



ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Direttore Generale:
Dott. Paolo Cadrobbi

Direttore Area Ricerca e Informazione e
Direttore Area Tecnico Scientifica:
Ing. Sandro Boato

Sede Centrale
Piazzale Stazione 1
35131 Padova
Italy
Tel. +39 049 823 93 01
Fax +39 049 660 966
e-mail: info@arpa.veneto.it
www.arpa.veneto.it

Centro di riferimento
per il bacino scolante
nella laguna di Venezia

Responsabile:
Dott. Paolo Parati

Corso del Popolo, 32/e
30170 Venezia Mestre
Tel. +39 041 239 14 12
Fax +39 041 97 66 82
e-mail: bsl@arpa.veneto.it

Centro Meteorologico di Teolo
Responsabile:
Dott. Alessandro Benassi

Via Marconi 53
35037 Teolo (Padova)
Tel. +39 049 999 81 11
Fax +39 049 992 56 22
e-mail: cmt@arpa.veneto.it



REGIONE DEL VENETO
Giunta Regionale
Segretario Regionale
Ambiente e Lavori Pubblici:
Ing. Roberto Casarin

Direzione Tutela Ambiente:
Ing. Fabio Fior

Servizio Legge Speciale per Venezia:
Dott.ssa Gisella Penna

Palazzo Linetti
Calle Priuli - Canareggio 99
30121 Venezia
Tel. +39 041 279 21 43
Fax +39 041 279 24 45
e-mail: dir.ambiente@regione.veneto.it



REGIONE DEL VENETO

giunta regionale



arpav

Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Caratterizzazione delle piogge intense sul bacino scolante nella laguna di Venezia





A cura di:
Vincenzo Bixio Università degli Studi di Padova - Dipartimento
di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica
Alvise Fiume Libero professionista - Nordest Ingegneria S.r.l.

Coordinamento dell'attività:
Gisella Penna Regione del Veneto - Direzione Regionale Ambiente
Paolo Parati ARPAV - Centro di riferimento per il Bacino Scolante

Collaborazione tecnica:
Adriano Barbi ARPAV - Centro Meteorologico di Teolo
Francesco Rech ARPAV - Centro Meteorologico di Teolo

Presentazione

L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) gestisce, attraverso il Centro Meteorologico di Teolo, un sistema di monitoraggio meteorologico tra i più moderni ed avanzati a livello europeo, in particolare per il rilevamento delle precipitazioni.
Tale sistema è stato recentemente oggetto di potenziamento nel quadro degli interventi previsti e finanziati dalla Regione tramite il "Piano per la prevenzione dell'inquinamento ed il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella laguna di Venezia".
L'enorme mole di dati oggi disponibili permette di iniziare a colmare la lacuna, particolarmente sentita in passato, circa la conoscenza delle piogge brevi ed intense che, com'è noto, condizionano il progetto di opere che influiscono notevolmente sulla sicurezza delle popolazioni, sull'ambiente e sulla qualità della vita.
Il presente studio, promosso nell'ambito del progetto "Sistema di monitoraggio e controllo della rete idrica scolante nella laguna di Venezia", si propone in particolare di fornire un quadro informativo utile alla razionale progettazione delle opere idrauliche e di disinquinamento, che nel territorio in questione risultano particolarmente importanti, sia per la rilevanza degli investimenti stanziati che per l'influenza sulla qualità delle acque lagunari.

Antonio Padoin
Assessore alle Politiche per il Territorio
e alla Legge speciale per Venezia

Paolo Cadrobbi
Direttore Generale
Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



Indice

Premessa	pag. 5
1 Raccolta ed ordinamento dei dati relativi alle precipitazioni di durata di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti primi e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore	pag. 6
1.1 La rete di monitoraggio al suolo del Centro meteorologico di Teolo	pag. 6
1.2 Gli strumenti di misura	pag. 11
1.3 Il bacino scolante nella laguna di Venezia	pag. 12
1.4 Criteri di scelta delle stazioni pluviometriche	pag. 15
1.5 Raccolta ed ordinamento dei dati disponibili	pag. 15
1.6 Controllo di qualità dei dati e dell’ampiezza del campione	pag. 15
1.7 Analisi descrittiva dei dati	pag. 27
1.7.1 Distribuzione di frequenza dell’intero campione di dati	pag. 27
1.7.2 Distribuzione stagionale dei massimi annui	pag. 32
2 Analisi statistica delle serie e scelta delle formule di distribuzione di probabilità più rappresentative	pag. 35
2.1 Distribuzione statistica dei valori estremi	pag. 35
2.2 Analisi con il metodo di Gumbel delle serie statistiche relative alle singole stazioni	pag. 36
3 Determinazione delle relazioni altezza - frequenza - durata ed esame della possibilità di una loro regionalizzazione	pag. 41
3.1 Calcolo dei parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica	pag. 41
3.2 Analisi della distribuzione spaziale dei valori attesi	pag. 42
3.3 Valutazione della possibilità di regionalizzazione dei dati a disposizione	pag. 48
4 Conclusioni	pag. 49
5 Bibliografia	pag. 50

Premessa

Uno degli elementi critici per il calcolo delle reti idrauliche a servizio di superfici limitate, quali ad esempio quelle di drenaggio urbano, è dato dalla scarsità degli elementi disponibili per quanto attiene alla misura delle piogge brevi e intense. Tale fatto è determinato principalmente dalla difficoltà di lettura del supporto di registrazione cartaceo del quale sono dotati i pluviografi tradizionali, che, per la ridotta scala delle ascisse relativa al tempo di pioggia, non consente una lettura adeguata della traccia lasciata dal pennino nel corso di eventi intensi. Ne consegue che per stazioni pluviometriche pur dotate di estesi periodi di osservazione è limitato il numero di eventi brevi ed intensi per il quale si dispone di registrazioni. Per tale motivo non risultano in molti casi adeguatamente disponibili le misure pluviometriche da assumersi a base di calcolo per reti idrauliche a tempo di corrivazione limitato, come ad esempio le reti di fognatura bianca, nelle quali possono risultare critiche piogge della durata del quarto d’ora, oppure opere idrauliche a servizio di superfici limitate ad elevata impermeabilizzazione, per le quali possono risultare significative piogge di durata ancora inferiore. Tale carenza di informazioni può essere superata avvalendosi delle registrazioni pluviometriche effettuate dalla rete di telemisura del Centro Meteorologico di Teolo dell’Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto, la quale è dotata di pluviografi con scansione temporale di rilevamento della pioggia pari a 5 minuti primi, e quindi assai ridotta: ne deriva che possono essere raccolte informazioni sulle relazioni intensità – durata nel campo di maggior interesse per le reti a ridotta corrivazione. Il presente studio, svolto con riferimento ad un periodo di osservazioni costituito prevalentemente dal decennio 1992-2001, mira a fornire indicazioni sui valori che possono assumere le piogge brevi e intense sul bacino scolante nella laguna di Venezia. Lo studio è stato eseguito sia con riferimento alle piogge più brevi, di durata compresa fra 5 e 45 minuti primi, sia a quelle di durata maggiore, compresa fra 1 e 24 ore, in maniera da fornire indicazioni sulle altezze di pioggia di varia frequenza probabile sul Bacino Scolante nell’ambito di un’estesa durata temporale. Per le durate maggiori, i risultati ottenuti integrano quelli desumibili da studi effettuati con riferimento ad un ambito territoriale più vasto ed a precedenti periodi di osservazione (Villi e altri, 1986; Bixio, 1990; Zaggia e altri, 2001).

1. Raccolta ed ordinamento dei dati relativi alle precipitazioni di durata di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti primi e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore

1.1 La rete di monitoraggio al suolo del Centro Meteorologico di Teolo

I dati a disposizione per lo studio provengono dalle registrazioni delle stazioni pluviometriche della rete di monitoraggio al suolo del Centro Meteorologico di Teolo,

struttura specializzata dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto: queste sono in totale 168 e sono indicate nella **Figura 1** e nella **Tabella 1**. Per ciascuna stazione, salvo quanto diversamente indicato, le registrazioni sono eseguite con scansione di 5 minuti primi.

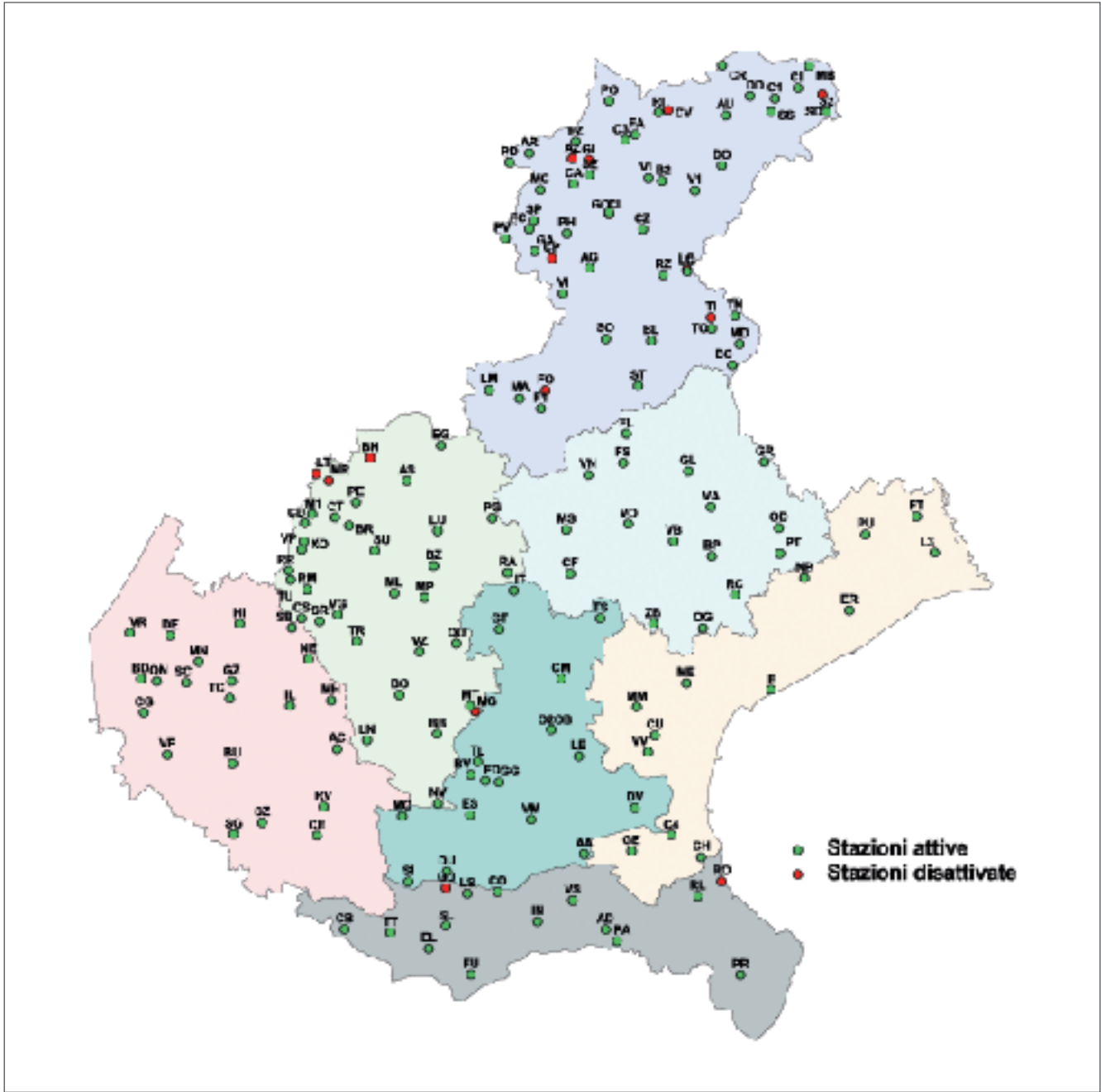


Figura 1 - Ubicazione delle stazioni del Centro Meteorologico di Teolo nella Regione Veneto.

