreta	25	59	75	83
	disposti secondo le curve di livello	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole			59	74	82	86

Sono distinte tre condizioni di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione nei 5 giorni antecedenti (Tabella 6):

- condizione I: suoli asciutti;
- condizione II: suoli in condizione di media saturazione;
- condizione III: suoli saturi.

Tabella 6 – Condizione di umidità antecedente del terreno (AMC)

Categoria AMC	Altezza di precipitazione nei 5 giorni antecedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
I	< 13	< 36
II	13 + 28	36 + 53
III	>28	> 53

Nel caso di suoli asciutti (AMC I) od in condizioni sature (AMC III) i valori del parametro CN si ricavano con riferimento alla seguente Tabella 7, a partire dai valori definiti per suoli in condizioni medie (AMC II).

Tabella 7 – Confronto tra i valori di CN nelle varie condizioni di umidità AMC

CN Condizione II	Corrispondente CN	
	I	III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

I valori del parametro CN attribuiti ai singoli bacini sono stati definiti come media pesata rispetto alle classi di uso del suolo indicate nella successiva Tabella 8, considerando i seguenti valori di riferimento (attribuiti in funzione delle caratteristiche del terreno e delle condizioni idrologiche di progetto, secondo le tabelle precedenti):

Tabella 8 – Valori CN di riferimento

CLASSE USO SUOLO	CN
Bosco	70
Frutteto	75
Seminativo	80
Urbano	90

In Tabella 9 sono riassunti i valori del tempo di corrivazione ricavati per i bacini in esame sulla base delle formule sopra descritte ed i valori assunti per il calcolo delle rispettive portate di piena.

Tabella 9 – Tempo di corrivazione: riepilogo dei risultati

Bacino	Giandotti (ore)	Pasini (ore)	Ventura (ore)	Pezzoli (ore)	S.c.s. (ore)	tc assunto (ore)
R1	2.65	0.70	1.15	2.49	0.58	0.60
R2	0.41	0.06	0.09	0.32	0.08	0.15
Ra (sottobacino C. Molino)	0.98	1.11	0.96	1.29	0.68	1.00
Canale Molino	2.37	4.24	3.32	3.14	1.61	3.00
Rio S. Giacomo	1.03	0.72	0.57	0.68	0.90	0.70
Rio dei Deglia	1.29	0.93	0.83	0.93	1.03	0.90
Rio San Michele	1.21	0.65	0.60	0.55	0.83	0.77

1.2.3. Valutazione dei coefficienti di deflusso

Il tipo di suolo e la copertura vegetale di un bacino condizionano il fenomeno di formazione di una piena secondo due differenti aspetti:

controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali (tempo di corrivazione); azione di trattenuta o intercettazione delle acque di pioggia (coefficiente di deflusso).

La stima del coefficiente di deflusso deve tenere conto dei diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione della rete idrografica superficiale, la dimensione del bacino, la presenza di zone urbanizzate, etc...

In Tabella 10 sono riportati i dati di copertura dei bacini di interesse per il lotto 2.6 del tracciato autostradale Asti-Cuneo.

Tabella 10 – Bacini imbriferi: uso del suolo

BACINO	Bosco		Frutteto		Seminativo		Urbano		Totale	
	S [km ²]	[%]	S [km ²]	[%]	S [km ²]	[%]	S [km ²]	[%]	S [km ²]	[%]
R1	0.000	0	0.040	6	0.598	92	0.012	2	0.650	100
R2	0.003	7	0.000	0	0.039	85	0.004	9	0.046	100
Ra (sottobacino C. Molino)	0.117	16	0.186	25	0.418	56	0.019	3	0.740	100
Canale Molino	0.238	7	0.577	17	2.241	66	0.340	10	3.396	100
Rio S. Giacomo	0.134	13	0.162	16	0.651	64	0.072	7	1.019	100
Rio dei Deglia	0.526	19	0.447	17	1.598	59	0.129	5	2.700	100

Il coefficiente di deflusso da adottare nel calcolo delle portate di piena di un bacino risulta inoltre condizionato dalla acclività dei versanti.

Nella successiva Tabella 11 sono riportati alcuni valori consigliati in letteratura nel caso di piogge intense in funzione della copertura del bacino e della pendenza del terreno, mentre in Tabella 12 sono indicati i valori assunti per i bacini in esame, analizzando in maniera globale i diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi di piena.

Tabella 11 – Coefficienti di deflusso (valori di riferimento)

% superficie impermeabile	pendenza media del bacino			
	< 1 %	1 ÷ 4 %	4 ÷ 10 %	> 10 %
0	0.00	0.10 ÷ 0.15	0.15 ÷ 0.20	0.20 ÷ 0.30
10	0.09	0.18 ÷ 0.23	0.23 ÷ 0.28	0.28 ÷ 0.37
20	0.18	0.27 ÷ 0.31	0.31 ÷ 0.35	0.35 ÷ 0.43
30	0.28	0.35 ÷ 0.39	0.39 ÷ 0.42	0.42 ÷ 0.50
40	0.37	0.44 ÷ 0.47	0.47 ÷ 0.50	0.50 ÷ 0.56
50	0.46	0.52 ÷ 0.55	0.55 ÷ 0.58	0.58 ÷ 0.63
60	0.55	0.60 ÷ 0.63	0.62 ÷ 0.65	0.65 ÷ 0.70
70	0.64	0.68 ÷ 0.71	0.70 ÷ 0.72	0.72 ÷ 0.76
80	0.74	0.77 ÷ 0.79	0.78 ÷ 0.80	0.80 ÷ 0.83
90	0.83	0.86 ÷ 0.87	0.86 ÷ 0.88	0.88 ÷ 0.89
100	0.92	0.94 ÷ 0.95	0.94 ÷ 0.95	0.95 ÷ 0.96

Tabella 12 – Coefficienti di deflusso adottati

BACINO	S (km ²)	Coefficiente di deflusso
R1	0.650	0.25
R2	0.046	0.90
Ra (sottobacino C. Molino)	0.740	0.40
Canale Molino	3.396	0.40
Rio S. Giacomo	1.212	0.90
Rio dei Deglia	2.712	0.90
Rio San Michele	1.876	0.40

In considerazione della morfologia collinare dei bacini che interferiscono con il tracciato autostradale nel tratto compreso tra le progressive 0+000 km e 1+500 km (bacini da R2, rio S. Giacomo e rio dei Deglia) è stato ad essi attribuito un coefficiente di deflusso cautelativo pari a 0.90, che tiene altresì conto della modesta permeabilità del terreno. Il bacino R1 presenta invece un andamento tipicamente pianeggiante con presenza di strade interpoderali nonché fossi irrigui, spesso di ostacolo allo scorrimento delle acque di pioggia; ad esso è stato cautelativamente attribuito coefficiente di deflusso pari a 0.25.

Il canale Molino, pur essendo un canale regimentato derivante dalla centrale di Verduno, delimita anche un bacino diretto che, nel caso di eventi di precipitazione, determina la formazione di una portata di piena naturale. Il bacino imbrifero presenta un modesto grado di antropizzazione (gli insediamenti esistenti sono essenzialmente localizzati nella parte bassa del bacino, poco a monte del canale). La morfologia del bacino è di tipo collinare, tranne che per una fascia in prossimità del canale Molino in cui il territorio presenta andamento pianeggiante. Il coefficiente di deflusso adottato è pari a 0.40. Lo stesso coefficiente è stato applicato al sottobacino Ra.

1.2.4. Valutazione delle portate di piena

Le portate di piena di assegnato tempo di ritorno sono state determinate utilizzando il metodo idrologico dell'espressione razionale, secondo cui alle portate calcolate viene attribuito il medesimo tempo di ritorno delle piogge che le hanno generate:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

- S = superficie del bacino [km²];
- c = coefficiente di deflusso del bacino;
- h = altezza massima di pioggia per una durata pari a t_c [mm];
- t_c = tempo di corrivazione del bacino [ore];

Considerata la modesta estensione dei bacini esaminati si è trascurato il ragguaglio delle precipitazioni all'area in quanto la formula che consente di calcolare il coefficiente di ragguaglio all'area (riportata in ALLEGATO A1), deve essere utilizzata all'interno dei limiti della tabella del Columbo dalla quale è stata dedotta. Pertanto non è possibile calcolare, ad esempio, il coefficiente di ragguaglio per aree inferiori a 100 ettari. E' ragionevole supporre che per aree inferiori il coefficiente di ragguaglio sia pari a 1 e quindi che la pioggia sia uniforme su tutto il bacino considerato. Nei casi in cui i bacini esaminati ricadano nei limiti di validità della formula, il ragguaglio delle precipitazioni risulta comunque sempre contenuto entro il 10% e pertanto poco significativo.

Nelle successive tabelle sono riassunti i risultati ricavati a partire dalle curve di possibilità climatica per bacini pluviometrici omogenei (PS45), i valori calcolati a partire dalla curve di pioggia ottenuta mediante regolarizzazione statistica della serie storica delle piogge registrate presso la stazione di Alba, i valori ricavati utilizzando le curve di possibilità climatica definite con il metodo del TCEV (secondo studio realizzato dall'Assessorato Regionale Tutela del Suolo - Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico) ed infine i valori di portata di riferimento assunti. I tabulati di calcolo completi sono invece riportati in ALLEGATO B.

Tabella 13 – Bacino R1: calcolo portate

BACINO R1	Q(TR=20) (m ³ /s)	Q(TR=50) (m ³ /s)	Q(TR=100) (m ³ /s)	Q(TR=200) (m ³ /s)	Q(TR=500) (m ³ /s)
PS45 - B.P.O. n. 18	2.21	2.50	2.68	2.94	3.18
ALBA	2.23	2.85	3.41	4.07	5.14
TCEV - AO3 - SZ02	3.09	3.62	4.02	4.45	4.99
Q riferimento	2.50	3.00	3.40	3.90	4.50

Tabella 14 – Bacino R2: calcolo portate

BACINO R2	Q(TR=20) (m ³ /s)	Q(TR=50) (m ³ /s)	Q(TR=100) (m ³ /s)	Q(TR=200) (m ³ /s)	Q(TR=500) (m ³ /s)
PS45 - B.P.O. n. 18	1.35	1.50	1.59	1.75	1.86
ALBA	1.45	1.84	2.21	2.64	3.33
TCEV - AO3 - SZ02	2.15	2.53	2.80	3.11	3.48
Q riferimento	1.70	2.00	2.20	2.50	2.90

Tabella 15 – Bacino Ra: calcolo portate

BACINO Ra	Q(TR=20) (m ³ /s)	Q(TR=50) (m ³ /s)	Q(TR=100) (m ³ /s)	Q(TR=200) (m ³ /s)	Q(TR=500) (m ³ /s)
PS45 - B.P.O. n. 18	2.91	3.31	3.57	3.93	4.26
ALBA	2.98	3.80	4.55	5.44	6.86
TCEV - AO3 - SZ02	3.87	4.54	5.04	5.58	6.25
Q riferimento	3.25	3.90	4.40	5.00	5.80

Tabella 16 – Bacino canale Molino: calcolo portate

BACINO Canale Molino	Q(TR=20) (m ³ /s)	Q(TR=50) (m ³ /s)	Q(TR=100) (m ³ /s)	Q(TR=200) (m ³ /s)	Q(TR=500) (m ³ /s)
PS45 - B.P.O. n. 18	6.69	7.69	8.38	9.22	10.12
ALBA	7.16	9.13	10.93	13.06	16.47
TCEV - AO3 - SZ02	8.03	9.41	10.46	11.58	12.96
Q riferimento	7.30	8.80	10.00	11.30	13.20

In merito al Canale Molino si è individuato un secondo sottobacino con sezione di chiusura in corrispondenza dello svincolo di Alba Ovest per il dimensionamento di due manufatti scatolari necessari a sottopassare le opere connesse allo svincolo autostradale.

Tale bacino idrografico denominato Rb, misura nella sua sezione di chiusura una superficie di 2.12 km²; la sua portata a tempo di ritorno 200 anni è stata determinata attraverso il metodo di trasposizione di Gherardelli-Marchetti a partire dal valore nella sezione di chiusura del bacino complessivo del Canale del Molino (S=3.4 km² e portata Tr200= 11.30 m³/s); a partire da tale valore di portata è stato ricavato il parametro q₁₀₀, rappresentativo del contributo unitario di deflusso ragguagliato su una superficie di 100 km² e successivamente trasposto nella sezione idrologica di interesse denominata Rb.

$$q = \frac{Q}{S} \quad (\text{m}^3/\text{s km}^2)$$

$$q_{100} = q \cdot \left(\frac{S}{100} \right)^{2/3} \quad (\text{m}^3/\text{s km}^2)$$

dove:

Q = portata al colmo (m³/s);

S = superficie del bacino (km²).

Il valore del q_{100} determinato nella sezione di chiusura avente superficie 3.4 km^2 è pari a $0.35 \text{ (m}^3/\text{s km}^2)$ e trasponendolo in quella di monte di superficie 2.12 km^2 determina una portata duecentennale di $9.65 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ai valori indicati nella tabella precedente occorre sommare la portata di derivazione del canale Molino che raggiunge un valore massimo di $2,60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabella 17 – Bacino rio S. Giacomo: calcolo portate

BACINO Rio S. Giacomo	Q(TR=20) m^3/s	Q(TR=50) m^3/s	Q(TR=100) m^3/s	Q(TR=200) m^3/s	Q(TR=500) m^3/s
PS45 – B.P.O. n.18	11.31	12.81	13.74	15.13	16.37
ALBA	11.46	14.62	17.50	20.91	26.37
TCEV – AO3 – SZ02	15.47	18.15	20.16	22.31	24.99
Q riferimento	12.75	15.20	17.13	19.45	22.58

Tabella 18 – Bacino rio dei Deglia: calcolo portate

BACINO Rio dei Deglia	Q(TR=20) m^3/s	Q(TR=50) m^3/s	Q(TR=100) m^3/s	Q(TR=200) m^3/s	Q(TR=500) m^3/s
PS45 – B.P.O. n.18	25.57	29.04	31.24	34.38	37.29
ALBA	26.08	33.27	39.83	47.58	60.02
TCEV – AO3 – SZ02	34.23	40.15	44.60	49.37	55.29
Q riferimento	35.00	40.00	45.00	50.00	60.00

Tabella 19 – Bacino rio San Michele: calcolo portate

BACINO Rio San Michele	Q(TR=20) m^3/s	Q(TR=50) m^3/s	Q(TR=100) m^3/s	Q(TR=200) m^3/s	Q(TR=500) m^3/s
PS45 – B.P.O. n.18	10.70	12.35	13.58	14.81	16.43
ALBA	11.78	15.03	18.00	21.50	27.12
TCEV – AO3 – SZ02	15.46	18.14	20.15	22.31	24.98
Q riferimento	11.00	12.50	13.60	15.00	16.50

1.3. PORTATE DI RIFERIMENTO PER IL CANALE ERGA

Il Canale Erga, considerata la sua funzione di derivazione ad uso idroelettrico, è stato oggetto di un'analisi differenziata, basata su valutazioni di portate in condizioni di esercizio.

A tale proposito si sono effettuate misure di portata sia sul Canale principale sia sul Canale Molino, prima dell'immissione, e contestualmente, si sono rilevati la geometria della sezione d'alveo ed i rispettivi livelli idrici.

Tale attività è stata svolta propedeuticamente allo sviluppo del Progetto Definitivo al quale si rimanda per ogni indicazione di dettaglio.



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione idrologica e idraulica - Idrografia minore

In allegato D si fornisce la documentazione a suo tempo prodotta.

In sintesi i valori di portata considerati per il dimensionamento delle opere in progetto risultano:

- 19,8 m³/s a monte della confluenza del Canale Molino;
- 20,8 m³/s a valle di tale confluenza.

2. ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO

Il trasporto solido è stato calcolato mediante il metodo di Pezzoli (*“Degradazione geomorfologica dei versanti e quantificazione dell’erosione nei bacini imbriferi”*, atti del 23° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Firenze, 31 agosto - 4 settembre 1992), sperimentato per ambiti morfologici analoghi a quelli in esame, che prevede di valutare la portata solida tramite l’utilizzo della seguente espressione:

$$Q_{sv} = \delta Q^{2/5} (c_v L)^{3/5} d i_v^{3/10} \quad (m^3/s)$$

dove:

- Q_{sv} è il valore della portata solida effettiva (e non la capacità globale di trasporto) [m^3/s];
- Q è il valore della portata liquida [m^3/s];
- L è la lunghezza media dei versanti [km];
- i_v è la pendenza dei versanti;
- c_v è la costante di Gauckler-Strickler [$m^{1/3}/s$];
- d è il diametro medio del materiale movimentato lungo il versante [mm];
- $\delta = f(\alpha)$ e α coefficiente di erodibilità medio del bacino.

Come è possibile notare, la portata solida calcolata rappresenta una quota parte della portata liquida: in tal modo il metodo tiene conto delle caratteristiche dell’asta fluviale e può essere riferito ad uno specifico evento di piena.

Esso, inoltre, partendo dallo schema di moto di granuli elementari assimilati a gravi cadenti lungo un piano inclinato, caratterizzato da determinate lunghezza, pendenza e scabrezza, introduce anche le caratteristiche dei versanti, consentendo una modellizzazione più completa del fenomeno di trasporto solido.

Infine, la caratterizzazione del suolo è espressa tramite i parametri d e δ :

- il primo rappresenta il diametro medio del materiale movimentato lungo i versanti, che per ipotesi si considera pari a quello trasportato dalla corrente nel corso d’acqua;
- il secondo tiene conto dell’attrito fra i materiali lapidei bagnati, nonché della distribuzione del materiale movimentato lungo il versante.

I valori del parametro δ vengono definiti in funzione del coefficiente di erodibilità medio del bacino α , secondo le relazioni riportate in Tabella 20, individuate mediante osservazioni sperimentali condotte su bacini piemontesi (IRPI).

Tabella 20 – Valore del coefficiente δ in funzione di α

Tipo di bacino (h= quota media s.m.m.)	δ
Pianura (h<100 m)	0.001 α +0.002 α
Precollina (100 m ≤ h ≤ 250 m)	0.002 α +0.003 α
Collina (250 m ≤ h ≤ 700 m)	0.003 α +0.004 α
Montagna (700 m ≤ h ≤ 1500 m)	0.004 α +0.005 α
Alta montagna (h ≥ 1500 m)	0.005 α +0.006 α

Il coefficiente di erodibilità α viene definito in funzione delle formazioni rocciose o terreni che costituiscono la copertura del bacino, nonché dell'uso del suolo, secondo lo schema riportato in tabella 3.2.

Tabella 21 – Valore del coefficiente α in funzione del livello di erosione delle formazioni rocciose

Classe	Livello di erosione delle formazioni rocciose o dei suoli	Formazioni rocciose	Suoli	Coefficiente di erodibilità (α)
A	Basso	arenarie più o meno cementate breccie calcaree breccie e conoidi antiche cementate calcarenti calcani avana o nocciola calcani dolomitici calcani bianchi o grigio biancastri calcani organogeni giallastri dolomie marne puddinghe con cemento arenaceo grossolano molto tenace o con cemento calcareo-sabbioso travertini concrezionari tenaci o vacuolari	bosco chiuso (grado di copertura del 90+100%)	0-0.24
B	Medio basso	limi argilloso-calcarei	praterie (grado di copertura del 90+100%)	0.24-0.36
C	Medio	puddinghe fluvio lacustri con cemento sabbioso calcareo giallastro		
D	Moderato	alluvioni antiche terrazzate costituite da ciottoli prevalentemente calcarei arrotondati e scarsamente cementati da matrice sabbiosa basalto fessurato ed alterato complessi caotici calcareo-dolomitici di probabile origine tettonica formati da blocchi carbonatici di svariatissime dimensioni e da tritume calcareo fillade fessurata ed alterata	bosco aperto (grado di copertura del 60+90%)	0.36-0.48
E	Moderatamente alto	gneiss fessurati ed alterati lenti di sabbia e limi argillosi intercalati al ciottolame micascisti fessurati ed alterati tufo calcareo		
Classe	Livello di erosione delle formazioni rocciose o dei suoli	Formazioni rocciose	Suoli	Coefficiente di erodibilità (α)
F	Medio alto	alluvioni recenti terrazzate e alluvioni attuali e subattuali costituite da ghiaie e sabbie sciolte o debolmente legate da limi sabbiosi detriti di falda e conoidi di deiezione con legante terroso	bosco rado (grado di copertura minore del 60%) praterie (grado di copertura del 60+90%)	0.48-0.8
G	Alto	gessi ghiaie travertini spugnosi e vacuolari tufo caotico, lapideo		
H	Molto alto	argille verdi e grigie in lenti conoidi di deiezione incoerenti detriti di falda incoerenti formazioni lacustri antiche costituite da limi e argille verdi o giallastre lenti torbose e ciottolame sciolto o poco cementato sabbie fini	campi coltivati praterie (grado di copertura minore del 60%)	0.8-1

Occorre precisare che tutte le metodologie relative al trasporto solido reperibili in letteratura tecnica partono da schematizzazioni teoriche semplificative, per cui i risultati ottenuti sono molto approssimati e danno solamente un'indicazione del possibile comportamento complessivo di questo aspetto dell'idraulica fluviale nei fenomeni considerati.

Dall'analisi condotta al fine di ricavare le informazioni necessarie all'applicazione del metodo, si rilevano due differenti ambiti geomorfologici consistenti rispettivamente in zone di fondovalle e bacini di versante.

Al primo ambito si riconduce il bacino R1, collocato sulla pianura alluvionale di fondovalle del Fiume Tanaro, costituita, nel settore del bacino considerato, da alluvioni medio recenti sabbiose, ghiaiose e limose.

Al secondo ambito si riferiscono i bacini da R2, oltre che i bacini del Rio dei Deglia e del Rio San Giacomo. Le aree di tali bacini ricadono in terreni costituiti dal prodotto colluviale delle marne con intercalazioni lentiformi di gesso della “Formazione Gessoso – Solfifera” e delle soprastanti argille in facies “Piacenziana”, costituenti l’ossatura del rilievo collinare.

Tenendo conto dei litotipi individuati e dell’uso del suolo, per la cui ripartizione si rimanda alla Tabella 22, per ciascun bacino è stato possibile valutare il coefficiente di erodibilità medio α - e quindi calcolare δ - nonché stimare il coefficiente di scabrezza cv.

Data l’elevata variabilità dei valori granulometrici, si è assunto, per tutto il fondovalle, un valore medio indicativo pari a 0.1 mm.

Per i bacini di versante si è stimato (sulla base delle analisi granulometriche effettuate sulle carote di sondaggio) un valore granulometrico medio pari a 0,006 mm.

La tabella successiva riporta, per ciascun parametro, i valori utilizzati nel calcolo della portata solida.

Tabella 22 – Valori dei parametri del metodo utilizzato

Bacini	L (km)	i_v	c_v $m_{1/3}/s$	d (mm)	α	δ	Q100 ($m_{1/3}/s$)	Q200 ($m_{1/3}/s$)
R1	0.300	0.008	30	0.100	0.80	0.0016	3.4	3.9
R2	0.139	0.190	25	0.006	0.60	0.0012	2.2	2.5
Ra (sottobacino C. Molino)	1.000	0.143	25	0.100	0.80	0.0024	4.4	5.0
Canale Molino	0.800	0.137	25	0.100	0.80	0.0024	10.0	11.3
Rio S. Giacomo	2.751	0.150	25	0.006	0.60	0.0018	25.0	28.0
Rio dei Deglia	3.262	0.150	25	0.006	0.60	0.0018	45.0	50.0
Rio San Michele	2.546	0.150	25	0.006	0.60	0.0018	13.6	15.0

L’applicazione del metodo illustrato ha fornito, per ciascun bacino, i risultati riportati nella successiva Tabella 23.

Tabella 23 – Valori del calcolo eseguito per TR = 100 e 200 anni

Bacini	Q100sv ($m_{1/3}/s$)	Q200sv ($m_{1/3}/s$)	Rapporto Q100sv/Q100 ($m_{1/3}/s$)	Rapporto Q200sv/Q200 ($m_{1/3}/s$)
R1	0.00024	0.00026	0.0061	0.0057
R2	0.00001	0.0001	0.0005	0.0005
Ra (sottobacino C. Molino)	0.00114	0.00119	0.0242	0.0228
Canale Molino	0.00216	0.00226	0.0180	0.0167
Rio S. Giacomo	0.00027	0.00028	0.0011	0.0010
Rio dei Deglia	0.00040	0.00042	0.0009	0.0008
Rio San Michele	0.00021	0.00022	0.0015	0.0014

Dall’osservazione dei valori di trasporto solido calcolati e riportati in tabella è possibile notare come la portata solida costituisca una minima percentuale della portata liquida,

pertanto si è scelto di trascurarne il contributo nel successivo dimensionamento delle opere idrauliche di attraversamento.

3. ANALISI IDRAULICA

Le analisi condotte sono state finalizzate a definire gli interventi di carattere idraulico da realizzare per garantire un adeguato grado di sicurezza in relazione alle problematiche connesse all'interferenza del lotto 2.6 del collegamento autostradale Asti-Cuneo con la rete idrografica minore.

Si possono distinguere i seguenti casi:

- interferenza con rii minori (rio S. Giacomo, rio dei Deglia);
- interferenza con canali irrigui che raccolgono anche contributi di piena da un bacino imbrifero diretto (canale Molino);
- interferenza con canale Erga;
- acque di ruscellamento superficiale e fossi irrigui;
- recapito delle acque scolanti della piattaforma.

3.1. CRITERI DI PROGETTO

3.1.1. Normativa di riferimento

La definizione degli interventi di carattere idraulico è stata effettuata sulla base dei criteri indicati dalle seguenti disposizioni di riferimento:

- *Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione*, Autorità di Bacino del Fiume Po, maggio 1995 (PS45).
- Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" emessa dall'Autorità di bacino del Fiume Po nell'ambito del "Piano stralcio delle Fasce Fluviali", approvata dal comitato tecnico in data 27.04.1999. La direttiva individua i criteri di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso in progetto anche nel caso di corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali.
- Parere sull'istruttoria tecnica condotta sul progetto preliminare del collegamento Asti- Cuneo approvato dalla Giunta Regionale in data 24.03.98.
- Delibera n. 5-1992 del 9.05.2011 della Giunta Regionale.

PS45

Il PS45 indica che *l'assunzione della piena di progetto viene definita in funzione delle seguenti condizioni di compatibilità:*

- a. *Condizioni di compatibilità con la domanda di sicurezza locale:*
 - *difesa dell'incolumità della popolazione;*

- difesa dei beni pubblici e privati dai danni della piena;
 - ricerca tendenziale del minimo costo tra utilizzo antropico del territorio e interventi di difesa dai fenomeni di piena.
- b. Condizioni di compatibilità con le condizioni di deflusso nella rete idrografica:
- assenza di aggravio delle sollecitazioni ai sistemi difensivi a valle (o a monte);
 - minimizzazione degli scostamenti rispetto alla tendenza evolutiva naturale;
 - minimizzazione dei costi di mantenimento e manutenzione.

La definizione della piena di progetto per interventi idraulici è funzione delle caratteristiche del fenomeno idraulico, dei fenomeni di dissesto da controllare e della tipologia dell'intervento strutturale. In particolare, la verifica idraulica dovrà considerare eventi di piena con tempi di ritorno differenti in funzione del grado di artificializzazione del corso d'acqua e dell'area soggetta. In Tabella 24 si riassumono i valori del tempo di ritorno di riferimento indicati.

Tabella 24 – Tempi di ritorno da assumere per la progettazione (PS45)

<i>Processi nella rete idrografica in territorio montano o collinare</i>		
Area soggetta	Criteri	TR (anni)
<i>centro abitato</i>	<i>massimo livello di protezione</i>	500
<i>infrastrutture primarie</i>	<i>assenza di interferenza</i>	100
<i>infrastrutture secondarie, aree agricole o non coltivate</i>	<i>minimizzazione costi</i>	10 + 20
<i>Processi nella rete idrografica principale di pianura e lungo i tratti terminali dei bacini ad ampio fondovalle</i>		
Area soggetta	Criteri	TR (anni)
<i>centro abitato</i>	<i>massimo livello di protezione</i>	100
<i>infrastrutture primarie</i>	<i>assenza di interferenza</i>	100 + 500
<i>aree esterne agli argini</i>	<i>massimo livello di protezione</i>	200
<i>infrastrutture secondarie, aree agricole o non coltivate</i>	<i>minimizzazione costi</i>	10 + 20
<i>Processi nella rete idrografica secondaria di pianura</i>		
Area soggetta	Criteri	TR (anni)
<i>centro abitato</i>	<i>massimo livello di protezione</i>	100
<i>infrastrutture primarie</i>	<i>assenza di interferenza</i>	100
<i>infrastrutture secondarie, aree agricole o non coltivate</i>	<i>minimizzazione costi</i>	

Per il dimensionamento dei ponti è inoltre richiesto un franco minimo, tra quota di massima piena di progetto e quota di intradosso, pari a 0,5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1,00 m.

Direttiva “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B”

La Direttiva, emessa dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ambito del "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali", approvata dal Comitato tecnico in data 27.04.1999, stabilisce che il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche di ponti per corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali deve essere non inferiore a 100 anni, ma specifica anche che è raccomandabile considerare ogni qualvolta possibile una portata di progetto con tempo di ritorno superiore a 200 anni nel caso di opere di rilevante importanza, a tutela della sicurezza delle stesse, o con riferimento ai corsi d'acqua a carattere torrentizio, quale fattore di sicurezza rispetto ai fenomeni connessi al deflusso della piena, che sono spesso di difficile determinazione quantitativa. Tempi di ritorno inferiori a 200 anni sono da assumere qualora si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza modesta in relazione ad esigenze adeguatamente motivate.

Parere sull'istruttoria tecnica (Giunta Regionale 24.03.98)

Il *Parere sull'istruttoria tecnica condotta sul progetto preliminare del collegamento Asti-Cuneo* approvato dalla Giunta Regionale in data 24.03.98, fissa come tempo di ritorno di riferimento da adottare per la progettazione degli attraversamenti sui rii minori intercettati dal tracciato autostradale il termine di 200 anni.

Delibera n. 5-1992 del 9.05.2011 della Giunta Regionale

Tutti gli studi idraulici dovranno essere conformati a quanto contenuto nella Direttiva dell'Autorità di Bacino di cui alla Deliberazione n. 2/99 del 19.07.1999, concernente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B:

- dovrà essere rispettato il franco pari a $0,5 \cdot V^2/2g$ e comunque non inferiore a un metro per tutti gli attraversamenti dei corsi d'acqua a sedime demaniale;
- dovrà essere rispettato il franco pari a $0,5 \cdot V^2/2g$ ove non sia possibile quello pari ad un metro, relativamente alle sponde dei tratti di canali o corsi d'acqua da risagomare.

3.1.2. Metodo di calcolo

Il dimensionamento degli interventi relativi alla rete idrografica minore è stato effettuato ricostruendo la scala di deflusso in moto uniforme per la sezione di progetto. Il calcolo è stato eseguito mediante applicazione della formula di Chezy:

$$Q = \chi \cdot \Omega \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- Q = portata [m^3/s];
- $\chi = c \cdot R^{1/6}$ essendo: c = coefficiente di scabrezza di Strickler [$m^{1/3}/s^{-1}$];
- R = Ω/B raggio idraulico medio [m];
- Ω = area della sezione di deflusso [m^2];
- B = contorno bagnato [m];
- i = gradiente idraulico.

Sono stati assunti i seguenti coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler, sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura:

- alveo naturale: $c = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- pareti in calcestruzzo: $c = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- fondo in calcestruzzo: $c = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- rivestimento in massi: $c = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- gabbioni metallici: $c = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;

Solo in corrispondenza dei canali/corsi d'acqua principali, quali il Rio dei Deglia, il Canale del Molino in corrispondenza della derivazione della SP7, il Canale Erga, si è proceduto con una simulazione in moto stazionario per meglio rappresentare la funzionalità idraulica del corso d'acqua in conseguenza degli interventi previsti in progetto.

Si rimanda, a tale proposito, alle specifiche relazioni tecniche.

