

**COMPLETAMENTO E OTTIMIZZAZIONE DELLA
TORINO-MILANO CON LA VIABILITA' LOCALE MEDIANTE
INTERCONNESSIONE TRA S.S.32 E S.P.299
TANGENZIALE DI NOVARA
LOTTO "0" E LOTTO "1"**

PROGETTO ESECUTIVO

COD. TO166

CUP: F34E06000030001

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IMPRESA: A.T.I.

Mandataria:



Mandante:



Direttore Tecnico A.T.I.
Ing. A. Ridella

A.T.I. DI PROGETTAZIONE

Mandataria:

S.T.E. s.r.l.

Structure and Transport Engineering

Direttore Tecnico
Ing. E. Moroni

Mandante:

Dott. Arch. Elisa Lucia ZANETTA

Ordine Architetti P.P.C. Provincia di Novara e
Verbano-Curso-Ossola n.1400

Mandante:

Dott. Ing. Matteo POLETTI

Ordine degli Ingegneri Provincia di Novara n.2310/A

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Francesco M. La Camera

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Maria Bruno

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Francesco M. La Camera

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marcello Buonamico

**IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione idrologica**

CODICE PROGETTO

PROGETTO

DPTO02 E 1801

NOME FILE

000_T00_ID00_IDR_RE01_B

000T00ID00IDRRE01

REVISIONE

B

SCALA

-

D

C

B

EMISSIONE PER ISTRUTTORIA

OTTOBRE 2018

ZANELLA

LA CAMERA

RIDELLA

A

PRIMA EMISSIONE

APRILE 2018

ZANELLA

LA CAMERA

RIDELLA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	2
2	DEFINIZIONE DELLA CURVA DI PROBABILTA' PLUVIOMETRICA	4
	Curva di probabilità pluviometrica	4
	Piogge di breve durata e forte intensità	4
	Leggi di probabilità pluviometriche	9
	Risultati del metodo di regionalizzazione	14
3	PRECIPITAZIONI DI PROGETTO	15
	Curva di precipitazione per il sistema di drenaggio stradale	15
	Intensità caratteristiche	16
	Modello di trasformazione afflussi – deflussi e portate di calcolo	17

1 PREMESSA

La presente relazione idrologica costituisce parte integrante del progetto esecutivo del prolungamento verso Ovest della Tangenziale di Novara che attualmente si interrompe con uno svincolo incompleto sulla SS n. 32 "Ticinese". L'opera interessa i territori comunali di Novara, Cameri e San Pietro Mosezzo.

Al paragrafo 2 della relazione viene descritto l'approccio utilizzato per la definizione della curva di probabilità pluviometrica utilizzata per le verifiche idrauliche svolte nel progetto esecutivo; si è valutata in particolare la stima della precipitazione con assegnato tempo di ritorno sulla base della metodologia VAPI (Progetto Valutazione delle Piene) adottato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, che ha come obiettivo predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

Lo scopo dei rapporti prodotti in ambito VAPI è quello di fornire uno strumento ai tecnici operanti sul territorio, per comprendere i fenomeni coinvolti nella produzione delle portate di piena naturali e per effettuare previsioni sui valori futuri delle piene in una sezione di un bacino idrografico non regolato.

Nel paragrafo 3 vengono riportati i risultati dell'applicazione di tale metodologie e fornite le indicazioni per associare a ciascun tempo di ritorno la corrispettiva altezza di precipitazione, in funzione della durata.

La metodologia adottata è stata in particolare utilizzata

- per la stima dei quantitativi di acqua di dilavamento prodotte sulla superfici drenate di nuova realizzazione e sulle scarpate;
- per la valutazione dei criteri idraulici posti alla base della progettazione delle vasche volano finalizzate alla mitigazione dei colmi di portata in occasione di eventi intensi.

L'impostazione progettuale complessiva (in termini di ubicazione delle vasche e di finalità perseguite) il progetto esecutivo segue quanto già previsto in fase di progettazione definitiva. Si ricorda che dal punto di vista dell'iter procedurale, ANAS S.p.A ha formulato domanda di pronuncia di compatibilità ambientale del progetto definitivo in data 29 aprile 2011, con nota acquisita al prot. n. DVA- 2011-10497 del 3 maggio 2011. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare, con provvedimento n. DVA-DEC-2012-0000254 del 8 giugno 2012, ha decretato la compatibilità ambientale del progetto, previa osservanza di condizioni e prescrizioni da ottemperarsi nelle successive fasi progettuali.

Ai sensi e per effetti di quanto previsto dall'art. 3 del DPR 18 aprile 1994 n. 383 e s.m.i, è stato accertato il perfezionamento del procedimento di intesa Stato – Regione Piemonte con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prot. n. 0008947 del 17 novembre 2014, in cui il Ministero stesso ha valutato le specifiche risultanze della Conferenza dei Servizi e le posizioni favorevoli espresse in sede di riunione o acquisite agli atti della Conferenza medesima, con particolare riferimento al parere favorevole con prescrizioni e vincoli del Ministero della e parere reso dalla Regione Piemonte con DGR n. 13-469 del 27 ottobre 2014, constatando la sussistenza delle condizioni per assumere la conclusione del procedimento di localizzazione dell'opera in esame.