Tabella 1 - Elenco delle stazioni del Centro Meteorologico di Teolo, con indicazione della provincia di appartenenza, delle coordinate topografiche x ed y nel sistema Gauss – Boaga fuso Ovest, delle quote z e del periodo di funzionamento

Targa	Codice	Stazione	Provincia	x (m)	y (m)	z (m s.m.)	Data di attivazione	Data di sospensione
AA	169	Agna	PD	1732493	5004900	2	02/02/1992	
AC	123	Arcole	VR	1679801	5027248	27	01/11/1991	
AD	115	Adria Bellombra	RO	1737089	4988907	1	01/02/1992	
AG	19	Agordo	BL	1733634	5129276	578	16/02/1984	
AR	3	Arabba	BL	1720811	5153616	1645	09/12/1983	
AS	218	Asiago	VI	1694718	5084070	1010	01/07/1996	
AU	53	Auronzo	BL	1762673	5161627	850	09/11/1984	
AZ	504	Andraz	BL	1730029	5152430	1425	09/12/1983	27/01/1993
B2	219	Cancia Borca di Cadore	BL	1749061	5147725	1335	23/08/1996	
BB	145	Barbarano Vicentino	VI	1701211	5030367	16	01/02/1991	
BC	216	Bosco del Cansiglio Tambre	BL	1764128	5108659	1028	01/10/1992	
BD	118	Bardolino Calmasino	VR	1637908	5042092	165	01/12/1991	
BL	4	Belluno Viale Europa	BL	1746816	5113874	396	01/05/1991	
BN	138	Buso della Neve	VI	1686884	5088913	1820	04/11/1991	26/08/1997
BO	148	Brendola	VI	1693183	5038765	147	01/12/1991	
BP	198	Breda di Piave	TV	1759803	5068127	21	01/01/1992	
BR	190	Brustolè Velo d'Astico	VI	1682292	5074516	328	02/08/1991	
BU	127	Buttapietra	VR	1657503	5024149	39	01/12/1991	
BV	155	Boccon di Vò	PD	1708330	5021763	92	01/09/1994	
BZ	147	Breganze	VI	1700432	5066116	182	01/12/1991	
C1	246	Costalta S. Pietro di Cadore	BL	1773326	5165224	1240	01/12/1992	
C3	237	Cortina Gilardon	BL	1741319	5156439	1270	02/06/1992	
C4	172	Ca' Bianca (Chioggia)	VE	1751117	5008917	2	01/01/1996	
CA	9	Caprile	BL	1730258	5147106	1008	01/03/1984	
CB	113	Castelnovo Bariano	RO	1681393	4988995	9	02/03/1992	
CD	73	Contra' Doppio Posina	VI	1672857	5075081	725	08/01/1986	
CE	133	Cerea	VR	1675501	5008843	15	01/12/1991	
CF	102	Castelfranco Veneto	TV	1729544	5064403	50	01/08/1989	
CG	129	Castelnuovo del Garda	VR	1638607	5035006	120	01/12/1991	
CH	168	Sant'Anna di Chioggia	VE	1757558	5004230	-1	02/02/1992	
CI	61	Cimacanalè a S. Stefano di C.	BL	1778086	5167421	1250	07/11/1985	
CL	55	Crep di Pecol	BL	1737886	5141125	1811	01/02/1993	
CM	179	Campodarsego	PD	1727668	5042147	15	03/02/1992	
CO	98	Concadirame (Rovigo)	RO	1714116	4996900	6	01/01/1989	
CP	561	Col di Prà	BL	1725666	5131311	850	01/02/1984	31/07/1988
CR	91	Passo Monte Croce Comelico	BL	1761974	5172296	1628	30/10/1986	
CS	88	Crespadoro	VI	1672225	5054956	382	30/10/1986	
CT	68	Castana Arsiero	VI	1679411	5076286	430	08/01/1986	
CU	107	Campagna Lupia	VE	1747642	5030045	1	13/06/1991	
CV	52	Col di Varda	BL	1750421	5162761	2150	09/11/1984	30/06/1993
CZ	56	Campo di Zoldo	BL	1745007	5137482	884	01/01/1985	
DD	247	Candide Comelico Superiore	BL	1767930	5165724	1345	01/12/1992	
DE	120	Dolcè	VR	1644187	5051250	105	01/11/1991	
DO	59	Domegge di Cadore	BL	1761915	5151019	841	08/09/1988	



Segue **Tabella 1**

Targa	Codice	Stazione	Provincia	x (m)	y (m)	z (m s.m.m.)	Data di attivazione	Data di sospensione
DU	152	Balduina Sant'Urbano	PD	1703214	5001176	8	01/05/1994	
DV	175	Codevigo	PD	1743376	5014703	0	01/02/1992	
EG	248	Enego Marcesina	VI	1701958	5091624	1337	13/05/1998	
EL	96	Pelizzare Bagnolo di Po	RO	1699417	4984869	6	01/01/1989	
ER	164	Eraclea	VE	1789122	5056679	-1	01/02/1992	
ES	180	Este	PD	1708172	5013292	69	01/12/1991	
F1	217	Feltre	BL	1723296	5099436	270	13/06/1996	
FA	47	Faloria	BL	1743492	5157578	2230	09/11/1984	
FC	223	Falcade	BL	1720839	5137577	1145	25/09/1996	
FD	142	Faedo Cinto Euganeo	PD	1711449	5020414	247	01/09/1994	
FL	33	Follina	TV	1741576	5094037	286	01/07/1986	
FO	31	Foen Case Rosse	BL	1724335	5103263	390	11/07/1985	31/12/1997
FS	195	Farra di Soligo	TV	1740846	5087888	172	01/02/1992	
FT	165	Fossalta di Portogruaro	VE	1803460	5076509	4	02/02/1992	
FU	116	Frassinelle Polesine	RO	1708386	4979378	4	01/02/1992	
FZ	37	Passo Falzarego	BL	1730729	5156057	2100	03/10/1985	
GA	15	Gares Canale d'Agordo	BL	1721975	5132828	1360	15/02/1984	
GE	178	Gesia (Cavarzere)	VE	1742656	5005558	1	01/01/1996	
GG	174	Galzignano Terme	PD	1714466	5020146	20	02/02/1992	
GI	46	Punta Giatei	BL	1733370	5152156	2183	01/02/1985	30/09/1997
GL	100	Conegliano Veneto	TV	1754754	5086096	83	01/08/1989	
GO	18	Goima	BL	1737899	5140648	1200	01/03/1991	31/12/1997
GR	186	Gaiarine	TV	1771060	5088027	18	01/02/1992	
GT	177	Grantorto	PD	1714510	5052620	31	01/12/1991	
GU	97	Saguedo	RO	1703098	4997703	9	01/01/1989	28/04/1994
GZ	128	Grezzana	VR	1657285	5041591	156	01/02/1992	
HI	251	Boscochiesanuova	VR	1658971	5053801	1050	02/09/1999	
IE	160	Iesolo	VE	1772386	5039725	1	01/02/1992	
IL	126	Illasi	VR	1669803	5036390	146	01/11/1991	
IN	231	S.Apollinare (Rovigo)	RO	1722629	4990641	2	01/01/1998	
IT	110	Cittadella	PD	1717457	5060787	56	01/09/1991	
L3	166	Lugugnana di Portogruaro	VE	1807257	5068899	0	01/02/1992	
LE	111	Legnaro	PD	1731313	5025746	8	01/07/1991	
LG	199	Longarone	BL	1754505	5128442	440	01/11/1991	
LM	200	Lamon	BL	1712289	5103342	660	03/11/1991	
LN	105	Lonigo	VI	1686190	5029070	28	01/11/1990	
LO	531	Longarone 1	BL	1754438	5128889	490	01/06/1984	28/02/1992
LS	121	Lusia	RO	1707608	4996530	6	07/07/1995	
LT	143	Laste Basse	VI	1675337	5085641	1450	01/11/1991	13/10/1997
LU	139	Lusiana	VI	1701277	5073466	772	01/11/1991	
M1	191	Molini Laghi	VI	1674465	5077041	597	02/08/1991	
MA	67	Monte Avena	BL	1718785	5101561	1412	03/10/1985	
MB	60	Malga Campobon S. Pietro di C.	BL	1780595	5172146	1941	05/11/1984	
MC	11	Malga Ciapela	BL	1723167	5145852	1465	18/10/1984	
MD	92	Malga Col Indes Tambre	BL	1765721	5113119	1183	30/10/1986	
ME	43	Mestre Città	VE	1754337	5041162	30	28/08/1987	
MG	103	Montegaldella	VI	1709268	5035253	23	08/01/1990	23/02/1993
MH	130	Montecchia di Crosara	VR	1678508	5037496	50	01/01/1992	
ML	134	Malo	VI	1692000	5060290	99	01/02/1992	

Segue **Tabella 1**

Targa	Codice	Stazione	Provincia	x (m)	y (m)	z (m s.m.m.)	Data di attivazione	Data di sospensione
MM	167	Mira	VE	1743834	5036139	5	01/02/1992	
MN	124	Marano di Valpolicella	VR	1650283	5045650	296	01/11/1991	
MO	106	Montagnana	PD	1693715	5012956	13	01/11/1990	
MP	83	Montecchio Precalcino	VI	1698530	5059290	74	05/10/1993	
MR	75	Malga Restelleto	VI	1678033	5084111	1419	08/01/1986	30/09/1991
MS	197	Maser	TV	1728768	5073708	101	01/04/1992	
MT	149	Montegalda	VI	1708173	5036371	23	01/12/1991	
NE	71	S.Giovanni Ilarione	VR	1673701	5046287	320	01/02/1992	
NP	163	Noventa di Piave	VE	1779548	5063479	2	01/02/1992	
NV	150	Noventa Vicentina	VI	1701334	5015604	14	01/12/1991	
OB-O2	141	Orto Botanico Padova ¹	PD	1725513	5031345	12	01/01/1980	
OD	196	Oderzo	TV	1774074	5074059	8	02/02/1992	
OG	227	Mogliano Veneto	TV	1757898	5052900	5	01/09/1997	
ON	109	Ponton S. Ambrogio di Valp.	VR	1641284	5041581	116	01/09/1991	
PA	222	Papozze	RO	1739569	4986497	2	21/12/1993	
PD	80	Passo Pordoi	BL	1716634	5151673	2142	23/11/1984	
PE	72	Pedescala	VI	1683849	5079567	308	06/06/1985	
PG	82	Pove del Grappa	VI	1712966	5076143	675	29/11/1985	
PH	13	Cencenighe	BL	1728859	5136575	770	15/02/1984	
PO	48	Podestagno	BL	1737941	5164714	1314	22/11/1984	
PR	101	Pradon Porto Tolle	RO	1765925	4979319	-3	04/01/1989	
PT	204	Ponte di Piave	TV	1774311	5068689	6	14/03/1995	
PU	159	Portogruaro Lison	VE	1792625	5072647	2	01/02/1992	
PV	203	Passo Valles Falcade	BL	1715669	5135537	2020	01/11/1991	
QU	153	Quinto Vicentino	VI	1705283	5049560	33	01/12/1991	
RA	144	Rosà	VI	1716221	5064576	85	01/11/1991	
RC	187	Roncade	TV	1764703	5059832	6	01/02/1992	
RI	238	Misurina	BL	1748381	5162197	1736	01/07/1992	
RL	112	Rosolina -Po di Tramontana	RO	1756819	4996008	-2	01/02/1992	
RM	77	Recoaro 1000	VI	1673358	5060979	1171	09/07/1986	
RO	34	Rosolina Finanza	RO	1761875	4999110	1	26/09/1984	31/03/1999
RR	135	Rifugio la Guardia Recoaro	VI	1669547	5064982	1131	02/11/1991	
RV	119	Roverchiara	VR	1676857	5014995	20	01/11/1991	
RZ	235	Soffranco	BL	1749405	5127829	605	01/05/1992	
S2	136	Sappada	BL	1784276	5162297	1265	01/10/1997	
SB	87	San Bortolo	VR	1670135	5052922	936	25/11/1986	
SC	125	San Pietro in Cariano	VR	1647521	5041292	130	01/12/1991	
SD	63	Sappada 2000	BL	1783374	5165981	2002	19/12/1984	31/12/1997
SE	10	Selva di Cadore	BL	1733606	5148934	1475	03/07/1984	
SG	117	Sorgà	VR	1657747	5009147	24	01/03/1992	
SI	151	Masi	PD	1695081	4999006	8	01/05/1994	
SL	99	San Bellino	RO	1703035	4989648	6	01/01/1989	
SO	25	Sospirolo	BL	1737108	5114264	520	04/12/1983	
SP	16	Sappade	BL	1721689	5139355	1320	15/02/1984	
SR	140	Passo Santa Caterina Valdagno	VI	1676078	5054353	806	01/11/1991	
SS	58	S.Stefano di Cadore	BL	1772477	5162309	895	23/12/1984	

¹ La stazione dell’Orto Botanico di Padova (OB) è caratterizzata da una scansione minima di un’ora fino all’anno 2000 compreso. Dal 2001 nella stessa posizione si effettuano registrazioni con scansione di 5 minuti primi, codificate con la targa O2.