3.2. DEFINIZIONE DEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO

Vengono di seguito esposte le analisi condotte per la definizione delle opere idrauliche relative ai rii minori ed allo smaltimento delle acque di ruscellamento. In sintesi sono inoltre indicati i risultati più significativi delle verifiche condotte, mentre i tabulati di calcolo completi sono riportati in ALLEGATO C.

L'analisi delle caratteristiche geologiche, morfologiche e del trasporto solido sviluppata ed illustrata al capitolo 2 ha evidenziato una modesta erodibilità del suolo e pertanto la componente di trasporto solido può ritenersi di entità trascurabile ai fini delle verifiche idrauliche.

3.2.1. Rio San Michele

Il Rio San Michele è un tributario di destra del T. Tanaro, entro cui confluisce circa 3 chilometri a valle della confluenza Tanaro/Stura. La testata del bacino è collocata in prossimità dell'abitato di Case Mascarelli, tra i confini comunali di Cherasco e La Morra, a circa 440 m di quota.

A seguito dei lavori di realizzazione del viadotto stesso, il rio San Michele presenta una deviazione rispetto al tracciato originario che si sviluppa in parallelo all'opera di attraversamento.

Il tratto di monte è inizialmente stretto e piuttosto inciso. Più avanti, oltre l'attraversamento autostradale esistente, l'alveo originario presenta un ulteriore restringimento e la presenza di un tombino circolare con diametro interno 80 cm per l'attraversamento della strada bianca che si snoda in adiacenza al rio limita decisamente la capacità di portata dell'alveo.

Interventi previsti

L'intervento in oggetto è mirato al ripristino del tracciato originario del Rio nel tratto a cavallo del viadotto autostradale, prevedendo una sistemazione idraulica a stabilizzazione e protezione della sezione d'alveo, fino a collegarsi al tratto di valle esistente che recapita nel fiume Tanaro.

Il ripristino della funzionalità del rio sarà attuato riprofilando e rivestendo la sezione in modo da:

- consentire un più adeguato smaltimento delle portate di piena rispetto alle attuali condizioni, mediante una sezione trapezia di larghezza 3 m alla base, altezza 1,50 m e larghezza in sommità di 4,00 m;
- stabilizzare l'alveo mediante rivestimento di fondo in gabbioni metallici tipo "Reno" di spessore pari a 30 cm e difesa delle sponde in gabbioni di spessore 1,00 m, larghezza 1÷1,50 m e altezza 1,50 m per una lunghezza di 39 m circa;
- sottopassare la pista di manutenzione in rilevato a monte del viadotto mediante l'installazione di un tombino a sezione policentrica in ondulato metallico (ARMCO) di larghezza 2,984 m, altezza di 1,985 m e lunghezza di 14,00 m, intestato su un muro in gabbioni metallici di altezza 3,00 m;
- ripristinare il tracciato e l'imbocco del tombino mediante una difesa di sponda in gabbioni metallici di altezza 3,00 m e lunghezza pari a 8,00 m in destra e 11,00 m in sinistra e un rivestimento di fondo come da sezione ordinaria di valle per una lunghezza di 2,00 m.

La pendenza di progetto di fondo sistemazione è pari a 1,25% per tutto il tratto di intervento e la lunghezza complessiva risulta di 64 m.

Per ogni indicazione di maggior dettaglio sugli interventi previsti, sui calcoli idraulici e sulle modalità realizzative delle opere, si rimanda alla Relazione specifica.

3.2.2. Rio San Giacomo

Si tratta di un tributario di destra del T. Tanaro, entro cui confluisce circa 2 chilometri a valle della confluenza Tanaro/Stura. La testata del bacino è collocata in prossimità dell'abitato di Castagni, tra i confini comunali di Verduno e la Morra, a circa 410 m di quota.

Lungo il tratto in cui è previsto l'attraversamento autostradale il Rio scorre a mezzacosta, alcuni metri più in alto rispetto al fondovalle. Questo assetto viene mantenuto per circa 200 m, tra le quote 218 e 212 circa, con una pendenza del fondo pari a circa 3.3 %. In questo tratto l'alveo è inizialmente stretto e poco inciso, non in grado di contenere le acque di piena, che esondano in sinistra.

Più avanti, oltre il previsto attraversamento autostradale, l'alveo si allarga e si approfondisce, portandosi in condizioni da poter smaltire quasi interamente anche le portate di piena corrispondenti ad elevati tempi di ritorno.

Al termine di questo tratto l'alveo del Rio san Giacomo viene superato, mediante due tombini circolari affiancati con diametro interno 80 cm, dalla carreggiabile proveniente da C.na Deglia.

A valle dell'attraversamento l'alveo si allarga e si approfondisce ulteriormente.

Interventi previsti

I lavori per la costruzione della galleria comporteranno forti modifiche di un'ampia fascia di territorio attraversata inoltre dal Rio San Giacomo.

Tali opere avranno come conseguenza una prima deviazione del corso del rio a margine della zona interessata dai lavori (sistemazione provvisoria) ed una successiva sistemazione dell'alveo lungo la fascia di terreno rimodellata (sistemazione definitiva a termine lavori).

Sistemazione provvisoria

Come descritto in precedenza la sistemazione consiste nella temporanea deviazione del corso del Rio San Giacomo a margine della fascia di intervento in modo da ricollegarsi a valle con il suo corso originario. La deviazione sarà effettuata attraverso canalette in cls prefabbricato di dimensioni pari a $b = 1.0$ m, $B = 3.00$ m ed $h = 1.0$ m.

Sistemazione definitiva

Gli scavi necessari alla realizzazione delle gallerie artificiali in progetto coinvolgeranno l'alveo del rio per una lunghezza di circa 80 m.

Il ripristino della funzionalità del rio sarà attuato riprofilando, rivestendo e impermeabilizzando la sezione in modo da:

- consentire un più adeguato smaltimento delle portate di piena rispetto alle attuali condizioni, mediante una sezione trapezia di 3 m (b) x 7.50 m (B) x 1,5 m (h);
- stabilizzare l'alveo mediante rivestimento in materasso "Reno" di spessore pari a 30 cm, per una lunghezza di 207 m circa;
- limitare le infiltrazioni nella zona della galleria prevedendo uno strato di base in argilla su cui poggiare un telo di geotessile ed uno strato superiore in pietrame.

Tali interventi sono previsti per una lunghezza complessiva di 90 m circa, a partire da 25 m circa a monte dell'asse galleria della canna in direzione Asti.

Per ogni indicazione di maggior dettaglio sugli interventi previsti, sui calcoli idraulici e sulle modalità realizzative delle opere, si rimanda alla Relazione specifica.

3.2.3. Rio dei Deglia

Il bacino del rio è collocato quasi interamente in Comune di La Morra, salvo il tratto terminale che ricade entro i confini comunali di Cherasco.

La testata del bacino è delimitata dallo spartiacque collinare compreso tra l'abitato di Brandini e M.na di Loreto, tra 440 e 430 m di quota.

Il Rio dei Deglia prende il suo nome a valle della confluenza tra il Rio Motturone, in sinistra, ed il rio proveniente dalla frazione Rossi, in destra. Le due incisioni sono separate da un'ampia dorsale su cui sorgono gli abitati di Aschieri Sottani e Alferi Soprani.

Il tracciato autostradale passa sopra il rio dei Deglia, con un ponte, all'altezza di C.na dello Spià. Il fondo dell'alveo presenta nel tratto a cavallo dell'attraversamento quota variabile da 200 a 198 m s.m., con una pendenza pari a circa 2,0%.

L'alveo risulta fortemente inciso, con altezza delle sponde intorno a 6 m. Oltre i due orli spondali la topografia continua a salire, per raggiungere a circa 100 m di distanza i 230 m di quota in sinistra presso C.na dello Spia e i 218 m in destra sul costone spartiacque che divide il bacino del Rio dei Deglia da quello del Rio San Giacomo.

A monte dell'attraversamento l'alveo percorre il fondo dell'incisione definendo curve accentuate, mentre assume un andamento più regolare sotto le due gallerie artificiali in progetto.

Interventi previsti

Poiché il profilo longitudinale dei ponti e la loro luce, pari a 35 m, richiedono di posizionare le spalle all'esterno rispetto alle attuali sponde del rio e alle aree inondabili dalle acque di piena, si è ritenuto necessario limitare gli interventi ad un tratto di corso

d'acqua a cavallo dell'attraversamento. L'intervento consiste nella realizzazione di una sezione rivestita in massi di cava con andamento regolare, al fine di assicurare la stabilità delle sponde del rio in prossimità delle spalle dei 2 viadotti (si tratta di carreggiate separate).

La sistemazione di progetto viene eseguita tramite interventi di riprofilatura e rivestimento dell'alveo in massi di cava sciolti, realizzando una sezione incisa di geometria trapezia caratterizzata da una larghezza sul fondo pari a 4.0 m, in sommità di 16.0 m, altezza di 4.0 m e sponde inclinate secondo pendenza 3 su 2 (circa 34°). La pendenza di fondo del tratto è pari al 2,0%.

Lo spessore del rivestimento è previsto pari a 0,80 m da realizzarsi con massi di cava sciolti di pezzatura media non inferiore a 1000 kg, posato su sottostante telo di geotessile di resistenza adeguata.

L'intervento presenta una lunghezza complessiva di 238.70 m (misurati in asse) ed uno sviluppo secondo un tracciato sinuoso e regolare, tale da risultare compatibile con la posizione dei plinti di fondazione delle 4 spalle dei 2 viadotti.

Nella parte superiore del rivestimento, oltre il livello di massima piena di progetto, è previsto il riempimento dei vuoti tra i massi con terreno vegetale e l'infissione di talee di specie arbustive ad elevata capacità vegetativa.

Per ogni indicazione in merito alla tipologia e alle caratteristiche dimensionali dell'intervento, ai calcoli idraulici eseguiti ed alle modalità realizzative delle opere, si rimanda alla Relazione idraulica specifica.

3.2.4. Canale Molino

Il canale Molino deriva dalla centrale elettrica di Verduno con una portata massima pari a 2.60 m³/s (verificata come luce sotto battente rispetto alla massima apertura della paratoia di testata del canale). Dalla centrale il canale si sviluppa lungo la strada provinciale Alba – Bra (SP7) fino a confluire nel canale Erga (ex canale di Verduno) nei pressi di Cascina Leone.

Lungo questo percorso il canale delimita un bacino diretto che, nel caso di eventi di precipitazione, determina la formazione di una portata di piena naturale che si aggiunge a quella di derivazione.

Il nuovo tracciato autostradale interferisce con il canale in tre tratti, circa a metà ed a fine lotto, comportandone una breve deviazione e la realizzazione di alcuni attraversamenti. Come portata di riferimento per la verifica dei manufatti di attraversamento autostradale e per il tratto deviato, si è assunta la somma tra la portata di derivazione (costante) e quella di piena (variabile in funzione del tempo di ritorno dell'evento di pioggia considerato).

Tratto compreso tra la pk 3+800 e la pk 4+200

In questo tratto il tracciato interessa il canale sia attraverso il suo asse principale che con la deviazione in progetto della SP7.

Tale interferenza comporta una deviazione del canale per un tratto di circa 452 m per renderne compatibile il tracciato con la nuova configurazione della strada e con le opere di fondazione delle pile e delle spalle dei 2 viadotti (direzione Cuneo e direzione Asti).

Il tratto di deviazione presenterà una sezione rivestita al fine di garantirne la stabilità nel tempo in considerazione della vicinanza del canale alle infrastrutture in progetto; la lunghezza complessiva dell'intervento è di 451,85 m così ripartiti:

- tombino scatolare in c.a. di dimensioni 6,00x6,65 m di lunghezza 12,90 m;
- a partire dal manufatto scatolare di attraversamento della strada SP7, sezione trapezia rivestita in materassi metallici tipo “Reno” di spessore 30 cm per un'altezza di 1,70 m e sponde 2/3; la larghezza alla base è pari a 4,00 m ad esclusione del primo tratto di lunghezza 34,29 m di raccordo al tombino scatolare dove risulta variabile da 6,00 a 4,00 m; lo sviluppo in questo tratto a larghezza costante è di 202,71 m;
- tombino scatolare in c.a. di dimensioni 4,00x3,00 m e lunghezza 28,90 m per l'attraversamento della strada SP7;
- sezione rettangolare aperta in c.a. di dimensioni 4,00x1,70 m nel tratto terminale dove il tracciato del canale si sviluppa con una doppia curva tra le fondazioni dei due viadotti autostradali e si affianca al tracciato esistente della strada SP7; lo sviluppo di questo ultimo tratto è di 173,05 m.

Svincolo di Alba Ovest

Le opere dello svincolo in progetto interferiscono con il tracciato del Canale del Molino in corrispondenza della rotonda adiacente al piazzale di esazione e delle relative rampe di raccordo con l'SP7 e in corrispondenza della pista di accesso al parcheggio limitrofo.

In entrambi i casi, le interferenze verranno risolte prevedendo l'attraversamento delle infrastrutture stradali mediante tombini scatoari in c.a. di dimensioni 3,50x1,75 m e lunghezza rispettivamente 101,60 m (rotonda) e 24 m (parcheggio) e pendenza 0,6 e 0,5%.

Tratto compreso tra la pk 8+100 e la pk 8+200

Questo tratto si colloca all'incirca alla fine del lotto esaminato nei pressi della confluenza tra canale Molino e canale Erga (ex canale di Verduno). Il tracciato autostradale, che qui si sviluppa parallelamente al canale Erga, interferisce con il canale Molino immediatamente a monte della confluenza. L'attraversamento è realizzato con un manufatto scatolare di dimensioni 4.00 x 3.00 e pendenza pari a 0.2%.

La posizione del tombino del canale Molino, prossimo alla confluenza con il canale Erga, determina la presenza di livelli idrici legati al rigurgito delle acque del suddetto canale. I rilievi topografici dei livelli idrici nel canale Erga e le simulazioni effettuate per l'assetto deviato in progetto, indicano alla sezione di confluenza quote idriche pari a 173.66.

Le quote di intradosso del tombino di valle e di monte sono rispettivamente pari a 174.86 e 175 m s.l.m.. Rispetto al livello idrico del canale Erga il tombino ha dunque un franco minimo di 1.20 m.

Per ogni indicazione in merito alla tipologia e alle caratteristiche dimensionali degli interventi, ai calcoli idraulici eseguiti ed alle modalità realizzative delle opere, si rimanda alle Relazioni idrauliche specifiche.

3.2.5. Canale Erga

Relativamente agli interventi di deviazione previsti sul Canale Erga, ai calcoli idraulici eseguiti ed alle modalità realizzative delle opere si rimanda alla specifica Relazione idraulica.

3.2.6. Canale di Verduno

Relativamente agli interventi di deviazione previsti sul Canale Verduno, ai calcoli idraulici eseguiti ed alle modalità realizzative delle opere si rimanda alla specifica Relazione idraulica.

3.2.7. Acque di ruscellamento superficiale e fossi irrigui

L'ubicazione dei tombini di attraversamento del rilevato autostradale lungo il lotto 2.6 è stata definita in modo da assicurare un'adeguata capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento e garantire una distribuzione sufficientemente diffusa di manufatti idraulici. In particolare, si è tenuto conto delle esigenze relative ai seguenti aspetti:

- attraversamento di fossi irrigui;
- passaggio piccoli animali;
- smaltimento acque di ruscellamento;
- smaltimento delle acque di piattaforma.

I bacini di ruscellamento, individuati nello studio idrologico illustrato ai capitoli precedenti, sono caratterizzati dalla presenza di una fitta rete di fossi irrigui che intercettano il rilevato autostradale. Tali fossi, situati nella pianura in destra Tanaro, sono impostati sul canale Molino che si sviluppa parallelamente alla SP7 fino a confluire nel canale Erga presso Molino di Roddi. Tale sistema di canali è gestito dal Consorzio irriguo del Gallino e dal Consorzio Piana Roddi.

Il principio generale adottato al fine di garantire la continuità del reticolo irriguo consiste nella deviazione dei fossi per brevi tratti lungo il piede del rilevato fino all'incontro degli attraversamenti scatolari previsti all'intersezione con la viabilità locale oppure, nei tratti in rilevato maggiormente distanti da queste strutture, nella dotazione di tombini di attraversamento di dimensioni adeguate ad ampiezza e profondità dei fossi.

Le deviazioni di maggior rilevanza sono a carico di alcuni fossi situati in prossimità del sovrappasso alla progr. 6200 circa che vengono deviati parallelamente al rilevato del sovrappasso e del tracciato autostradale.

In totale saranno previsti n° 43 attraversamenti dell'asse principale e delle rampe di svincolo, 38 dei quali costituiti da tombini circolari di diametro DN 1000 -1500 mm e i rimanenti 5 da tombini scatolari in c.a. di dimensioni b x h di 2,00x1,50 m.

Nella successive tabelle sono riportate, per ciascuno dei tombini previsti, le principali caratteristiche nonché il valore di portata smaltibile nell'ipotesi di un riempimento massimo del 70% e le quote di fondo scorrevole a monte e a valle. La progressiva indicata è relativa all'asse autostradale principale.

Tabella 25 – Elenco degli attraversamenti circolari

TIPO	Progr.	diametro mm	pendenza %	lunghezza (m)	F.s. monte (m s.m.)	F.s. valle (m s.m.)	Q max smaltibile (m ³ /s)
IDRAULICO	0+059	1000	2,12	8,50	202,02	201,84	2,66
IDRAULICO	3+735	1000	9,63	21,70	191,53	189,44	5,67



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione idrologica e idraulica - Idrografia minore

TIPO	Progr.	diametro mm	pendenza %	lunghezza (m)	F.s. monte (m s.m.)	F.s. valle (m s.m.)	Q max smaltibile (m ³ /s)
IDRAULICO	4+020	1500	3,25	12,00	186,86	186,47	9,71
IDRAULICO	3+970	1500	1,32	35,50	190,49	190,02	6,19
IDRAULICO	4+358	1500	0,4	65,00	185,89	185,63	3,41
IDRAULICO	4+735	1500	0,56	32,00	184,13	183,95	4,03
IRRIGUO	5+004	1000	0,63	31,50	184,90	184,7	1,45
FAUNISTICO	5+100	1000	0,00	29,55	184,00	184,00	-
IRRIGUO	5+155	1000	0,32	31,00	184,00	183,9	1,03
IRRIGUO	5+165	1000	0,32	31,00	184,00	183,9	1,03
IRRIGUO/FAUNISTICO	5+367	1500	0,33	30,40	183,05	182,95	3,09
IDRAULICO	5+502	1500	0,16	32,25	182,85	182,80	2,15
IRRIGUO	5+605	1500	1,23	32,50	182,50	182,1	5,97
IRRIGUO/FAUNISTICO	5+718	1000	0,68	29,50	183,30	183,1	1,51
IDRAULICO	5+892	1000	0,75	30,50	182,97	182,74	1,58
IRRIGUO	5+925	1000	0,65	31,00	182,90	182,7	1,47
IRRIGUO	5+931	1000	0,65	31,00	182,90	182,7	1,47
IRRIGUO	6+035	1000	0,27	36,50	182,00	181,9	0,95
IRRIGUO	6+217	1000	0,29	34,80	181,65	181,55	0,98
IDRAULICO	6+324	1000	0,28	10,85	180,85	180,82	0,97
IRRIGUO	0+086	1000	0,39	12,70	183,30	183,25	1,141
IRRIGUO	rotatoria SP7	1000	0,29	64,90	183,37	183,18	0,98
IRRIGUO	tra rotatoria e svincolo	1000	1,21	24,00	182,98	182,69	2,01
IDRAULICO	parcheggio	1000	0,26	11,50	182,52	182,49	0,93
IRRIGUO	parcheggio	1000	0,97	10,30	182,83	182,73	1,80
IDRAULICO	svincolo	1500	0,49	28,80	181,73	181,59	3,77
IRRIGUO	svincolo	1000	0,18	28,30	181,63	181,58	0,78
IDRAULICO	rampa D	1000	0,18	10,85	180,59	180,57	0,78
IDRAULICO	6+533	1500	0,15	13,50	180,13	180,11	2,09
IDRAULICO	6+635	1000	0,18	10,85	180,03	180,01	0,78
IDRAULICO	6+652	1000	0,18	10,85	180,03	180,01	0,78
IRRIGUO	6+797	1000	0,15	33,20	179,65	179,6	0,71
IDRAULICO	7+108	1500	2,20	36,40	178,40	177,60	7,99
IRRIGUO/FAUNISTICO	7+120	1500	0,30	33,00	179,71	179,61	2,95
IRRIGUO	7+220	1000	0,62	48,05	176,40	176,1	1,44
IRRIGUO	7+338	1000	0,90	33,50	178,50	178,2	1,73
IRRIGUO	7+553	1500	0,65	30,80	178,00	177,8	4,34
IDRAULICO	7+826	1000	0,27	29,98	177,69	177,61	0,95
IRRIGUO	8+058	1500	0,90	31,00	174,40	174,12	5,11
IDRAULICO	9+100	1000	0,15	46,26	171,30	171,23	0,71
IDRAULICO	9+145	1000	0,24	20,60	171,81	171,76	0,89
IRRIGUO	9+175	1000	0,20	90,60	171,80	171,62	0,82
IRRIGUO	9+185	1000	0,12	26,00	171,58	171,55	0,63



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione idrologica e idraulica - Idrografia minore

Tabella 26 – Elenco degli attraversamenti scatolari

TIPO	Progr.	dimensioni (m)	pendenza %	lunghezza (m)	F.s. monte (m s.m.)	F.s. valle (m s.m.)	Q max smaltibile (m ³ /s)
IDRAULICO	0+141	2,00x1,50	0,83	36,3	202,30	202,00	8,47
FAUNISTICO	5+550	2,00x1,50	0,56	30,2	183,23	183,06	-
FAUNISTICO	5+650	2,00x1,50	0,65	31	183,20	183,00	-
FAUNISTICO	7+360	2,00x1,50	0,92	32,5	179,35	179,05	-
FAUNISTICO	7+525	2,00x1,50	0,62	32	178,20	178,00	-

Al fine di assicurare nel tempo condizioni di sicurezza idraulica adeguate si evidenzia la necessità di prevedere regolari interventi di pulizia e manutenzione, in modo da evitare che il deposito di sedimenti ovvero la crescita di vegetazione spontanea siano tali da ridurre sensibilmente la capacità di deflusso dei manufatti.

Il sistema di raccolta prevede la concentrazione delle acque di piattaforma in alcuni punti dai quali poi vengono allontanate tramite gli attraversamenti idraulici presenti nel corpo del rilevato.

Gli attraversamenti descritti nei paragrafi precedenti quindi, oltre a garantire la continuità dei fossi esistenti e smaltire la portata di ruscellamento dei bacini individuati, devono essere in grado di garantire anche lo smaltimento delle acque derivanti dalla piattaforma autostradale il cui contributo è stato valutato nello specifico elaborato.

La compatibilità idraulica delle portate scaricate dalle vasche di trattamento delle acque di piattaforma rispetto alla capacità dei ricettori è valutata nella Relazione idrologica e idraulica relativa alle acque di piattaforma.



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione idrologica e idraulica - Idrografia minore

ALLEGATI



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione idrologica e idraulica - Idrografia minore

ALLEGATO A - PLUVIOMETRIA

ALLEGATO A.1

Pluviometria: metodo di calcolo

(Autorità di Bacino)

1. DATI RACCOLTI

Dagli *Annali Idrologici* pubblicati dall'Ufficio Idrografico e Mareografico per il Po sono state raccolte le altezze di precipitazione massime annue (relative a diverse durate) registrate nel periodo compreso tra il 1954 e il 1994 nella stazione pluviografica di Alba e di Bra, essendo le più rappresentative dell'area oggetto di studio.

Le altezze di precipitazione raccolte dagli *Annali Idrologici* sono relative a diverse durate comprese tra 5 min e 24 h. Le precipitazioni di durata compresa tra 5 min e 55 min, disponibili per le stazioni, sono state ricavate dall'attuale tabella V (*Precipitazioni di notevole intensità e breve durata*), riportata negli *Annali Idrologici*; le precipitazioni massime di durata compresa tra 1 h e 24 h, anch'esse disponibili solo per le stazioni dotate di pluviografo, sono state estratte dall'attuale tabella III (*Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi*) degli *Annali Idrologici*.

Occorre precisare che la tabella V (*Precipitazioni di notevole intensità e breve durata*) degli *Annali Idrologici* fornisce valori che, pur rilevanti, non costituiscono necessariamente dei massimi annuali (così che, per esempio, è possibile leggere sulla tabella, in corrispondenza dello stesso anno, un'altezza di precipitazione maggiore per la durata di 10 min che per quella di 20 min). La tabella inoltre non è compilata in modo sistematico, e le durate prese in considerazione variano da un anno all'altro. Questa tuttavia rimane l'unica fonte di dati per le durate molto brevi. Si sono quindi assunti i valori forniti dalla tabella V come massimi annuali, dopo averli depurati di tutte le incongruenze alle quali si è sopra fatto cenno.

Tutte le osservazioni raccolte sono riportate nell'ALLEGATO A.2.

2. SCOPO DELLE ELABORAZIONI DEI DATI PLUVIOMETRICI

Lo scopo delle elaborazioni dei dati pluviometrici raccolti è la definizione delle curve di possibilità climatica.

Come è noto, la curva di possibilità climatica fornisce, per un assegnato tempo di ritorno T , la relazione tra la durata t e l'altezza di pioggia ragguagliata h_r relativa all'area A del bacino considerato.

Si possono in realtà prendere in considerazione due distinti tipi di curva di possibilità climatica: la curva di possibilità climatica dell'altezza di pioggia puntuale e la curva di possibilità climatica dell'altezza di pioggia ragguagliata (che d'ora in poi più brevemente indicheremo, rispettivamente, come curva di possibilità climatica puntuale e curva di possibilità climatica ragguagliata).

La prima fornisce, per un assegnato tempo di ritorno T , la relazione tra la durata t e l'altezza di pioggia h nel punto considerato. La seconda fornisce, sempre per un assegnato tempo di ritorno T , la relazione tra la durata t e l'altezza di pioggia ragguagliata h_r relativa al bacino considerato (di area A). Quando l'area A del bacino tende a zero la curva di possibilità climatica ragguagliata tende a confondersi con quella puntuale.

La curva di possibilità climatica ragguagliata relativa a un certo bacino si può costruire in due fasi distinte:

- individuazione della curva di possibilità climatica puntuale relative alla stazione pluviometrica presa in esame;
- trasformazione della curva di possibilità climatica puntuale nella curva di possibilità climatica ragguagliata tramite un coefficiente di riduzione (o coefficiente di ragguaglio all'area) R che dipende dalla durata t e dall'area A ed è in pratica indipendente dal tempo di ritorno T (l'ipotesi di indipendenza da T è suffragata dall'esperienza).

3. INDIVIDUAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PUNTUALI

Secondo la procedura tradizionale le curve di possibilità climatica (puntuali) si determinano individuando le funzioni di probabilità $P(h)$ del massimo annuale dell'altezza di pioggia h per le diverse durate t , calcolando i valori di h corrispondenti a un valore assegnato del tempo di ritorno T e quindi interpolando i valori di h così determinati con una funzione $h(t)$ che rappresenta la dipendenza dell'altezza di precipitazione dalla durata. In questo modo risulta necessario eseguire un calcolo di interpolazione per ciascuno dei valori del tempo di ritorno presi in considerazione.

Il procedimento seguito qui è un po' diverso e più generale.

All'altezza di precipitazione h corrispondente alla generica durata t si è sostituito il rapporto adimensionale

$$(A.1) \quad H = h/\mu(h)$$

tra la variabile h e la sua media aritmetica $\mu(h)$ (la quale è funzione della durata). Si è quindi fatta l'assunzione che la distribuzione della variabile adimensionale H sia la stessa per tutte le durate e si è individuata la legge che esprime la dipendenza della media $\mu(h)$ dalla durata t . Si è così fornita la descrizione dell'intero fascio di curve di possibilità climatica corrispondenti a qualsiasi tempo di ritorno T . Per individuare l'altezza di pioggia h che corrisponde a una durata t e a un tempo di ritorno T assegnati basta infatti determinare il valore H che corrisponde al tempo di ritorno fissato e quindi moltiplicarlo per il valore della media $\mu(h)$ che corrisponde alla durata fissata.

Il metodo adottato presenta due vantaggi rispetto alle elaborazioni più tradizionali: permette l'uso di distribuzioni a più di due parametri (come sarà più avanti illustrato) e permette l'individuazione delle curve di possibilità climatica con un tempo di ritorno qualsiasi, senza dover procedere con un'apposita interpolazione. L'interpolazione si esegue infatti una sola volta, per ricavare la dipendenza delle medie $\mu(h)$ dalle durate t .

Per quanto riguarda la variabile adimensionale H , sono state qui prese in esame la distribuzione di probabilità Lognormale a due parametri (LN2) e la distribuzione di

probabilità GEV (distribuzione a 3 parametri), che ben si prestano all'analisi dei massimi valori (per maggiori dettagli si rimanda ai paragrafi (3.4 e 3.5)). La scelta, come si vedrà, è caduta sulla distribuzione GEV.

3.1 CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PUNTUALI PER LE SINGOLE STAZIONI

Come si è avuto modo di dire, all'altezza di pioggia h si è sostituito il rapporto adimensionale

$$(A.2) \quad H = h/\mu(h).$$

Questo ha permesso non solo di semplificare la descrizione delle curve di possibilità climatica, assumendo un'unica distribuzione per la variabile H , indipendentemente dalla durata t , ma anche di superare il problema costituito dall'elevato numero di parametri delle due funzioni di probabilità considerate.

La stima di un elevato numero di parametri richiede infatti (come si vedrà meglio nel par. 3.6) la disponibilità di un campione di dimensione N grande (dell'ordine delle centinaia di elementi), mentre gli anni di osservazione non sono mai più di poche decine. Facendo l'ipotesi che l'influenza della durata t si eserciti solo sulla media $\mu(h)$, le distribuzioni delle altezze massime di pioggia corrispondenti alle diverse durate si riducono a una sola. Per ogni stazione si viene così a disporre di un campione che è costituito da tutti i massimi annuali (adimensionalizzati) di tutte le durate considerate.

Per verificare l'attendibilità dell'ipotesi è stata adottata una procedura, basata sull'esame del coefficiente di variazione, che è illustrata nel paragrafo (3.3).

3.2 DIPENDENZA DELLA MEDIA $\mu(h)$ DALLA DURATA t .

La dipendenza della media $\mu(h)$ dalla durata t si è espressa per mezzo della funzione, particolarmente flessibile per la presenza di tre parametri,

$$(A.3) \quad \mu(h) = \frac{at}{(t+c)^b},$$

dove $\mu(h)$ è espressa in mm e t in ore.

I parametri a , b e c della curva sono stati calcolati con una procedura di minimizzazione della somma dei quadrati degli scarti tra i valori osservati delle medie delle altezze di pioggia relative alla diverse durate e i valori calcolati utilizzando l'espressione (A.3). I valori dei tre parametri così ottenuti, relativamente alle due stazioni, sono riportati nella tab. A.1, mentre nella figure A.1a e A.1b è riportata la curva che rappresenta la dipendenza della media $\mu(h)$ dalla durata t determinata per la stazione di Alba e Bra, rispettivamente.