2 DEFINIZIONE DELLA CURVA DI PROBABILTA' PLUVIOMETRICA

Curva di probabilità pluviometrica

Per la definizione della curva di probabilità pluviometrica utilizzata nell'ambito della progettazione esecutiva sono state utilizzate le conclusioni del progetto VAPI dell'Italia Nord Occidentale, che include l'area oggetto dell'intervento.

Si riporta nel seguito la definizione complessiva della metodologia adottata.

Piogge di breve durata e forte intensità

Nell'ambito del progetto VAPI si è provveduto alla valutazione della distribuzione di probabilità del coefficiente di crescita (DPC) per ogni stazione pluviometrica in base all'ipotesi di invarianza di scala [Burlando & Rosso, 1996] utilizzando la distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV). Stimati i parametri di forma (k), scala (α) e posizione (ε) della DPC/GEV per le stazioni esaminate nello studio resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

Tale relazione è espressa dalla seguente:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(K)} = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha}(K - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$$

valida per piogge massime annuali di durata da 1 a 24 ore consecutive; tale relazione è stata estrapolata anche alle durate più brevi.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa dell'equazione precedente per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno in anni, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T :

$$K_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}(1 - e^{-ky_T})$$

dove y_T indica la variabile ridotta di Gumbel, pari a $y_T = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right)$ e i valori dei parametri k , α e ε sono riportati per i siti dove sono localizzate le stazioni pluviometriche; per gli altri siti si

riportano le mappe dei parametri k , α e ε per l'intero territorio, ricavate per interpolazione con metodi di kriging (regressione) secondo la procedura illustrata da Rosso et al. [1997].

L'altezza di pioggia cumulata con periodo di ritorno T-ennale va quindi valutata come

$$h_T(d) = m(d)K_T$$

essendo $m(d)$ il valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale caduta in d ore consecutive.

Di seguito si riportano le mappe interpolate per i valori dei parametri di forma (k , figura 2.1), di scala (α , figura 2.2), di posizione (ε , figura 2.3), per il valore medio della precipitazione oraria (aI , figura 2.4) e per il coefficiente di incremento con la durata (n , figura 2.5).

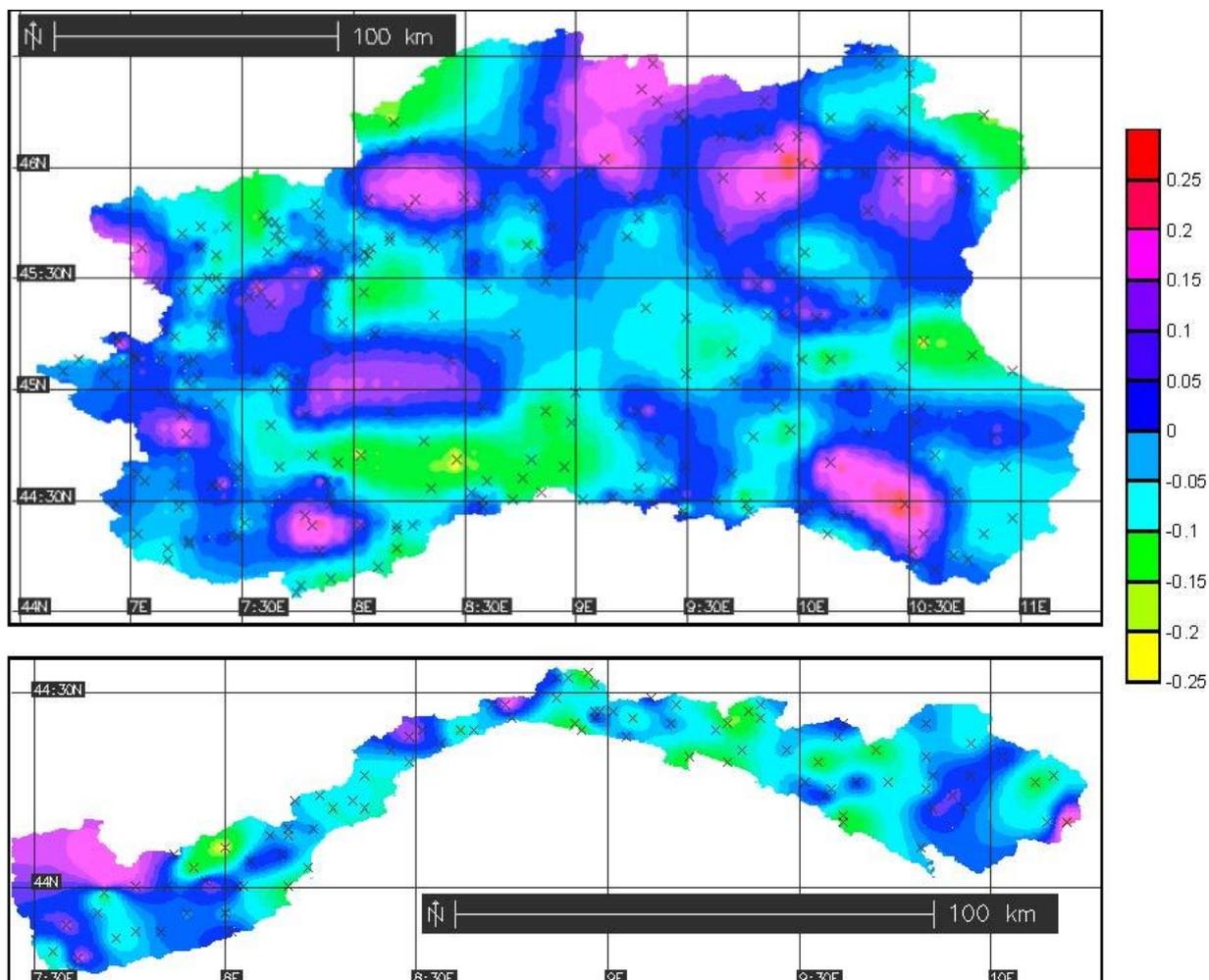


Figura 2.1. Mappa del parametro di forma, k , della distribuzione di probabilità del coefficiente di crescita dei massimi annuali delle piogge da 1 a 24 ore consecutive, con indicazione delle 366 stazioni di misura pluviometriche considerate.