Segue **Tabella 1**

Targa	Codice	Stazione	Provincia	x (m)	y (m)	z (m s.m.m.)	Data di attivazione	Data di sospensione
ST	22	S.Antonio di Tortal	BL	1744038	5104273	540	05/09/1988	
SU	81	Monte Summano	VI	1687850	5069338	619	29/11/1985	
SZ	108	Salizzole	VR	1663858	5011680	23	01/06/1992	
TC	84	Torricelle Verona Città	VR	1656921	5037907	325	05/09/1985	
TI	64	Tignes	BL	1759628	5118780	510	10/04/1989	31/12/1996
TL	170	Teolo	PD	1709765	5024498	158	02/02/1992	
TN	236	San Martino Chies d'Alpago	BL	1764711	5119074	832	02/05/1992	
TO	93	Torch Pieve d'Alpago	BL	1759776	5116420	690	06/11/1986	
TR	146	Trissino	VI	1683986	5050040	265	01/02/1992	
TS	122	Trebaseleghe	PD	1736009	5054940	23	11/07/1995	
TT	221	Trecenta	RO	1691206	4988231	10	26/05/1993	
TU	76	Turcati Recoaro	VI	1669945	5063078	705	08/07/1986	
V1	224	Valle di Cadore	BL	1756158	5145702	793	20/12/1996	
VA	185	Vazzola	TV	1759606	5078507	40	02/02/1992	
VB	188	Villorba	TV	1751640	5071317	41	01/02/1992	
VF	104	Villafranca Veronese	VR	1643529	5025977	66	02/11/1990	
VG	79	Valdagno	VI	1679918	5055729	228	08/07/1986	
VI	21	Villa S. Andrea Gosaldo	BL	1728093	5123843	1250	16/02/1984	
VL	50	Villanova Borca di Cadore	BL	1746281	5148292	975	07/12/1984	
VM	176	San Pietro Viminario	PD	1721217	5012283	5	02/03/1992	
VN	189	Valdobbiadene Bigolino	TV	1733366	5085407	222	02/02/1992	
VO	183	Volpago del Montello	TV	1742000	5074920	125	01/02/1992	
VP	137	Valli del Pasubio	VI	1672255	5069535	600	03/12/1991	
VR	85	Caprino Veronese	VR	1635570	5051829	320	03/12/1985	
VS	114	Villadose	RO	1730073	4995047	0	02/03/1992	
VV	230	Valle Averso uno	VE	1746144	5026586	0	17/10/1997	
VZ	225	Vicenza (Città)	VI	1697419	5047824	45	18/09/1997	
XO	192	Passo Xomo Posina	VI	1672681	5071307	1056	04/08/1991	
ZB	184	Zero Branco	TV	1747270	5053799	12	01/02/1992	

La suddivisione delle stazioni per provincia è riportata in **Tabella 2**.

Tabella 2- Ripartizione delle stazioni di misura del Centro Meteorologico di Teolo per provincia di appartenenza.

Provincia	Stazioni attive	Stazioni disattivate	Totale stazioni
Belluno	43	9	52
Padova	17	0	17
Rovigo	13	2	15
Treviso	16	0	16
Venezia	13	0	13
Vicenza	30	4	34
Verona	21	0	21
Totale	153	15	168

1.2 Gli strumenti di misura

La rete di telemisura gestita dal Centro Meteorologico di Teolo dell’Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto è costituita da stazioni meteorologiche ed agrometeorologiche automatiche del tipo WST 7000 e WST 3200, costruite dalla ditta MTX Italia S.r.l., telecontrollate via radio dalla centrale di Teolo ed operanti in continuo mediamente dall’anno 1992.



Figura 2. Veduta di una stazione agrometeorologica.



Figura 3. Pluviometro di una stazione agrometeorologica.

Il pluviometro utilizzato per le misure è costituito da una bocca circolare da 1000 cm² di area, posta a 2 m di altezza dal piano campagna. Un imbuto in alluminio convoglia la pioggia caduta verso un sistema di due vaschette basculanti in grado di operare la misura con risoluzione di 0.2 mm di pioggia (pari a 20 cm³ di acqua) (**Figura 2** e **Figura 3**). Mediante due contatti magnetici l’unità di acquisizione della stazione meteorologica conta il numero di oscillazioni del dispositivo nell’unità di tempo. Nello specifico caso, ogni 5 minuti primi la stazione memorizza il dato di precipitazione cumulata nei 5 minuti primi precedenti, espresso come multiplo dell’altezza minima misurabile, pari a 0,2 mm. Ogni 24 ore, per ciascuna stazione, viene costituito un blocco dati giornaliero con tutte le rilevazioni effettuate ogni 5 minuti primi (288 dati in 24 ore) e con la precipitazione totale caduta nelle 24 ore.

Le stazioni periferiche operano con l’orario solare per tutta la durata dell’anno; gli orari sono verificati periodicamente dall’unità centrale e le possibili differenze di orario tra le stazioni sono inferiori a 5 minuti primi. Ogni dato è riferito all’intervallo temporale precedente: ad esempio la misura di precipitazione alle ore 12.00 indica l’altezza di pioggia caduta dalle ore 11h 55’ 00’’ alle 12h 00’ 00’’. E’ possibile pertanto ottenere il dato della precipitazione caduta nell’arco di 5 minuti, sempre riferiti ad orario solare, o viceversa verificare l’assenza di precipitazione nello stesso arco temporale. La precipitazione del giorno rappresenta la cumulata della pioggia dalle 00h 00’ 00’’ alle 24h 00’00’’.

Il personale del Centro Meteorologico di Teolo provvede quotidianamente alle operazioni di acquisizione e di archiviazione dei dati monitorati dalle stazioni della rete nel corso del giorno precedente, verificandone l’integrità e la consistenza temporale ed analizzando i valori con l’ausilio di programmi che evidenziano la ripetitività dei

dati, il superamento di valori di soglia e la presenza di valori anomali. Ulteriori controlli vengono operati confrontando anche graficamente la consistenza e l’evoluzione temporale dei fenomeni tra stazioni circostanti o tra diversi parametri meteorologici correlati, quali ad esempio precipitazione ed umidità relativa dell’aria o bagnatura fogliare. Sempre a cura del personale del Centro Meteorologico di Teolo vengono periodicamente eseguiti presso la stazione meteorologica gli interventi di manutenzione necessari a garantire il corretto funzionamento dei sensori, la loro sostituzione in caso di guasto o il loro controllo in caso di dubbio funzionamento. Il pluviometro richiede in particolare periodici e costanti azioni di pulizia dell’imbuto e del sistema basculante da foglie, polvere ed insetti. La procedura di verifica e di taratura prevede l’utilizzo di un imbuto separatore collocato sulla bocca del pluviometro e dotato di due diversi rubinetti. In una prima prova vengono fatti scendere da tale strumento 100 cm³ di acqua, pesata con bilancia di precisione o con cilindro graduato di precisione, simulando un’intensità di precipitazione di circa 30 mm/h e verificando la risposta dello strumento, costituita da 5 oscillazioni, corrispondenti a 1 mm di pioggia.

Nella seconda prova vengono fatti scendere 500 cm³ d’acqua attraverso un secondo rubinetto simulando un’intensità di precipitazione di circa 24,6 mm/h e verificando la risposta dello strumento, costituita da 25 oscillazioni, corrispondenti a 5 mm di pioggia. In caso di lettura errata va controllato in primo luogo il corretto posizionamento sul piano orizzontale del gruppo basculante e successivamente mediante ripetute prove con siringa graduata si procede alla calibratura del sistema basculante agendo sulle viti di fine corsa. Al termine della regolazione si procede ad un ulteriore controllo con l’imbuto separatore.



Figura 4. Veduta interna del pluviometro.

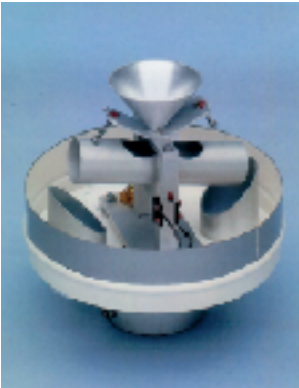


Figura 5. Particolare del sistema basculante.

Anche questo tipo di misure risulta affetto da errori, in parte per limiti di costruzione e di manutenzione dello strumento misuratore ed in parte per la complessità del fenomeno oggetto del monitoraggio. In particolare si sottolineano i problemi principali connessi con le misure:

- gli eventi temporaleschi, causa principale delle precipitazioni di elevata intensità e di breve durata, sono caratterizzati da una grande variabilità spaziale che non sempre viene colta dai punti di misura al suolo;

- 13



Tabella 7 - Elenco delle stazioni del Centro Meteorologico di Teolo site all'interno o entro 10 km dal perimetro del bacino scolante nella laguna di Venezia, con indicazione delle coordinate topografiche x ed y nel sistema Gauss-Boaga fuso Ovest, delle quote z e del periodo di funzionamento.

Targa	Codice	Stazione	Provincia	x (m)	y (m)	z (m s.m.m.)	Data di attivazione
AA	169	Agna	PD	1732493	5004900	2	02/02/1992
BP	198	Breda di Piave	TV	1759803	5068127	21	01/01/1992
BV	155	Boccon di Vò	PD	1708330	5021763	92	01/09/1994
C4	172	Ca' Bianca (Chioggia)	VE	1751117	5008917	2	01/01/1996
CF	102	Castelfranco Veneto	TV	1729544	5064403	50	01/08/1989
CH	168	Sant'Anna di Chioggia	VE	1757558	5004230	-1	02/02/1992
CM	179	Campodarsego	PD	1727668	5042147	15	03/02/1992
CO	98	Concadirame (Rovigo)	RO	1714116	4996900	6	01/01/1989
CU	107	Campagna Lupia	VE	1747642	5030045	1	13/06/1991
DV	175	Codevigo	PD	1743376	5014703	0	01/02/1992
ER	164	Eraclea	VE	1789122	5056679	-1	01/02/1992
ES	180	Este	PD	1708172	5013292	69	01/12/1991
FD	142	Faedo Cinto Euganeo	PD	1711449	5020414	247	01/09/1994
GE	178	Gesia (Cavarzere)	VE	1742656	5005558	1	01/01/1996
GG	174	Galzignano Terme	PD	1714466	5020146	20	02/02/1992
GT	177	Grantorto	PD	1714510	5052620	31	01/12/1991
IE	160	Iesolo	VE	1772386	5039725	1	01/02/1992
IT	110	Cittadella	PD	1717457	5060787	56	01/09/1991
LE	111	Legnaro	PD	1731313	5025746	8	01/07/1991
LU	139	Lusiana	VI	1701277	5073466	772	01/11/1991
ME	43	Mestre Città	VE	1754337	5041162	30	28/08/1987
MM	167	Mira	VE	1743834	5036139	5	01/02/1992
MS	197	Maser	TV	1728768	5073708	101	01/04/1992
NP	163	Noventa di Piave	VE	1779548	5063479	2	01/02/1992
NV	150	Noventa Vicentina	VI	1701334	5015604	14	01/12/1991
OB-O2	141	Orto Botanico Padova	PD	1725513	5031345	12	01/01/1980
OD	196	Oderzo	TV	1774074	5074059	8	02/02/1992
OG	227	Mogliano Veneto	TV	1757898	5052900	5	01/09/1997
PG	82	Pove del Grappa	VI	1712966	5076143	675	29/11/1985
PT	204	Ponte di Piave	TV	1774311	5068689	6	14/03/1995
RA	144	Rosà	VI	1716221	5064576	85	01/11/1991
RC	187	Roncade	TV	1764703	5059832	6	01/02/1992
TL	170	Teolo	PD	1709765	5024498	158	02/02/1992
TS	122	Trebaseleghe	PD	1736009	5054940	23	11/07/1995
VA	185	Vazzola	TV	1759606	5078507	40	02/02/1992
VB	188	Villorba	TV	1751640	5071317	41	01/02/1992
VM	176	San Pietro Viminario	PD	1721217	5012283	5	02/03/1992
VN	189	Valdobbiadene Bigolino	TV	1733366	5085407	222	02/02/1992
VO	183	Volpago del Montello	TV	1742000	5074920	125	01/02/1992
VS	114	Villadose	RO	1730073	4995047	0	02/03/1992
VV	230	Valle Averte uno	VE	1746144	5026586	0	17/10/1997
ZB	184	Zero Branco	TV	1747270	5053799	12	01/02/1992