Tab A.1 – Valori dei parametri

Stazione	a	b	c
Alba	19,680	0,579	-0,039
Bra	19,364	0,620	-0,049

Fig. A.1a – Curva media per la stazione pluviografica di Alba

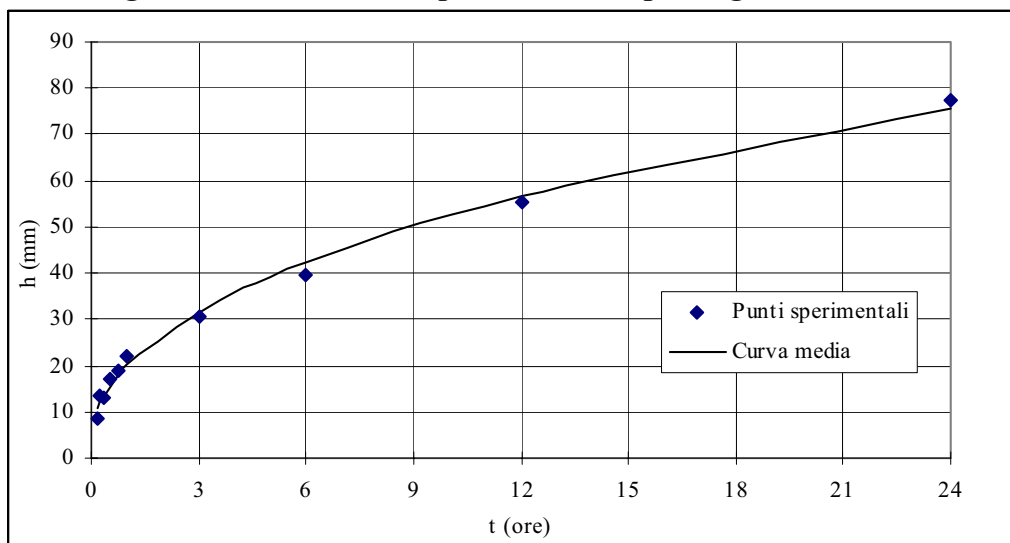
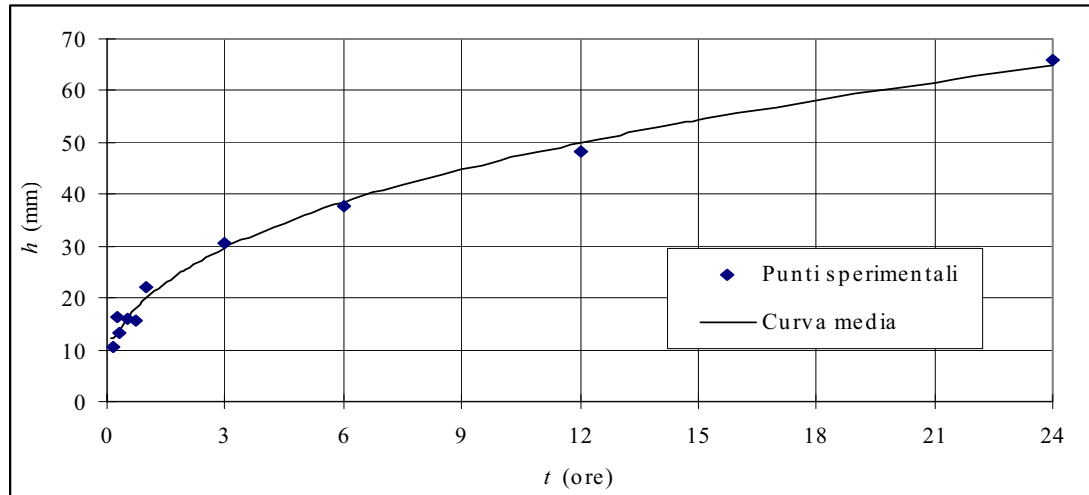


Fig. A.b1 – Curva media per la stazione pluviografica di Bra



3.3 VALUTAZIONE DELL'OMOGENEITÀ DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA ADIMENSIONALIZZATE PER LA SINGOLA STAZIONE

L'ipotesi che i massimi annuali dell'altezza di precipitazione h delle diverse durate, una volta resi adimensionali dividendoli per le medie e trasformandoli nelle nuove variabili adimensionali H , risultino appartenenti a una stessa popolazione e quindi distribuiti secondo la stessa legge di probabilità deve naturalmente essere sottoposta a controllo.

Se l'ipotesi è vera il coefficiente di variazione CV dell'altezza di precipitazione h , che è uguale al rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media, deve avere lo stesso valore per qualsiasi durata.

Per verificare la validità dell'ipotesi di omogeneità delle altezze di precipitazione adimensionali H si possono dunque confrontare i valori del coefficiente di variazione osservati di h per le diverse durate. Se i valori osservati sono sufficientemente vicini tra loro, l'ipotesi risulta accettabile.

Il confronto è stato qui eseguito con due metodi diversi, uno grafico e uno numerico.

Secondo il metodo grafico, per ciascuna stazione è stata considerata la regressione dello scarto quadratico medio sulla media dell'altezza di precipitazione delle diverse durate. Su un diagramma cartesiano con la media delle altezze di precipitazione in ascisse e lo scarto quadratico medio in ordinate si sono riportati i punti che si riferiscono alle diverse durate;

quindi si è tracciata la retta interpolante passante per l'origine degli assi. (La retta di regressione è stata determinata con il metodo dei minimi quadrati pesati, adoperando come coefficiente di peso, per ogni durata, la dimensione N del campione di altezze di precipitazione.)

Il coefficiente angolare CV^* della retta di regressione rappresenta una stima del coefficiente di variazione medio, comune a tutte le durate, dell'altezza di precipitazione.

Nella tab. A.2 sono riportati sia la media aritmetica $m(CV)$ dei coefficienti di variazione osservati per le diverse durate sia il coefficiente angolare medio CV^* .

Tab. - A.2

Stazione	$m(CV)$	CV^*
Alba	0.4395	0.4894
Bra	0,3940	0,3609

Nelle figure A.2a e A.2b sono riportati i punti e la retta interpolante, rispettivamente relativi alle stazioni di Alba e Bra.

Fig. A.a2 – Regressione dello scarto quadratico medio s sulla media m

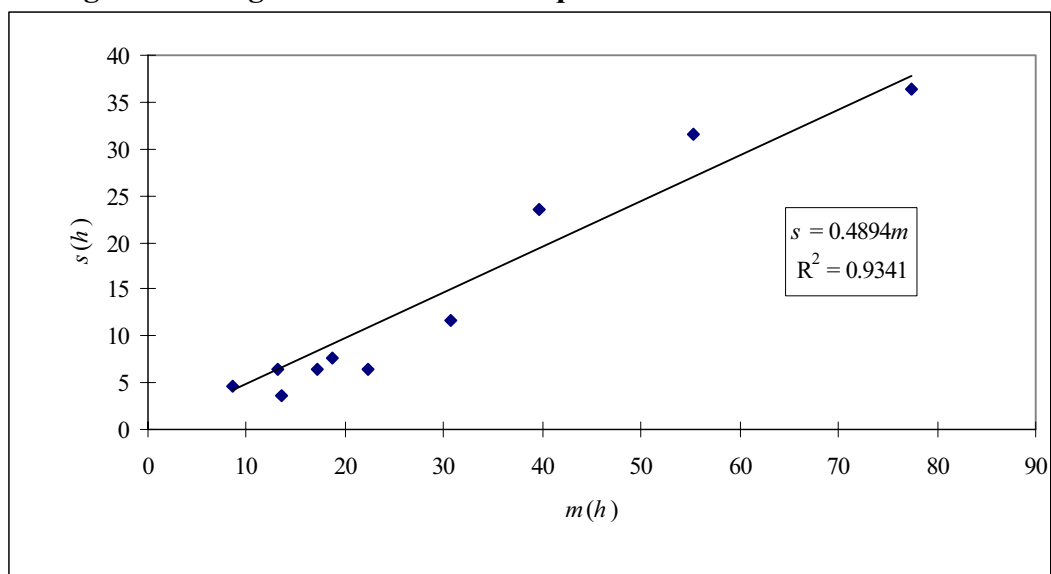
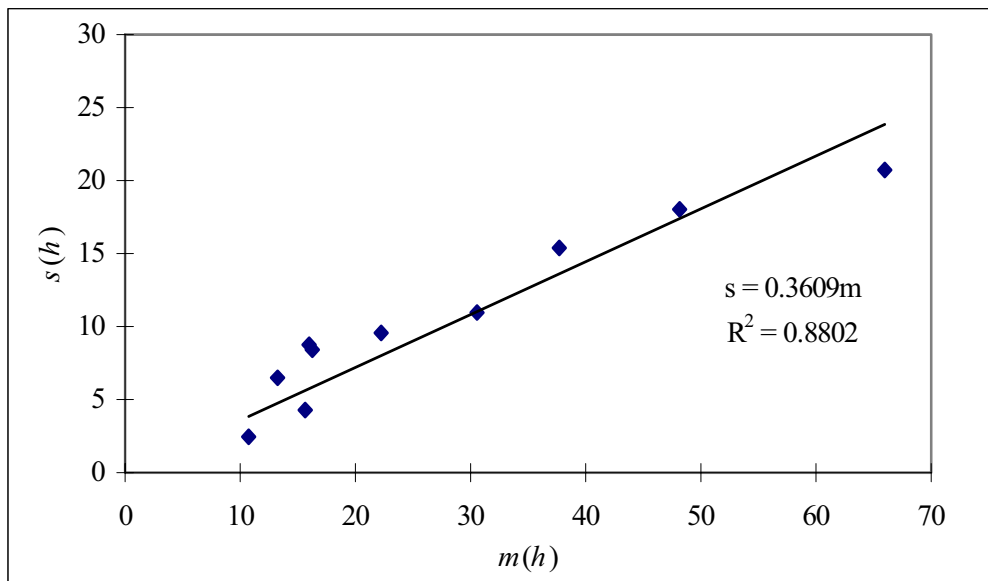


Fig. A.2b – Regressione dello scarto quadratico medio s sulla media m



Dalla figura si vede che la dispersione dei punti intorno alla retta di regressione è molto ridotta. Pertanto si può concludere che, per quanto riguarda le singole stazioni, l'ipotesi che la distribuzione di probabilità della variabile adimensionale sia la stessa per le diverse durate è del tutto accettabile.

Un'ulteriore conferma dell'omogeneità delle altezze di pioggia adimensionalizzate è stata ottenuta utilizzando un metodo numerico, vale a dire calcolando il coefficiente di variazione dei coefficienti di variazione delle osservazioni originarie calcolati per le diverse durate.

Eseguendo il calcolo di questo parametro, relativamente alle serie registrate nella stazione di Alba e Bra e corrispondenti alle diverse durate, è risultato un valore uguale a 0,2606 e a 0,266, entrambi inferiori a 0,4 che è il valore comunemente adoperato come limite superiore per valutare se si possano o meno considerare omogenee le diverse variabili adimensionali considerate.

Avendo quindi stabilito l'omogeneità delle altezze di precipitazione adimensionali H , si è passati a determinare la funzione di probabilità $P(H)$. Le distribuzioni prese in considerazione a questo scopo sono, come si è già avuto modo di dire, la distribuzione generalizzata del massimo valore (GEV) e la distribuzione Lognormale a due parametri (LN2).

3.4 LA DISTRIBUZIONE LOGNORMALE A DUE PARAMETRI (LN2)

La distribuzione lognormale è basata sull'ipotesi che il logaritmo naturale della variabile casuale x sia distribuito con legge normale. La densità di probabilità ha espressione

$$(A.4) \quad p(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma(y)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - \mu(y)}{\sigma(y)}\right]^2\right\}.$$

La media $\mu(y)$ e lo scarto $\sigma(y)$ della variabile $y = \ln x$ sono legati alla media $\mu(x)$ e allo scarto $\sigma(x)$ della variabile originaria x mediante delle relazioni che non vengono qui riportate.

Il metodo di stima dei parametri adottato è quello usuale dei momenti.

3.5 LA DISTRIBUZIONE GENERALIZZATA DEL MASSIMO VALORE (GEV)

Le distribuzioni asintotiche del massimo valore del I, II e III tipo (Gumbel, 1958) si possono ricondurre a un'unica distribuzione, la distribuzione generalizzata del massimo valore (che si indica comunemente con la sigla GEV, dall'inglese *Generalized Extreme Value*), la cui funzione di probabilità è fornita (indicando con x la variabile casuale) dall'espressione

$$(A.5) \quad P(x) = \exp\left\{-\left[1 + \frac{\alpha(x-u)}{k}\right]^{-k}\right\}.$$

Quando l'esponente k tende a infinito la funzione di probabilità tende a confondersi con quella del I tipo, quando è maggiore di zero coincide con quella del II tipo e quando è minore di zero coincide con quella del III tipo (Maione e Moisello, 1993).

Questa forma generalizzata della distribuzione asintotica del massimo valore è oggi quella di uso più comune (con valori dell'esponente k positivi) nella pratica idrologica. Per la stima dei tre parametri si fa ricorso preferibilmente al metodo di stima dei momenti pesati in probabilità (Cunnane, 1989).

3.6 L'ANALISI CONGIUNTA DI PIÙ VARIABILI CASUALI SIMILI

L'uso delle distribuzioni di probabilità caratterizzate da un numero di parametri elevato (in pratica da più di due parametri) non è consigliabile per l'analisi di singole serie di massimi annuali, costituite in genere da poche decine di elementi. L'affermazione si può facilmente giustificare facendo riferimento all'ordinario metodo di stima dei momenti. L'introduzione di un terzo, quarto o quinto parametro implica infatti la considerazione del momento del terzo, quarto o quinto ordine, che risulta praticamente impossibile da stimare con precisione accettabile adoperando per le elaborazioni un campione di poche decine di elementi. La varianza della stima del momento di un dato ordine di una distribuzione è infatti proporzionalmente tanto maggiore, quanto più elevato è l'ordine del momento.

Poiché la varianza della stima risulta - a parità di ordine del momento - tanto minore quanto maggiore è la dimensione del campione, per superare la difficoltà occorre aumentare in qualche modo il numero delle osservazioni utilizzate per stimare i momenti di ordine superiore. Allo scopo si possono utilizzare congiuntamente le osservazioni effettuate su più variabili casuali diverse, le cui distribuzioni si possano considerare simili tra loro (il concetto di similitudine sarà chiarito tra poco). Diventa così possibile l'uso di distribuzioni caratterizzate da un numero di parametri elevato, perché il maggior numero di dati compensa l'accresciuto numero di parametri.

Le osservazioni effettuate su più variabili casuali diverse, tra di loro simili, si possono elaborare congiuntamente in diversi modi. Qui prendiamo in considerazione il più semplice.

Innanzitutto sostituiamo la variabile casuale originaria x con la variabile adimensionale X , ottenuta dividendo x per un valore costante caratteristico della variabile considerata. Come valore caratteristico si assume normalmente la media $\mu(x)$, così che si ha

$$(A.6) \quad X = x / \mu(x).$$

Facciamo quindi l'ipotesi che la variabile casuale adimensionale X sia distribuita secondo una legge di probabilità comune a tutte le variabili casuali considerate. (L'ipotesi si può in sostanza assumere come definizione della forma similitudine qui considerata: diciamo che due

o più variabili casuali sono simili tra loro quando l'ipotesi è valida.) Il valore x_T della generica variabile x che corrisponde a un assegnato tempo di ritorno T risulta dunque fornito dal prodotto

$$(A.7) \quad x_T = \mu(x) X_T,$$

dove X_T è il valore della variabile adimensionale X che corrisponde al tempo di ritorno T e $\mu(x)$ è la media della variabile x considerata.

Come stima della media $\mu(x)$ della generica variabile x si assume naturalmente la media del campione $m(x)$. Per la stima dei parametri della funzione di probabilità $P(X)$ si adotta comunemente il metodo dei momenti pesati in probabilità.

Come si è già avuto modo di illustrare, i concetti sopra esposti si sono applicati ai massimi annuali h delle altezze di pioggia corrispondenti alle diverse durate considerandoli come idrologicamente simili e trasformandoli quindi nell'unica variabile adimensionale H .

Vale forse la pena di osservare che l'analisi congiunta di più variabili casuali simili, qui applicata alle altezze di precipitazione, nella pratica idrologica è stata inizialmente adoperata nel campo delle piene, dove ha poi avuto grande diffusione. L'esistenza di una similitudine nel campo delle massime altezze annue di precipitazione era però già stata osservata diverso tempo fa.

3.7 IL METODO DEI MOMENTI

Il metodo di stima dei momenti (Maione e Moisello, 1993) consiste nell'attribuire a ciascun momento della popolazione il valore del corrispondente momento del campione estratto da quella stessa popolazione. Quindi alla media $\mu(x)$ della popolazione della variabile casuale si sostituisce la media $m(x)$ del campione disponibile e alla varianza $\sigma^2(x)$ la varianza $s^2(x)$ e così per i momenti di ordine superiore.

Se si vuole che le stime dei momenti siano indistorte è necessario moltiplicare il valore del momento per un opportuno fattore che per la media è uguale a uno e per la varianza è uguale a $N/(N-1)$. Il metodo dei momenti è stato utilizzato per stimare i parametri della legge LN2.

3.8 IL METODO DEI MOMENTI PESATI IN PROBABILITÀ

Il metodo di stima dei momenti pesati in probabilità è del tutto analogo all'ordinario metodo dei momenti (Maione e Moisello, 1993). Le stime dei parametri della funzione di probabilità si ricavano dalle relazioni che legano tra loro i parametri e i momenti pesati in probabilità, sostituendo ai valori incogniti dei momenti pesati in probabilità quelli delle loro stime. A questo scopo si adoperano i momenti di ordine uno rispetto alla variabile, di ordine j rispetto alla probabilità di non superamento e di ordine zero rispetto a quella di superamento (oppure di ordine uno rispetto alla variabile, di ordine zero rispetto alla probabilità di non superamento e di ordine k rispetto a quella di superamento), che risultano forniti dalle espressioni

$$(A.8) \quad M_{1j0}(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x P(x)^j p(x) dx ,$$

$$(A.9) \quad M_{10k}(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x [1 - P(x)]^k p(x) dx .$$

Le stime di questi due momenti (entrambi di ordine uno rispetto alla variabile) sono fornite da espressioni simili a quella che fornisce, secondo l'ordinario metodo dei momenti, la stima del momento del primo ordine (cioè della media)

$$(A.10) \quad \mu(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x p(x) dx .$$

Per questo motivo le stime ottenute con il metodo dei momenti pesati in probabilità sono particolarmente poco sensibili alla presenza di valori eccezionali (*outlier*) tra i dati.

La stima $m(x)$ della media $\mu(x)$ è data, come si è visto, dalla media aritmetica dei valori

osservati x_1, x_2, \dots, x_N della variabile x . Analogamente, poiché la frequenza costituisce un'approssimazione della probabilità, la stima $M_{1j0}(x)$ del momento pesato in probabilità $M_{1j0}(x)$ è data dalla media aritmetica dei prodotti di ciascun valore osservato x_i per la frequenza di non superamento $F(x_i)$ che gli corrisponde

$$(A.11) \quad M_{1j0}(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i F(x_i)^j .$$

E nello stesso modo la stima $M_{10k}(x)$ del momento pesato in probabilità $M_{10k}(x)$ è data dall'espressione

$$(A.12) \quad M_{10k}(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i [1 - F(x_i)]^k .$$

Per esprimere la frequenza $F(x_i)$ è consigliato l'uso della formula

$$(A.13) \quad F(x_i) = \frac{i - 0.35}{N} .$$

Le stime così ottenute sono distorte ma perfettamente utilizzabili in pratica.

Secondo il metodo esposto per ognuna delle variabili considerate si calcolano i momenti pesati in probabilità della grandezza adimensionale X . Come stima del generico momento M_{1j0} (o M_{10k}) della distribuzione della x si assume quindi la media pesata delle stime calcolate per ciascuna variabile (assumendo come pesi i corrispondenti numeri di osservazioni). Le stime dei parametri che individuano la funzione di probabilità $P(X)$ si calcolano infine per mezzo delle relazioni - per le quali si rimanda alla pubblicazione già citata (Cunnane, 1989) - che legano tra loro i parametri e i momenti pesati in probabilità.

3.9 LA SCELTA DELLA DISTRIBUZIONE

Per determinare il tipo di legge di probabilità secondo la quale si possono ritenere distribuite le altezze di pioggia adimensionali H si sono prese in considerazione, come si è visto, due distribuzioni: la distribuzione GEV e la distribuzione LN2. Per individuare quella che si adatta meglio al campione disponibile sono stati adottati due diversi procedimenti.

Il primo procedimento consiste nell'usare come indice di adattamento la grandezza X^2 del test di adattamento di Pearson.

Come è noto, suddividendo in k intervalli che si escludono a vicenda il campo di esistenza di una variabile casuale (rappresentata in questo caso dall'altezza di pioggia adimensionale H) e indicando con p_i la probabilità che un'osservazione qualsiasi ricada nell' i -esimo intervallo, con N_i il numero delle osservazioni che effettivamente vi ricadono e con N la dimensione del campione, la grandezza X^2 (che è una variabile casuale, in quanto funzione degli elementi del campione) risulta fornita dall'espressione

$$(A.14) \quad X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - Np_i)^2}{Np_i}$$

Se i parametri della distribuzione sono stimati a partire dal campione (come appunto succede qui), la funzione di probabilità della grandezza X^2 tende, al crescere di N , a una forma asintotica non esattamente conosciuta, ma comunque compresa tra quella del χ^2 con $k-1$ gradi di libertà e quella del χ^2 con $k-1-s$ gradi di libertà (essendo s il numero dei parametri della funzione di probabilità).

Il procedimento si utilizza normalmente per istituire un test per controllare l'ipotesi che il campione effettivamente provenga da una certa distribuzione (non l'ipotesi che i valori dei parametri siano effettivamente uguali a quelli stimati).

Qui invece si è fatto ricorso alla procedura del test soltanto per scegliere la più adatta tra le due distribuzioni.

L'adattamento delle due leggi si è misurato facendo ricorso alla probabilità di superamento di X^2 , che rappresenta il massimo livello di significatività a cui l'ipotesi di provenienza da una legge del tipo considerato può essere accettata in base al test di Pearson.

La procedura del test di Pearson è stata qui usata suddividendo il campo di esistenza della variabile in un numero di intervalli uguale a 20. Nella tab. A.3 sono riportati, sia i valori della variabile X^2 calcolati per le due distribuzioni sia le corrispondenti probabilità di superamento, calcolate come media tra le probabilità fornite dalla distribuzione del χ^2 a $k-1$ gradi di libertà e da quella del χ^2 a $k-1-s$ gradi di libertà. La distribuzione più rappresentativa è quella per la quale è maggiore il livello di significatività (uguale alla probabilità di superamento).

Tab. A.3/ – Risultati del test di Pearson (P sup. = probabilità di superamento)

GEV				
	X²	P sup. (g.d.l.=19)	P sup. (g.d.l.=19)	media
ALBA	29,6	0,0571	0,0202	0,0386
BRA	20,1	0,3874	0,2148	0,3011
LN2				
	X²	P sup. (g.d.l.=19)	P sup. (g.d.l.=19)	Media
ALBA	59,6	0,00000	0,00000	0,00000
BRA	39,9	0,0034	0,0013	0,0024

Per individuare la distribuzione che si adatta meglio al campione disponibile si è fatto ricorso anche a un altro procedimento di tipo grafico. Il procedimento consiste nel porre a confronto grafico le due distribuzioni di probabilità e la frequenza cumulata calcolata dal campione e nel controllare quale delle due curve si discosta in misura minore dai punti che rappresentano la frequenza cumulata i cui valori sono stati calcolati con l'espressione

$$(A.15) \quad F(x_i) = \frac{i - 0.35}{N}.$$

Nelle figure A.3a e A.3b è riportato, relativamente, a ciascuna stazione il confronto tra le due distribuzioni di probabilità.

Come risultato delle elaborazioni illustrate si è concluso che la distribuzione GEV si adatta meglio a rappresentare la distribuzione della variabile adimensionale H nella maggior parte dei casi esaminati.

Fig.A.3a – Confronto tra le distribuzioni GEV e LN2

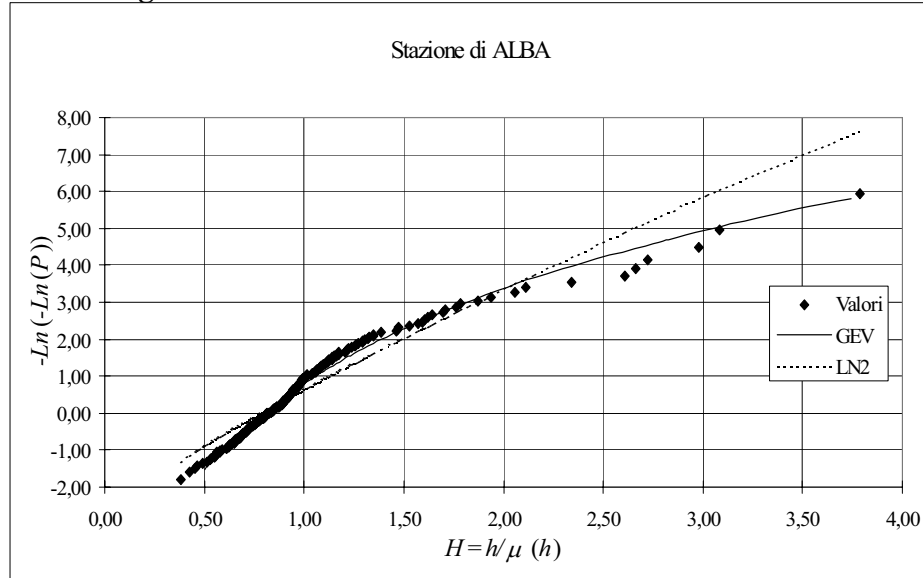
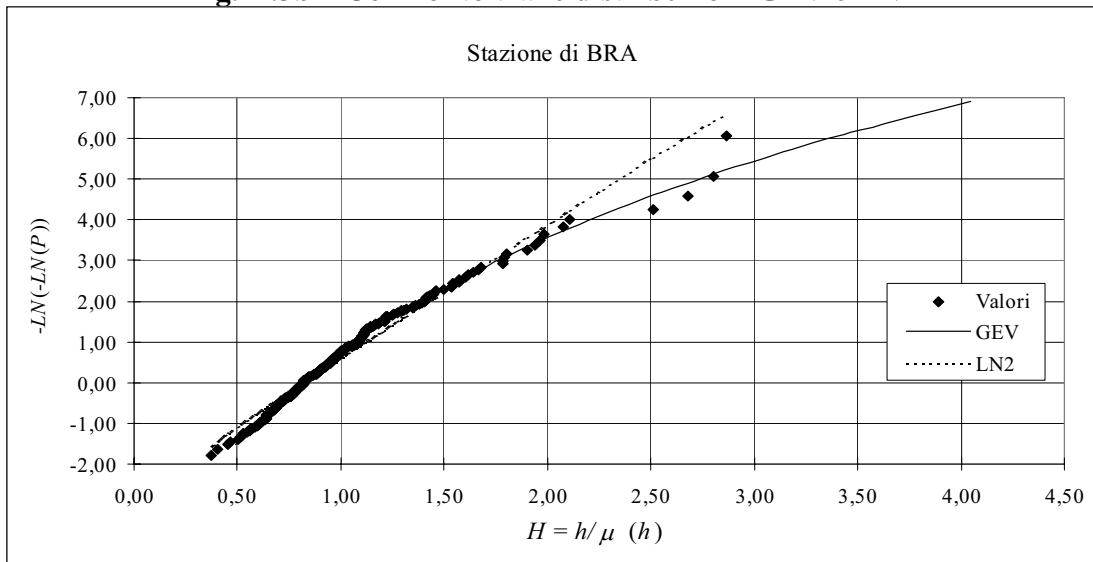


Fig. A.3b – Confronto tra le distribuzioni GEV e LN2



3.10 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Nel seguito sono riportati i risultati del calcolo della variabile adimensionalizzata H relativi ad alcuni tempi di ritorno scelti. I valori riportati sono calcolati dalle due distribuzioni di probabilità GEV e LN2 anche se, come detto in precedenza, la scelta è caduta sulla legge GEV. I valori della variabile H sono riassunti nelle tabelle A.4a e A.4b, rispettivamente per la stazione di Alba e di Bra, mentre nell'ALLEGATO A.3 sono riportati i dati completi ottenuti dall'elaborazione delle osservazioni pluviometriche adimensionalizzate.

Tab. A.4a – Valori della variabile H per le due leggi di probabilità e per diversi tempi di ritorno

STAZIONE DI ALBA			
tempo di ritorno	prob. di non superamento	valore calcolato GEV	valore calcolato LN2
T	P	H	H
20	0.950	1.801	1.855
50	0.980	2.298	2.213
100	0.990	2.751	2.490
200	0.995	3.286	2.774
500	0.998	4.145	3.161

Tab. A.4b – Valori della variabile H per le due leggi di probabilità e per diversi tempi di ritorno

STAZIONE DI BRA'			
tempo di ritorno	prob. di non superamento	valore calcolato GEV	valore calcolato LN2
T	P	H	H
20	0.950	1.747	1.726
50	0.980	2.157	2.010
100	0.990	2.511	2.225
200	0.995	2.910	2.442
500	0.998	3.517	2.734

4. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PER BACINI PLUVIOMETRICI OMOGENEI (PS45)

Nel presente paragrafo si fa riferimento alle curve di possibilità climatica con tempo di ritorno T pari a 20, 50, 100, 200 e 500 anni della zona in esame e indicata nella regionalizzazione effettuata all'interno del PS 45 dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

L'area in esame risulta inserita nel bacino pluviometrico omogeneo (B.P.O.) n. 18 in prossimità del limite con il B.P.O. n.15 (si veda ALLEGATO A.4).

Le espressioni analitiche delle curve di possibilità climatica di tali aree sono riportate nelle tabelle A.5a e A.5b, dove n' ed n rappresentano l'esponente relativo a durate di pioggia rispettivamente inferiori e superiori ad 1 giorno.

Tab. A.5a - Curve di possibilità climatica PS45 (B.P.O. n. 18)

Tempo di ritorno	a	n'	n
20	114.89	0.37	0.43
50	134.82	0.38	0.44
100	149.90	0.39	0.44
200	164.98	0.39	0.45
500	184.91	0.40	0.45

Tab. A.5b - Curve di possibilità climatica PS45 (B.P.O. n. 15)

Tempo di ritorno	a	n'	n
20	98.64	0.26	0.40
50	113.49	0.25	0.39
100	124.73	0.24	0.39
200	135.96	0.23	0.38
500	150.81	0.22	0.38

Nelle curve il tempo t deve essere espresso in giorni. Le curve sono state ricavate elaborando i valori delle altezze massime di precipitazione per durate comprese tra 1 ora e 24 ore e pertanto l'uso di queste espressioni per durate inferiori all'ora deve essere fatto determinando preventivamente un qualche fattore di correzione.

Elaborando un campione di 17 anni di precipitazioni registrate al pluviografo di Milano Monviso (Piga e altri, 1990) sono stati determinati i seguenti rapporti r tra i valori medi delle massime altezza di pioggia annue di durata inferiore all'ora e il valore medio dell'altezza massima annua oraria. I valori dei rapporti sono riportati nella tab. A.6.

Tab. A.6 – Valori di r per diverse durate

Durata (min)	r
5	0,322
10	0,489
15	0,601
30	0,811
45	0,913

Utilizzando questi valori è stata ricavata una funzione che esprime il legame tra r e la durata della precipitazione la cui espressione è

$$(A.16) \quad r = 1 + 0,276 \ln(t)$$

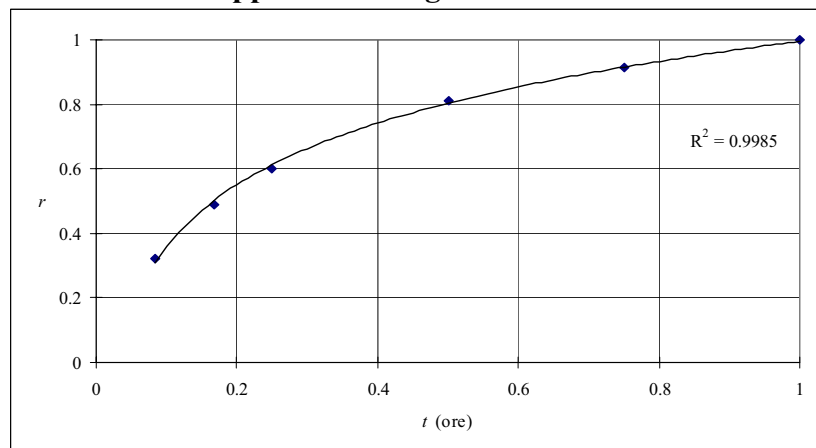
Con la formula A.16 si calcola il valore di r per le durate inferiori all'ora. Quindi si moltiplica il coefficiente ricavato per ciascuna durata per il valore della media E dei massimi annui di precipitazione relativo alla durata di 1 ora e alla regione omogenea in oggetto. Si ricava quindi

il valore della media del massimo annuo di precipitazione relativa alle durate inferiori a 1 ora. Infine si moltiplica ciascun valore per la variabile adimensionale H , relativa a un fissato tempo di ritorno, riferito alla zona nella quale ricade il bacino oggetto di indagine.