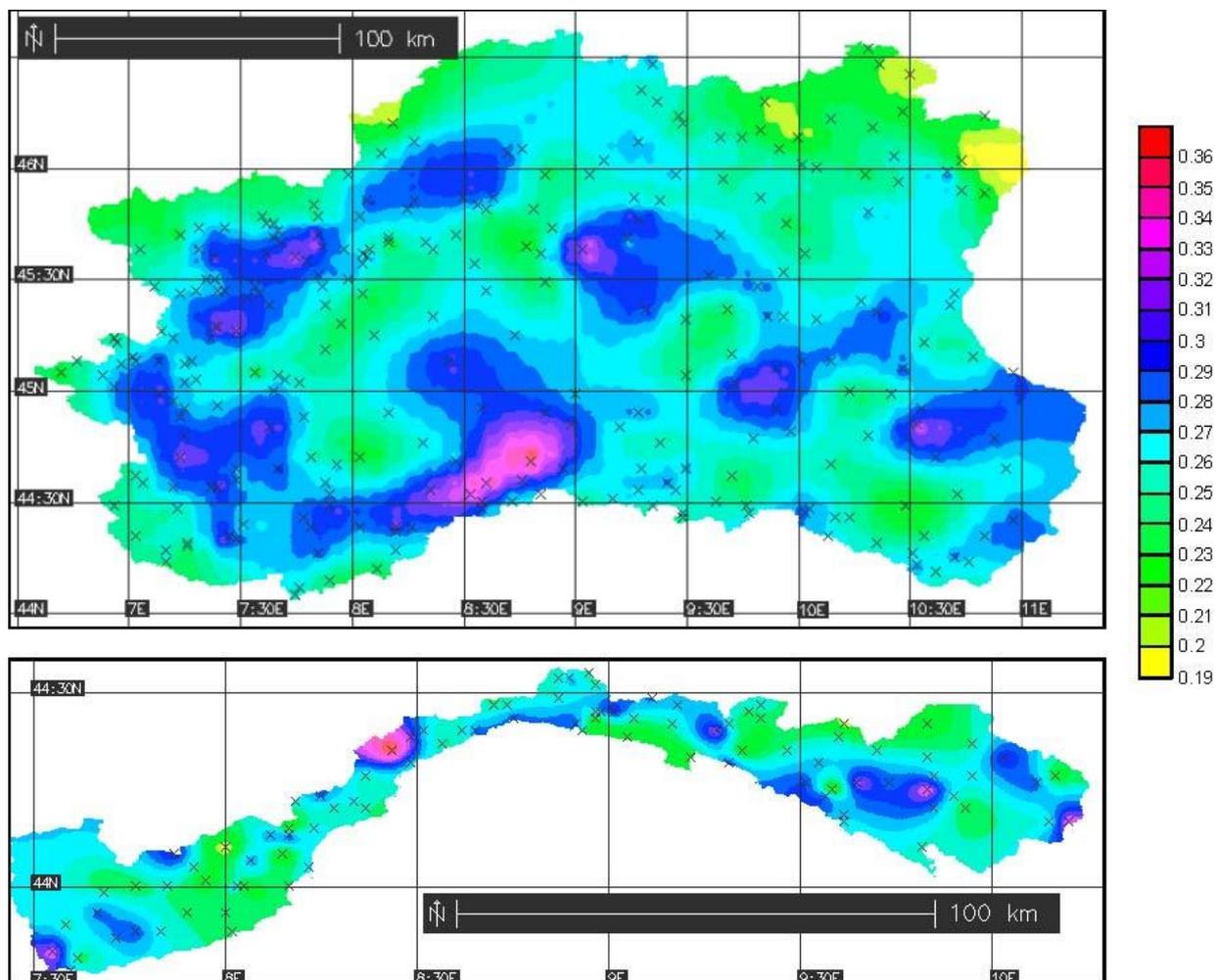


Figura 2.2. Mappa del parametro di scala, α , della distribuzione di probabilità del coefficiente di crescita dei massimi annuali delle piogge da 1 a 24 ore consecutive, con indicazione delle 366 stazioni di misura pluviometriche considerate.