1.4 Criteri di scelta delle stazioni pluviometriche

Per la redazione del presente studio, finalizzato all'analisi delle piogge all'interno e nelle aree limitrofe al bacino scolante nella laguna di Venezia, è stata effettuata una selezione tra le stazioni disponibili, per individuare un campione ristretto e significativo del regime pluviometrico sul bacino considerato. La ricerca si è orientata sulla definizione di una distanza massima dal perimetro del Bacino Scolante. Tale valore stabilisce univocamente un insieme di stazioni di riferimento, sulle quali svolgere lo studio. I criteri adottati per la scelta di tale distanza di riferimento sono stati i seguenti:

- necessità di circoscrivere completamente il territorio del Bacino Scolante con stazioni esterne dotate di serie temporali consistenti, in modo tale che nessuna porzione del bacino, per nessun periodo, risulti esclusa dal poligono individuato dai siti delle registrazioni;
- necessità di limitare superiormente la distanza dal Bacino Scolante, per non includere nell'analisi stazioni con caratteristiche pluviometriche e climatiche palesemente non omogenee all'area di pianura considerata;
- opportunità di adottare un valore semplice e indicativo.

Il valore meglio rispondente ai requisiti è risultato dell'ordine di 10 km ed ha portato ad un campione di 42 stazioni, tutte attive, riportate in **Figura 7** e in **Tabella 7**.

1.5 Raccolta ed ordinamento dei dati disponibili

I dati di pioggia elaborati nell'ambito del presente studio sono costituiti dai valori massimi annui registrati in ciascuna stazione per intervalli temporali di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti primi e di 1, 3, 6, 12, 24 ore. Va precisato che la scansione minima delle misure è di 5 minuti primi ed è fissa: i valori per durate superiori derivano dall'aggregazione dei dati di 2, 3, 6 e 9 e di 12, 36, 72, 144 e 288 registrazioni base successive. In via del tutto teorica, si potrebbe osservare che la massima registrazione annua può non corrispondere all'effettivo massimo di precipitazione per la stessa durata, nell'ipotesi in cui il periodo di massima pioggia risulti sfasato rispetto alla corrispondente scansione temporale dello strumento. Tale obiezione appare fondata solo per le durate più brevi, mentre la procedura

seguita risulta in armonia con la convenzione comunemente seguita in idrologia, in base alla quale per le durate più lunghe si fa riferimento a scansioni temporali fissate, quali ad esempio il giorno o l'intervallo tra le successive letture al pluviometro. I dati forniti sono stati inseriti in un database, così da rendere possibile l'estrazione dei valori sulla base di diversi criteri di interrogazione.

1.6 Controllo di qualità dei dati e dell'ampiezza del campione

I dati raccolti sono stati oggetto di una specifica operazione di validazione, mirata ad individuare la presenza di valori palesemente inaffidabili, sulla base dell'esperienza fisica ed idrologica. L'accettazione di un valore massimo annuo è generalmente condizionata alla presenza di un numero sufficiente di registrazioni disponibili, vale a dire alla sufficiente copertura dell'anno in esame con una estesa serie di osservazioni. Con riferimento al primo ed all'eventuale ultimo anno di registrazione, si è stabilito infatti convenzionalmente di accettare il massimo relativo al primo anno di funzionamento nel caso in cui la stazione avesse iniziato le misure entro il giorno 1 aprile; allo stesso modo si sono considerati i valori dell'ultimo anno di registrazione quando la data di termine attività fosse non anteriore al giorno 1 ottobre. Per quanto riguarda gli altri anni, sono stati resi disponibili dal Centro Meteorologico di Teolo i rapporti di funzionamento delle stazioni su base mensile, che consentono l'individuazione di particolari e prolungati periodi di inattività delle stazioni. Sulla base di tali informazioni, con un controllo incrociato tra consistenza dei dati disponibili, funzionamento complessivo della stazione nell'arco dei singoli anni ed importanza relativa di eventuali periodi di inattività, si è provveduto ad eliminare dati non affidabili, stabilendo nel 75% il livello minimo di attività richiesto per ciascuna stazione. Sulla base di tali principi, è parso opportuno eliminare dal campione alcuni dati relativi alle stazioni di Este (1991-1994), S.Pietro Viminario (1992) e Campagna Lupia (2001), i cui valori disponibili risultavano eccessivamente ridotti. Come risultato finale delle procedure di controllo elencate si è ottenuto il campione di dati riportato in **Tabella 8**. Un elenco riassuntivo delle stazioni pluviometriche considerate è riportato in **Tabella 9**.

Tabella 8 - Valori massimi annui delle piogge di durata compresa tra 5 minuti primi e 24 ore per le stazioni di riferimento considerate.

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
AA	169	Agna	1992	7.2	12.4	17.4	32.0	39.6	42.6	43.0	43.2	58.0	76.8
			1993	5.4	7.2	9.2	11.8	14.6	17.2	29.4	31.4	34.2	36.8
			1994	7.0	13.8	18.2	22.4	23.0	23.2	26.2	48.4	48.8	49.2
			1995	9.2	14.6	16.0	26.4	29.6	29.6	29.8	40.8	43.2	52.2
			1996	10.4	15.8	22.0	35.0	39.4	44.0	51.8	53.0	53.0	53.0
			1997	9.2	15.6	23.4	31.0	37.6	40.2	45.6	45.8	46.0	46.0
			1998	8.6	13.2	17.6	21.8	22.2	22.2	33.6	35.2	39.4	42.8
			1999	10.0	17.8	23.4	26.2	28.8	29.8	44.4	52.0	70.8	74.2
			2000	7.2	13.0	16.0	25.2	30.2	34.8	43.4	43.4	43.4	45.2
			2001	7.0	13.4	18.0	27.2	30.4	32.0	43.6	49.6	55.8	62.6
		Media Agna		8.1	13.7	18.1	25.9	29.5	31.6	39.1	44.3	49.3	53.9
		Deviazione standard		1.6	2.8	4.2	6.5	8.1	9.0	8.6	7.0	10.6	13.3



Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
BP	198	Breda di Piave	1992	12.0	21.4	24.2	30.0	31.4	32.4	32.8	38.0	70.6	104.4
			1993	11.4	20.6	25.6	29.8	30.8	32.8	39.6	39.6	39.6	58.8
			1994	9.2	16.0	20.6	26.2	27.2	27.8	32.2	32.4	33.6	49.4
			1995	16.4	29.6	36.2	38.0	38.8	42.4	55.8	69.8	71.0	116.2
			1996	10.6	16.0	18.8	25.8	28.2	28.4	35.0	45.6	49.0	59.8
			1997	8.8	17.2	22.0	36.8	45.0	47.0	47.0	47.2	47.2	54.8
			1998	9.0	18.0	26.6	43.4	49.0	49.8	53.8	53.8	53.8	62.4
			1999	17.8	26.6	33.4	34.6	34.6	34.6	35.6	47.0	49.4	54.4
			2000	9.4	14.2	17.0	22.4	22.4	22.4	24.8	35.8	49.2	60.6
			2001	13.2	23.4	29.8	31.4	31.6	32.0	42.6	51.0	51.0	51.0
			Media Breda di Piave		11.8	20.3	25.4	31.8	33.9	35.0	39.9	46.0	67.2
			Deviazione standard		3.2	5.0	6.3	6.4	8.2	8.8	9.9	10.8	23.3
BV	155	Boccon di Vò	1995	5.8	10.6	13.0	14.2	16.4	19.8	28.0	45.4	55.6	91.2
			1996	10.2	17.0	23.2	35.8	39.4	41.4	47.8	50.0	55.4	92.0
			1997	11.4	22.0	27.6	31.6	32.0	32.0	35.0	45.2	45.2	45.2
			1998	8.6	15.8	21.0	25.8	26.6	26.6	28.2	36.8	44.4	44.4
			1999	9.4	15.2	19.6	24.2	24.8	24.8	38.8	53.2	89.0	94.6
			2000	13.4	22.8	33.0	42.8	43.4	43.6	44.8	44.8	45.0	54.2
			2001	14.8	24.2	29.2	38.8	45.2	47.4	56.0	70.2	100.4	108.4
			Media Boccon di Vò		10.5	18.2	23.8	30.5	32.5	33.7	39.8	49.4	75.7
			Deviazione standard		3.0	4.9	6.7	9.8	10.7	10.6	10.4	10.5	26.8
C4	172	Ca' Bianca (Chioggia)	1996	14.8	23.4	30.8	49.0	59.4	63.4	64.8	64.8	64.8	64.8
			1997	7.4	10.2	12.8	20.8	25.0	26.0	31.2	33.4	34.6	41.6
			1998	9.2	12.0	14.0	19.2	23.6	27.0	49.0	57.0	58.4	61.2
			1999	10.0	12.0	13.0	14.8	16.8	20.4	38.2	66.8	90.2	91.8
			2000	14.6	28.8	38.8	54.4	58.4	59.2	61.4	61.6	62.2	62.8
			2001	6.0	10.0	12.8	20.8	24.2	26.0	37.6	39.0	53.4	59.6
			Media Ca' Bianca (Chioggia)		10.3	16.1	20.4	29.8	34.6	37.0	47.0	53.8	63.6
CF	102	Castelfranco Veneto	Deiazione standard		3.7	8.0	11.5	17.2	19.1	19.0	13.7	14.1	16.1
			1990	5.4	10.4	12.6	14.8	16.6	16.8	29.8	46.0	72.0	81.4
			1991	10.4	19.0	27.0	40.4	45.0	46.6	52.8	53.4	53.4	53.4
			1992	10.4	18.0	23.0	31.6	38.6	42.0	67.4	71.4	71.6	94.8
			1993	8.6	15.6	21.0	28.8	31.2	32.6	35.0	37.8	45.4	51.8
			1994	11.6	15.8	17.0	26.6	30.8	33.0	37.8	39.2	42.6	49.6
			1995	11.2	21.4	26.8	32.8	33.8	33.8	37.4	48.0	63.2	81.8
			1996	8.2	11.6	14.4	21.8	27.8	30.8	43.2	49.0	49.0	49.0
			1997	12.8	21.0	26.6	31.6	32.6	32.8	33.0	33.2	51.4	57.8
			1998	8.8	16.0	19.6	26.0	34.4	43.0	80.4	80.4	87.0	107.8
			1999	6.6	11.2	15.0	18.6	22.2	25.4	30.0	42.0	50.2	51.2
			2000	10.0	15.6	19.6	24.8	27.0	28.8	33.0	46.2	49.2	80.8
			2001	7.4	13.4	19.2	27.2	33.6	34.6	36.0	39.4	50.0	57.8
			Media Castelfranco Veneto		9.3	15.8	20.2	27.1	31.1	33.4	43.0	48.8	68.1
			Deviazione standard		2.2	3.7	5.0	6.8	7.3	8.0	16.0	13.9	20.2

Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
CH	168	Sant'Anna di Chioggia	1992	10.6	17.2	21.8	34.2	35.8	37.6	52.2	81.0	109.8	167.6
			1993	9.4	17.2	20.8	32.6	38.4	39.4	40.8	41.0	41.0	44.6
			1994	7.0	12.8	17.2	34.0	45.2	47.8	62.0	62.2	69.0	73.4
			1995	6.6	9.6	13.2	23.0	30.8	38.6	61.8	76.0	77.8	78.2
			1996	8.8	14.0	16.4	20.0	21.2	22.4	27.4	29.8	40.4	55.6
			1997	9.4	15.2	19.8	30.4	39.4	47.2	60.6	61.0	62.0	62.0
			1998	7.6	12.2	15.8	23.8	33.4	46.6	60.8	74.6	75.6	81.8
			1999	13.0	21.4	28.6	36.6	38.2	38.8	45.4	84.2	111.6	112.8
			2000	10.0	19.0	21.4	33.8	43.4	48.8	85.2	103.8	108.8	148.0
		2001	7.0	12.0	12.2	16.2	18.0	18.8	31.4	37.6	60.6	67.2	
		Media Sant'Anna di Chioggia		8.9	15.1	18.7	28.5	34.4	38.6	52.8	65.1	75.7	89.1
		Deviazione standard		2.0	3.6	4.8	7.1	8.9	10.4	17.1	23.4	26.8	40.7
CM	179	Campodarsego	1992	7.4	12.4	18.2	28.4	33.6	40.2	44.2	44.2	56.6	73.6
			1993	9.4	16.6	17.4	20.6	21.6	23.8	32.6	32.6	32.6	42.8
			1994	8.0	11.2	14.6	20.8	24.6	25.8	26.4	31.8	37.2	46.8
			1995	15.6	29.2	32.6	35.6	36.2	36.6	45.6	47.2	47.4	75.4
			1996	12.4	23.2	25.2	25.6	25.8	26.2	27.4	33.0	35.0	48.8
			1997	9.4	11.8	14.2	15.8	19.0	19.8	21.0	22.4	33.0	45.6
			1998	7.6	11.6	15.2	21.4	25.2	30.0	53.0	63.4	70.4	101.4
			1999	15.0	23.8	28.0	35.6	37.2	37.2	39.0	44.4	66.0	68.2
			2000	7.6	12.6	15.2	28.8	40.8	54.6	67.0	75.6	85.4	97.4
		2001	12.4	23.0	24.0	28.0	31.8	34.4	43.4	50.0	69.2	81.0	
		Media Campodarsego		10.5	17.5	20.5	26.1	29.6	32.9	40.0	44.5	53.3	68.1
		Deviazione standard		3.1	6.6	6.5	6.5	7.3	10.1	13.8	15.9	18.9	21.6
CO	98	Concadirame (Rovigo)	1989	7.2	13.4	19.0	29.6	32.8	34.2	36.2	36.8	43.6	58.2
			1990	7.2	10.0	13.4	18.6	19.6	24.6	39.6	41.4	42.4	51.4
			1991	8.8	12.2	14.8	20.2	22.4	22.4	22.8	29.0	35.8	52.4
			1992	12.6	20.0	23.8	27.0	28.6	29.0	29.0	29.0	35.0	53.6
			1993	4.8	7.0	9.6	12.0	15.6	16.8	24.0	33.0	47.0	48.0
			1994	8.4	11.0	13.2	13.6	13.6	16.6	20.4	24.6	30.8	32.0
			1995	8.4	10.4	12.4	17.6	17.8	21.8	32.8	35.6	48.8	75.0
			1996	9.4	15.4	20.6	27.8	30.4	31.4	34.8	38.2	58.0	77.8
			1997	12.8	19.4	23.4	27.6	27.6	27.8	28.4	36.4	36.4	36.4
			1998	6.2	9.4	11.0	12.2	12.8	14.2	23.2	33.4	39.0	39.0
			1999	8.2	13.8	17.4	21.6	21.6	21.6	25.2	41.0	63.0	69.0
			2000	11.0	20.8	29.6	47.8	54.6	55.8	76.8	78.8	79.0	79.0
			2001	9.0	16.6	20.8	28.4	38.4	47.2	72.4	82.0	88.8	92.6
		Media Concadirame (Rovigo)		8.8	13.8	17.6	23.4	25.8	28.0	35.8	41.5	49.8	58.8
		Deviazione standard		2.3	4.4	5.9	9.7	11.6	12.1	18.2	17.9	17.8	18.6
CU	107	Campagna Lupia	1993	12.0	21.2	24.8	33.8	37.8	38.4	51.4	52.4	52.4	52.4
			1994	9.8	16.8	19.6	31.0	34.4	37.0	51.0	66.4	66.4	71.4
			1995	10.4	16.0	20.6	31.6	34.4	35.2	36.2	36.4	36.4	48.4
			1996	7.6	12.2	14.6	18.0	18.0	18.0	19.8	24.6	33.4	48.2
			1997	12.8	24.2	34.2	46.6	54.6	59.0	64.6	64.6	64.8	66.4
			1998	13.8	20.8	25.2	27.8	28.0	28.0	37.0	47.2	56.4	57.0
			1999	8.0	15.4	21.0	25.4	26.6	28.8	35.2	54.6	76.8	77.6
			2000	11.8	20.8	31.8	52.4	56.2	56.6	59.2	59.2	60.4	68.4
		Media Campagna Lupia		10.8	18.4	24.0	33.3	36.3	37.6	44.3	50.7	55.9	61.2
Deviazione standard		2.2	3.9	6.5	11.2	13.3	14.0	14.8	14.3	14.9	11.2		



Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
DV	175	Codevigo	1992	9.8	16.8	20.6	31.4	32.2	32.4	41.2	60.4	82.8	121.2
			1993	8.6	16.0	20.8	28.4	34.8	38.2	40.0	40.0	43.0	43.0
			1994	10.6	19.0	23.6	27.0	27.2	27.6	54.0	69.4	78.8	86.4
			1995	7.0	11.6	15.2	22.0	25.2	28.6	41.4	44.0	62.8	66.2
			1996	5.8	8.8	11.2	15.6	17.8	19.0	20.6	25.2	36.6	38.2
			1997	4.6	7.8	9.4	15.0	16.6	17.0	21.6	23.6	33.6	40.4
			1998	8.2	12.0	13.8	16.6	19.8	20.6	32.2	35.8	38.2	41.4
			1999	9.0	15.0	17.4	21.0	24.6	25.0	34.2	55.8	80.6	82.2
			2000	9.0	17.8	24.4	28.8	37.2	45.0	86.4	103.2	111.4	123.6
			2001	10.0	14.0	20.2	26.2	27.2	27.2	45.8	47.8	71.4	82.0
			Media Codevigo	8.3	13.9	17.7	23.2	26.3	28.1	41.7	50.5	63.9	72.5
			Deviazione standard	1.9	3.8	5.1	6.0	7.0	8.7	18.8	23.6	25.7	32.4
ER	164	Eraclea	1992	9.4	16.2	20.0	20.4	25.8	29.2	42.4	49.4	67.6	123.2
			1993	13.0	18.8	23.8	34.6	39.4	42.2	46.2	46.8	49.6	60.4
			1994	9.4	18.6	25.6	33.8	34.8	35.2	35.2	35.2	40.8	43.6
			1995	8.2	13.4	17.8	27.4	40.6	42.6	65.6	81.2	88.0	91.0
			1996	11.0	14.4	19.6	31.4	42.2	47.6	61.8	62.2	62.8	66.0
			1997	5.2	7.2	8.6	13.8	17.4	19.0	23.4	26.8	37.0	51.8
			1998	9.8	19.0	27.8	34.8	35.0	35.0	45.0	50.6	52.8	75.2
			1999	5.8	10.2	12.0	12.4	16.2	18.0	33.0	39.4	50.8	54.0
			2000	7.6	11.8	15.2	23.6	34.4	40.2	53.0	70.0	75.0	96.6
			2001	7.6	13.2	18.0	22.6	23.4	23.4	27.6	35.8	42.8	52.2
			Media Eraclea	8.7	14.3	18.8	25.5	30.9	33.2	43.3	49.7	56.7	71.4
			Deviazione standard	2.3	3.9	6.0	8.3	9.5	10.4	14.0	17.0	16.3	25.2
ES	180	Este	1995	15.2	24.6	25.2	34.8	50.8	58.4	67.6	92.0	119.8	205.8
			1996	9.8	16.8	22.0	37.6	44.4	46.6	50.8	53.8	55.4	55.4
			1997	13.2	18.4	19.2	19.2	19.2	20.6	24.6	24.6	26.6	30.6
			1998	8.6	11.4	15.8	17.6	23.4	25.8	38.8	38.8	38.8	43.6
			1999	11.2	16.4	20.8	27.2	28.2	28.6	34.0	40.4	68.0	73.4
			2000	10.0	18.8	26.6	32.8	35.2	35.8	36.8	36.8	41.4	44.4
			2001	13.8	19.0	23.4	29.4	35.8	38.4	45.0	59.6	67.2	71.4
			Media Este	11.7	17.9	21.9	28.4	33.9	36.3	42.5	49.4	59.6	74.9
			Deviazione standard	2.4	3.9	3.7	7.6	11.3	13.0	13.8	22.0	30.6	59.7
FD	142	Faedo Cinto Euganeo	1995	8.0	14.4	18.0	29.0	34.0	37.6	51.6	83.4	102.8	143.6
			1996	8.8	12.6	14.6	22.0	24.2	25.4	37.6	40.0	46.0	70.4
			1997	7.6	13.0	18.4	20.6	20.8	20.8	23.4	32.4	39.8	41.6
			1998	7.0	10.4	13.2	16.2	19.6	20.2	31.2	41.2	52.6	52.6
			1999	12.4	18.2	21.6	22.2	24.4	29.8	45.2	64.4	119.4	126.2
			2000	12.2	20.2	25.2	33.6	40.4	43.4	48.2	49.8	52.6	64.0
			2001	9.4	15.8	21.0	25.8	26.2	28.8	43.6	66.0	79.4	89.4
			Media Faedo Cinto Euganeo	9.3	14.9	18.9	24.2	27.1	29.4	40.1	53.9	70.4	84.0
			Deviazione standard	2.2	3.4	4.2	5.8	7.5	8.5	10.0	18.1	30.8	38.1

Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
GE	178	Gesia (Cavarzere)	1996	6.6	11.2	13.0	16.0	16.2	16.8	23.4	25.8	33.4	40.2
			1997	7.2	12.2	17.4	20.0	20.2	20.6	21.4	22.6	27.6	34.8
			1998	9.0	12.0	14.0	21.4	25.0	27.0	35.6	38.0	38.2	38.6
			1999	8.6	15.4	20.8	30.6	32.4	32.4	32.4	49.6	80.0	83.0
			2000	10.4	20.4	25.6	43.8	55.8	56.6	67.6	67.6	67.8	67.8
			2001	8.2	11.6	12.6	16.2	18.0	20.2	41.0	50.6	65.6	71.0
			Media Gesia (Cavarzere)	8.3	13.8	17.2	24.7	27.9	28.9	36.9	42.4	52.1	55.9
			Deviazione standard	1.3	3.6	5.1	10.8	14.8	14.7	16.8	17.0	21.7	20.5
GG	174	Galzignano Terme	1992	9.2	15.6	20.8	25.4	27.0	27.4	30.4	44.2	61.6	77.2
			1993	7.2	11.6	14.8	25.6	29.0	29.8	47.2	52.4	52.4	59.6
			1994	7.8	12.8	14.8	21.8	24.8	31.8	55.4	56.0	62.4	78.0
			1995	8.2	15.4	18.6	24.2	31.6	36.8	55.4	87.6	103.2	124.4
			1996	10.0	15.6	19.8	24.8	29.4	32.2	47.6	50.4	54.0	64.0
			1997	9.2	14.0	19.6	24.8	26.4	26.4	26.8	43.4	43.4	43.6
			1998	13.4	22.6	25.8	26.2	26.6	29.6	29.8	33.6	43.6	46.0
			1999	9.6	15.4	19.4	24.4	25.6	25.6	32.8	43.8	81.8	87.2
			2000	12.4	23.8	33.6	49.4	52.6	54.8	55.6	56.6	65.2	69.2
GT	177	Grantorto	2001	9.4	16.0	23.6	38.6	47.6	51.0	64.4	65.8	67.8	77.0
			Media Galzignano Terme	9.6	16.3	21.1	28.5	32.1	34.5	44.5	53.4	63.5	72.6
			Deviazione standard	1.9	3.9	5.5	8.6	9.8	10.2	13.5	15.0	18.1	23.0
		Grantorto	1992	7.4	12.2	16.8	20.2	27.8	30.2	38.8	39.4	51.2	64.4
			1993	9.8	16.6	20.2	32.2	37.6	39.4	43.0	45.2	46.4	46.6
			1994	10.0	17.6	21.0	30.4	33.0	38.2	47.6	60.0	62.2	62.6
			1995	9.6	17.0	25.0	44.8	48.4	48.6	70.6	93.8	94.2	118.8
			1996	9.4	13.2	14.2	22.4	24.6	28.4	44.0	44.0	44.0	45.6
			1997	6.4	9.6	11.8	16.6	20.4	21.6	22.0	25.8	41.2	49.8
			1998	10.2	18.8	21.6	23.0	26.2	29.6	52.0	52.0	56.8	92.8
IE	160	lesolo	1999	11.8	20.2	27.6	37.8	37.8	38.2	60.0	65.8	69.6	78.8
			2000	10.4	17.8	23.4	31.6	32.0	38.4	46.8	54.8	68.4	77.4
			2001	8.4	13.4	16.4	21.6	23.6	23.8	38.0	49.4	67.2	73.6
			Media Grantorto	9.3	15.6	19.8	28.1	31.1	33.6	46.3	53.0	60.1	71.0
			Deviazione standard	1.6	3.4	5.0	8.8	8.4	8.3	13.1	18.1	15.9	22.8
		lesolo	1992	4.8	5.6	8.0	12.2	13.8	18.2	31.0	45.0	80.8	110.2
			1993	9.2	16.8	23.4	40.4	48.0	57.4	91.0	91.6	91.6	93.6
			1994	12.4	18.2	23.0	26.6	27.2	27.2	27.4	45.2	45.4	49.2
			1995	9.2	15.4	16.8	20.4	24.6	27.4	45.6	71.8	84.6	87.0
			1996	11.4	22.0	30.0	40.4	44.2	44.8	46.8	46.8	47.0	55.4
			1997	10.6	18.6	20.6	23.2	25.0	29.2	37.6	44.2	44.2	44.2
			1998	10.4	16.8	21.8	22.8	25.6	33.6	50.6	59.0	64.8	67.4
IE	160	lesolo	1999	8.4	14.6	20.0	30.8	35.8	38.0	46.0	53.4	62.2	63.2
			2000	7.2	11.2	14.8	22.6	26.8	29.4	44.4	66.0	78.2	98.2
			2001	7.6	13.0	13.8	20.0	22.0	23.4	26.4	36.0	42.6	50.4
			Media lesolo	9.1	15.2	19.2	25.9	29.3	32.9	44.7	55.9	64.1	71.9
			Deviazione standard	2.2	4.5	6.1	9.0	10.4	11.4	18.4	16.6	18.7	23.5



Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
IT	110	Cittadella	1992	14.8	24.6	28.4	43.4	47.8	48.0	52.0	56.6	59.6	79.2
			1993	8.0	11.2	14.8	21.2	25.2	27.8	31.6	31.6	40.6	42.6
			1994	13.0	23.4	30.4	39.6	47.6	63.6	88.6	90.2	90.2	91.6
			1995	13.6	23.8	29.2	41.4	48.0	48.6	49.8	67.8	110.8	121.8
			1996	11.2	20.0	27.4	41.2	42.4	53.8	68.2	68.2	68.2	68.8
			1997	16.8	27.4	31.4	37.0	38.4	40.2	46.8	49.0	54.6	61.0
			1998	9.2	16.2	19.0	29.6	42.2	47.2	69.0	73.0	73.0	127.6
			1999	11.2	14.4	18.2	21.8	23.0	27.2	40.4	42.4	64.2	68.4
			2000	11.2	18.0	24.4	33.6	34.6	38.4	47.4	47.8	56.6	70.0
		2001	8.8	15.4	20.8	33.2	42.6	49.0	64.0	72.6	73.2	73.2	
		Media Cittadella		11.8	19.4	24.4	34.2	39.2	44.4	55.8	59.9	69.1	80.4
		Deviazione standard		2.8	5.2	5.8	7.9	9.0	11.3	16.7	17.5	19.7	26.5
LE	111	Legnaro	1992	14.6	16.2	19.2	34.4	45.0	50.0	54.0	66.2	81.2	92.0
			1993	8.4	16.6	21.8	30.8	33.8	35.0	38.4	38.4	38.4	52.2
			1994	13.4	23.2	32.6	52.8	59.8	61.4	75.2	84.0	84.2	90.2
			1995	11.2	20.0	23.4	29.8	35.4	37.4	37.8	42.2	43.6	56.8
			1996	6.6	10.0	12.8	16.8	18.4	20.6	27.0	32.8	43.0	53.4
			1997	8.6	13.0	15.8	22.4	25.0	25.6	27.0	30.4	30.4	33.6
			1998	12.2	20.4	25.2	25.6	29.4	30.4	40.6	50.4	58.6	58.6
			1999	8.6	13.8	19.4	29.8	33.8	35.0	35.2	58.8	81.6	84.0
			2000	5.4	10.8	13.8	20.6	23.4	24.2	31.4	51.0	57.2	72.8
		2001	7.8	12.4	15.4	24.0	29.2	31.8	46.8	51.8	67.8	83.8	
		Media Legnaro		9.7	15.6	19.9	28.7	33.3	35.1	41.3	50.6	58.6	67.7
		Deviazione standard		3.0	4.4	6.1	10.0	11.9	12.3	14.6	16.2	19.6	19.6
LU	139	Lusiana	1992	10.0	12.8	16.6	23.0	28.2	34.6	69.6	80.0	120.4	129.4
			1993	9.2	13.6	18.8	26.6	29.2	31.8	46.2	50.6	67.6	76.0
			1994	11.4	20.6	26.0	37.6	39.0	39.0	49.6	63.6	74.4	103.2
			1995	11.2	19.6	27.6	49.0	64.6	68.6	76.8	78.8	79.0	91.2
			1996	6.6	13.0	18.2	21.6	30.8	35.6	38.0	43.4	61.4	99.0
			1997	10.4	19.8	28.2	44.0	52.0	56.4	57.6	58.0	76.4	85.2
			1998	8.8	14.8	22.0	28.8	30.4	30.4	43.8	71.8	99.0	110.0
			1999	8.4	14.2	17.8	26.0	29.6	32.8	53.4	88.6	146.0	151.2
			2000	14.0	17.6	20.0	29.4	35.8	38.2	44.6	58.2	86.2	96.2
		2001	9.2	16.6	19.8	25.8	28.2	29.4	32.6	41.0	46.4	53.6	
		Media Lusiana		9.9	16.3	21.5	31.2	36.8	39.7	51.2	63.4	85.7	99.5
		Deviazione standard		2.0	3.0	4.3	9.2	12.2	12.7	13.7	16.1	29.3	27.2
ME	43	Mestre Città ¹	1988	7.0	10.8	15.2	22.6	23.0	23.2	23.2	32.4	37.8	44.4
			1989	8.0	12.4	15.0	18.0	20.6	29.6	34.4	46.8	48.8	56.2
			1992	8.8	15.2	21.6	36.2	38.2	38.4	46.0	46.2	46.2	60.8
			1993	7.6	14.2	19.0	27.4	41.0	48.6	60.6	62.8	62.8	66.0
			1994	11.6	22.6	33.0	51.6	55.2	55.6	57.4	57.4	63.4	69.0
			1995	11.6	19.0	22.8	34.4	36.6	37.6	40.0	44.8	46.4	63.2
			1996	7.2	10.0	13.4	15.8	17.2	19.4	33.6	43.8	43.8	58.2
			1997	7.4	13.2	16.4	22.0	26.0	27.6	28.4	28.4	28.4	33.8
			1998	11.0	18.6	24.2	31.6	38.0	42.0	46.2	49.6	49.6	49.6
			1999	10.4	17.6	21.2	28.4	29.4	29.8	38.4	41.4	56.2	56.4
			2000	3.8	6.4	8.4	15.6	21.2	23.6	39.0	49.0	62.6	73.4
		2001	12.8	22.8	31.2	32.6	32.8	32.8	32.8	38.4	48.0	55.4	
		Media Mestre Città		8.9	15.2	20.1	28.0	31.6	34.0	40.0	45.1	49.5	57.2
		Deviazione standard		2.6	5.1	7.2	10.3	10.9	10.8	11.1	9.6	10.6	10.9

Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
MM	167	Mira	1992	11.4	18.6	20.2	22.6	24.2	24.2	38.2	63.8	77.0	93.2
			1993	5.8	9.0	11.6	18.2	20.8	21.8	22.4	22.8	29.0	43.2
			1994	11.8	19.6	26.6	41.6	43.0	44.6	44.6	44.6	44.6	82.2
			1995	12.8	25.2	29.2	31.6	32.0	34.4	37.8	41.6	42.0	54.2
			1996	11.6	18.8	30.4	35.0	42.4	44.6	45.2	45.2	45.2	57.8
			1997	9.2	17.8	23.8	36.0	41.0	43.2	49.4	50.4	50.6	63.6
			1998	8.6	14.4	15.8	16.8	21.2	26.2	49.0	63.0	70.8	74.0
			1999	16.6	25.6	31.4	37.6	44.6	46.8	46.8	56.0	83.4	88.4
			2000	10.6	16.2	21.4	35.6	40.8	41.6	44.6	44.6	49.8	78.6
			2001	10.8	17.6	20.6	29.6	31.4	32.4	43.0	45.4	68.6	87.2
		Media Mira		10.9	18.3	23.1	30.5	34.1	36.0	42.1	47.7	56.1	72.2
		Deviazione standard		2.8	4.8	6.5	8.5	9.5	9.4	7.9	11.8	17.7	16.7
MS	197	Maser	1992	7.2	12.2	16.4	29.4	35.2	47.0	52.0	57.4	72.0	96.4
			1993	10.6	15.2	17.8	23.2	32.2	34.8	39.0	39.0	48.0	52.6
			1994	5.8	11.4	15.4	17.8	24.6	29.4	34.4	35.8	38.8	46.6
			1995	8.8	14.6	20.0	32.4	35.2	36.0	45.4	46.0	49.8	52.0
			1996	15.2	29.8	39.2	51.0	60.2	62.2	74.8	75.0	75.0	78.0
			1997	9.0	13.6	15.8	21.0	27.6	30.2	30.4	41.8	65.8	73.0
			1998	8.2	13.8	19.2	27.6	34.0	35.2	49.0	54.4	69.6	85.2
			1999	9.8	18.0	22.2	32.6	48.8	52.8	57.2	57.2	57.4	57.4
			2000	7.6	13.0	17.8	18.8	22.8	25.0	32.2	45.6	50.2	70.0
			2001	10.2	18.8	25.2	33.4	36.2	36.4	36.6	36.8	44.2	49.2
		Media Maser		9.2	16.0	20.9	28.7	35.7	38.9	45.1	48.9	57.1	66.0
		Deviazione standard		2.6	5.4	7.1	9.8	11.3	11.6	13.7	12.2	12.7	17.0
NP	163	Noventa di Piave	1992	13.8	21.6	29.2	35.0	40.4	43.0	45.8	48.8	64.2	113.6
			1993	9.2	15.2	18.2	23.4	27.8	30.4	44.0	51.4	51.4	59.4
			1994	8.0	16.0	19.8	26.0	28.0	28.8	34.4	36.0	44.4	50.0
			1995	8.8	17.6	23.0	35.0	43.0	44.2	44.2	51.8	58.2	110.0
			1996	5.4	9.4	12.0	17.6	20.0	21.0	41.0	47.2	51.0	53.6
			1997	13.0	20.2	25.8	30.0	31.2	31.2	32.2	32.6	41.8	49.0
			1998	10.6	16.6	21.4	31.8	42.0	46.0	51.8	51.8	52.0	59.2
			1999	6.0	10.0	12.8	14.6	16.8	20.4	30.6	32.6	45.2	71.0
			2000	10.0	15.8	20.4	34.4	42.4	49.2	52.2	65.4	77.6	104.4
			2001	12.2	19.2	24.0	31.6	33.6	35.0	36.8	39.8	42.2	43.6
		Media Noventa di Piave		9.7	16.2	20.7	27.9	32.5	34.9	41.3	45.7	52.8	71.4
		Deviazione standard		2.8	4.0	5.4	7.3	9.5	10.3	7.7	10.4	11.3	27.3
NV	150	Noventa Vicentina	1992	10.8	15.4	19.8	25.2	26.4	27.2	34.0	35.2	38.6	50.2
			1993	7.0	13.2	16.2	19.0	19.2	20.0	36.4	48.8	66.2	73.2
			1994	12.2	21.2	24.6	28.0	28.6	28.8	45.8	46.8	49.6	65.4
			1995	12.2	17.6	18.8	22.4	29.0	30.0	49.8	53.8	83.8	116.6
			1996	13.2	18.6	25.4	41.0	45.6	58.4	69.0	69.2	69.4	73.8
			1997	6.8	10.8	14.6	20.2	20.4	23.2	26.8	28.4	28.8	30.6
			1998	9.8	13.4	13.6	21.0	25.0	26.2	28.2	28.8	36.2	40.0
			1999	9.2	14.8	20.8	22.8	23.2	23.4	33.6	46.4	53.6	59.0
			2000	6.8	10.4	10.8	11.6	13.8	15.6	22.2	24.2	43.8	44.4
			2001	14.2	26.0	35.6	46.8	48.6	50.0	65.8	81.8	104.2	114.6
		Media Noventa Vicentina		10.2	16.1	20.0	25.8	28.0	30.3	41.2	46.3	57.4	66.8
		Deviazione standard		2.7	4.8	7.2	10.5	11.1	13.4	16.1	18.5	23.5	29.3



Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
OB	141	Orto Botanico Padova	1993						23.4	24.4	24.6	28.2	39.2
			1994						51.6	71.6	81.8	82.2	97.4
			1995						31.6	39.2	40.6	43.8	76.0
			1996						21.4	34.6	43.4	69.4	81.6
			1997						22.0	33.8	33.8	33.8	41.2
			1998						20.0	36.6	48.8	55.2	65.0
			1999						17.0	22.6	25.4	34.6	50.8
			2000						21.8	39.0	39.0	39.0	48.4
			2001	11.0	17.6	24.0	29.4	32.2	33.2	43.6	48.8	60.4	70.0
			Media Orto Botanico Padova	11.0	17.6	24.0	29.4	32.2	26.9	38.4	42.9	49.6	63.3
O2		Deviazione standard		-	-	-	-	-	10.7	14.2	17.1	18.3	19.9
OD	196	Oderzo	1992	7.6	13.4	17.2	21.8	28.4	30.4	36.2	46.8	80.4	109.2
			1993	18.4	22.4	24.4	24.8	28.0	30.8	34.0	43.0	44.4	48.8
			1994	9.2	15.6	19.6	24.8	26.6	27.4	28.6	37.6	40.8	41.6
			1995	12.2	16.0	17.8	19.6	28.6	33.4	41.2	42.8	50.2	71.8
			1996	9.4	17.4	21.4	28.4	31.8	32.2	47.6	51.2	67.8	93.4
			1997	5.2	8.0	9.6	16.4	17.2	18.0	21.8	36.2	48.4	56.8
			1998	9.8	12.2	15.4	22.4	24.6	25.0	36.4	41.8	48.4	64.2
			1999	7.4	12.8	13.6	14.4	16.8	19.8	37.0	41.2	42.8	51.2
			2000	8.0	14.0	15.8	20.2	21.4	22.0	29.2	34.4	46.2	62.4
			2001	10.4	15.8	20.2	29.0	32.6	34.0	48.2	60.2	60.4	60.4
			Media Oderzo	9.8	14.8	17.5	22.2	25.6	27.3	36.0	43.5	53.0	66.0
			Deviazione standard	3.6	3.8	4.2	4.8	5.6	5.8	8.3	7.7	12.7	20.8
OG	227	Mogliano Veneto	1998	14.0	20.4	28.2	31.8	33.0	34.2	46.8	50.2	56.2	58.6
			1999	10.4	18.2	23.2	37.2	42.0	44.0	60.8	60.8	60.8	61.2
			2000	15.0	22.0	24.6	26.4	26.6	26.6	38.8	53.0	67.0	76.4
			2001	9.4	14.8	16.6	20.8	21.2	24.2	27.4	29.0	32.2	36.0
			Media Mogliano Veneto	12.2	18.9	23.2	29.1	30.7	32.3	43.5	48.3	54.1	58.1
			Deviazione standard	2.7	3.1	4.8	7.0	8.9	8.9	14.0	13.6	15.2	16.7
PG	82	Pove del Grappa	1986	4.6	8.2	11.2	15.2	16.4	16.6	21.2	41.0	49.8	51.6
			1987	7.2	13.0	18.6	21.2	22.2	23.4	32.4	49.0	60.2	70.6
			1988	6.0	10.6	13.8	24.4	31.0	33.2	48.2	53.4	77.0	85.4
			1989	4.6	8.2	10.8	17.4	21.2	22.8	32.6	35.0	56.8	64.4
			1991	8.0	13.4	17.0	23.0	33.6	40.8	45.0	57.2	85.6	94.4
			1992	6.6	12.2	14.6	22.0	24.0	26.6	48.8	63.0	98.0	138.8
			1993	10.4	20.4	25.0	30.8	34.6	36.2	41.2	45.2	68.0	72.8
			1994	7.6	12.0	13.8	18.2	24.0	28.0	44.4	64.4	66.2	84.6
			1995	7.0	12.2	14.8	16.8	17.6	17.6	40.2	57.6	60.6	63.2
			1996	10.4	15.2	24.8	34.4	37.4	41.6	47.6	49.2	56.8	80.4
			1997	7.2	8.6	10.0	16.6	21.0	22.4	30.6	48.2	87.4	101.6
			1998	10.0	16.8	20.8	26.0	31.2	43.2	80.2	95.0	112.2	145.8
			1999	5.6	10.8	14.6	20.4	25.2	28.6	33.6	48.0	76.8	81.4
			2000	4.0	7.8	8.8	10.6	13.6	15.6	39.2	63.8	95.8	106.4
			2001	9.2	10.8	14.2	19.8	26.0	29.0	36.0	55.2	65.4	74.2
			Media Pove del Grappa	7.2	12.0	15.5	21.1	25.3	28.4	41.4	55.0	74.4	87.7
			Deviazione standard	2.1	3.5	4.9	6.1	7.0	9.1	13.2	13.9	18.0	26.5

Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
PT	204	Ponte di Piave	1995	9.0	14.8	20.6	29.4	31.4	31.6	45.4	53.4	65.2	82.4
			1996	15.2	18.4	20.2	23.8	31.6	34.0	49.0	57.2	71.0	95.6
			1997	8.6	16.8	21.0	33.2	38.4	38.4	38.6	38.6	47.0	50.4
			1998	9.4	15.8	19.8	28.4	32.8	38.6	51.2	51.4	51.6	52.4
			1999	8.8	12.2	17.0	20.4	23.0	25.2	31.8	37.0	39.8	58.0
			2000	9.6	16.2	17.6	19.4	19.8	20.4	36.4	37.6	48.2	72.8
			2001	10.4	16.0	18.0	18.8	19.4	20.8	33.0	45.2	45.8	45.8
			Media Ponte di Piave	10.1	15.7	19.2	24.8	28.1	29.9	40.8	45.8	52.7	65.3
			Deviazione standard	2.3	1.9	1.6	5.6	7.3	7.8	7.8	8.3	11.2	18.7
RA	144	Rosà	1992	11.4	20.6	28.2	50.0	61.4	63.0	65.0	65.2	91.6	91.6
			1993	11.8	17.6	18.2	20.0	22.4	28.4	29.8	32.4	41.8	43.8
			1994	13.6	22.4	29.6	33.2	34.4	35.0	47.8	52.4	52.4	81.8
			1995	9.8	18.6	26.4	44.2	58.8	64.0	75.2	75.4	75.4	81.8
			1996	8.8	15.4	23.8	33.2	35.2	43.2	49.4	58.6	58.6	58.6
			1997	10.4	19.4	21.8	23.4	39.6	41.0	41.2	41.2	58.0	65.0
			1998	10.6	20.8	22.6	35.0	37.4	40.2	68.4	79.6	92.0	150.8
			1999	7.8	14.0	19.2	24.0	27.2	32.6	49.0	55.2	84.8	89.0
			2000	9.0	16.0	24.6	38.6	41.0	42.6	51.4	53.0	71.2	94.0
			2001	14.4	22.2	25.4	27.0	27.8	28.8	52.8	62.2	81.4	88.6
			Media Rosà	10.8	18.7	24.0	32.9	38.5	41.9	53.0	57.5	70.7	84.5
			Deviazione standard	2.1	2.9	3.7	9.6	12.8	12.6	13.4	14.3	17.3	28.5
RC	187	Roncade	1992	14.8	22.6	28.0	39.2	39.8	40.2	45.4	47.0	66.8	93.8
			1993	7.8	12.0	16.8	29.0	38.4	40.4	55.4	63.0	63.2	77.0
			1994	9.0	17.8	20.8	23.6	24.2	24.6	27.4	28.6	33.2	39.6
			1995	11.8	21.0	24.8	26.2	28.2	29.0	38.6	52.6	67.8	68.0
			1996	7.2	11.8	13.8	14.4	18.4	22.0	25.6	29.8	54.8	63.8
			1997	9.2	17.2	23.6	39.4	48.0	52.0	58.0	60.2	60.4	61.0
			1998	7.4	11.0	15.0	23.8	31.6	38.2	39.8	39.8	52.0	57.6
			1999	8.0	11.6	15.2	21.0	25.8	29.2	39.0	41.8	56.0	65.0
			2000	9.4	14.6	16.6	19.0	20.4	24.6	41.2	56.6	73.8	90.6
			2001	11.0	20.6	27.8	33.4	36.0	38.8	44.2	47.4	47.6	47.8
			Media Roncade	9.6	16.0	20.2	26.9	31.1	33.9	41.5	46.7	57.6	66.4
			Deviazione standard	2.4	4.4	5.5	8.4	9.4	9.5	10.3	11.9	11.7	17.1
TL	170	Teolo	1992	12.4	19.8	26.6	40.4	52.6	58.2	67.2	67.2	79.4	79.6
			1993	7.4	11.2	15.0	21.2	22.4	25.6	33.4	36.2	39.0	45.8
			1994	9.2	14.8	15.6	17.6	18.6	22.8	33.8	39.0	45.0	53.0
			1995	12.4	18.6	22.0	34.6	40.6	42.6	59.8	84.2	98.8	144.4
			1996	10.0	19.6	24.8	31.0	38.6	43.6	53.6	55.8	57.6	66.2
			1997	10.0	16.0	18.0	22.8	27.0	28.6	30.0	30.0	34.6	37.6
			1998	8.6	10.6	12.0	14.6	14.8	16.4	24.6	33.2	42.4	54.8
			1999	12.6	17.8	20.2	22.4	22.6	22.6	40.6	56.4	78.4	83.2
			2000	13.2	20.2	25.0	33.4	36.8	40.2	49.6	50.4	51.6	55.2
			2001	17.2	31.4	40.4	46.6	54.8	56.2	66.0	102.0	131.8	141.4
			Media Teolo	11.3	18.0	22.0	28.5	32.9	35.7	45.9	55.4	65.9	76.1
			Deviazione standard	2.8	5.8	8.1	10.4	14.0	14.6	15.5	23.4	31.1	37.9