Fissata una durata pari a 10 min e un tempo di ritorno pari a 100 anni, il coefficiente r , calcolato con la A.16, assume un valore pari a 0,505, per l'area omogenea A03 e per una durata di pioggia uguale a 1 ora si ha un valore della media dei massimi annui dell'altezza di precipitazione $E = 22,62$ mm. Moltiplicando r per E si ottiene un valore E_{10} pari a 11,43 mm. Infine moltiplicando il valore appena trovato per la variabile adimensionale H relativa a un tempo di ritorno uguale a 100 anni, si ricava l'altezza di precipitazione di durata e tempo di ritorno cercati. Nel caso in esame $H \times E_{10} = 2,71 \times 11,43 = 30,99$ (mm).

L'andamento della curva è riportato nella fig. A.5.

Fig. A.5 – Curva che rappresenta il legame tra il coefficiente r e la durata t



5. REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI IN PIEMONTE (MODELLO TCEV)

In questo paragrafo si fa riferimento alle curve di possibilità climatica con tempo di ritorno T pari a 20, 50, 100, 200 e 500 anni definite mediamente l'applicazione del modello TCEV dall'Assessorato Regionale Tutela del Suolo, Settore OO.PP. a Difesa Assetto Idrogeologico. La zona in esame risulta nell'area omogenea A03 e al limite con la zona A02, nella sottozona omogenea SZ02.

I valori della variabile adimensionale H relativi ai tempi di ritorno scelti sono riportati nella tab. A.7.

Tab. A.7 – Valori della variabile H per fissati tempi di ritorno

T (anni)	H
20	2,080
50	2,440
100	2,710
200	3,000
500	3,360

La curva che rappresenta il legame tra l'altezza media E e la durata (per le aree omogenee A02 e A03) presentano la seguente espressione

$$(A.17) \quad A02: \quad E = 25,37t^{(0,469+0,00023Z)/1,38}$$

$$(A.18) \quad A03: \quad E = 22,62t^{(0,3377+0,000178Z)/1,38}$$

dove E è la media dei massimi annui di precipitazione, t è la durata in ore e Z è la quota media in m s.m. del bacino che si considera.

Per determinare la curva di possibilità climatica associata a un determinato tempo di ritorno si deve moltiplicare H per la curva definita dalla (A.17) e dalla (A.18), in base all'area omogenea di interesse.

Le curve sono state dedotte elaborando le piogge massime per durate maggiori o uguali a 1 ora e pertanto la loro applicazione a durate inferiori deve essere preceduta da un'opportuna correzione. La correzione può essere fatta utilizzando l'espressione A16.

6. CONFRONTO TRA LE DIVERSE CURVE

E' stato infine eseguito un confronto tra la curva di possibilità climatica calcolata per le stazioni di Alba e di Bra e le curve proposte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e dalla Regione Piemonte, applicando la correzione alle piogge di durata inferiore a 1 ora. Nelle tabelle A.8a e A.8b sono riportati i confronti, rispettivamente per le stazioni di Alba e di Bra, per diversi tempi di ritorno e diverse durate di pioggia.

Tab. A.8a – Confronto tra i valori calcolati dalle curve di possibilità climatica (h1 curva di Alba, h2 curva della Regione Piemonte, h3 curva dell’Autorità di Bacino)

t = 5 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	17.76	14.78	1.20		
50	22.66	17.34	1.31		
100	27.13	19.26	1.41	13.64	1.99
200	32.41	21.32	1.52	15.01	2.16
500	40.88	23.88	1.71		
t = 10 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	19.33	23.78	0.81		
50	24.67	27.90	0.88		
100	29.53	30.99	0.95	21.94	1.35
200	35.27	34.30	1.03	24.15	1.46
500	44.49	38.42	1.16		
t = 15 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	21.71	29.05	0.75		
50	27.70	34.08	0.81		
100	33.17	37.85	0.88	26.80	1.24
200	39.62	41.90	0.95	29.49	1.34
500	49.97	46.92	1.06		
t = 30 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	27.68	38.05	0.73		
50	35.32	44.63	0.79		
100	42.29	49.57	0.85	35.10	1.20
200	50.52	54.88	0.92	38.63	1.31
500	63.71	61.46	1.04		
t = 45 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	32.35	43.31	0.75		
50	41.28	50.81	0.81		
100	49.42	56.43	0.88	39.96	1.24
200	59.04	62.47	0.94	43.98	1.34
500	74.46	69.97	1.06		
t = 1 h					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	36.26	47.05	0.77		
50	46.27	55.19	0.84		
100	55.39	61.30	0.90	43.40	1.28
200	66.17	67.86	0.98	47.77	1.39
500	83.46	76.00	1.10		

Dalla tabella A.8^a si evince che i valori calcolati con la curva di Alba e quelli calcolati con la curva della Regione Piemonte sono in buon accordo per tutte le durate, tranne per la durata di 5 min, e per tutti i tempi di ritorno, tranne per 20 anni.

Invece i valori calcolati con la curva dell’Autorità di Bacino si discostano notevolmente (in particolare sono sempre decisamente inferiori) sia da quelli calcolati con la curva di Alba sia da quelli calcolati con la curva della Regione Piemonte.

Tab. A.8b – Confronto tra i valori calcolati dalle curve di possibilità climatica (h1 curva di Bra, h2 curva della Regione Piemonte, h3 curva dell’Autorità di Bacino)

t= 10 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	21.22	23.78	0.89		
50	25.59	27.90	0.92		
100	29.17	30.99	0.94	21.94	1.33
200	33.02	34.30	0.96	24.15	1.37
500	38.57	38.42	1.00		
t = 15 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	22.83	29.05	0.79		
50	27.53	34.08	0.81		
100	31.38	37.85	0.83	26.80	1.17
200	35.53	41.90	0.85	29.49	1.20
500	41.50	46.92	0.88		
t =30 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	27.66	38.05	0.73		
50	33.35	44.63	0.75		
100	38.01	49.57	0.77	35.10	1.08
200	43.04	54.88	0.78	38.63	1.11
500	50.27	61.46	0.82		
t = 45 min					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	31.56	43.31	0.73		
50	38.06	50.81	0.75		
100	43.37	56.43	0.77	39.96	1.09
200	49.10	62.47	0.79	43.98	1.12
500	57.36	69.97	0.82		
t = 1 h					
T anni	h1 (mm)	h2 (mm)	h1/h2	h3 (mm)	h1/h3
20	34.82	47.05	0.74		
50	42.00	55.19	0.76		
100	47.86	61.30	0.78	43.40	1.10
200	54.19	67.86	0.80	47.77	1.13
500	63.29	76.00	0.83		

Dalla tabella A.8b si evince che i valori calcolati con la curva di Bra e quelli calcolati con la curva della Regione Piemonte sono in buon accordo solo per la durata di 10 min. Per le altre durate il rapporto $h1/h2$ è comunque sempre superiore a 0,7.

In miglior accordo, tranne per la durata di 10 min, sono i valori calcolati dalla curva di Bra e i valori calcolati con la curva dell’Autorità di Bacino.

7. RAGGUAGLIO DELLE PIOGGE ALL'AREA

Come si è già avuto modo di dire, lo ietogramma di progetto è stato costruito assegnando allo ietogramma una durata opportuna t_p e distribuendo nei successivi intervalli elementari di tempo l'altezza di pioggia ragguagliata h_{rp} determinata per l'intero evento. L'altezza di pioggia ragguagliata h_{rp} è stata determinata, a sua volta, leggendo sulla curva di possibilità climatica puntuale (media) con il tempo di ritorno T assegnato il valore h_p corrispondente alla durata t_p e moltiplicandolo quindi per il coefficiente di riduzione (o di ragguaglio) R che corrisponde alla durata t_p e all'area A_p della zona soggetta all'evento.

Il coefficiente di riduzione R , che è funzione della durata t_p e dell'area A_p (mentre è in pratica indipendente dal tempo di ritorno T) e che è sempre ovviamente minore di uno, decresce al crescere dell'area, mentre cresce al crescere della durata. Decresce al crescere dell'area perché, a parità di durata, l'altezza di pioggia ragguagliata decresce al crescere dell'area (le piogge di particolare intensità tendono infatti a concentrarsi su zone ristrette). Cresce al crescere della durata, perché, a parità di area, la distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia risulta generalmente più uniforme per le piogge di durata maggiore (e minore intensità) che per quelle di durata minore.

Idealmente la situazione migliore sarebbe quella in cui i valori del coefficiente di riduzione sono stati determinati per la zona oggetto di studio. Poiché questo avviene molto difficilmente, è pratica generale adoperare i valori del coefficiente di riduzione determinati per un'altra zona, idrologicamente simile (almeno dal punto di vista della distribuzione spaziale della pioggia) a quella considerata. In questo del resto consiste l'utilità maggiore dell'uso del coefficiente di riduzione.

Circa la scelta dell'area A_p vale la pena di fare un'osservazione. L'area A_p si assume usualmente uguale all'area del bacino idrografico considerato. La scelta non è però sempre la più corretta. I valori sperimentali del coefficiente di riduzione R sono stati infatti determinati per zone di forma piuttosto regolare (all'incirca circolare o ellittica), sostanzialmente concorde con l'andamento delle linee isoiete. Può dunque essere corretto assumere l'area A_p uguale a quella del bacino idrografico quando la forma del bacino è abbastanza compatta (come del resto avviene nella gran maggioranza dei casi). Ma quando la forma del bacino è molto

allungata sembra più corretto attribuire ad A_p un valore maggiore (dal momento che non appare probabile che il centro di scroscio di un evento abbia la stessa forma del bacino). In questo caso la scelta di assumere A_p uguale all'area del bacino idrografico può fornire valori eccessivamente alti dell'altezza di pioggia ragguagliata h_{rp} . L'errore comunque è a favore di sicurezza.

Aggiungiamo un'altra osservazione. Il metodo di ragguaglio all'area adoperato qui - che è di uso assolutamente generale - si basa sull'assunzione esplicita che l'intensità di pioggia sia uniforme nello spazio e sull'assunzione implicita che lo ietogramma della pioggia ragguagliata si possa ottenere da quello della pioggia puntuale moltiplicando tutte le altezze di pioggia parziali, relative ai diversi intervalli di tempo elementari, per uno stesso valore del coefficiente di riduzione (che è appunto il valore corrispondente alla durata t_p e all'area A_p).

Le due assunzioni, che in sostanza equivalgono a considerare il coefficiente di riduzione costante nello spazio e nel tempo, sono naturalmente arbitrarie: l'intensità di pioggia è infatti maggiore nel centro di scroscio che nelle zone circostanti e la differenza è tanto più marcata quanto maggiore è l'intensità nel centro di scroscio. L'assunzione che l'intensità di pioggia sia uniforme nello spazio è d'altra parte congruente con i modelli della trasformazione afflussi-deflussi comunemente adoperati (e adoperati anche qui). E l'assunzione che il coefficiente di riduzione sia costante nel tempo risulta assai meno influente di quanto non possa sembrare, se si tiene conto dell'effetto di laminazione del bacino - oltre che di tutte le altre approssimazioni e di rilievo ben maggiore, che si debbono necessariamente fare nella schematizzazione del problema della valutazione degli idrogrammi di piena.

Le osservazioni sopra riportate non sono comunque state trascurate. E così si è scelto di adoperare i valori del coefficiente di riduzione trovati da Columbo per l'area milanese, che, confrontati con altri risultati sperimentali simili, appaiono decisamente elevati.

I valori del coefficiente di riduzione forniti da Columbo sono riportati nella tab. A.9: essi si riferiscono solo ad alcuni valori della durata e dell'area. Nelle applicazioni dunque è necessario eseguire delle interpolazioni (e qualche volta, per le aree maggiori, anche delle estrapolazioni). Per rendere più spediti i calcoli si è dunque individuata una volta per tutte una formula interpolante, che fornisce i valori del coefficiente di riduzione R in funzione dell'area A e della durata t (che nelle applicazioni coincidono, come si è visto, con l'area A_p e con la durata t_p).

**Tab. A.9 Coefficiente di riduzione delle altezze di pioggia,
in funzione della durata e dell'area (Columbo, 1960)**

Durata [h]	Area [ha]								
	100	300	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000
0,25	0,968	0,917	0,884	0,835	0,804	0,782	0,750	0,722	0,685
0,50	0,970	0,919	0,888	0,840	0,813	0,791	0,759	0,733	0,704
0,75	0,972	0,925	0,890	0,844	0,818	0,798	0,767	0,740	0,714
1	0,973	0,922	0,892	0,846	0,821	0,803	0,772	0,746	0,721
2	0,974	0,924	0,894	0,850	0,827	0,811	0,783	0,757	0,732
3	0,974	0,926	0,896	0,853	0,831	0,815	0,789	0,765	0,741
4	0,974	0,928	0,898	0,857	0,835	0,821	0,796	0,773	0,750
6	0,974	0,930	0,902	0,863	0,843	0,831	0,808	0,788	0,757
12	0,976	0,941	0,916	0,884	0,868	0,858	0,844	0,830	0,816
24	0,982	0,961	0,944	0,923	0,916	0,906	0,900	0,894	0,886

La formula ha la seguente espressione

$$(A.19) \quad R = a - b \ln A - c(\ln A)^2,$$

dove $A=[\text{km}^2]$ e coefficienti a , b e c , che sono funzioni della durata t espressa in ore, sono forniti dalle espressioni

$$(A.20) \quad a = -8,262 \cdot 10^{-6}t^2 + 7,545 \cdot 10^{-4}t + 0,9704,$$

$$(A.21) \quad b = -2,836 \cdot 10^{-5}t^2 + 1,270 \cdot 10^{-4}t + 0,03862,$$

$$(A.22) \quad c = -7,878 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-0,06801t}.$$

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Maione, U., Moisello, U. – *Elementi di statistica per l'idrologia* - La Goliardica Pavese, 1993.

Moisello, U. – *Idrologia tecnica* - La Goliardica Pavese, 1998.

Cunnane, C. – *Statistical distributions for flood frequency analysis* – World Meteorological Organization – Operational Hydrology Report n. 33, 1989.

Piga, E., Salis, M., Passoni, G. – *Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano* – Città Studi, Milano, 1990

ALLEGATO A.2
Dati pluviometrici

Stazione di Alba

Anno	10 min h (mm)	15 min h (mm)	20 min h (mm)	30 min h (mm)	45 min h (mm)	1 ora h (mm)	3 ore h (mm)	6 ore h (mm)	12 ore h (mm)	24 ore h (mm)
1954						21,6	24,8	26,2	37,8	56,6
1955		18				20,8	28,6	35	35,4	50,6
1956	8		11,6			18	31,2	33,4	47,4	77,8
1957	7,5	7,6		25,4		25,6	26	36	50	69
1958	4,2		6	13		15,6	23,2	30	51	86
1959		12,8	14,8			21,2	22	33	55	69,2
1960			6,8		13	19,8	23,6	37	52,8	62,6
1961				6,6		15,4	26,4	34,8	59	93,6
1962				12,4		12,4	18,8	21	32	52,6
1963			13		33	34	35	35,2	45	71,4
1964	6,6		23,6	14,6		29	33,6	33,6	35	59,8
1965						21	24,4	24,6	25,8	41,4
1966	16,6		21,4			20	35	41,2	60	75,4
1967						27,2	29	29	32	43,2
1968		12,8				30	45	65	116,8	159,4
1969						22	34,4	42,6	51	81,8
1970		18,8				29,4	31,8	31,8	56	75,8
1971				27,6		28	28	30	40	52,4
1972				27,4	22	23,2	27,4	42	65	94,4
1973						30	80	150	165	181,4
1976						37,8	38	38	46,6	62,4
1978		17				17	20	33,1	43,6	69,2
1979						25,4	39	39	39	45,6
1980					8	14	25	29,4	50,4	61,2
1981		9,8				22,4	27,4	29	45	74,4
1983						23,8	26,4	26,4	40	59
1985						15,8	22,2	22,2	30,4	48
1986			8,6			15,8	33,6	35,6	48,6	62,2
1987		10,6		16,4	17,6	18,8	33,2	39,2	43,2	72
1988				12	12,8	13,6	20,2	37,2	50,4	57,4
1989				18,6	22	24	24,4	38,6	51	81,6
1990				11,8	14	15,8	20	32,6	53,6	78,6
1991					12,2	15,2	19	29,6	49,6	60,6
1992		15		20	21	22	30,4	38,6	71,6	113,2
1993		13,2		20,8	32	35	39,6	39,8	46,4	76,4
1994				14,4	17,4	20,4	57,4	105,4	170,6	210,6
media	8,580	13,560	13,225	17,214	18,750	22,250	30,667	39,586	55,333	77,411
sqm	4,715	3,663	6,486	6,365	7,731	6,386	11,636	23,544	31,560	36,455
cv	0,550	0,270	0,490	0,370	0,412	0,287	0,379	0,595	0,570	0,471

Stazione di Bra

Anno	10 min h (mm)	15 min h (mm)	30 min h (mm)	45 min h (mm)	1 ora h (mm)	3 ore h (mm)	6 ore h (mm)	12 ore h (mm)	24 ore h (mm)
1952					20,2	24,2	24,2	24,2	40,0
1953					20,0	28,0	42,0	52,0	74,0
1954					37,0	37,0	37,0	37,0	48,0
1955					44,0	48,0	53,0	53,6	53,6
1956		12,0	31,0		31,4	34,0	37,0	37,0	71,0
1957	10,0		13,5		16,0	27,0	31,0	43,0	66,0
1958			13,0		16,0	21,0	31,0	33,6	54,0
1959	11,0		28,6		30,6	45,8	48,8	52,4	64,0
1960					9,0	19,6	28,8	40,0	59,2
1961			10,2		17,0	26,0	30,0	45,4	76,8
1962					13,6	23,2	29,6	39,6	60,0
1963	11,8		21,8		24,2	25,0	29,0	32,4	46,8
1964	16,4				18,2	20,0	31,6	37,4	40,8
1965			13,8		15,0	19,4	19,8	22,4	37,0
1966		15,0			27,0	38,4	39,0	40,2	48,0
1968		31,0			31,0	31,0	39,8	55,6	61,2
1969			11,0		13,0	16,8	20,0	33,8	54,8
1972					13,2	20,2	31,0	47,0	71,6
1973					30,0	60,0	108,0	129,0	139,0
1974			17,4		21,8	30,2	30,6	48,6	80,0
1975					27,0	33,8	36,4	52,8	62,8
1976			14,4		34,2	43,4	58,2	58,6	58,6
1977	10,0				14,8	21,6	26,2	39,6	61,0
1978	10,0				15,2	19,0	28,6	42,6	55,4
1979	8,0		12,4		31,4	34,0	35,8	38,4	53,0
1980				16,0	18,6	24,4	25,8	33,2	50,6
1981			9,0	22,4	22,6	25,6	34,4	41,8	66,0
1982				12,0	14,4	22,0	26,0	45,8	48,4
1983	11,4				14,2	24,6	37,2	53,0	71,6
1984	11,0		44,8		55,8	63,4	63,4	63,4	63,4
1985			6,0	9,8	15,8	23,8	24,6	35,0	59,4
1986	7,4		9,4		24,0	33,6	33,6	38,0	61,2
1987			10,8	12,2	14,2	27,0	39,2	53,6	65,6
1988		10,4	15,2	20,2	25,2	36,0	37,8	46,0	63,0
1989				11,0	13,4	22,2	29,8	45,8	74,4
1990		13,0	16,0	20,4	25,4	50,2	54,8	65,0	84,2
1991			14,4	19,6	25,0	35,8	43,2	69,6	81,0
1992			12,6	15,8	17,8	33,6	55,0	75,8	117,6
1993			15,6	16,4	19,2	28,6	31,8	46,2	78,2
1994			10,8	12,0	12,6	25,0	46,0	77,2	119,0
media	10,700	16,280	15,986	15,650	22,225	30,560	37,725	48,140	66,005
sqm	2,450	8,396	8,741	4,259	9,561	10,982	15,369	18,036	20,719
cv	0,229	0,516	0,547	0,272	0,430	0,359	0,407	0,375	0,314

ALLEGATO A.3
Risultati delle elaborazioni

programma DISTREG
File output1 (risultati) = alba.ris

File dati input= alba.dat

bacino: ALBA 10'
n. eventi = 5
media= 8.580000
s.q.m.= 4.715083
cv= 5.495434E-01

bacino: ALBA 15'
n. eventi = 10
media= 13.560000
s.q.m.= 3.663391
cv= 2.701615E-01

bacino: ALBA 20'
n. eventi = 8
media= 13.225000
s.q.m.= 6.486414
cv= 4.904661E-01

bacino: ALBA 30'
n. eventi = 14
media= 17.214290
s.q.m.= 6.365028
cv= 3.697527E-01

bacino: ALBA 45'
n. eventi = 12
media= 18.750000
s.q.m.= 7.730989
cv= 4.123194E-01

bacino: ALBA 1h
n. eventi = 36
media= 22.250000
s.q.m.= 6.385765
cv= 2.870007E-01

bacino: ALBA 3h
n. eventi = 36
media= 30.666670
s.q.m.= 11.636100
cv= 3.794381E-01

bacino: ALBA 6h
n. eventi = 36
media= 39.586110
s.q.m.= 23.543950
cv= 5.947528E-01

bacino: ALBA 12h
n. eventi = 36
media= 55.333330
s.q.m.= 31.560230
cv= 5.703657E-01

bacino: ALBA 24h
n. eventi = 36
media= 77.411110
s.q.m.= 36.455410
cv= 4.709325E-01

media pesata (regionale) dei momenti (am)

$mp(i,j,k)=\text{som}(am(i,j,k))/N$
mp100 = 1.0000000000000000
mp110 = 6.060973598446908E-001
mp120 = 4.511419113025915E-001
mp130 = 3.663327860519876E-001
mp140 = 3.120091029129695E-001
mp101 = 3.939026427581321E-001
mp102 = 2.389471762565546E-001
mp103 = 1.688008722259488E-001
mp104 = 1.291400485684257E-001

n. bacini regione = 10
n. piene regione (N) = 229.000000
cv dei cv = 2.606213E-01
(regione omogenea se cv dei cv minore di 0.4)

Distribuzione GEV

parametri della distribuzione:

$k = -.24274$

$k+1 = \text{gamma} =$

$.75726451.2158695$

$\text{alfa} = .23119$

$u = .79440$

tempo di ritorno,	prob. di non superamento,	valore calcolato
T	P	x
20	.95000	1.80059
50	.98000	2.29767
100	.99000	2.75121
200	.99500	3.28639
500	.99800	4.14596

Distribuzione GEV: funzione di probabilità

prob. di non superamento, valore corrispondente

.0100	.4994
.0200	.5259
.0300	.5443
.0400	.5591
.0500	.5717
.0600	.5829
.0700	.5931
.0800	.6026
.0900	.6114
.1000	.6198
.1100	.6279
.1200	.6356
.1300	.6430
.1400	.6502
.1500	.6573
.1600	.6642
.1700	.6709
.1800	.6775
.1900	.6841
.2000	.6905
.2100	.6969
.2200	.7032
.2300	.7094
.2400	.7156
.2500	.7218
.2600	.7279
.2700	.7341
.2800	.7402
.2900	.7463
.3000	.7524
.3100	.7586

.3200	.7647
.3300	.7708
.3400	.7770
.3500	.7832
.3600	.7895
.3700	.7957
.3800	.8020
.3900	.8084
.4000	.8148
.4100	.8213
.4200	.8278
.4300	.8344
.4400	.8411
.4500	.8479
.4600	.8547
.4700	.8616
.4800	.8687
.4900	.8758
.5000	.8830
.5100	.8904
.5200	.8978
.5300	.9054
.5400	.9132
.5500	.9211
.5600	.9291
.5700	.9373
.5800	.9457
.5900	.9543
.6000	.9631
.6100	.9721
.6200	.9813
.6300	.9907
.6400	1.0004
.6500	1.0104
.6600	1.0207
.6700	1.0313
.6800	1.0422
.6900	1.0535
.7000	1.0652
.7100	1.0773
.7200	1.0899
.7300	1.1029
.7400	1.1165
.7500	1.1307
.7600	1.1456
.7700	1.1611
.7800	1.1774
.7900	1.1946
.8000	1.2127
.8100	1.2319

.8200	1.2523
.8300	1.2740
.8400	1.2973
.8500	1.3224
.8600	1.3494
.8700	1.3789
.8800	1.4112
.8900	1.4468
.9000	1.4866
.9100	1.5314
.9200	1.5827
.9300	1.6424
.9400	1.7134
.9500	1.8006
.9600	1.9122
.9700	2.0647
.9800	2.2976
.9900	2.7512
.9910	2.8269
.9920	2.9138
.9930	3.0154
.9940	3.1368
.9950	3.2863
.9960	3.4784
.9970	3.7418
.9980	4.1456
.9990	4.9343

programma DISTREG
File output1 (risultati) = bra.ris

File dati input= bra.dat

bacino: Bra 10'
n. eventi = 10
media= 10.700000
s.q.m.= 2.449944
cv= 2.289667E-01

bacino: Bra 15'
n. eventi = 5
media= 16.280000
s.q.m.= 8.395950
cv= 5.157217E-01

bacino: Bra 20'
n. eventi = 8
media= 13.225000
s.q.m.= 6.486414
cv= 4.904661E-01

bacino: Bra 30'
n. eventi = 22
media= 15.986360
s.q.m.= 8.741268
cv= 5.467952E-01

bacino: Bra 45'
n. eventi = 12
media= 15.650000
s.q.m.= 4.258999
cv= 2.721405E-01

bacino: Bra 1h
n. eventi = 40
media= 22.225000
s.q.m.= 9.560837
cv= 4.301839E-01

bacino: Bra 3h
n. eventi = 40
media= 30.560000
s.q.m.= 10.981580
cv= 3.593450E-01

bacino: Bra 6h
n. eventi = 40
media= 37.725000
s.q.m.= 15.369340
cv= 4.074046E-01

bacino: Bra 12h
n. eventi = 40
media= 48.140000
s.q.m.= 18.036270
cv= 3.746629E-01

bacino: Bra 24h
n. eventi = 40
media= 66.005000
s.q.m.= 20.719450
cv= 3.139073E-01

media pesata (regionale) dei momenti (am)

$mp(i,j,k)=\text{som}(am(i,j,k))/N$

mp100 = 1.0000000000000000
mp110 = 6.005962998950528E-001
mp120 = 4.435132125008431E-001
mp130 = 3.573517762269491E-001
mp140 = 3.020844454895197E-001
mp101 = 3.994037065988385E-001
mp102 = 2.423206238431226E-001
mp103 = 1.713989666927649E-001
mp104 = 1.313714213408385E-001

n. bacini regione = 10
n. piene regione (N) = 257.000000
cv dei cv = 2.662665E-01
(regione omogenea se cv dei cv minore di 0.4)

Distribuzione GEV

parametri della distribuzione:

k = -.17633

k+1= gamma=

.82366971.1386607

alfa = .23965

u = .81154

tempo di ritorno, prob. di non superamento, valore calcolato

T	P	x
20	.95000	1.74705
50	.98000	2.15678
100	.99000	2.51109
200	.99500	2.91027
500	.99800	3.51770

Distribuzione GEV: funzione di probabilità

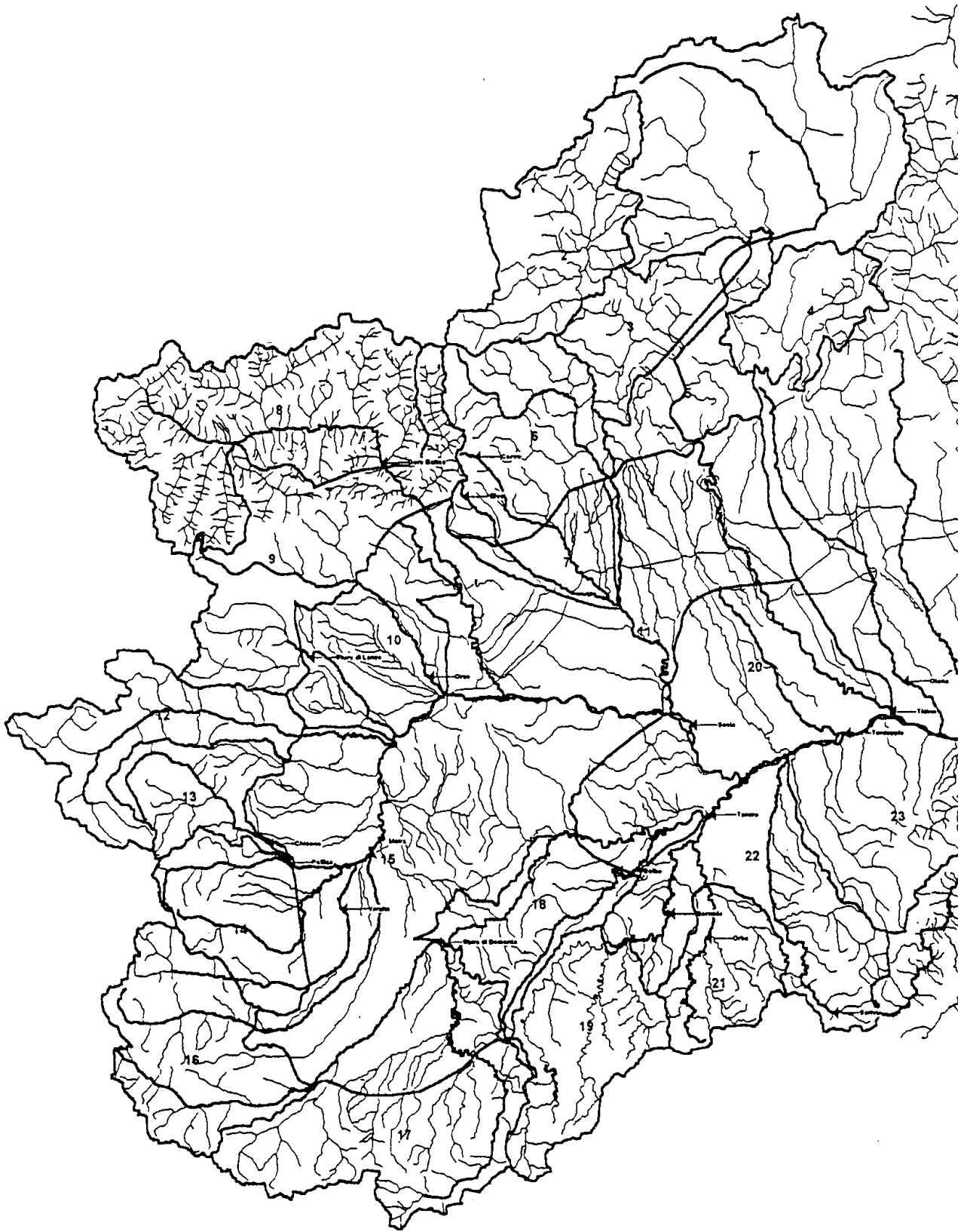
prob. di non superamento, valore corrispondente

.0100	.4907
.0200	.5210
.0300	.5418
.0400	.5584
.0500	.5725
.0600	.5849
.0700	.5963
.0800	.6067
.0900	.6165
.1000	.6257
.1100	.6344
.1200	.6429
.1300	.6510
.1400	.6588
.1500	.6664
.1600	.6739
.1700	.6811
.1800	.6883
.1900	.6953
.2000	.7022
.2100	.7090
.2200	.7157
.2300	.7223
.2400	.7289
.2500	.7355
.2600	.7420
.2700	.7485
.2800	.7549
.2900	.7614
.3000	.7678
.3100	.7742