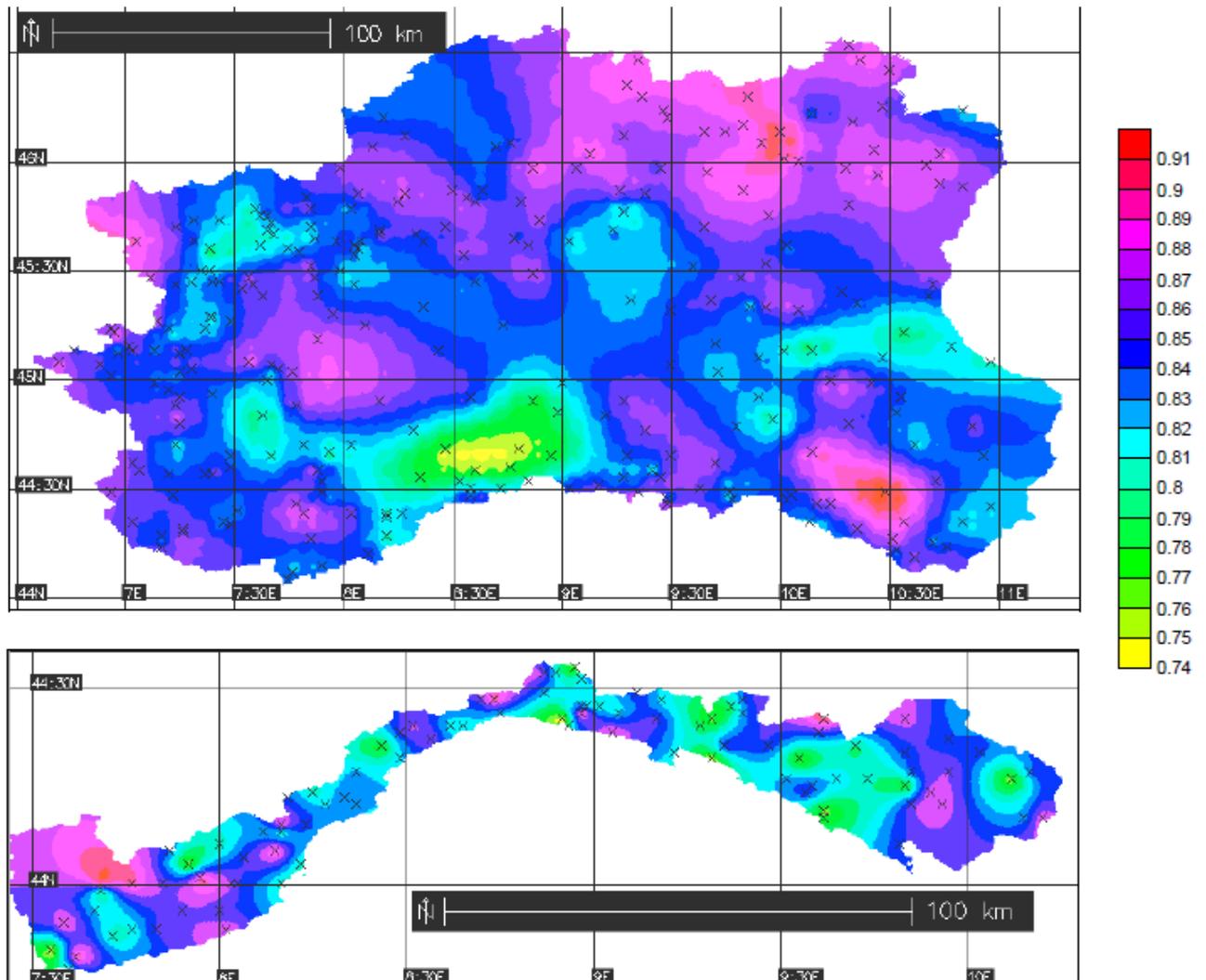


Figura 2.3 Mappa del parametro di posizione, ϵ , della distribuzione di probabilità del coefficiente di crescita dei massimi annuali delle piogge da 1 a 24 ore consecutive, con indicazione delle 366 stazioni di misura pluviometriche considerate.

Leggi di probabilità pluviometriche

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono il modo in cui la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata d ($m[h(d)]$) varia con la durata stessa. Per la zona in esame è stata adottata un'espressione del tipo:

$$m[h(d)] = a_1 * d^n$$

I parametri della formula precedente sono stati valutati applicando la regressione ai minimi quadrati per tutte le 366 stazioni di misura pluviografiche presenti sul territorio esaminato. I valori osservati hanno dei valori compresi per a_1 da 10 a 49 mm/oren, per n da 0.21 a 0.61; l'ampiezza di questi intervalli richiede un modello di variabilità spaziale dei parametri. In particolare, si è fatto riferimento ad un modello a variabilità continua: per una pratica applicazione della formula vengono riportate in 0 le mappe isoparametriche di a_1 e di n per l'intero territorio. Le mappe indicano per il territorio attraversato dall'infrastruttura di interesse:

- valori della precipitazione oraria tra i più elevati per l'intero bacino padano (in rosso in figura 3.4)
- valori dell'esponente di durata n tra i più bassi comparati al resto del territorio ligure.

La combinazione di questi due fattori segnala nel complesso un clima di probabilità pluviometrica caratterizzato da precipitazioni marcatamente intense sulle brevi durate.

Infine nella tabella 2.1 sono riportati i valori dei parametri per le singole stazioni oggetto della regionalizzazione VAPI. L'infrastruttura ricade nell'ambito dell'area di interesse della stazione di Novara.

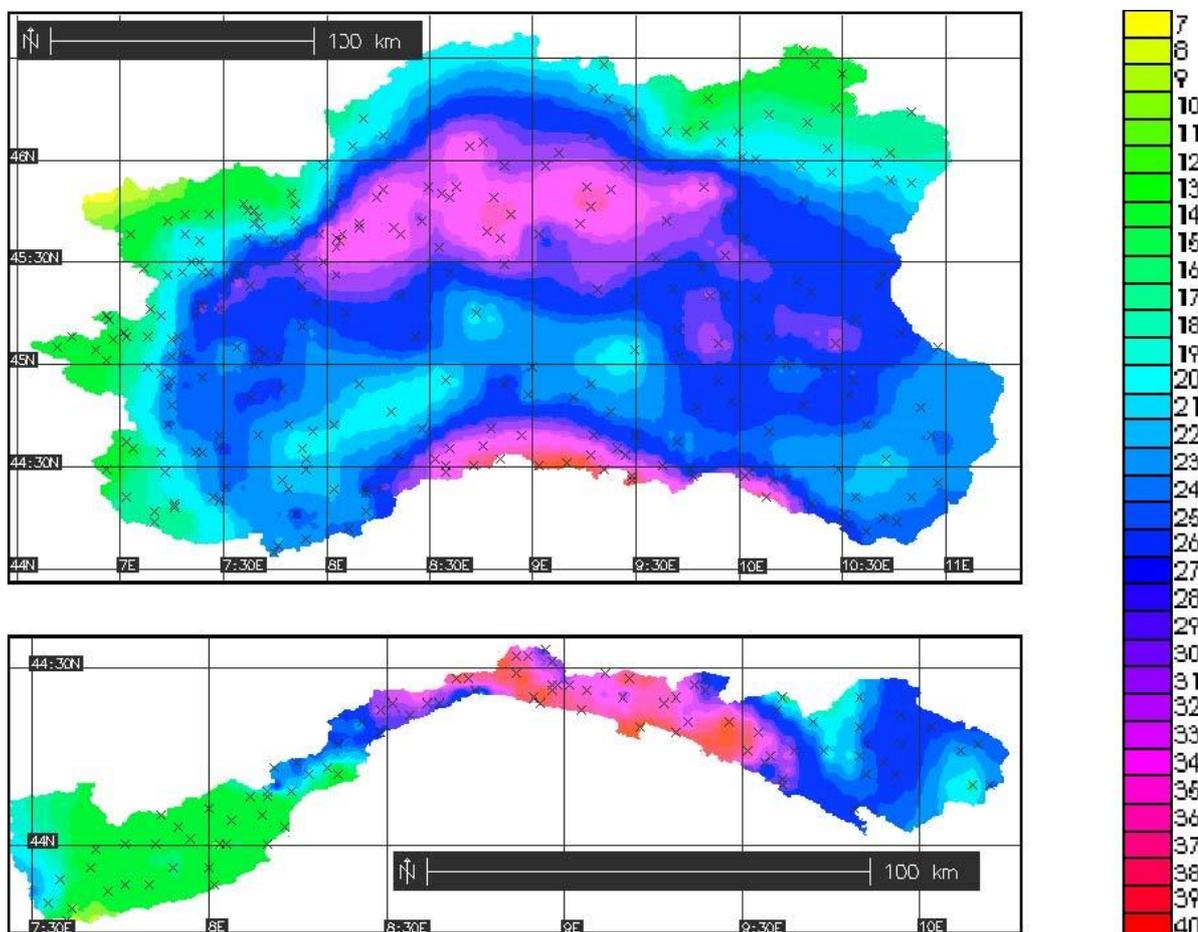


Figura 2.4 Mappa del coefficiente pluviometrico orario al (mm/ore^n) pari al valore atteso della pioggia oraria massima annuale, con indicazione delle 366 stazioni di misura pluviometriche considerate.