.3200	.7806
.3300	.7870
.3400	.7935
.3500	.7999
.3600	.8064
.3700	.8129
.3800	.8195
.3900	.8260
.4000	.8327
.4100	.8393
.4200	.8460
.4300	.8528
.4400	.8596
.4500	.8666
.4600	.8735
.4700	.8806
.4800	.8877
.4900	.8950
.5000	.9023
.5100	.9097
.5200	.9172
.5300	.9249
.5400	.9327
.5500	.9406
.5600	.9486
.5700	.9568
.5800	.9652
.5900	.9737
.6000	.9824
.6100	.9913
.6200	1.0005
.6300	1.0098
.6400	1.0193
.6500	1.0291
.6600	1.0392
.6700	1.0495
.6800	1.0602
.6900	1.0712
.7000	1.0825
.7100	1.0942
.7200	1.1063
.7300	1.1189
.7400	1.1319
.7500	1.1455
.7600	1.1596
.7700	1.1743
.7800	1.1898
.7900	1.2060
.8000	1.2230
.8100	1.2410

.8200	1.2600
.8300	1.2802
.8400	1.3018
.8500	1.3248
.8600	1.3496
.8700	1.3765
.8800	1.4058
.8900	1.4379
.9000	1.4735
.9100	1.5134
.9200	1.5586
.9300	1.6109
.9400	1.6724
.9500	1.7470
.9600	1.8413
.9700	1.9679
.9800	2.1568
.9900	2.5111
.9910	2.5687
.9920	2.6344
.9930	2.7104
.9940	2.8005
.9950	2.9102
.9960	3.0492
.9970	3.2367
.9980	3.5174
.9990	4.0460

ALLEGATO A.4
Regionalizzazione delle piogge
(Autorità di bacino)



ALLEGATO A.5
Regionalizzazione delle piogge
(Regione Piemonte)

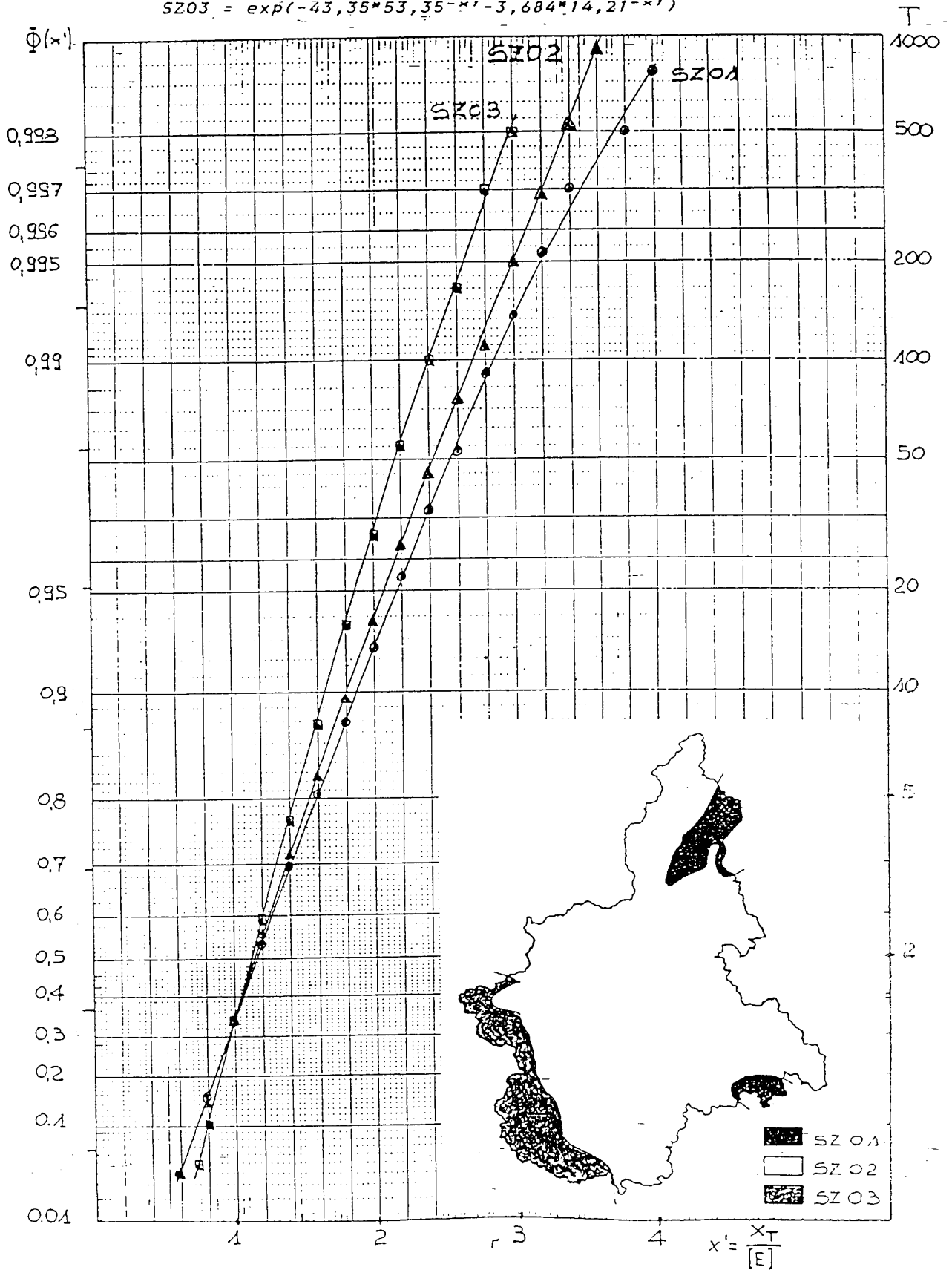
PIEMONTE

CURVE DI CRESCITA

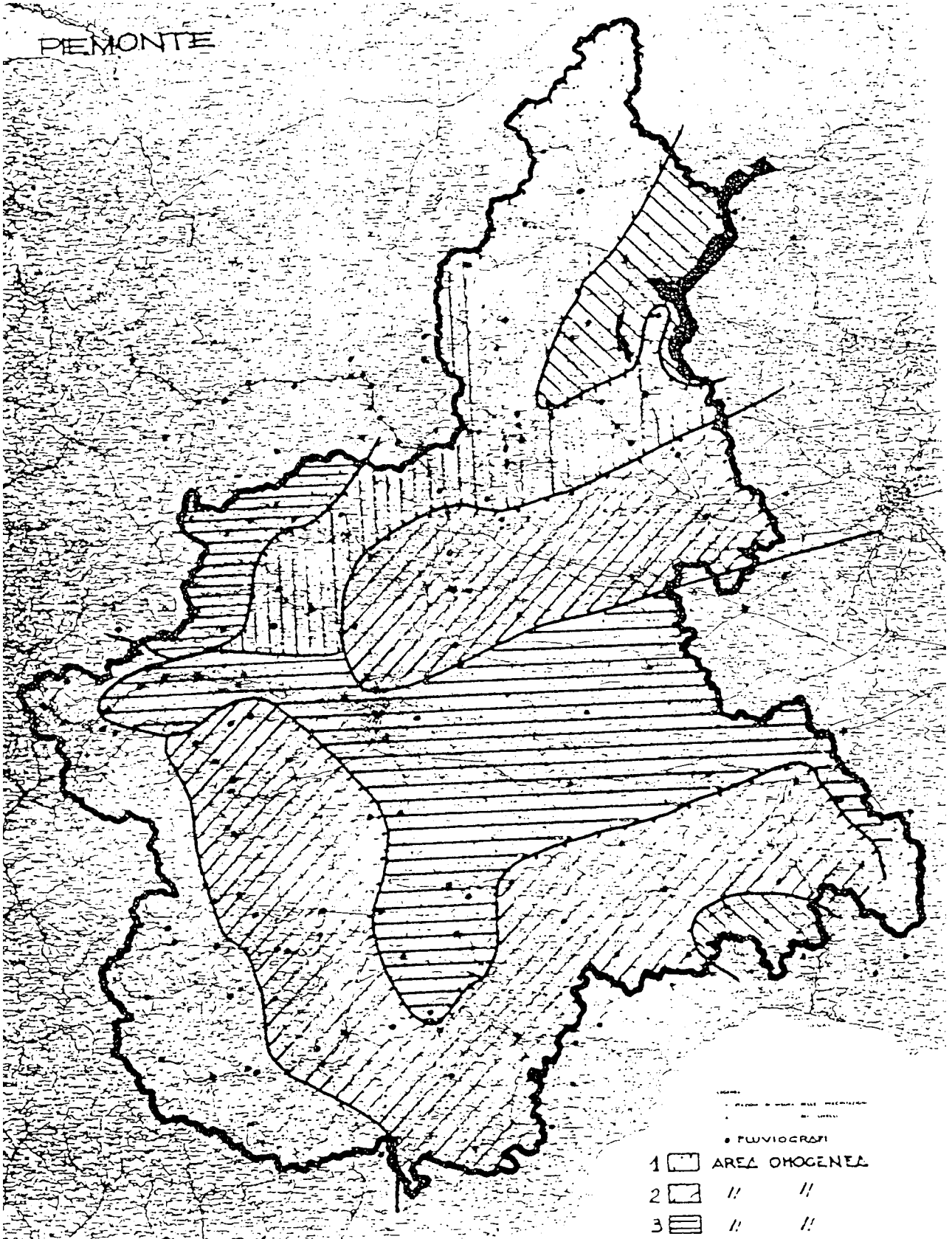
$$SZ01 = \exp(-15,81 \cdot 19,452^{-x'} - 1,885 \cdot 7,179^{-x'})$$

$$SZ02 = \exp(-20,38 \cdot 25,078^{-x'} - 2,231 \cdot 8,498^{-x'})$$

$$SZ03 = \exp(-43,35 \cdot 53,35^{-x'} - 3,684 \cdot 14,21^{-x'})$$



PIEMONTE

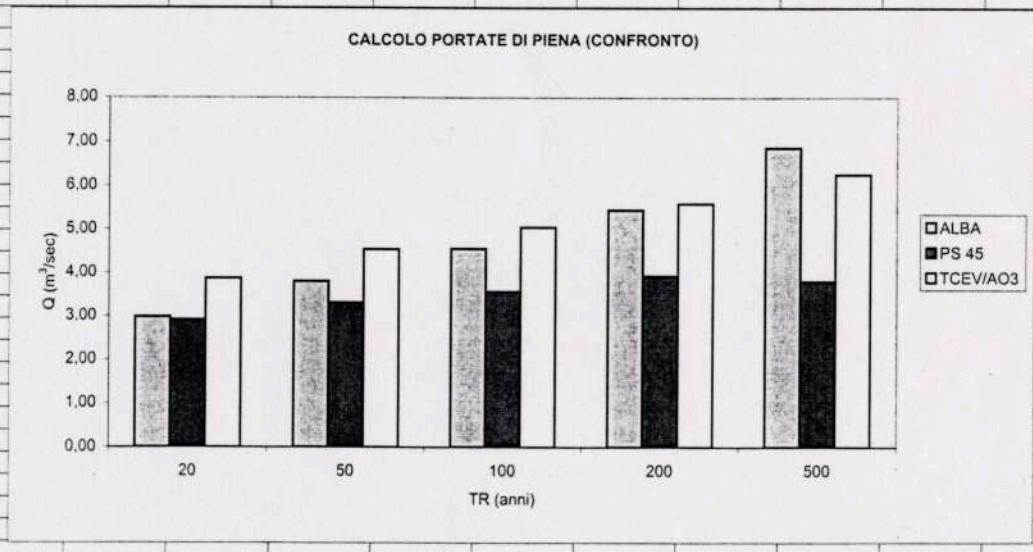


- PIEMONTE
- PIEMONTE E VALLE D'AOSTA
- PIEMONTE
- PLUVIOGRAFI
- 1 AREA OMOGENEA
 - 2 // //
 - 3 // //
 - 4 // //
 - 5 // //
 - 6 // //

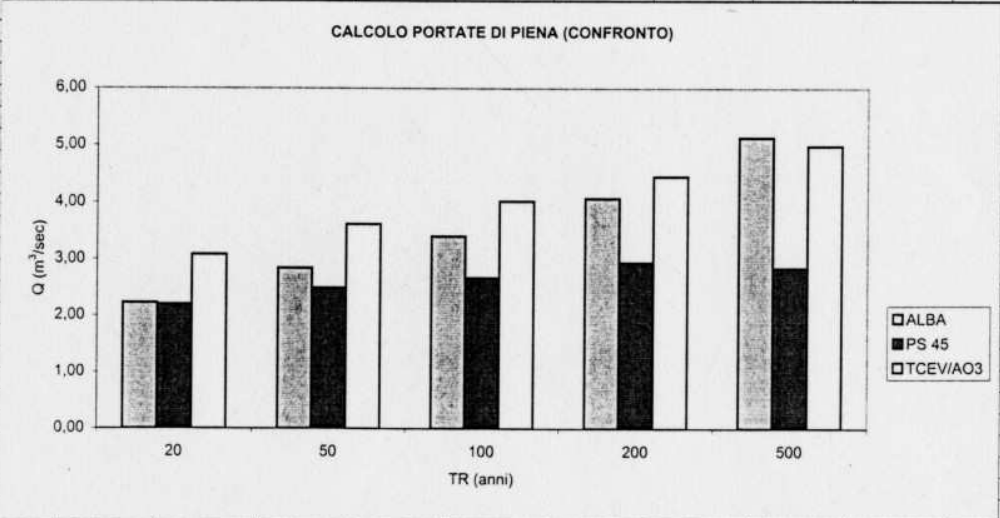


ALLEGATO B - VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

LOTTO:	2.6	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA						
BACINO	Ra							
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE								
Area	0,740	km ²	Calcolo del tempo di corrivazione t_c (ore)					
L asta	2,20	km						
Hmax	370	m s.m.	GIANDOTTI	PASINI	VENTURA	PEZZOLI	S.C.S.	t_c
Hmed	259	m s.m.	t_c	t_c	t_c	t_c	t_c	assunto
Hmin	185,7	m s.m.	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
i	1,3	%						
y vers.	14,3	%	0,98	1,11	0,96	1,29	0,68	1,00
CN Runoff	80							
c Strickler	25							
c deflusso	0,4							
Calcolo portata (metodo razionale)								
A. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA PS45 - bacino pluviografico omogeneo B.P.O.:								18
TR	a	n'	n	t_c	h	Q	q	
anni		(t < 24h)	(t > 24h)	ore	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s*km ²)	
20	114,89	0,37	0,43	1,00	35,45	2,91	3,94	
50	134,82	0,38	0,44	1,00	40,30	3,31	4,48	
100	149,90	0,39	0,44	1,00	43,40	3,57	4,82	
200	164,98	0,39	0,45	1,00	47,77	3,93	5,31	
500	184,91	0,40	0,45	1,00	51,87	4,26	5,76	
B. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI:				ALBA				
			TR	H	t_c	h	Q	q
			anni		ore	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s*km ²)
			20	1,801	1,00	36,26	2,98	4,03
a	19,68		50	2,298	1,00	46,27	3,80	5,14
b	0,576		100	2,751	1,00	55,39	4,55	6,15
c	-0,03890		200	3,286	1,00	66,16	5,44	7,35
			500	4,145	1,00	83,46	6,86	9,27
C. CURVE DI REGIONALIZZAZIONE (MODELLO TCEV)								
					AO:	3	SZO:	2
t_c	E				TR (anni)			
ore	(mm)		20	50	100	200	500	
1,00	22,62	XT (TR)	2,08	2,44	2,71	3,00	3,36	
		Q (m ³ /s)	3,87	4,54	5,04	5,58	6,25	
		q(m ³ /s*km ²)	5,23	6,13	6,81	7,54	8,44	



LOTTO:	2.6	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA						
BACINO	R1							
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE								
Area	0,650	km2	Calcolo del tempo di corrivazione tc (ore)					
L asta	0,30	km						
Hmax	184	m s.m.	GIANDOTTI	PASINI	VENTURA	PEZZOLI	S.C.S.	tc
Hmed	179	m s.m.	tc	tc	tc	tc	tc	assunto
Hmin	176	m s.m.	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
i	0,8	%						
y vers.	0,8	%	2,65	0,70	1,15	2,49	0,58	0,60
CN Runoff	80							
c Strickler	30							
c deflusso	0,25							
Calcolo portata (metodo razionale)								
A. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA PS45 - bacino pluviografico omogeneo B.P.O.:								18
TR	a	n'	n	tc	h	Q	q	
anni		(t < 24h)	(t > 24h)	ore	(mm)	(m3/s)	(m3/s*km2)	
20	114,89	0,37	0,43	0,60	29,34	2,21	3,40	
50	134,82	0,38	0,44	0,60	33,19	2,50	3,84	
100	149,90	0,39	0,44	0,60	35,56	2,68	4,12	
200	164,98	0,39	0,45	0,60	39,14	2,94	4,53	
500	184,91	0,40	0,45	0,60	42,28	3,18	4,89	
B. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI:				ALBA				
			TR	H	tc	h	Q	q
			anni		ore	(mm)	(m3/s)	(m3/s*km2)
			20	1,801	0,60	29,66	2,23	3,43
a	19,68		50	2,298	0,60	37,85	2,85	4,38
b	0,576		100	2,751	0,60	45,31	3,41	5,24
c	-0,03890		200	3,286	0,60	54,12	4,07	6,26
			500	4,145	0,60	68,27	5,14	7,90
C. CURVE DI REGIONALIZZAZIONE (MODELLO TCEV)								
					AO:	3	SZO:	2
tc	E				TR (anni)			
ore	(mm)		20	50	100	200	500	
0,60	19,73		XT (TR)	2,08	2,44	2,71	3,00	3,36
			Q (m3/s)	3,09	3,62	4,02	4,45	4,99
			q(m3/s*km2)	4,75	5,57	6,19	6,85	7,67



LOTTO:	2.6	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA						
BACINO	R2							
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE								
Area	0,046	km2	Calcolo del tempo di corrivazione t_c (ore)					
L asta	0,12	km						
Hmax	227	m s.m.	GIANDOTTI	PASINI	VENTURA	PEZZOLI	S.C.S.	t_c
Hmed	212	m s.m.	t_c	t_c	t_c	t_c	t_c	assunto
Hmin	202	m s.m.	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
i	9,3	%						
y vers.	10	%	0,41	0,06	0,09	0,32	0,08	0,15
CN Runoff	80							
c Strickler	25							
c deflusso	0,9							
Calcolo portata (metodo razionale)								
A. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA PS45 - bacino pluviografico omogeneo B.P.O.:								18
TR	a	n'	n	t_c	h	Q	q	
anni		(t < 24h)	(t > 24h)	ore	(mm)	(m3/s)	(m3/s*km2)	
20	114,89	0,37	0,43	0,15	17,57	1,35	29,28	
50	134,82	0,38	0,44	0,15	19,60	1,50	32,66	
100	149,90	0,39	0,44	0,15	20,71	1,59	34,52	
200	164,98	0,39	0,45	0,15	22,79	1,75	37,99	
500	184,91	0,40	0,45	0,15	24,28	1,86	40,47	
B. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI:								ALBA
			TR	H	t_c	h	Q	q
			anni		ore	(mm)	(m3/s)	(m3/s*km2)
			20	1,801	0,15	18,85	1,45	31,42
a	19,68		50	2,298	0,15	24,05	1,84	40,09
b	0,576		100	2,751	0,15	28,79	2,21	47,99
c	-0,03890		200	3,286	0,15	34,39	2,64	57,32
			500	4,145	0,15	43,38	3,33	72,30
C. CURVE DI REGIONALIZZAZIONE (MODELLO TCEV)								
					AO:	3	SZO:	2
t_c	E				TR (anni)			
ore	(mm)		20	50	100	200	500	
0,15	13,50		XT (TR)	2,08	2,44	2,71	3,00	3,36
			Q (m3/s)	2,15	2,53	2,80	3,11	3,48
			q(m3/s*km2)	46,80	54,90	60,98	67,50	75,60

CALCOLO PORTATE DI PIENA (CONFRONTO)

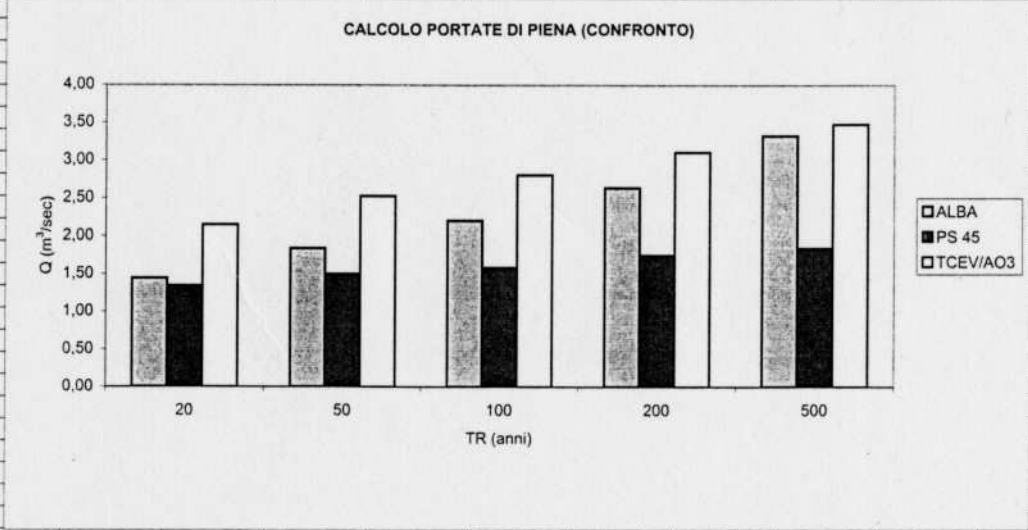
TR (anni)	ALBA	PS 45	TCEV/AO3
20	2,15	1,35	1,45
50	2,50	1,50	1,80
100	2,75	1,55	2,15
200	3,00	1,70	2,50
500	3,30	1,80	3,10

LOTTO:	2.6	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA						
BACINO	Canale Molino							
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE								
Area	3,396	km2	Calcolo del tempo di corrivazione t_c (ore)					
L asta	6,30	km						
Hmax	370	m s.m.	GIANDOTTI	PASINI	VENTURA	PEZZOLI	S.C.S.	t_c
Hmed	253	m s.m.	t_c	t_c	t_c	t_c	t_c	assunto
Hmin	174	m s.m.	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
i	0,5	%						
y vers.	13,7	%	2,37	4,24	3,32	3,14	1,61	3,00
CN Runoff	80							
c Strickler	25							
c deflusso	0,4							

Calcolo portata (metodo razionale)							
A. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA PS45 - bacino pluviografico omogeneo B.P.O.:							18
TR	a	n'	n	t_c	h	Q	q
anni		(t < 24h)	(t > 24h)	ore	(mm)	(m3/s)	(m3/s*km2)
20	114,89	0,37	0,43	3,00	53,23	6,69	1,97
50	134,82	0,38	0,44	3,00	61,18	7,69	2,27
100	149,90	0,39	0,44	3,00	66,62	8,38	2,47
200	164,98	0,39	0,45	3,00	73,32	9,22	2,72
500	184,91	0,40	0,45	3,00	80,49	10,12	2,98

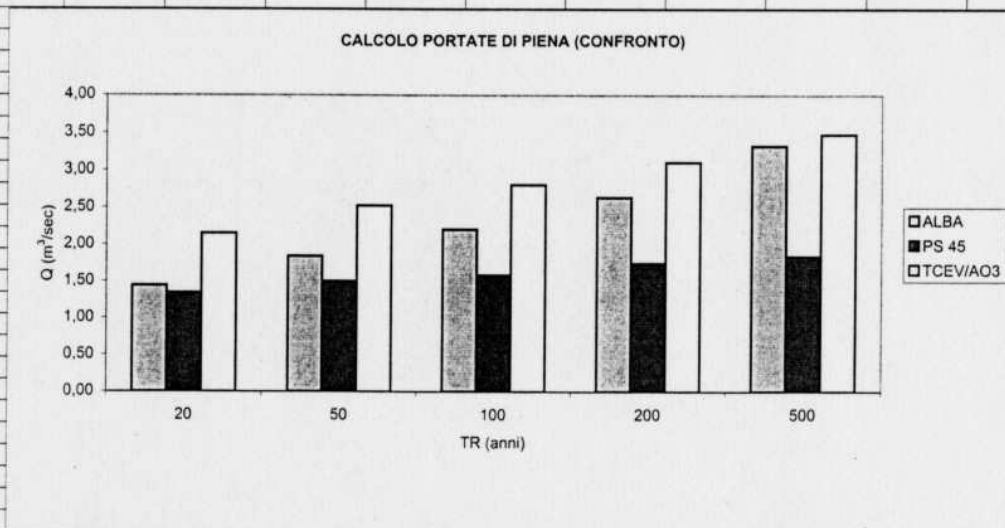
B. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI:				ALBA			
		TR	H	t_c	h	Q	q
		anni		ore	(mm)	(m3/s)	(m3/s*km2)
		20	1,801	3,00	56,90	7,16	2,11
a	19,68	50	2,298	3,00	72,60	9,13	2,69
b	0,576	100	2,751	3,00	86,91	10,93	3,22
c	-0,03890	200	3,286	3,00	103,81	13,06	3,84
		500	4,145	3,00	130,95	16,47	4,85

C. CURVE DI REGIONALIZZAZIONE (MODELLO TCEV)								
				AO:	3	SZO:	2	
t_c	E			TR (anni)				
ore	(mm)			20	50	100	200	500
3,00	30,68	XT (TR)	2,08	2,44	2,71	3,00	3,36	
		Q (m3/s)	8,03	9,41	10,46	11,58	12,96	
		q(m3/s*km2)	2,36	2,77	3,08	3,41	3,82	

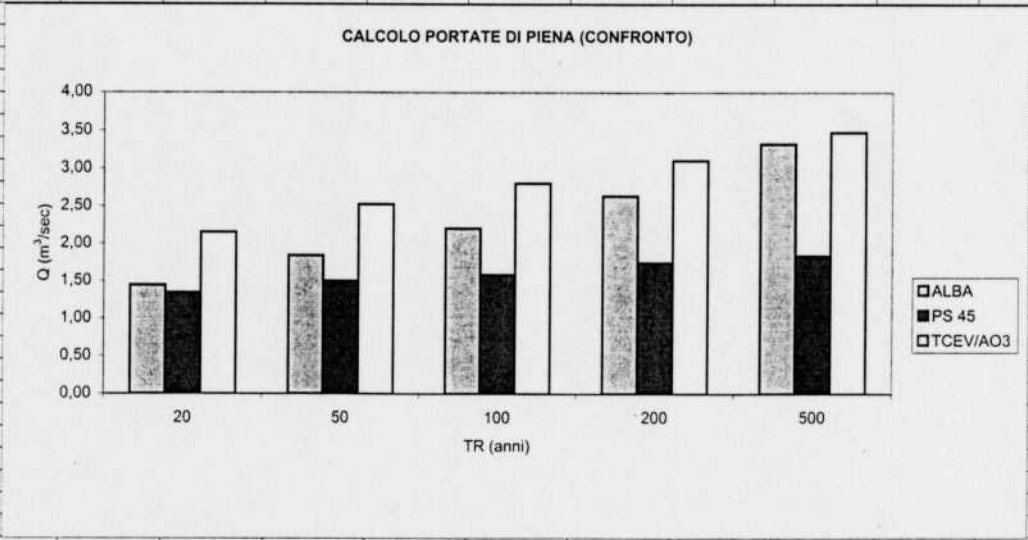


Canale Molino

LOTTO:	2.6	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA						
BACINO	Rio San Giacomo							
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE								
Area	1,019	km ²	Calcolo del tempo di corrivazione t_c (ore)					
L asta	3,20	km						
Hmax	439	m s.m.	GIANDOTTI	PASINI	VENTURA	PEZZOLI	S.C.S.	t_c
Hmed	309	m s.m.	t_c	t_c	t_c	t_c	t_c	assunto
Hmin	194	m s.m.	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
i	5,0	%						
y vers.	15	%	1,03	0,72	0,57	0,68	0,90	0,70
CN Runoff	80							
c Strickler	25							
c deflusso	0,9							
Calcolo portata (metodo razionale)								
A. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA PS45 - bacino pluviografico omogeneo B.P.O.:								18
TR	a	n'	n		t_c	h	Q	q
anni		(t < 24h)	(t > 24h)		ore	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s*km ²)
20	114,89	0,37	0,43		0,70	31,07	11,31	11,10
50	134,82	0,38	0,44		0,70	35,19	12,81	12,57
100	149,90	0,39	0,44		0,70	37,77	13,74	13,49
200	164,98	0,39	0,45		0,70	41,57	15,13	14,84
500	184,91	0,40	0,45		0,70	44,97	16,37	16,06
B. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI: ALBA								
			TR	H	t_c	h	Q	q
			anni		ore	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s*km ²)
			20	1,801	0,70	31,49	11,46	11,25
a	19,68		50	2,298	0,70	40,18	14,62	14,35
b	0,576		100	2,751	0,70	48,10	17,50	17,18
c	-0,03890		200	3,286	0,70	57,45	20,91	20,52
			500	4,145	0,70	72,47	26,37	25,88
C. CURVE DI REGIONALIZZAZIONE (MODELLO TCEV)								
					AO:	3	SZO:	2
t_c	E						TR (anni)	
ore	(mm)		20	50	100	200	500	
0,70	20,44		XT (TR)	2,08	2,44	2,71	3,00	3,36
			Q (m ³ /s)	15,47	18,15	20,16	22,31	24,99
			q(m ³ /s*km ²)	15,18	17,81	19,78	21,90	24,52



LOTTO:	2.6	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA						
BACINO	Rio dei Deglia							
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE								
Area	2,700	km ²	Calcolo del tempo di corrivazione tc (ore)					
L asta	3,80	km						
Hmax	460	m s.m.	GIANDOTTI	PASINI	VENTURA	PEZZOLI	S.C.S.	tc
Hmed	341	m s.m.	tc	tc	tc	tc	tc	assunto
Hmin	200	m s.m.	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
i	6,3	%						
y vers.	15	%	1,29	0,93	0,83	0,93	1,03	0,90
CN Runoff	80							
c Strickler	25							
c deflusso	0,9							
Calcolo portata (metodo razionale)								
A. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA PS45 - bacino pluviografico omogeneo B.P.O.:							18	
TR	a	n'	n	tc	h	Q	q	
anni		(t < 24h)	(t > 24h)	ore	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s*km ²)	
20	114,89	0,37	0,43	0,90	34,09	25,57	9,47	
50	134,82	0,38	0,44	0,90	38,72	29,04	10,75	
100	149,90	0,39	0,44	0,90	41,66	31,24	11,57	
200	164,98	0,39	0,45	0,90	45,85	34,38	12,74	
500	184,91	0,40	0,45	0,90	49,72	37,29	13,81	
B. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI:				ALBA				
			TR	H	tc	h	Q	q
			anni		ore	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s*km ²)
			20	1,801	0,90	34,77	26,08	9,66
a	19,68		50	2,298	0,90	44,36	33,27	12,32
b	0,576		100	2,751	0,90	53,11	39,83	14,75
c	-0,03890		200	3,286	0,90	63,44	47,58	17,62
			500	4,145	0,90	80,02	60,02	22,23
C. CURVE DI REGIONALIZZAZIONE (MODELLO TCEV)								
					AO:	3	SZO:	2
tc	E				TR (anni)			
ore	(mm)		20	50	100	200	500	
0,90	21,94		XT (TR)	2,08	2,44	2,71	3,00	3,36
			Q (m ³ /s)	34,23	40,15	44,60	49,37	55,29
			q(m ³ /s*km ²)	12,68	14,87	16,52	18,29	20,48