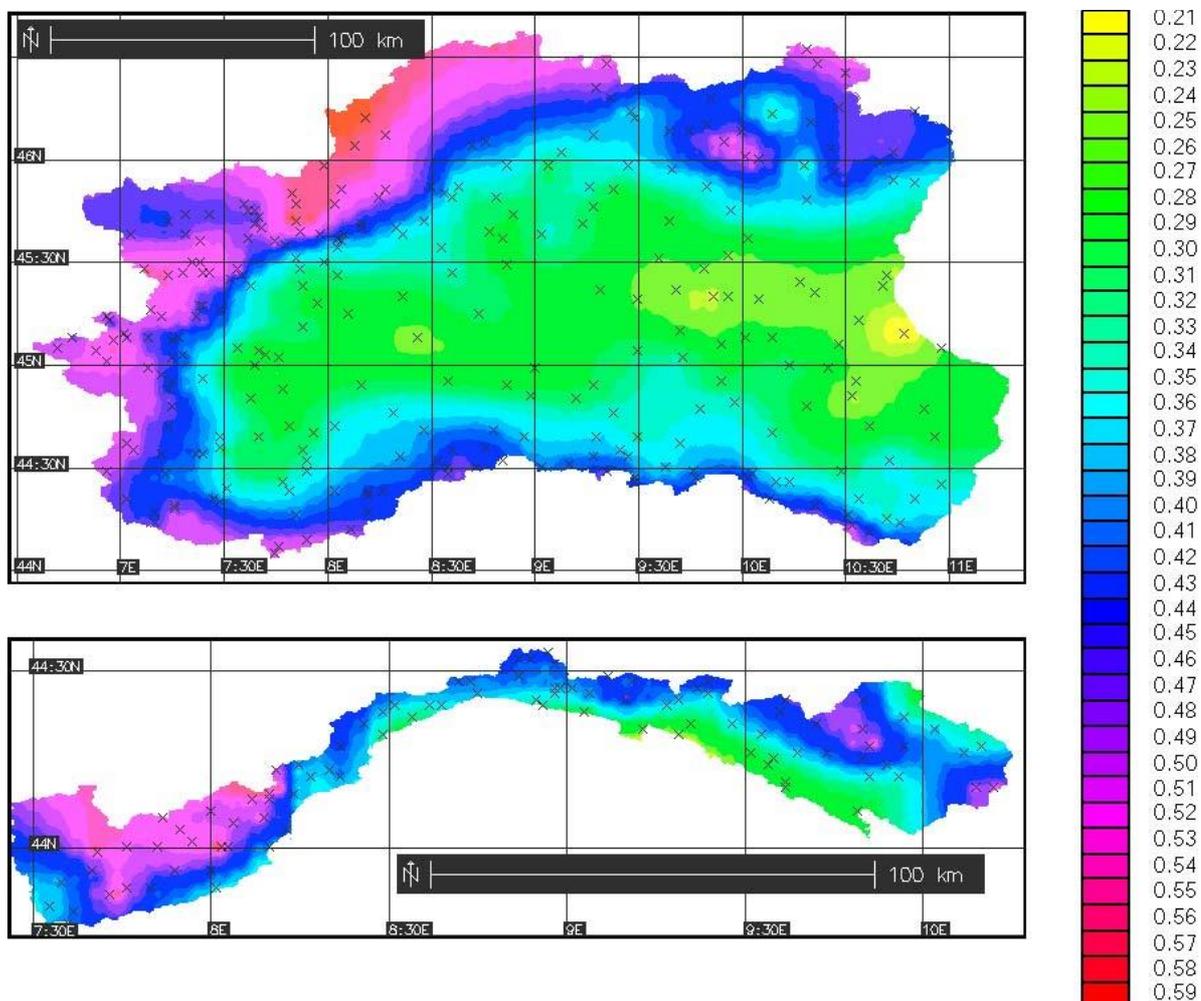


Figura 2.5 Mappa dell'esponente di scala n della pioggia massima annuale al variare della durata da 1 a 24 ore consecutive, con indicazione delle 366 stazioni di misura pluviometriche considerate.

4A Appendice

Tab. 4A.1: Parametri, ϵ , α e k , della distribuzione di probabilità del coefficiente di crescita e parametri a_1 ed n della legge di variabilità della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata d .

BACINO PADANO

Località	Num. Anni	ϵ -	α -	k -	a_1 mmvoren	n -
OROPA	54	0.858	0.236	-0.026	34.3	0.511
VERCELLI	54	0.828	0.255	-0.091	27.9	0.281
CREMONA	53	0.800	0.274	-0.134	24.9	0.286
LOCO	52	0.799	0.274	-0.139	38.3	0.383
VARALLO	52	0.865	0.266	0.074	34.0	0.489
HONE-BARD	52	0.821	0.318	0.015	25.0	0.510
MREA	52	0.849	0.243	-0.043	28.6	0.310
CUNEO	52	0.825	0.253	-0.106	25.7	0.338
SPIGNO	52	0.764	0.313	-0.154	24.9	0.387
MANTOVA	52	0.811	0.242	-0.173	27.1	0.208
TORINO	51	0.836	0.262	-0.048	29.4	0.249
LAVAGNINA	51	0.745	0.288	-0.241	35.3	0.429
BOSCHI	51	0.806	0.280	-0.104	29.8	0.378
MARRA	51	0.813	0.292	-0.080	28.3	0.389
LANZADA	51	0.896	0.200	0.058	13.5	0.456
SPARONE	50	0.848	0.288	0.051	29.1	0.476
BOSCO	50	0.855	0.280	0.064	32.3	0.472
BARDI	50	0.869	0.225	-0.005	23.7	0.373
BRENO	50	0.873	0.225	0.016	21.2	0.313
CAMPERTOGNO	49	0.813	0.277	-0.091	26.2	0.545
VOGHERA	49	0.819	0.266	-0.094	24.4	0.267
ROSONE	48	0.833	0.269	-0.041	22.1	0.526
MIGNANO	48	0.828	0.259	-0.080	26.7	0.345
BORGONATO	48	0.825	0.240	-0.136	27.8	0.275
GHEDI	48	0.834	0.254	-0.073	28.1	0.236
RIMASCO	47	0.858	0.290	0.095	26.0	0.532
PONT	47	0.845	0.285	0.035	33.7	0.380
VIU	47	0.808	0.267	-0.125	27.4	0.529
MILLESIMO	47	0.812	0.272	-0.104	24.8	0.432
CANNOBIO	47	0.828	0.284	-0.028	37.4	0.412
PESSINETTO	46	0.803	0.309	-0.057	30.8	0.432
COMBAMALA	46	0.846	0.234	-0.076	19.5	0.392
BRA	46	0.824	0.235	-0.150	22.4	0.290
ISOLA	46	0.867	0.249	0.045	26.5	0.361
BOBBIO	46	0.860	0.236	-0.017	23.3	0.336
BORGOMANERO	46	0.845	0.243	-0.056	29.7	0.370
BERGAMO	46	0.859	0.271	0.058	30.5	0.272
BORMIO	46	0.881	0.196	-0.026	10.4	0.498
PONT	45	0.833	0.288	-0.003	26.0	0.424
CORSAGLIOLA	45	0.844	0.285	0.030	27.0	0.402
BEDONIA	45	0.856	0.250	0.001	31.3	0.370
LAGO	45	0.868	0.258	0.068	18.8	0.448
CERESOLE	44	0.832	0.275	-0.032	18.2	0.540
STRETTARA	44	0.817	0.285	-0.061	25.0	0.310
NOVARA	44	0.821	0.266	-0.090	25.7	0.335
LILLAZ	43	0.771	0.306	-0.148	17.8	0.527
GRESSONEY-TRIN.	43	0.842	0.241	-0.073	14.6	0.550
MAZZE	43	0.844	0.217	-0.125	28.6	0.243
CALCINERE	43	0.804	0.312	-0.049	25.3	0.434
FEDIO	43	0.862	0.239	-0.003	17.4	0.498
ISOLA	43	0.756	0.283	-0.225	33.9	0.376
SESTOLA	43	0.851	0.255	-0.008	25.4	0.389
TREVIGLIO	43	0.825	0.285	-0.037	29.1	0.254
GAVER	43	0.882	0.232	0.072	19.1	0.491
MONCENISIO	42	0.895	0.240	0.161	15.2	0.449
PEROSA	42	0.836	0.272	-0.024	18.5	0.476
PESCHERA	42	0.836	0.258	-0.058	26.0	0.251
VALLE	42	0.877	0.216	0.008	22.7	0.370
DOMODOSSOLA	42	0.845	0.273	0.012	21.3	0.529