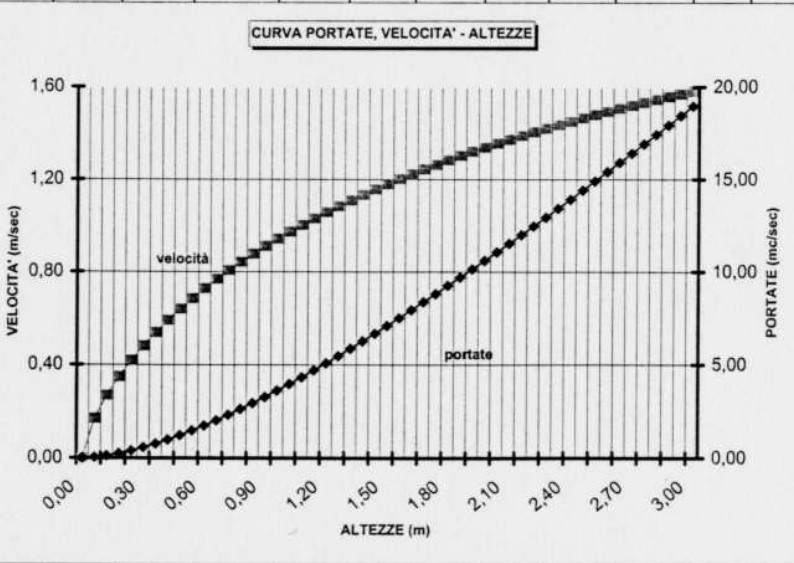


Rio dei Deglia



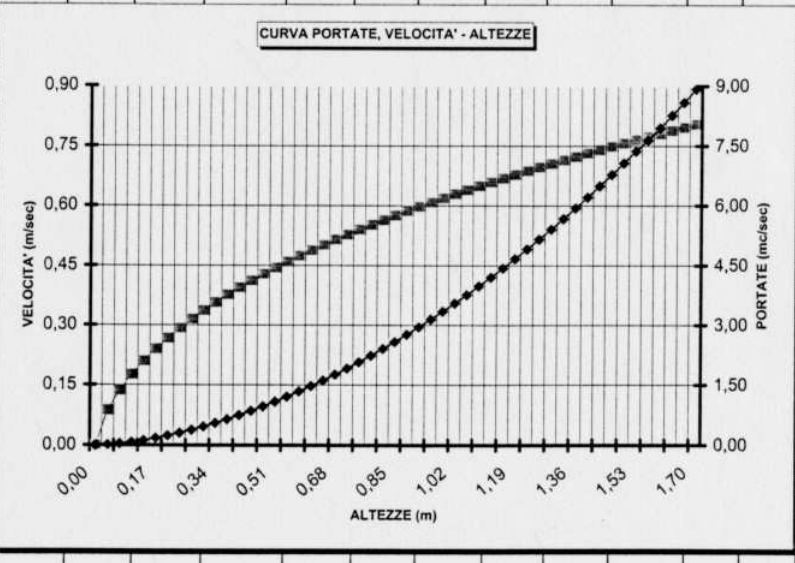
ALLEGATO C - VERIFICHE IDRAULICHE

		Q20= 5,65 m ³ /sec		Q50= 6,50 m ³ /sec		Q100= 7,00 m ³ /sec		Q200= 7,60 m ³ /sec		Q500= 8,40 m ³ /sec						
C. Molino		Y	b	B[sx]	B[dx]	B	A	V	Q	Qc	Fr	V ² /2g	Ri	c**	tau	
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)						
L (m)	4,00	0	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	40,00	0,00	
sx (α)	0,00	1	0,06	4,00	0,06	0,06	4,12	0,24	0,17	0,04	0,18	0,224	0,00	0,06	40,36	0,05
dx (α)	0,00	2	0,12	4,00	0,12	0,12	4,24	0,48	0,27	0,13	0,52	0,248	0,00	0,11	40,70	0,09
Yo(m)	0,00	3	0,18	4,00	0,18	0,18	4,36	0,72	0,35	0,25	0,96	0,263	0,01	0,17	41,04	0,13
dY(m)	0,06	4	0,24	4,00	0,24	0,24	4,48	0,96	0,42	0,40	1,47	0,273	0,01	0,21	41,36	0,17
i (%)	0,08	5	0,30	4,00	0,30	0,30	4,60	1,20	0,48	0,58	2,06	0,280	0,01	0,26	41,67	0,21
c [L]	40,00	6	0,36	4,00	0,36	0,36	4,72	1,44	0,54	0,77	2,71	0,286	0,01	0,31	41,97	0,24
c[sx]	60,00	7	0,42	4,00	0,42	0,42	4,84	1,68	0,59	0,99	3,41	0,291	0,02	0,35	42,26	0,28
c [dx]	60,00	8	0,48	4,00	0,48	0,48	4,96	1,92	0,64	1,23	4,17	0,295	0,02	0,39	42,54	0,31
Ymax (m)	3,00	9	0,54	4,00	0,54	0,54	5,08	2,16	0,68	1,48	4,97	0,297	0,02	0,43	42,81	0,34
Q (m ³ /s)	18,97	10	0,60	4,00	0,60	0,60	5,20	2,40	0,73	1,75	5,82	0,300	0,03	0,46	43,08	0,37
velocità	1,58	11	0,66	4,00	0,66	0,66	5,32	2,64	0,77	2,03	6,72	0,302	0,03	0,50	43,33	0,40
V ² /2g	0,13	12	0,72	4,00	0,72	0,72	5,44	2,88	0,81	2,32	7,65	0,304	0,03	0,53	43,58	0,42
carico	3,13	13	0,78	4,00	0,78	0,78	5,56	3,12	0,84	2,63	8,63	0,305	0,04	0,56	43,82	0,45
		14	0,84	4,00	0,84	0,84	5,68	3,36	0,88	2,95	9,65	0,306	0,04	0,59	44,05	0,47
		15	0,90	4,00	0,90	0,90	5,80	3,60	0,91	3,28	10,70	0,307	0,04	0,62	44,28	0,50
		16	0,96	4,00	0,96	0,96	5,92	3,84	0,94	3,62	11,78	0,307	0,05	0,65	44,50	0,52
		17	1,02	4,00	1,02	1,02	6,04	4,08	0,97	3,97	12,91	0,308	0,05	0,68	44,71	0,54
		18	1,08	4,00	1,08	1,08	6,16	4,32	1,00	4,33	14,06	0,308	0,05	0,70	44,92	0,56
		19	1,14	4,00	1,14	1,14	6,28	4,56	1,03	4,70	15,25	0,308	0,05	0,73	45,13	0,58
		20	1,20	4,00	1,20	1,20	6,40	4,80	1,06	5,08	16,47	0,308	0,06	0,75	45,32	0,60
		21	1,26	4,00	1,26	1,26	6,52	5,04	1,08	5,46	17,72	0,308	0,06	0,77	45,51	0,62
		22	1,32	4,00	1,32	1,32	6,64	5,28	1,11	5,86	19,00	0,308	0,06	0,80	45,70	0,64
		23	1,38	4,00	1,38	1,38	6,76	5,52	1,13	6,26	20,31	0,308	0,07	0,82	45,88	0,65
		24	1,44	4,00	1,44	1,44	6,88	5,76	1,16	6,67	21,65	0,308	0,07	0,84	46,06	0,67
		25	1,50	4,00	1,50	1,50	7,00	6,00	1,18	7,08	23,02	0,308	0,07	0,86	46,23	0,69
		26	1,56	4,00	1,56	1,56	7,12	6,24	1,20	7,50	24,41	0,307	0,07	0,88	46,40	0,70
		27	1,62	4,00	1,62	1,62	7,24	6,48	1,22	7,93	25,83	0,307	0,08	0,90	46,57	0,72
		28	1,68	4,00	1,68	1,68	7,36	6,72	1,24	8,36	27,28	0,306	0,08	0,91	46,73	0,73
		29	1,74	4,00	1,74	1,74	7,48	6,96	1,26	8,80	28,76	0,306	0,08	0,93	46,89	0,74
		30	1,80	4,00	1,80	1,80	7,60	7,20	1,28	9,24	30,26	0,305	0,08	0,95	47,04	0,76
		31	1,86	4,00	1,86	1,86	7,72	7,44	1,30	9,69	31,78	0,305	0,09	0,96	47,19	0,77
		32	1,92	4,00	1,92	1,92	7,84	7,68	1,32	10,14	33,33	0,304	0,09	0,98	47,33	0,78
		33	1,98	4,00	1,98	1,98	7,96	7,92	1,34	10,60	34,91	0,304	0,09	0,99	47,48	0,80
		34	2,04	4,00	2,04	2,04	8,08	8,16	1,36	11,06	36,50	0,303	0,09	1,01	47,62	0,81
		35	2,10	4,00	2,10	2,10	8,20	8,40	1,37	11,53	38,13	0,302	0,10	1,02	47,75	0,82
		36	2,16	4,00	2,16	2,16	8,32	8,64	1,39	12,00	39,77	0,302	0,10	1,04	47,89	0,83
		37	2,22	4,00	2,22	2,22	8,44	8,88	1,40	12,48	41,44	0,301	0,10	1,05	48,02	0,84
		38	2,28	4,00	2,28	2,28	8,56	9,12	1,42	12,96	43,13	0,300	0,10	1,07	48,15	0,85
		39	2,34	4,00	2,34	2,34	8,68	9,36	1,44	13,44	44,85	0,300	0,11	1,08	48,27	0,86
		40	2,40	4,00	2,40	2,40	8,80	9,60	1,45	13,93	46,58	0,299	0,11	1,09	48,39	0,87
		41	2,46	4,00	2,46	2,46	8,92	9,84	1,46	14,42	48,34	0,298	0,11	1,10	48,51	0,88
		42	2,52	4,00	2,52	2,52	9,04	10,08	1,48	14,91	50,12	0,297	0,11	1,12	48,63	0,89
		43	2,58	4,00	2,58	2,58	9,16	10,32	1,49	15,41	51,92	0,297	0,11	1,13	48,75	0,90
		44	2,64	4,00	2,64	2,64	9,28	10,56	1,51	15,91	53,74	0,296	0,12	1,14	48,86	0,91
		45	2,70	4,00	2,70	2,70	9,40	10,80	1,52	16,41	55,58	0,295	0,12	1,15	48,97	0,92
		46	2,76	4,00	2,76	2,76	9,52	11,04	1,53	16,92	57,45	0,294	0,12	1,16	49,08	0,93
		47	2,82	4,00	2,82	2,82	9,64	11,28	1,54	17,42	59,33	0,294	0,12	1,17	49,18	0,94
		48	2,88	4,00	2,88	2,88	9,76	11,52	1,56	17,94	61,23	0,293	0,12	1,18	49,29	0,94
		49	2,94	4,00	2,94	2,94	9,88	11,76	1,57	18,45	63,16	0,292	0,13	1,19	49,39	0,95
		50	3,00	4,00	3,00	3,00	10,00	12,00	1,58	18,97	65,10	0,291	0,13	1,20	49,49	0,96



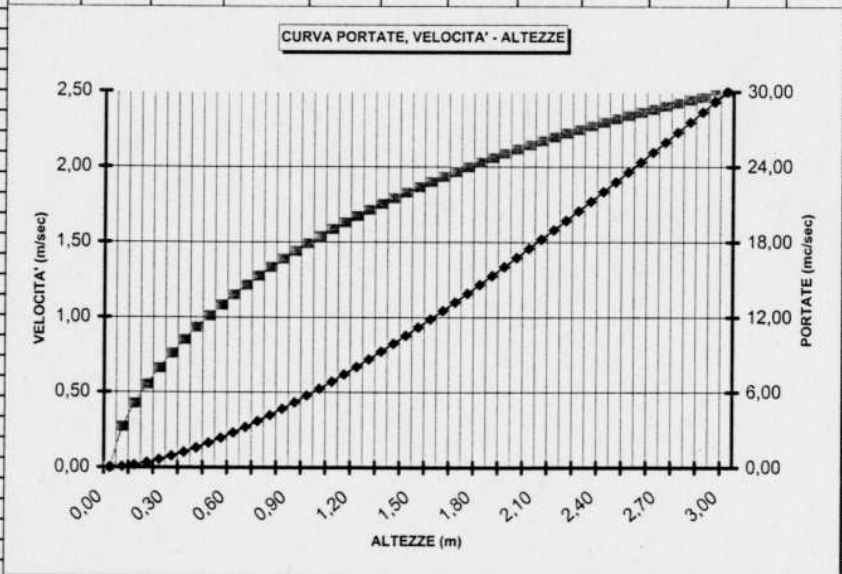
C. Molino: scatolare casello di Verduno

	Q20= 5,65 m³/sec			Q50= 6,50 m³/sec			Q100= 7,00 m³/sec			Q200= 7,60 m³/sec			Q500= 8,40 m³/sec		
C. Molino		Y	b	B[sx]	B[dx]	B	A	V	Q	Qc	Fr	V²/2g	Ri	c**	tau
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mq)	(m/s)	(mc/s)	(mc/s)					
L (m)	4.00	0	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sx (α)	56.31	1	0.03	4.10	0.06	0.06	4.12	0.14	0.09	0.01	0.08	0.152	0.00	0.03	29.81
dx (α)	56.31	2	0.07	4.20	0.12	0.12	4.25	0.28	0.14	0.04	0.23	0.169	0.00	0.07	29.64
Yo(m)	0.00	3	0.10	4.31	0.18	0.18	4.37	0.42	0.18	0.07	0.42	0.179	0.00	0.10	29.48
dY(m)	0.034	4	0.14	4.41	0.25	0.25	4.49	0.57	0.21	0.12	0.64	0.186	0.00	0.13	29.33
i (%)	0.08	5	0.17	4.51	0.31	0.31	4.61	0.72	0.24	0.17	0.91	0.191	0.00	0.16	29.19
c [L]	30.00	6	0.20	4.61	0.37	0.37	4.74	0.88	0.27	0.23	1.20	0.196	0.00	0.19	29.06
c[sx]	25.00	7	0.24	4.71	0.43	0.43	4.86	1.04	0.29	0.30	1.52	0.199	0.00	0.21	28.94
c [dx]	25.00	8	0.27	4.82	0.49	0.49	4.98	1.20	0.32	0.38	1.87	0.202	0.01	0.24	28.82
Ymax (m)	1.70	9	0.31	4.92	0.55	0.55	5.10	1.36	0.34	0.46	2.25	0.204	0.01	0.27	28.71
Q (mc/s)	8.92	10	0.34	5.02	0.61	0.61	5.23	1.53	0.36	0.55	2.65	0.206	0.01	0.29	28.61
velocità	0.80	11	0.37	5.12	0.67	0.67	5.35	1.71	0.38	0.64	3.08	0.208	0.01	0.32	28.51
V²/2g)	0.03	12	0.41	5.22	0.74	0.74	5.47	1.88	0.39	0.74	3.54	0.210	0.01	0.34	28.42
canco	1.73	13	0.44	5.33	0.80	0.80	5.59	2.06	0.41	0.85	4.02	0.211	0.01	0.37	28.33
		14	0.48	5.43	0.86	0.86	5.72	2.24	0.43	0.96	4.52	0.213	0.01	0.39	28.25
		15	0.51	5.53	0.92	0.92	5.84	2.43	0.44	1.08	5.05	0.214	0.01	0.42	28.17
		16	0.54	5.63	0.98	0.98	5.96	2.62	0.46	1.20	5.60	0.215	0.01	0.44	28.09
		17	0.58	5.73	1.04	1.04	6.08	2.81	0.47	1.33	6.17	0.216	0.01	0.46	28.02
		18	0.61	5.84	1.10	1.10	6.21	3.01	0.49	1.47	6.77	0.217	0.01	0.48	27.95
		19	0.65	5.94	1.16	1.16	6.33	3.21	0.50	1.61	7.39	0.218	0.01	0.51	27.89
		20	0.68	6.04	1.23	1.23	6.45	3.41	0.51	1.76	8.04	0.219	0.01	0.53	27.82
		21	0.71	6.14	1.29	1.29	6.57	3.62	0.53	1.91	8.71	0.219	0.01	0.55	27.76
		22	0.75	6.24	1.35	1.35	6.70	3.83	0.54	2.07	9.40	0.220	0.01	0.57	27.71
		23	0.78	6.35	1.41	1.41	6.82	4.05	0.55	2.23	10.12	0.221	0.02	0.59	27.65
		24	0.82	6.45	1.47	1.47	6.94	4.26	0.56	2.40	10.86	0.221	0.02	0.61	27.60
		25	0.85	6.55	1.53	1.53	7.06	4.48	0.58	2.58	11.62	0.222	0.02	0.63	27.55
		26	0.88	6.65	1.59	1.59	7.19	4.71	0.59	2.76	12.41	0.223	0.02	0.66	27.50
		27	0.92	6.75	1.65	1.65	7.31	4.94	0.60	2.95	13.22	0.223	0.02	0.68	27.45
		28	0.95	6.86	1.72	1.72	7.43	5.17	0.61	3.14	14.05	0.224	0.02	0.70	27.41
		29	0.99	6.96	1.78	1.78	7.56	5.40	0.62	3.34	14.91	0.224	0.02	0.72	27.36
		30	1.02	7.06	1.84	1.84	7.68	5.64	0.63	3.55	15.79	0.225	0.02	0.73	27.32
		31	1.05	7.16	1.90	1.90	7.80	5.88	0.64	3.76	16.70	0.225	0.02	0.75	27.28
		32	1.09	7.26	1.96	1.96	7.92	6.13	0.65	3.98	17.63	0.226	0.02	0.77	27.24
		33	1.12	7.37	2.02	2.02	8.05	6.38	0.66	4.20	18.58	0.226	0.02	0.79	27.20
		34	1.16	7.47	2.08	2.08	8.17	6.63	0.67	4.43	19.56	0.227	0.02	0.81	27.17
		35	1.19	7.57	2.15	2.15	8.29	6.88	0.68	4.67	20.56	0.227	0.02	0.83	27.13
		36	1.22	7.67	2.21	2.21	8.41	7.14	0.69	4.91	21.59	0.227	0.02	0.85	27.10
		37	1.26	7.77	2.27	2.27	8.54	7.41	0.70	5.16	22.64	0.228	0.02	0.87	27.06
		38	1.29	7.88	2.33	2.33	8.66	7.67	0.71	5.41	23.72	0.228	0.03	0.89	27.03
		39	1.33	7.98	2.39	2.39	8.78	7.94	0.71	5.67	24.82	0.229	0.03	0.90	27.00
		40	1.36	8.08	2.45	2.45	8.90	8.21	0.72	5.94	25.94	0.229	0.03	0.92	26.97
		41	1.39	8.18	2.51	2.51	9.03	8.49	0.73	6.21	27.09	0.229	0.03	0.94	26.94
		42	1.43	8.28	2.57	2.57	9.15	8.77	0.74	6.49	28.27	0.230	0.03	0.96	26.91
		43	1.46	8.39	2.64	2.64	9.27	9.05	0.75	6.78	29.47	0.230	0.03	0.98	26.88
		44	1.50	8.49	2.70	2.70	9.39	9.34	0.76	7.07	30.69	0.230	0.03	0.99	26.86
		45	1.53	8.59	2.76	2.76	9.52	9.63	0.76	7.37	31.94	0.231	0.03	1.01	26.83
		46	1.56	8.68	2.81	2.81	9.62	9.89	0.77	7.64	33.07	0.231	0.03	1.03	26.81
		47	1.59	8.78	2.87	2.87	9.75	10.19	0.78	7.95	34.37	0.231	0.03	1.05	26.78
		48	1.63	8.88	2.93	2.93	9.87	10.49	0.79	8.27	35.69	0.232	0.03	1.06	26.76
		49	1.66	8.99	3.00	3.00	9.99	10.79	0.80	8.59	37.04	0.232	0.03	1.08	26.74
		50	1.70	9.09	3.06	3.06	10.12	11.10	0.80	8.92	38.42	0.232	0.03	1.10	26.71



C. Molino: sezione trapezia

		Q20= 9,90 m ³ /sec			Q50= 11,40 m ³ /sec			Q100= 12,60 m ³ /sec			Q200= 13,90 m ³ /sec			Q500= 15,80 m ³ /sec		
C. Molino		Y	b	B[sx]	B[dx]	B	A	V	Q	Qc	Fr	V ² /2g	Ri	c**	tau	
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mq)	(m/s)	(mc/s)	(mc/s)						
L (m)	4,00	0	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	40,00	0,00	
sx (α)	0,00	1	0,06	4,00	0,06	0,06	4,12	0,24	0,27	0,07	0,18	0,354	0,00	0,06	40,36	0,12
dx (α)	0,00	2	0,12	4,00	0,12	0,12	4,24	0,48	0,43	0,20	0,52	0,393	0,01	0,11	40,70	0,23
Yo(m)	0,00	3	0,18	4,00	0,18	0,18	4,36	0,72	0,55	0,40	0,96	0,416	0,02	0,17	41,04	0,33
dY(m)	0,06	4	0,24	4,00	0,24	0,24	4,48	0,96	0,66	0,64	1,47	0,432	0,02	0,21	41,36	0,43
i (%)	0,20	5	0,30	4,00	0,30	0,30	4,60	1,20	0,76	0,91	2,06	0,443	0,03	0,26	41,67	0,52
c [L]	40,00	6	0,36	4,00	0,36	0,36	4,72	1,44	0,85	1,22	2,71	0,453	0,04	0,31	41,97	0,61
c[sx]	60,00	7	0,42	4,00	0,42	0,42	4,84	1,68	0,93	1,57	3,41	0,460	0,04	0,35	42,26	0,69
c [dx]	60,00	8	0,48	4,00	0,48	0,48	4,96	1,92	1,01	1,94	4,17	0,466	0,05	0,39	42,54	0,77
Ymax (m)	3,00	9	0,54	4,00	0,54	0,54	5,08	2,16	1,08	2,34	4,97	0,470	0,06	0,43	42,81	0,85
Q (mc/s)	29,99	10	0,60	4,00	0,60	0,60	5,20	2,40	1,15	2,76	5,82	0,474	0,07	0,46	43,08	0,92
velocità	2,50	11	0,66	4,00	0,66	0,66	5,32	2,64	1,21	3,21	6,72	0,477	0,08	0,50	43,33	0,99
V ² /2g	0,32	12	0,72	4,00	0,72	0,72	5,44	2,88	1,28	3,67	7,65	0,480	0,08	0,53	43,58	1,06
canico	3,32	13	0,78	4,00	0,78	0,78	5,56	3,12	1,33	4,16	8,63	0,482	0,09	0,56	43,82	1,12
		14	0,84	4,00	0,84	0,84	5,68	3,36	1,39	4,66	9,65	0,484	0,10	0,59	44,05	1,18
		15	0,90	4,00	0,90	0,90	5,80	3,60	1,44	5,19	10,70	0,485	0,11	0,62	44,28	1,24
		16	0,96	4,00	0,96	0,96	5,92	3,84	1,49	5,73	11,78	0,486	0,11	0,65	44,50	1,30
		17	1,02	4,00	1,02	1,02	6,04	4,08	1,54	6,28	12,91	0,487	0,12	0,68	44,71	1,35
		18	1,08	4,00	1,08	1,08	6,16	4,32	1,59	6,85	14,06	0,487	0,13	0,70	44,92	1,40
		19	1,14	4,00	1,14	1,14	6,28	4,56	1,63	7,43	15,25	0,488	0,14	0,73	45,13	1,45
		20	1,20	4,00	1,20	1,20	6,40	4,80	1,67	8,03	16,47	0,488	0,14	0,75	45,32	1,50
		21	1,26	4,00	1,26	1,26	6,52	5,04	1,71	8,64	17,72	0,488	0,15	0,77	45,51	1,55
		22	1,32	4,00	1,32	1,32	6,64	5,28	1,75	9,26	19,00	0,487	0,16	0,80	45,70	1,59
		23	1,38	4,00	1,38	1,38	6,76	5,52	1,79	9,90	20,31	0,487	0,16	0,82	45,88	1,63
		24	1,44	4,00	1,44	1,44	6,88	5,76	1,83	10,54	21,65	0,487	0,17	0,84	46,06	1,67
		25	1,50	4,00	1,50	1,50	7,00	6,00	1,87	11,19	23,02	0,486	0,18	0,86	46,23	1,71
		26	1,56	4,00	1,56	1,56	7,12	6,24	1,90	11,86	24,41	0,486	0,18	0,88	46,40	1,75
		27	1,62	4,00	1,62	1,62	7,24	6,48	1,93	12,53	25,83	0,485	0,19	0,90	46,57	1,79
		28	1,68	4,00	1,68	1,68	7,36	6,72	1,97	13,22	27,28	0,484	0,20	0,91	46,73	1,83
		29	1,74	4,00	1,74	1,74	7,48	6,96	2,00	13,91	28,76	0,484	0,20	0,93	46,89	1,86
		30	1,80	4,00	1,80	1,80	7,60	7,20	2,03	14,61	30,26	0,483	0,21	0,95	47,04	1,89
		31	1,86	4,00	1,86	1,86	7,72	7,44	2,06	15,32	31,78	0,482	0,22	0,96	47,19	1,93
		32	1,92	4,00	1,92	1,92	7,84	7,68	2,09	16,04	33,33	0,481	0,22	0,98	47,33	1,96
		33	1,98	4,00	1,98	1,98	7,96	7,92	2,12	16,76	34,91	0,480	0,23	0,99	47,48	1,99
		34	2,04	4,00	2,04	2,04	8,08	8,16	2,14	17,49	36,50	0,479	0,23	1,01	47,62	2,02
		35	2,10	4,00	2,10	2,10	8,20	8,40	2,17	18,23	38,13	0,478	0,24	1,02	47,75	2,05
		36	2,16	4,00	2,16	2,16	8,32	8,64	2,20	18,97	39,77	0,477	0,25	1,04	47,89	2,08
		37	2,22	4,00	2,22	2,22	8,44	8,88	2,22	19,73	41,44	0,476	0,25	1,05	48,02	2,10
		38	2,28	4,00	2,28	2,28	8,56	9,12	2,25	20,48	43,13	0,475	0,26	1,07	48,15	2,13
		39	2,34	4,00	2,34	2,34	8,68	9,36	2,27	21,25	44,85	0,474	0,26	1,08	48,27	2,16
		40	2,40	4,00	2,40	2,40	8,80	9,60	2,29	22,02	46,58	0,473	0,27	1,09	48,39	2,18
		41	2,46	4,00	2,46	2,46	8,92	9,84	2,32	22,79	48,34	0,472	0,27	1,10	48,51	2,21
		42	2,52	4,00	2,52	2,52	9,04	10,08	2,34	23,57	50,12	0,470	0,28	1,12	48,63	2,23
		43	2,58	4,00	2,58	2,58	9,16	10,32	2,36	24,36	51,92	0,469	0,28	1,13	48,75	2,25
		44	2,64	4,00	2,64	2,64	9,28	10,56	2,38	25,15	53,74	0,468	0,29	1,14	48,86	2,28
		45	2,70	4,00	2,70	2,70	9,40	10,80	2,40	25,95	55,58	0,467	0,29	1,15	48,97	2,30
		46	2,76	4,00	2,76	2,76	9,52	11,04	2,42	26,75	57,45	0,466	0,30	1,16	49,08	2,32
		47	2,82	4,00	2,82	2,82	9,64	11,28	2,44	27,55	59,33	0,464	0,30	1,17	49,18	2,34
		48	2,88	4,00	2,88	2,88	9,76	11,52	2,46	28,36	61,23	0,463	0,31	1,18	49,29	2,36
		49	2,94	4,00	2,94	2,94	9,88	11,76	2,48	29,17	63,16	0,462	0,31	1,19	49,39	2,38
		50	3,00	4,00	3,00	3,00	10,00	12,00	2,50	29,99	65,10	0,461	0,32	1,20	49,49	2,40



C. Molino: scatolare confluenza C. Erga



ALLEGATO D - RELAZIONE DI MISURA DELLE PORTATE

MISURE DI PORTATA SU CANALE ERGA E CANALE MOLINO

Nel presente rapporto vengono illustrati i risultati delle misure di portata effettuate in data 27 novembre 2001 sul Canale Erga e sul Canale Molino. Contestualmente sono state effettuate rilevate da Tecma le quote di fondo dei canali ed i rispettivi livelli idrici. Fa eccezione la sezione presso la centrale Tefin sul Canale Erga, a geometria fissa in cls, rilevata dagli operatori nel corso della misura di portata.

Per ciascuna misura, eseguita con mulinello idrometrico, si riportano in allegato le tabelle con i valori registrati ed i principali parametri morfologici ed idraulici, i risultati delle elaborazioni dei dati e l'illustrazione della sezione di misura con indicazione dell'andamento, rispetto alle verticali considerate, di:

- fondo alveo;
- velocità media;
- prodotto velocità media per profondità (f_v);

Le sigle che compaiono nelle tabelle si riferiscono ai seguenti parametri:

W	= livello idrico di riferimento
Q	= portata
A	= sezione trasversale di deflusso
b	= larghezza alla superficie
h_m	= profondità media (A/b)
R	= raggio idraulico
q	= portata riferita al bacino sotteso
Q/A	= velocità media alla sezione trasversale
v_{0max}	= velocità massima in superficie
v_{0m}	= velocità media in superficie
$Q/A/v_{0m}$	= rapporto tra velocità media nella sezione trasversale e velocità media in superficie
v_0	= velocità in superficie
v_m	= velocità media
v_u	= prima velocità dal fondo
f_v	= prodotto velocità media per profondità
$cl^{1/2}$	= influenza del gradiente del livello idrico e della scabrezza

Presso i ponti sul Canale Erga, a più luci, l'interpretazione delle misure in allegato è riferita ad ogni singola luce. Il valore di portata del canale è la somma della portata di ciascuna luce.

La tabella che segue riepiloga i valori di portata per ciascuna sezione misurata.

Corso d'acqua	Sezione	Portata (m ³ /s)
Canale Erga	ponte a valle della centrale idroelettrica di Roddi	19.347
Canale Erga	ponte a monte della confluenza con il Canale Molino	19.576
Canale Erga	sezione in cls tra il sifone sotto il T. Talloria e la centrale Tefin	20.767
Canale Molino	ponte monte della confluenza con il Canale Erga	1.059

Le prime due sezione sul Canale Erga, effettuate in corrispondenza di ponti, si trovano a monte della confluenza con il Canale Molino, mentre la terza è collocata a valle.

Ad eccezione della misura effettuata dal ponte a monte della confluenza con il Canale Molino, le altre misure sono state realizzate portando l'operatore sulla verticale di misura tramite il braccio di un escavatore.

Riguardo all'attendibilità delle misure, la sezione situata tra il sifone sotto il T. Talloria e la centrale idroelettrica Tefin è risultata essere la più idonea, in quanto è collocata in un tratto rettilineo uniforme, con sponde e fondo in calcestruzzo. Le misure effettuate in corrispondenza dei ponti risentono dell'effetto di turbolenza provocato dalla presenza delle pile in alveo, oltre che della geometria meno uniforme del canale.

Occorre in ultimo evidenziare che il tipo di misura effettuato può inoltre essere fisiologicamente affetto da un errore stimabile intorno al 5 % (intorno a 1 m³/s per portate dell'ordine dei 20 m³/s).

Evaluation of Discharge Measurement No. 1

Station : Roddi-ponte Erga Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 10:58
 Authority : Ecoplan End : 11:00
 Station No. : 2 Water-level Start : 2.08 m
 End : 2.08 m

Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

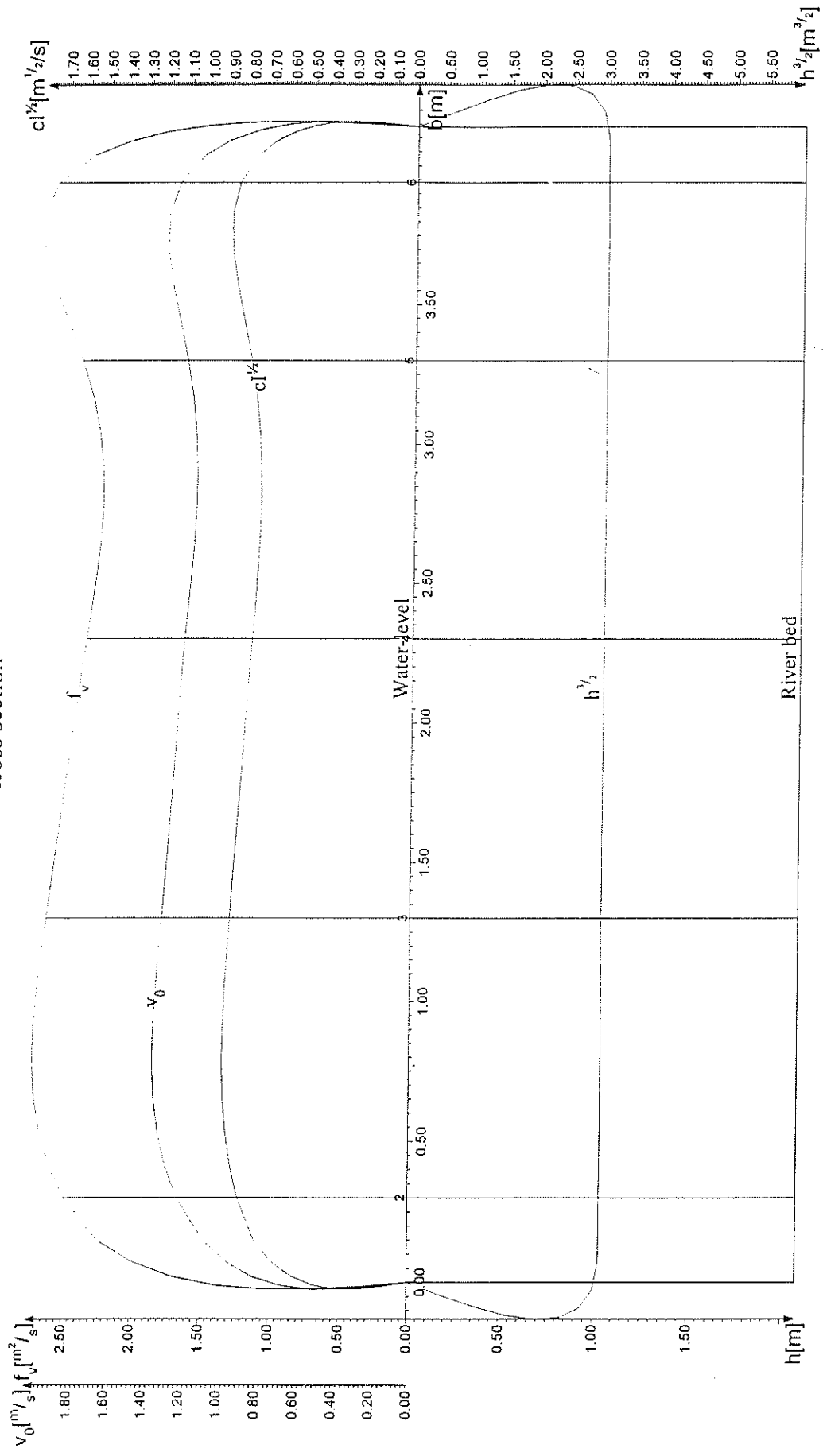
Results of Evaluation:

(Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 2.08 m
 Q = 10.043 m³/s
 A = 8.61 m²
 b = 4.14 m
 hm = 2.08 m
 R = 1.04 m
 P = 12.97 m^{5/2}
 Q/P = 0.77 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 1.17 m/s
 v0max = 1.31 m/s
 v0m = 1.21 m/s
 Q/A/v0m = 0.97

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	2.08	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	2.08	1.218	1.212	1.197	2.489
3	1.30	2.08	1.312	1.351	1.269	2.640
4	2.30	2.08	1.204	1.147	1.133	2.357
5	3.30	2.08	1.204	1.198	1.157	2.406
6	3.94	2.08	1.254	1.307	1.250	2.600
7	4.14	2.08	0.000	0.000	0.000	0.000

cross section

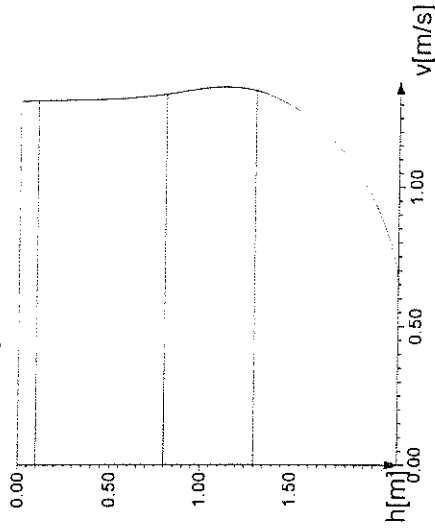


<p>Scale: 1 cm corresponds to ...</p> <p>h : 0.319 m</p> <p>v0 : 0.317 m/s</p> <p>fv : 0.432 m²/s</p> <p>CI^{1/2} : 0.293 m^{1/2}/s</p> <p>(h³)^{1/2} : 0.928 (m³)^{1/2}</p>	<p>Italy</p> <p>Watercourse : Canale Erga</p> <p>Reference-level: 208</p> <p>Water-level : 208.0 cm</p> <p>Cross Section : 8.61 m²</p> <p>Catchment Area : -1.000 km²</p> <p>evaluation:</p>	<p>Station : Roddi-ponte Erg</p> <p>Date : 27.11.2001</p> <p>Discharge : 10.04 m³/s</p> <p>Mean vel. : 1.166 m/s</p> <p>Discharge Q : -1.000 l/(skm²)</p> <p>verification:</p>
---	--	--

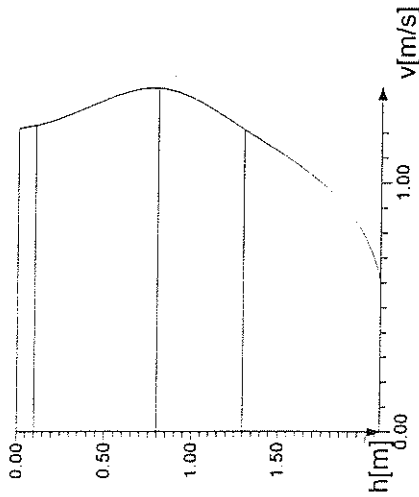


INGENIEURBÜRO
KISTERS

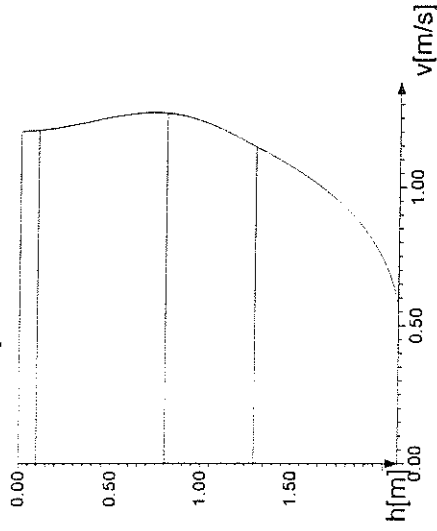
Overview velocity profiles
Perpendicular No.3



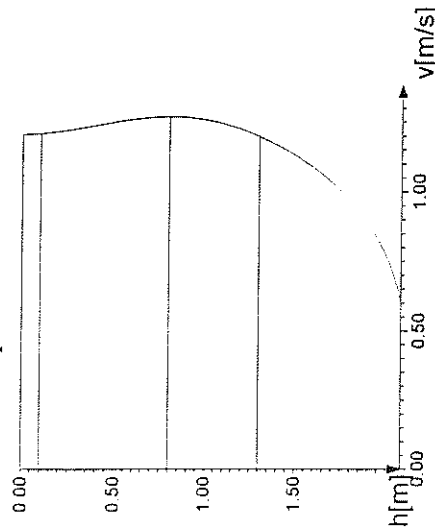
Perpendicular No.2



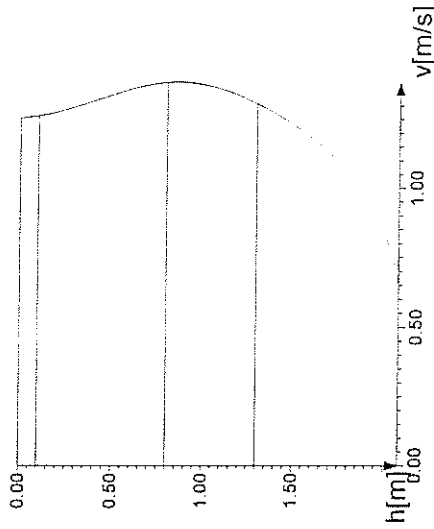
Perpendicular No.4



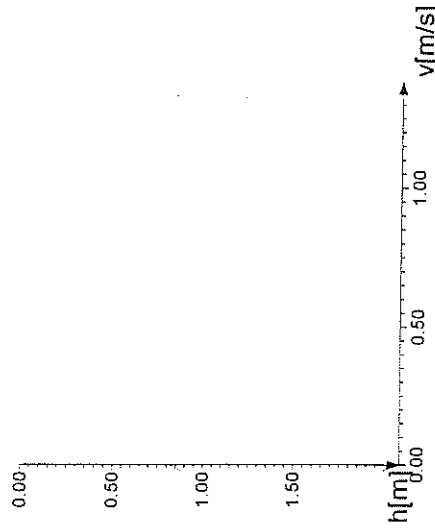
Perpendicular No.5



Perpendicular No.6



no measurement



Scale: 1 cm
corresponds to ...
h : 0.427 m
v : 0.310 m/s

Italia

Watercourse : Canale Erga
Reference-level: 208
Water-level : 208.0 cm
Cross Section : 8.61 m²
Catchment Area : -1.000 km²
evaluation:

Station : Roddi-ponte Erg
Date : 27.11.2001
Discharge : 10.04 m³/s
Mean vel. : 1.166 m/s
Discharge Q : -1.000 l/(skm²)
verification:

Evaluation of Discharge Measurement No. 2

Station : Roddi-ponte Erga Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 10:41
 Authority : Ecoplan End : 10:44
 Station No. : 1-fissa Water-level Start : 2.08 m
 End : 2.08 m

Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

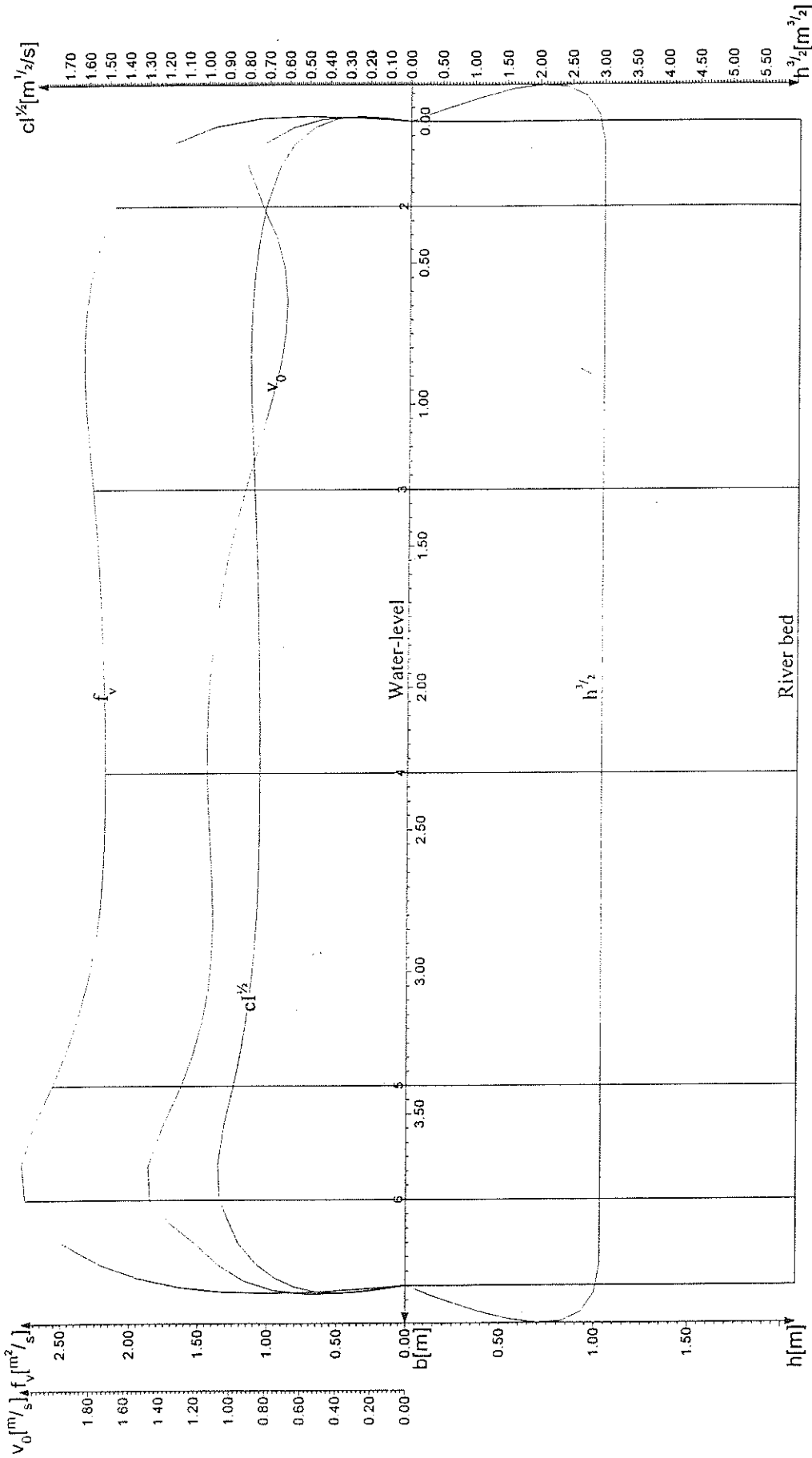
Results of Evaluation:

(Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 2.08 m
 Q = 9.304 m³/s
 A = 8.53 m²
 b = 4.10 m
 hm = 2.08 m
 R = 1.03 m
 P = 12.80 m^{5/2}
 Q/P = 0.73 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 1.09 m/s
 v0max = 1.45 m/s
 v0m = 1.06 m/s
 Q/A/v0m = 1.03

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	2.08	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	2.08	0.837	1.222	1.031	2.145
3	1.30	2.08	0.930	1.191	1.102	2.293
4	2.30	2.08	1.137	1.059	1.054	2.192
5	3.40	2.08	1.276	1.297	1.233	2.566
6	3.80	2.08	1.454	1.355	1.330	2.766
7	4.10	2.08	0.000	0.000	0.000	0.000

cross section



Scale: 1 cm corresponds to ... h : 0.319 m v_0 : 0.342 m/s f_v : 0.436 m ² /s $cl^{1/2}$: 0.299 m ^{1/2} /s $(h^3)^{1/2}$: 0.928 (m ³) ^{1/2}		Italia Watercourse : Canale Erga Reference-level: 250 Water-level : 208.0 cm Cross Section : 8.53 m ² Catchment Area : -1.000 km ² evaluation:	
Station : Roddi-ponte Erg Date : 27.11.2001 Discharge : 9.30 m ³ /s Mean vel. : 1.091 m/s Discharge Q : -1.000 l/(skm ²) verification:			



Evaluation of Discharge Measurement No. 1

Station : Roddi-confl. Molino Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 11:50
 Authority : Ecoplan End : 11:52
 Station No. : 2 Water-level Start : 2.48 m
 End : 2.48 m
 Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

Results of Evaluation:
 (Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 2.48 m
 Q = 6.712 m³/s
 A = 12.19 m²
 b = 5.13 m
 hm = 2.38 m
 R = 1.29 m
 P = 19.53 m^{5/2}
 Q/P = 0.34 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 0.55 m/s
 v0max = 0.92 m/s
 v0m = 0.62 m/s
 Q/A/v0m = 0.89

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.50	2.35	0.662	0.368	0.578	1.359
3	2.00	2.43	0.793	0.368	0.599	1.457
4	3.00	2.46	0.792	0.368	0.584	1.437
5	4.80	2.14	0.915	0.340	0.673	1.440
6	5.13	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Evaluation of Discharge Measurement No. 1

Station : Roddi-confl. Molino Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 11:18
 Authority : Ecoplan End : 11:19
 Station No. : 1 Water-level Start : 2.62 m
 End : 2.62 m

Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

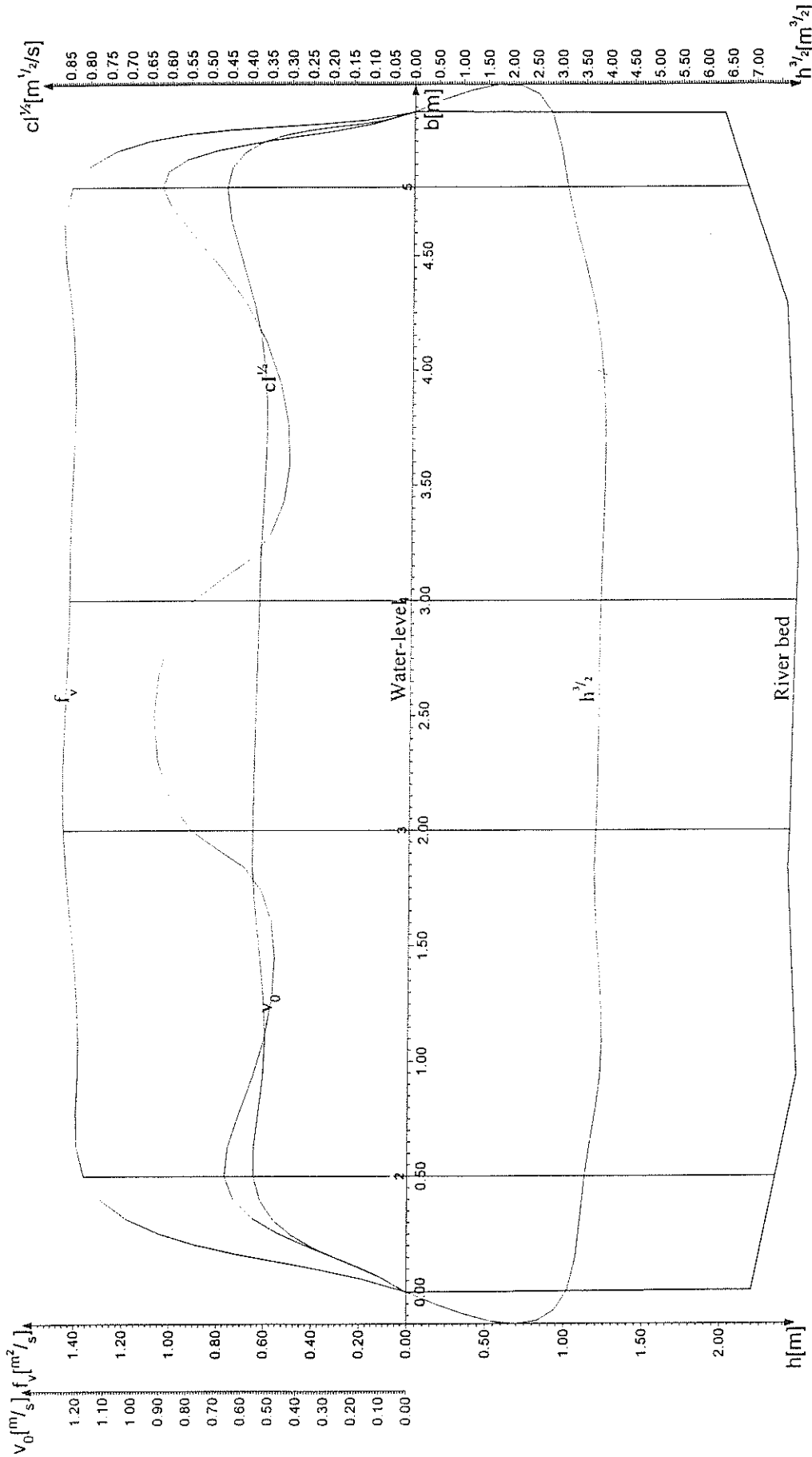
Results of Evaluation:

(Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 2.62 m
 Q = 3.072 m³/s
 A = 7.46 m²
 b = 3.41 m
 hm = 2.19 m
 R = 1.01 m
 P = 11.65 m^{5/2}
 Q/P = 0.26 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 0.41 m/s
 v0max = 0.59 m/s
 v0m = 0.31 m/s
 Q/A/v0m = 1.32

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.00	2.16	0.387	0.350	0.509	1.100
3	2.00	2.50	0.593	0.711	0.682	1.706
4	3.00	2.25	0.084	0.267	0.252	0.567
5	3.41	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

cross section



Scale: 1 cm corresponds to ...

h	: 0.380 m
v0	: 0.218 m/s
fv	: 0.252 m ² /s
cl ^{1/2}	: 0.148 m ^{1/2} /s
(h ³) ^{1/2}	: 1.215 (m ³) ^{1/2}

Italia

Watercourse	: Canale Erga
Reference-level	: 250
Water-level	: 248.0 cm
Cross Section	: 12.19 m ²
Catchment Area	: -1.000 km ²

evaluation:

Station	: Roddi-confl. Mo
Date	: 27.11.2001
Discharge	: 6.71 m ³ /s
Mean vel.	: 0.550 m/s
Discharge Q	: -1.000 l/(s·km ²)

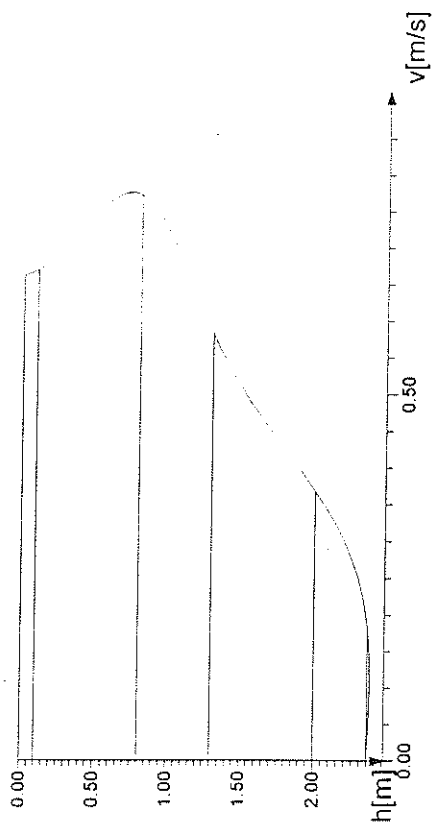
verification:



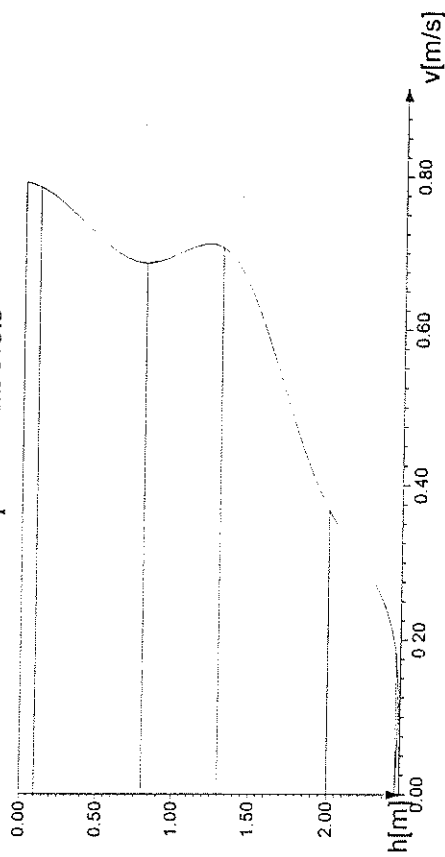
INGENIEURBÜRO
KISTERS

Overview velocity profiles

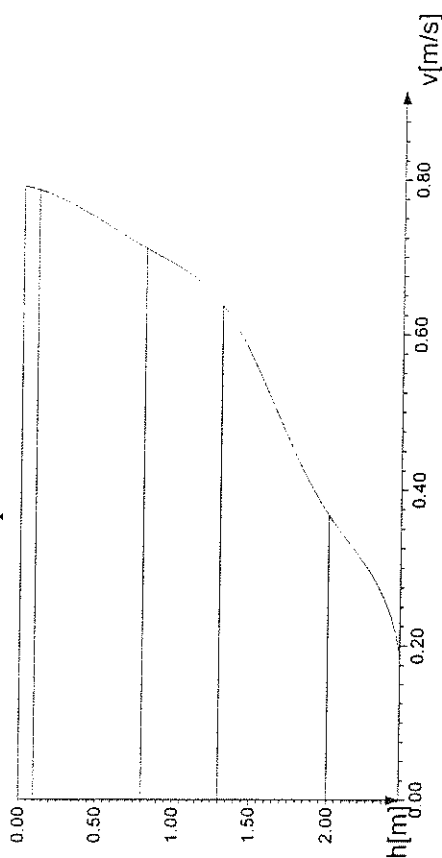
Perpendicular No.2



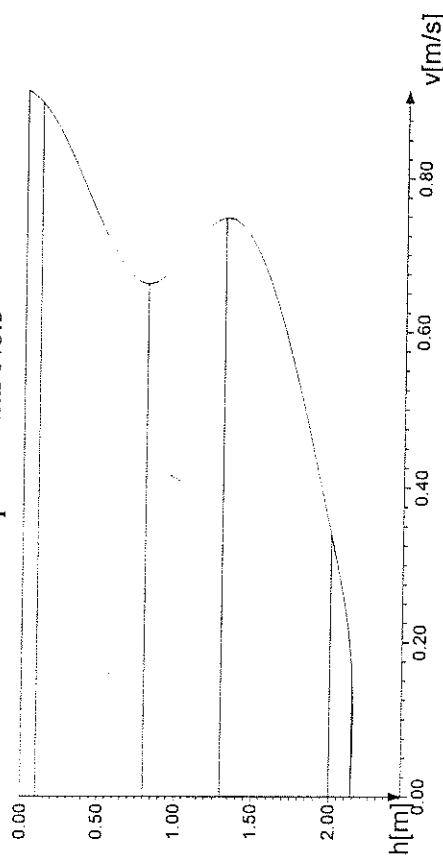
Perpendicular No.3



Perpendicular No.4



Perpendicular No.5



Scale: 1 cm

corresponds to ...

h : 0.505 m

v : 0.106 m/s

Italia

Watercourse : Canale Erga

Reference-level: 250

Water-level : 248.0 cm

Cross Section : 12.19 m²

Catchment Area : -1.000 km²

evaluation:

Station : Roddi-confl. Mo

Date : 27.11.2001

Discharge : 6.71 m³/s

Mean vel. : 0.550 m/s

Discharge Q : -1.000 l/(s·km²)

verification:

Evaluation of Discharge Measurement No. 1

Station : Roddi-confl. Molino Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 11:55
 Authority : Ecoplan End : 11:57
 Station No. : 3 Water-level Start : 2.69 m
 End : 2.69 m
 Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

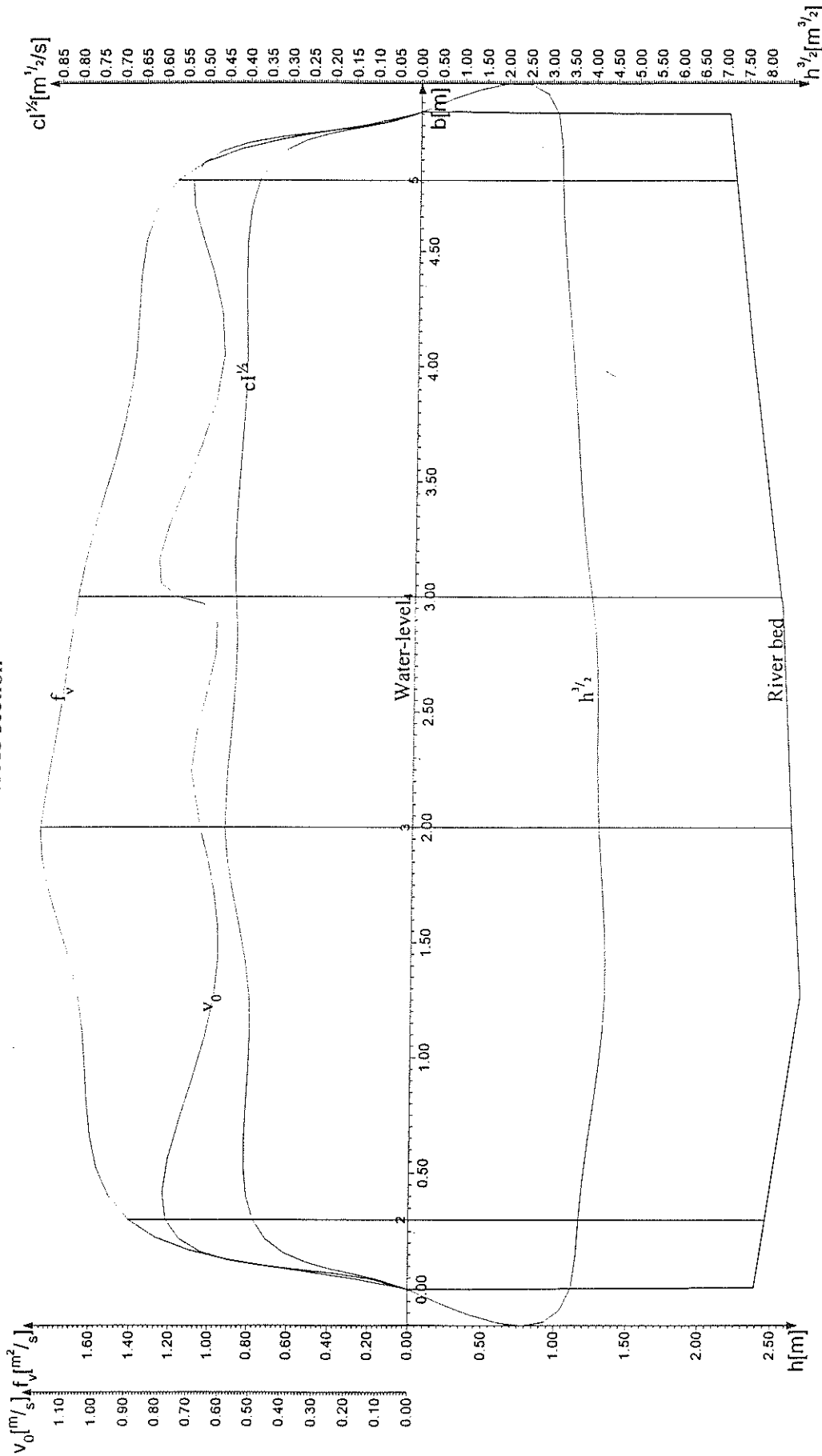
Results of Evaluation:

(Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 2.69 m
 Q = 7.581 m³/s
 A = 12.63 m²
 b = 5.11 m
 hm = 2.47 m
 R = 1.30 m
 P = 20.59 m^{5/2}
 Q/P = 0.37 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 0.60 m/s
 v0max = 0.77 m/s
 v0m = 0.64 m/s
 Q/A/v0m = 0.94

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	2.46	0.769	0.284	0.572	1.406
3	2.00	2.62	0.671	0.683	0.714	1.870
4	3.00	2.53	0.755	0.569	0.669	1.692
5	4.81	2.19	0.718	0.246	0.556	1.218
6	5.11	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

CROSS SECTION



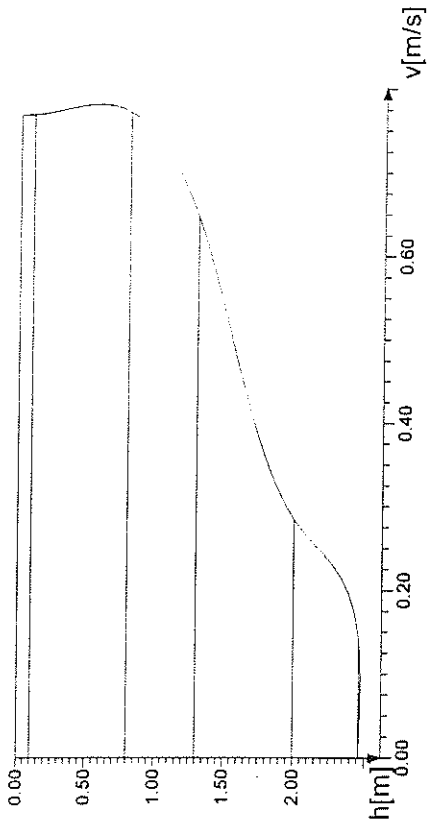
<p>Scale: 1 cm corresponds to ...</p> <p>h : 0.413 m</p> <p>v0 : 0.190 m/s</p> <p>fv : 0.300 m²/s</p> <p>ci^{1/2} : 0.142 m^{1/2}/s</p> <p>(h³)^{1/2} : 1.365 (m³)^{1/2}</p>	<p>Italy</p> <p>Watercourse : Canale Erga</p> <p>Reference-level: 250</p> <p>Water-level : 269.0 cm</p> <p>Cross Section : 12.63 m²</p> <p>Catchment Area : -1.000 km²</p> <p>evaluation:</p>	<p>Station : Roddi-confl. Mo</p> <p>Date : 27.11.2001</p> <p>Discharge : 7.58 m³/s</p> <p>Mean vel. : 0.600 m/s</p> <p>Discharge Q : -1.000 l/(skm²)</p> <p>verification:</p>
---	---	---