Tabella 2.1 - Elenco delle località del bacino padano in cui è stata effettuata la stima dei parametri; è evidenziata la stazione di Novara

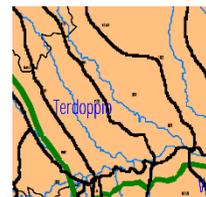


Figura 2.6 Progetto VAPI GNDCI – Italia Nord occidentale - suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee

Risultati del metodo di regionalizzazione

Identificando come riferimento la stazione pluviometrica più prossima all'area in esame (Novara), si ottengono i seguenti risultati in termini di parametri di riferimento:

Tabella2.3 - Risultati della Regionalizzazione delle piogge VAPI per la stazione di Novara

simbolo	Grandezza	NOVARA	CHIAVARI
ε	parametro di posizione	0.821	0.76
α	parametro di forma	0.266	0.309
k	parametro di scala	-0.09	-0.168
$a1$	altezza oraria media	25.7	47.6
n	esponente curva di crescita con la durata	0.335	0.274
TR	tempo di ritorno	YT	YT
25	variabile standardizzata Gumbel	3.20	3.20
50	variabile standardizzata Gumbel	3.90	3.90
100	variabile standardizzata Gumbel	4.60	4.60
200	variabile standardizzata Gumbel	5.30	5.30
		KT	KT
TR 25	coefficiente di crescita (con TR)	1.81	2.07
TR 50	coefficiente di crescita (con TR)	2.06	2.46
TR100	coefficiente di crescita (con TR)	2.34	2.90
TR 200	coefficiente di crescita (con TR)	2.63	3.40
		a1 (mm)	a1 (mm)
a(1 h) TR 25	altezza oraria di assegnato tempo di ritorno	46.44	98.47
a(1 h) TR 50	altezza oraria di assegnato tempo di ritorno	53.06	117.26
a(1 h) TR100	altezza oraria di assegnato tempo di ritorno	60.06	138.25
a(1 h) TR 200	altezza oraria di assegnato tempo di ritorno	67.48	161.76

3 PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

Curva di precipitazione per il sistema di drenaggio stradale

L'applicazione del metodo VAPI sopra descritto ha condotto alla definizione delle intensità di precipitazione caratteristiche utilizzate per il dimensionamento del sistema di drenaggio e per la valutazione delle forzanti di progetto dei bacini di laminazione.

Le curve caratteristiche sono rappresentate nelle figure 3.1 e 3.2 seguenti rispettivamente per l'altezza di precipitazione e per l'intensità di precipitazione