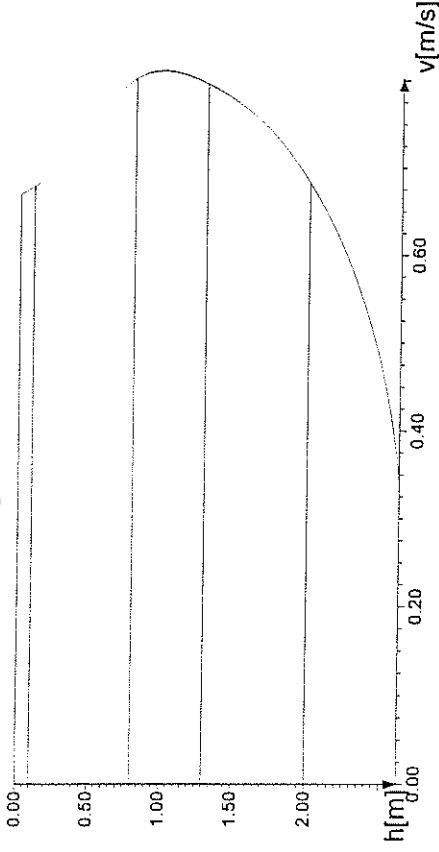
INGENIEURBÜRO
KISTERS

Overview velocity profiles

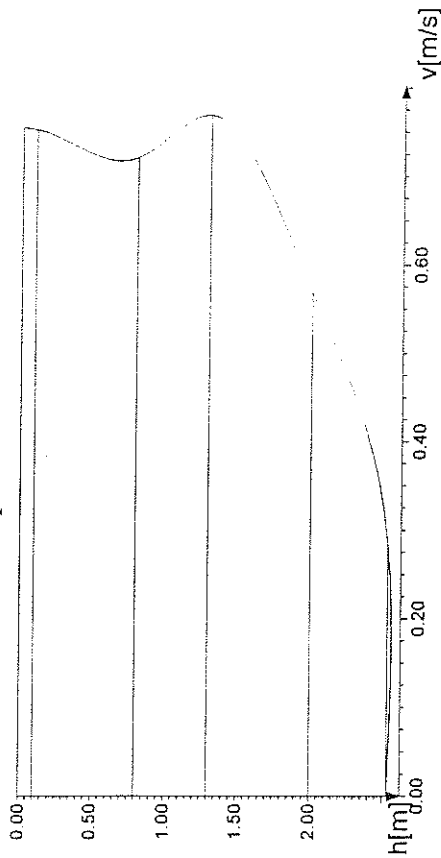
Perpendicular No.2



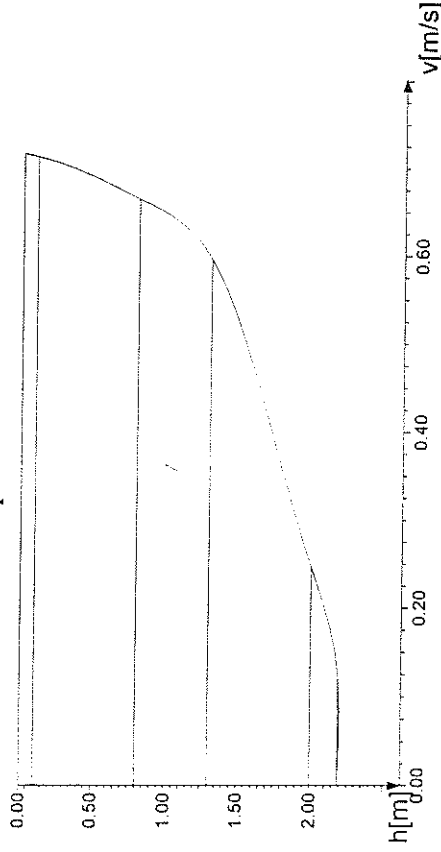
Perpendicular No.3



Perpendicular No.4



Perpendicular No.5



Scale: 1 cm

corresponds to ...

h : 0.538 m

v : 0.093 m/s

Italia

Watercourse : Canale Erga

Reference-level: 250

Water-level : 269.0 cm

Cross Section : 12.63 m²

Catchment Area : -1.000 km²

evaluation:

Station : Roddi-confl. Mo

Date : 27.11.2001

Discharge : 7.58 m³/s

Mean vel. : 0.600 m/s

Discharge Q : -1.000 l/(s·km²)

verification:

Evaluation of Discharge Measurement No. 1

Station : Roddi-Confl. Molino Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 11:58
 Authority : Ecoplan End : 12:01
 Station No. : 4 Water-level Start : 1.80 m
 End : 1.80 m
 Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

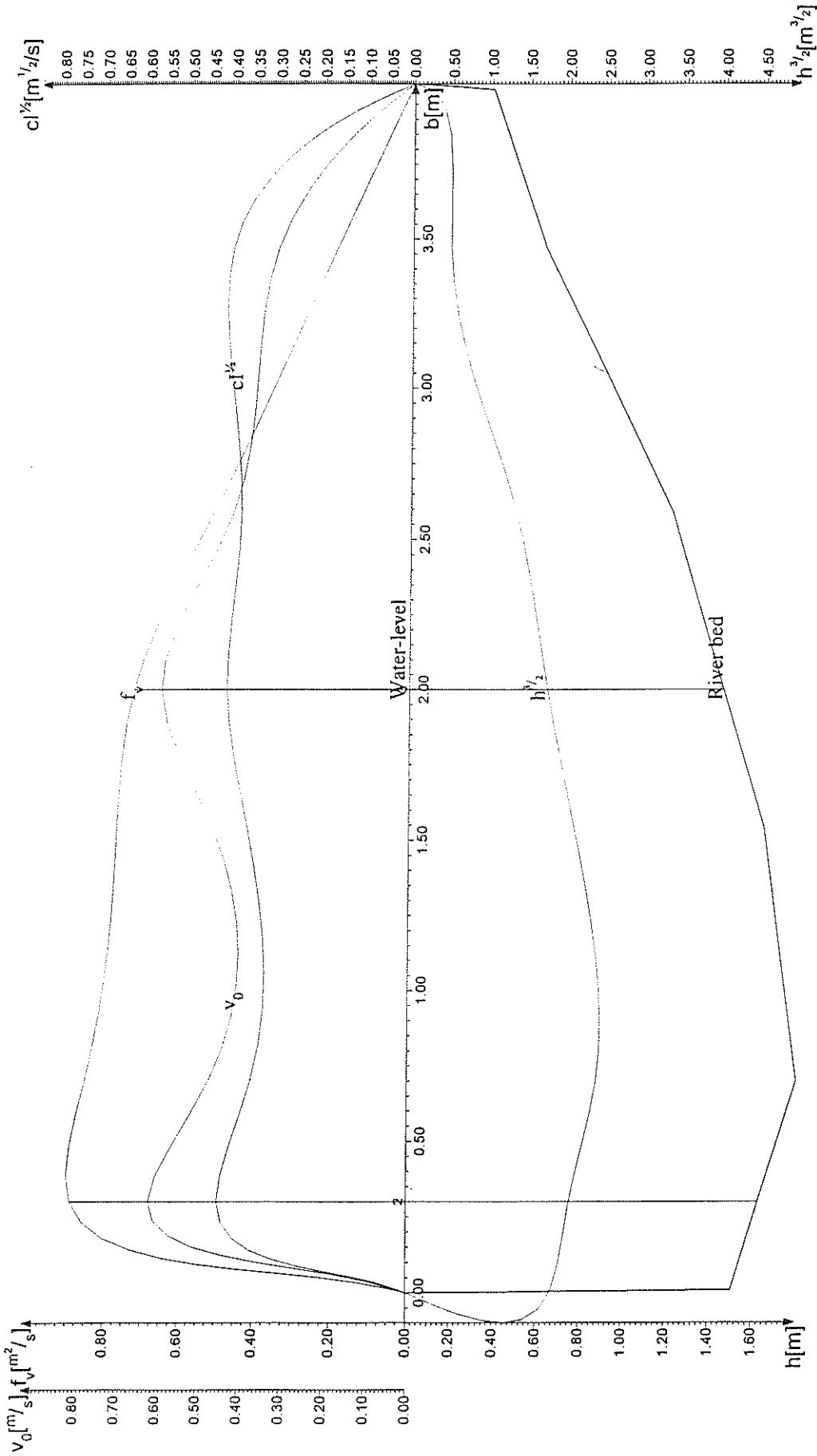
Results of Evaluation:

(Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 1.80 m
 Q = 2.211 m³/s
 A = 5.18 m²
 b = 4.02 m
 hm = 1.29 m
 R = 0.83 m
 P = 6.39 m^{5/2}
 Q/P = 0.35 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 0.43 m/s
 v0max = 0.62 m/s
 v0m = 0.41 m/s
 Q/A/v0m = 1.03

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	1.63	0.619	0.396	0.545	0.889
3	2.00	1.46	0.594	0.482	0.497	0.726
4	4.02	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

cross section



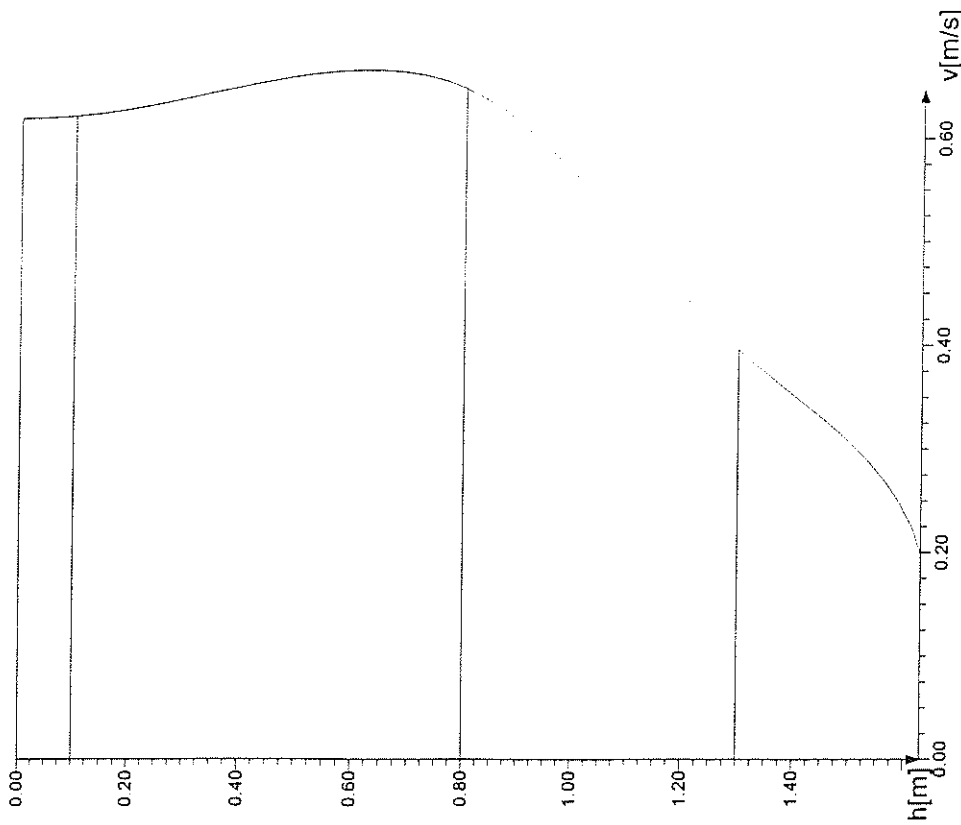
Scale: 1 cm corresponds to ... h : 0.276 m v0 : 0.144 m/s fv : 0.158 m ² /s cl ^{1/2} : 0.137 m ^{1/2} /s (h ³) ^{1/2} : 0.760 (m ³) ^{1/2}		Italia Watercourse : Canale Erga Reference-level: 250 Water-level : 180.0 cm Cross Section : 5.18 m ² Catchment Area : -1.000 km ² evaluation:	
		Station : Roddi-Confl. Mo Date : 27.11.2001 Discharge : 2.21 m ³ /s Mean vel. : 0.427 m/s Discharge Q : -1.000 l/(skm ²) verification:	



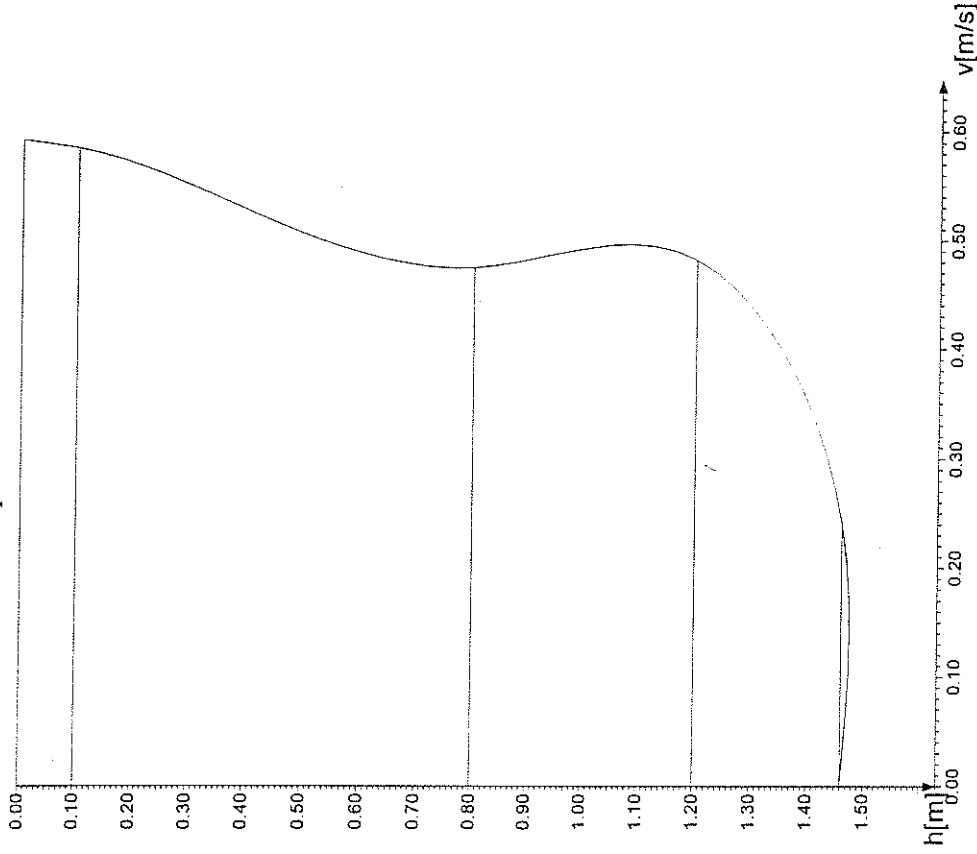
INGENIEURBÜRO
KISTERS

Overview velocity profiles

Perpendicular No.2



Perpendicular No.3



Scale: 1 cm

corresponds to ...

h : 0.136 m

v : 0.075 m/s

Italia

Watercourse : Canale Erga

Reference-level: 250

Water-level : 180.0 cm

Cross Section : 5.18 m²

Catchment Area : -1.000 km²

evaluation:

Station

Date : 27.11.2001

Discharge : 2.21 m³ / s

Mean vel. : 0.427 m/s

Discharge Q : -1.000 l / (skm²)

verification:

Evaluation of Discharge Measurement No. 1

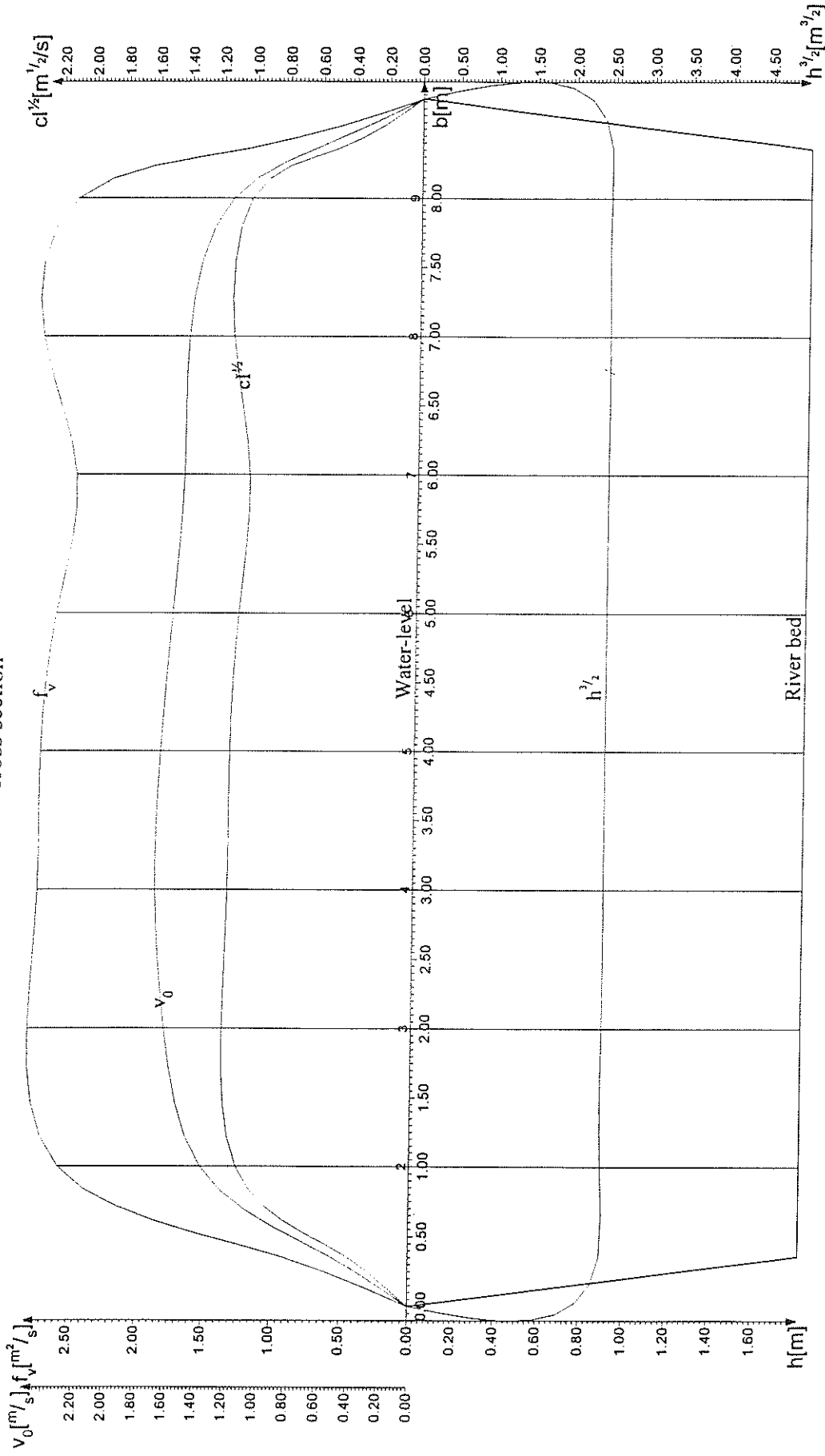
Station : Roddi-Centrale TEFIN Measuring Date : 27.11.2001
 Watercourse : Canale Erga Time Start : 13:02
 Authority : Ecoplan End : 14:10
 Station No. : 1 Water-level Start : 1.82 m
 End : 1.82 m
 Used Calibrations : No. 1
 Catchment Area : -1.0 km²
 Duration of Measurement: 30 s

Results of Evaluation:
 (Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 1.82 m
 Q = 20.767 m³/s
 A = 15.22 m²
 b = 8.72 m
 hm = 1.74 m
 R = 1.30 m
 P = 21.66 m^{5/2}
 Q/P = 0.96 m^{0.5}/s
 q = 0 l/(s km²)
 Q/A = 1.36 m/s
 v0max = 1.68 m/s
 v0m = 1.38 m/s
 Q/A/v0m = 0.99

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.00	1.82	1.356	1.413	1.416	2.576
3	2.00	1.82	1.610	1.603	1.546	2.813
4	3.00	1.82	1.683	1.542	1.515	2.757
5	4.00	1.82	1.656	1.535	1.509	2.746
6	5.00	1.82	1.586	1.474	1.451	2.641
7	6.00	1.82	1.522	1.382	1.375	2.503
8	7.00	1.82	1.499	1.576	1.518	2.762
9	8.00	1.82	1.219	1.487	1.383	2.517
10	8.72	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Cross section

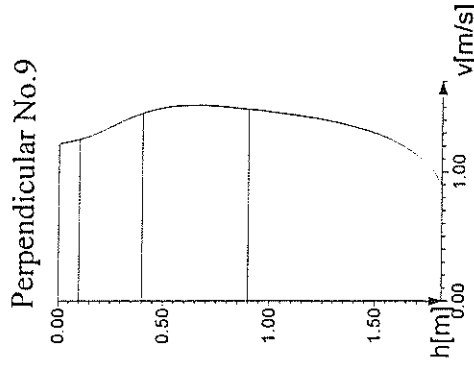
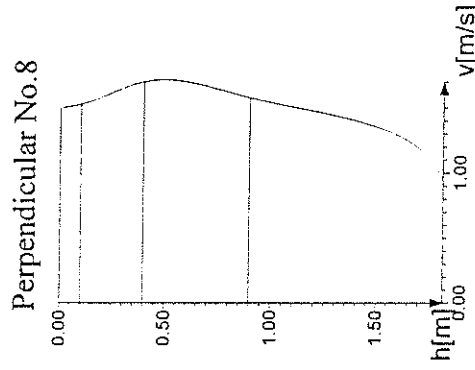
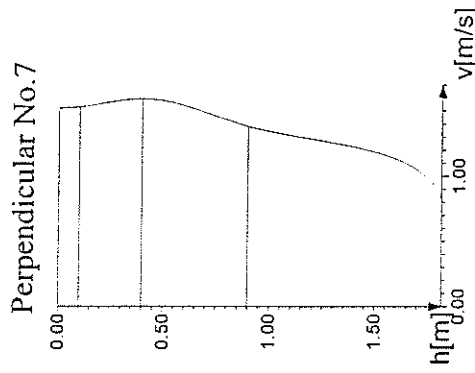
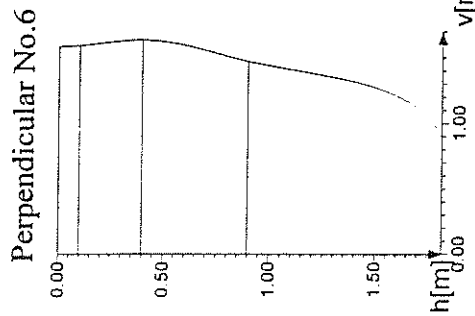
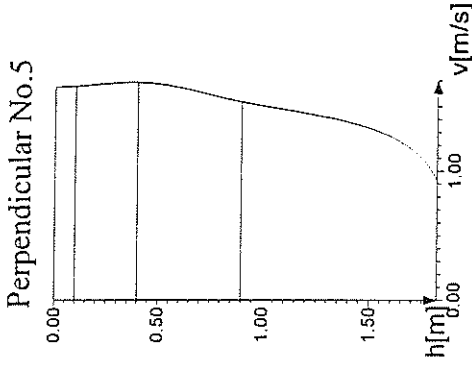
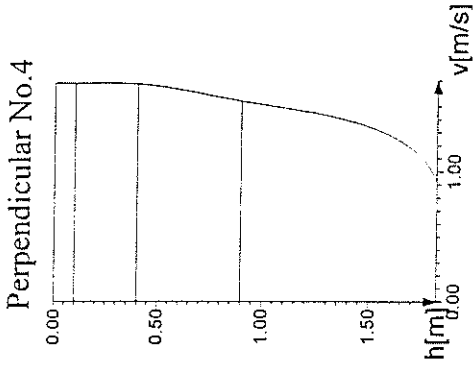
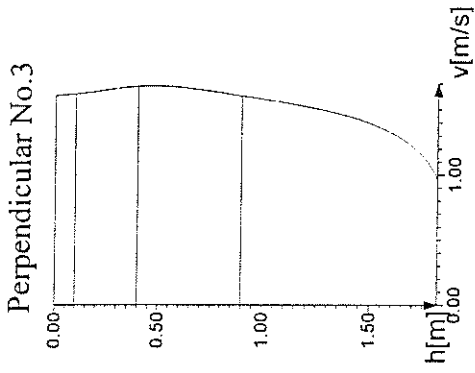
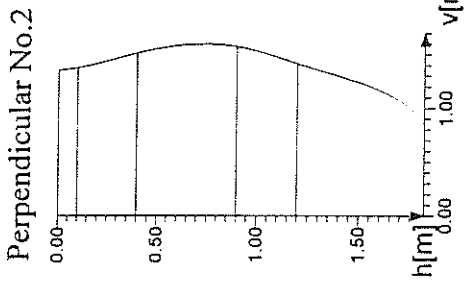


<p>Scale: 1 cm corresponds to ...</p> <p>h : 0.279 m</p> <p>v0 : 0.393 m/s</p> <p>fv : 0.439 m²/s</p> <p>CI^{1/2} : 0.368 m^{1/2}/s</p> <p>(h³)^{1/2} : 0.766 (m³)^{1/2}</p>	<p>Watercourse : Canale Erga</p> <p>Reference-level: 182</p> <p>Water-level : 182.0 cm</p> <p>Cross Section : 15.22 m²</p> <p>Catchment Area : -1.000 km²</p> <p>evaluation:</p>	<p>Italy</p> <p>Station : Roddi-Centrale</p> <p>Date : 27.11.2001</p> <p>Discharge : 20.76 m³ /s</p> <p>Mean vel. : 1.365 m/s</p> <p>Discharge Q : -1.000 l/(skm²)</p> <p>verification:</p>
---	--	---



INGENIEURBÜRO
KISTERS

Overview velocity profiles



Scale: 1 cm corresponds to ...	Italia	Station : Roddi-Centrale
h : 0.374 m	Watercourse : Canale Erga	Date : 27.11.2001
v : 0.722 m/s	Reference-level: 182	Discharge : 20.76 m ³ / s
	Water-level : 182.0 cm	Mean vel. : 1.365 m/s
	Cross Section : 15.22 m ²	Discharge Q : -1.000 l/(s·km ²)
	Catchment Area : -1.000 km ²	verification:
	evaluation:	

Roddi, 27.11.2001

Evaluation of Discharge Measurement No. 1

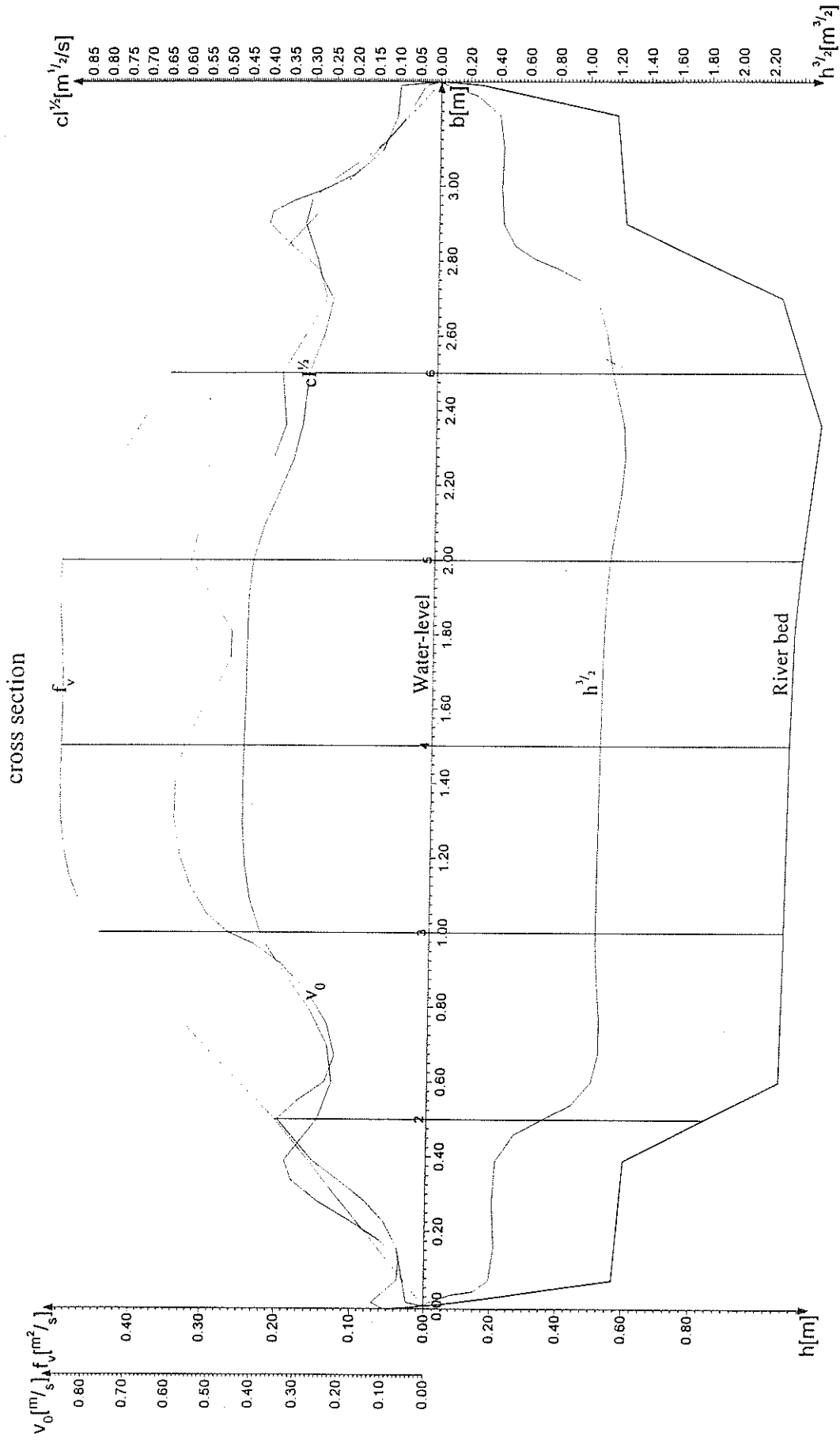
Station : Roddi Measuring Date : 27.11.2001
Watercourse : Canale Molino Time Start : 12:17
Authority : Ecoplan End : 12:19
Station No. : 1 Water-level Start : 1.16 m
End : 1.16 m
Used Calibrations : No. 1
Catchment Area : -1.0 km²
Duration of Measurement: 30 s

Results of Evaluation:

(Evaluation Method: ISO 748-1879 (E) MEAN-SECTION Method)

W = 1.16 m
Q = 1.059 m³/s
A = 3.02 m²
b = 3.28 m
hm = 0.92 m
R = 0.62 m
P = 3.02 m^{5/2}
Q/P = 0.35 m^{0.5}/s
q = 0 l/(s km²)
Q/A = 0.35 m/s
v0max = 0.57 m/s
v0m = 0.35 m/s
Q/A/v0m = 1.00

Vertical No.	x (m)	h (m)	v0 (m/s)	vu (m/s)	vm (m/s)	fv (m ² /s)
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.50	0.84	0.342	0.182	0.240	0.201
3	1.00	1.07	0.462	0.344	0.418	0.447
4	1.50	1.08	0.574	0.291	0.466	0.504
5	2.00	1.11	0.563	0.281	0.456	0.506
6	2.50	1.11	0.355	0.208	0.323	0.359
7	3.28	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000



Italy	
Watercourse : Canale Molino	Station : Roddi
Reference-level: 116	Date : 27.11.2001
Water-level : 116.0 cm	Discharge : 1.05 m ³ /s
Cross Section : 3.02 m ²	Mean vel. : 0.350 m/s
Catchment Area : -1.000 km ²	Discharge Q : -1.000 l/(skm ²)
evaluation:	verification:

Scale: 1 cm corresponds to ...

h : 0.178 m
 v_0 : 0.139 m/s
 f : 0.081 m²/s
 $cI^{1/2}$: 0.145 m^{1/2}/s
 $(h^3)^{1/2}$: 0.389 (m³)^{1/2}



INGENIEURBÜRO
KISTERS