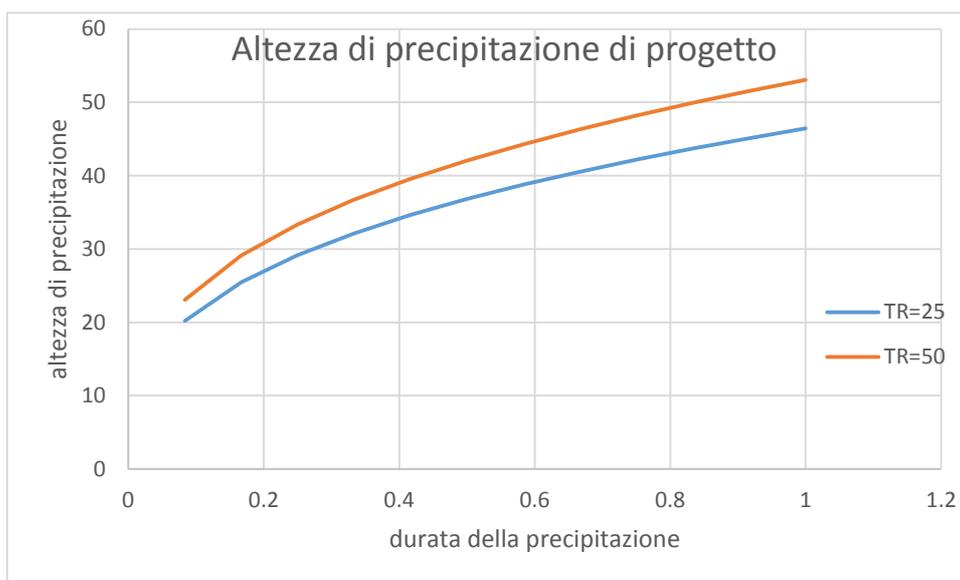


Figura 3.1 Altezza di precipitazione per durate fino ad un'ora e tempi di ritorno di 25 e 50 anni

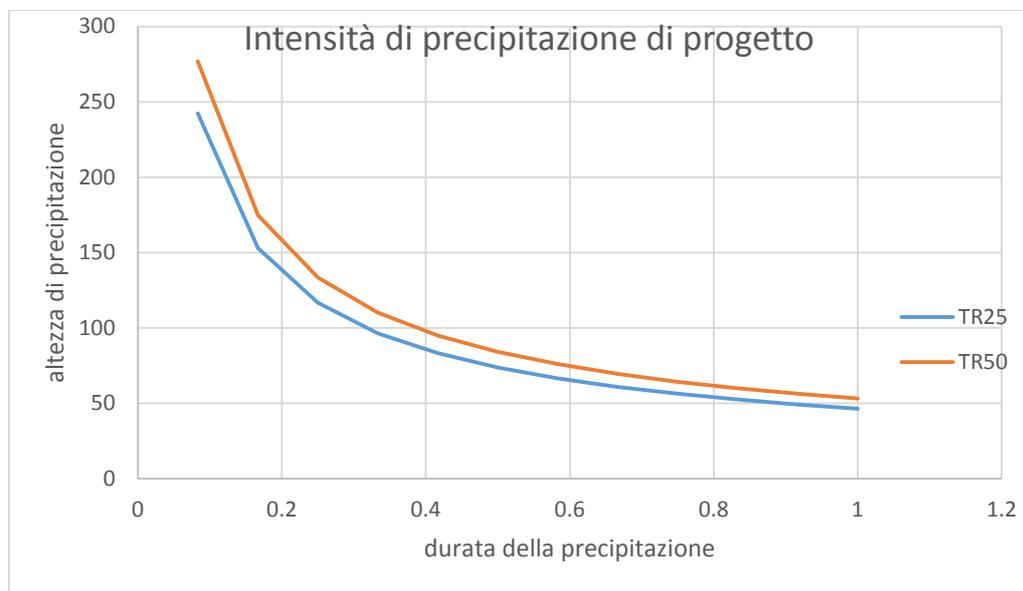


Figura 3.2 Intensità di precipitazione per durate fino ad un'ora e tempi di ritorno di 25 e 50 anni

Intensità caratteristiche

Nella seguente tabella vengono riportate le altezze ed intensità caratteristiche utilizzate nel progetto in corrispondenza delle durate di 5' e 10' e per i tempi di ritorno di 25 e 50 anni.

Tabella3.1- Risultati della Regionalizzazione delle piogge VAPI per la stazione di Novara in termini di intensità di precipitazione

intensità di precipitazione	mm/h
i(5',25TR)	242
i(5',50TR)	277
i(10',25TR)	153
i(10',50TR)	175

Modello di trasformazione afflussi – deflussi e portate di calcolo

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei bacini scolanti è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi. L'importanza di tale informazione risiede nella necessità di verificare se i manufatti idraulici siano stati dimensionati correttamente.

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione delle portate al colmo per ognuna delle opere esaminate.

Per la determinazione delle portate, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando uno ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati in precedenza (infiltrazione e trasformazione afflussi netti - deflussi): il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione accettabile del fenomeno delle piene.

Il calcolo delle portate e dei volumi di progetto è stato effettuato utilizzando come metodo afflussi-deflussi il metodo razionale che ben si adatta alla schematizzazione di bacini di relativamente limitata estensione come quello in questione.

Secondo il metodo razionale il coefficiente udometrico derivante da un evento meteorico di intensità costante 'i' è pari a:

$$u = \Phi i$$

dove:

u = coefficiente udometrico in l/s /ha;

i = intensità di precipitazione in mm/h;

Φ coefficiente di deflusso globale con valori da letteratura pari a:

$\Phi = 1$ per le superfici asfaltate;

$\Phi_2 = 0,30$ per le zone a terreno naturale o inerbito in pendenza (scarpate e terrapieni).

Utilizzando i dati pluviometrici ricavati precedentemente per eventi di durata inferiore all'ora si ottengono quindi, per l'evento di progetto, i seguenti coefficienti udometrici utilizzati per il dimensionamento idraulico dell'intera rete (riferiti a superfici equivalenti nette):

-

Tabella3.2- Risultati della Regionalizzazione delle piogge VAPI per la stazione di Novara in termini di coefficienti udometrici per area equivalente

<i>TR</i>	<i>durata</i>	<i>u</i>
<i>anni</i>	<i>min</i>	<i>l/s/ha</i>
25	5'	674
50	10'	770
25	5'	425
50	10'	486