</



Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore				
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
TS	122	Trebaseleghe	1996	8.6	13.0	17.0	24.6	28.8	30.2	40.6	43.8	44.0	53.8
			1997	10.4	15.0	17.2	26.2	28.4	30.6	31.6	31.6	38.8	51.6
			1998	9.4	18.0	22.8	28.8	31.0	33.8	39.6	48.6	54.6	89.8
			1999	8.4	13.6	18.6	24.4	33.2	42.4	51.8	52.6	64.2	69.0
			2000	11.2	17.6	19.8	25.0	30.0	32.2	53.0	75.0	87.2	117.8
			2001	13.0	22.0	30.0	53.4	64.8	72.6	84.6	84.6	84.6	84.8
		Media Trebaseleghe		10.2	16.5	20.9	30.4	36.0	40.3	50.2	56.0	62.2	77.8
		Deviazione standard		1.8	3.4	4.9	11.4	14.2	16.4	18.7	19.9	20.3	25.0
VA	185	Vazzola	1992	13.6	18.0	25.8	33.4	33.8	36.2	42.0	50.0	90.6	125.6
			1993	12.4	20.6	24.4	30.4	37.4	39.4	41.0	43.2	43.8	79.0
			1994	8.2	15.0	19.4	22.8	26.4	31.2	37.6	43.6	43.6	63.6
			1995	14.0	26.4	28.6	30.2	39.2	41.2	41.8	45.0	59.6	93.6
			1996	10.2	17.0	23.4	32.0	45.2	48.6	50.2	50.2	58.8	97.0
			1997	7.4	12.2	15.8	22.8	24.8	27.0	30.8	48.2	67.8	72.2
			1998	17.8	23.6	26.4	29.0	29.6	29.8	30.6	37.6	41.4	62.8
			1999	7.8	9.0	9.6	13.6	17.2	19.4	34.2	48.8	51.0	51.4
			2000	15.2	26.2	32.2	33.8	37.4	38.6	49.2	51.0	62.4	70.4
			2001	8.8	12.4	15.0	25.8	30.4	32.6	41.4	54.2	70.6	75.0
		Media Vazzola		11.5	18.0	22.1	27.4	32.1	34.4	39.9	47.2	59.0	79.1
		Deviazione standard		3.6	6.1	7.0	6.3	8.2	8.2	6.8	4.8	15.1	21.4
VB	188	Villorba	1992	13.0	21.0	26.0	34.0	36.0	36.4	37.0	47.0	79.2	110.0
			1993	10.4	15.2	20.4	22.4	25.0	25.6	26.6	30.8	32.0	50.2
			1994	8.8	15.2	17.8	20.0	22.8	23.6	29.6	32.0	34.8	52.8
			1995	12.6	23.8	33.4	49.4	60.4	67.0	69.2	70.8	70.8	74.6
			1996	7.0	11.2	14.4	20.8	25.8	36.8	40.2	40.2	43.0	72.2
			1997	11.4	20.4	22.2	24.8	26.4	27.0	28.2	28.4	41.0	55.2
			1998	8.0	11.2	13.6	25.6	31.0	31.4	33.2	43.8	53.6	81.4
			1999	7.4	13.4	18.0	25.0	27.6	29.6	37.2	51.4	54.0	54.4
			2000	8.4	14.8	17.8	25.4	32.6	36.6	39.6	46.8	57.0	95.0
			2001	6.8	8.2	11.8	16.2	19.4	21.8	31.4	45.0	67.4	75.6
		Media Villorba		9.4	15.4	19.5	26.4	30.7	33.6	37.2	43.6	53.3	72.1
		Deviazione standard		2.3	4.9	6.4	9.3	11.5	13.0	12.2	12.3	15.8	19.8
VM	176	San Pietro Viminario	1993	11.8	20.0	24.2	28.2	29.2	29.4	29.6	31.6	47.0	52.0
			1994	12.2	17.8	22.2	29.4	30.0	30.4	54.2	57.2	63.0	80.4
			1995	9.8	17.6	21.4	27.8	28.0	28.0	28.0	33.8	45.8	
			1996	11.6	18.0	25.2	42.2	58.2	66.0	72.8	73.2	73.2	
			1997	11.2	16.0	19.4	23.4	25.2	26.6	32.0	32.0	32.2	36.8
			1998	13.2	22.6	27.8	30.6	32.2	32.2	32.4	35.0	42.2	43.4
			1999	9.8	19.0	22.2	29.6	31.8	32.0	32.2	50.0	71.8	77.2
			2000	15.8	30.0	33.2	37.0	40.4	45.2	53.2	54.6	61.4	62.4
			2001	7.0	10.6	14.0	17.0	24.6	27.6	38.6	49.2	56.8	63.4
		Media San Pietro Viminario		11.4	19.1	23.3	29.5	33.3	35.3	41.4	45.6	53.5	59.4
		Deviazione standard		2.4	5.2	5.4	7.2	10.4	12.8	15.3	15.1	15.4	15.7
VN	189	Valdobbiadene Bigolino	1992	7.8	13.8	18.2	22.0	24.2	25.6	40.8	66.0	113.8	163.2
			1993	14.0	19.0	23.0	33.4	38.2	44.4	54.8	57.2	57.2	59.8
			1994	11.4	19.6	26.2	33.6	35.0	35.6	43.0	43.0	46.8	89.8
			1995	9.0	16.6	23.0	32.0	38.0	41.8	60.0	76.4	93.4	94.8
			1996	9.0	13.8	17.4	25.2	29.8	31.0	39.0	42.0	55.8	85.0
			1997	6.4	11.2	15.2	20.0	20.4	20.4	33.6	51.2	88.6	100.0
			1998	10.0	16.6	22.2	26.4	29.4	32.6	41.6	48.4	70.6	108.0

Segue **Tabella 8**

Targa	Codice	Stazione	Anno	Durata in minuti					Durata in ore					
				5	10	15	30	45	1	3	6	12	24	
			1999	12.6	20.0	26.0	33.4	39.0	42.8	53.0	59.6	81.6	90.0	
			2000	9.4	13.0	19.0	29.2	32.0	33.4	49.8	58.8	88.4	112.4	
			2001	16.0	22.6	28.8	40.6	45.8	49.2	54.6	54.6	54.6	72.6	
		Media Valdobbiadene Bigolino			10.6	16.6	21.9	29.6	33.2	35.7	47.0	55.7	75.1	97.6
		Deviazione standard			2.9	3.7	4.4	6.2	7.6	8.9	8.6	10.5	21.5	27.8
VO	183	Volpago del Montello	1992	10.6	19.6	24.8	30.4	32.8	44.0	48.6	48.6	89.2	122.0	
			1993	7.4	13.4	19.0	24.4	34.4	40.0	40.4	40.4	40.6	45.6	
			1994	10.2	16.6	20.6	29.4	33.0	33.8	35.4	37.2	37.2	49.6	
			1995	12.2	22.0	25.8	28.8	31.0	33.6	42.0	64.0	72.8	73.2	
			1996	12.4	24.0	29.4	33.2	36.4	51.0	59.0	59.0	59.0	66.8	
			1997	6.4	12.6	15.4	21.2	26.0	32.4	43.4	43.8	67.6	75.8	
			1998	10.2	17.6	20.6	34.2	34.4	34.6	37.4	49.0	66.6	84.2	
			1999	11.0	21.8	31.2	40.4	41.4	41.6	41.6	44.0	57.4	57.6	
			2000	12.4	20.8	27.6	41.8	46.2	47.6	50.4	51.4	64.6	95.0	
		2001	11.4	15.4	18.2	23.2	26.0	29.2	44.4	47.0	55.8	59.2		
		Media Volpago del Montello			10.4	18.4	23.3	30.7	34.2	38.8	44.3	48.4	61.1	72.9
		Deviazione standard			2.0	3.9	5.3	6.9	6.2	7.2	6.9	8.1	15.1	23.1
VS	114	Villadose	1992	8.4	16.0	23.8	43.2	60.4	67.6	72.6	72.8	73.2	73.2	
			1993	7.2	12.6	19.2	30.8	40.6	42.8	43.8	45.4	45.6	46.0	
			1994	7.4	13.8	16.4	27.6	29.6	31.0	38.4	38.6	49.6	62.4	
			1995	11.0	20.4	24.6	30.4	31.4	33.6	56.2	76.8	108.6	166.4	
			1996	9.2	16.6	20.6	28.8	30.6	31.2	38.6	39.4	43.4	44.2	
			1997	10.6	18.0	20.6	23.4	23.4	23.6	34.6	34.6	34.6	34.6	
			1998	9.4	17.2	21.2	25.2	25.2	25.2	25.4	29.4	37.2	40.0	
			1999	7.8	12.0	15.0	16.6	17.0	17.0	32.2	46.8	71.6	78.2	
			2000	13.4	24.2	29.6	32.8	32.8	32.8	32.8	33.6	39.0	40.6	
		2001	6.0	11.6	15.4	25.4	29.8	30.2	50.4	56.6	62.4	69.0		
		Media Villadose			9.0	16.2	20.6	28.4	32.1	33.5	42.5	47.4	56.5	65.5
		Deviazione standard			2.2	4.0	4.5	6.9	11.7	13.8	13.9	16.4	23.0	38.7
VV	230	Valle Averso uno	1998	9.0	16.2	20.2	24.0	29.0	35.4	55.4	60.6	70.6	71.2	
			1999	6.8	10.0	11.8	14.0	15.8	16.0	31.8	52.8	73.0	74.4	
			2000	11.6	22.2	29.2	49.2	51.6	52.2	55.2	55.2	59.4	86.4	
			2001	15.2	23.0	27.6	37.2	42.0	44.2	56.0	56.6	71.8	87.2	
		Media Valle Averso uno			10.7	17.9	22.2	31.1	34.6	37.0	49.6	56.3	68.7	79.8
Deviazione standard			3.6	6.0	8.0	15.4	15.6	15.6	11.9	3.3	6.3	8.2		
ZB	184	Zero Branco	1992	11.4	22.6	26.8	31.4	32.6	32.8	39.4	46.2	61.8	83.2	
			1993	8.0	15.6	20.4	24.6	25.0	25.0	25.2	30.6	39.6	54.4	
			1994	9.4	17.6	22.6	35.6	43.6	44.6	45.2	45.2	45.2	50.6	
			1995	9.8	18.8	23.6	31.8	32.2	34.2	45.4	51.2	51.4	88.6	
			1996	11.4	21.2	24.4	31.6	32.4	33.2	34.8	35.2	36.6	49.0	
			1997	9.8	15.2	18.6	24.4	26.2	27.2	30.6	30.8	38.0	41.2	
			1998	10.0	19.0	24.2	32.0	32.6	33.0	33.0	33.2	38.4	45.6	
			1999	9.6	18.6	24.0	34.4	35.0	35.8	36.2	46.2	63.8	64.0	
			2000	9.2	13.0	18.8	30.4	38.4	40.4	46.2	71.6	85.8	94.8	
		2001	17.6	23.8	29.2	30.8	30.8	30.8	30.8	44.2	64.4	73.8		
		Media Zero Branco			10.6	18.5	23.3	30.7	32.9	33.7	36.7	43.4	52.5	64.5
		Deviazione standard			2.6	3.4	3.3	3.6	5.4	5.7	7.2	12.3	16.2	19.4



Tabella 9- Elenco riassuntivo delle stazioni pluviometriche considerate

Targa	Codice	Stazione	Provincia	Anni disponibili	Primo anno considerato	Ultimo anno considerato	Anni intermedi mancanti
AA	169	Agna	PD	10	1992	2001	
BP	198	Breda di Piave	TV	10	1992	2001	
BV	155	Boccon di Vò	PD	7	1995	2001	
C4	172	Ca' Bianca (Chioggia)	VE	6	1996	2001	
CF	102	Castelfranco Veneto	TV	12	1990	2001	
CH	168	Sant'Anna di Chioggia	VE	10	1992	2001	
CM	179	Campodarsego	PD	10	1992	2001	
CO	98	Concadirame (Rovigo)	RO	13	1989	2001	
CU	107	Campagna Lupia	VE	8	1993	2000	
DV	175	Codevigo	PD	10	1992	2001	
ER	164	Eraclea	VE	10	1992	2001	
ES	180	Este	PD	7	1995	2001	
FD	142	Faedo Cinto Euganeo	PD	7	1995	2001	
GE	178	Gesia (Cavarzere)	VE	6	1996	2001	
GG	174	Galzignano Terme	PD	10	1992	2001	
GT	177	Grantorto	PD	10	1992	2001	
IE	160	Iesolo	VE	10	1992	2001	
IT	110	Cittadella	PD	10	1992	2001	
LE	111	Legnaro	PD	10	1992	2001	
LU	139	Lusiana	VI	10	1992	2001	
ME	43	Mestre Città	VE	12	1988	2001	1990 - 1991
MM	167	Mira	VE	10	1992	2001	
MS	197	Maser	TV	10	1992	2001	
NP	163	Noventa di Piave	VE	10	1992	2001	
NV	150	Noventa Vicentina	VI	10	1992	2001	
OB-O2	141	Orto Botanico Padova	PD	9	1993	2001	
OD	196	Oderzo	TV	10	1992	2001	
OG	227	Mogliano Veneto	TV	4	1998	2001	
PG	82	Pove del Grappa	VI	15	1986	2001	1990
PT	204	Ponte di Piave	TV	7	1995	2001	
RA	144	Rosà	VI	10	1992	2001	
RC	187	Roncade	TV	10	1992	2001	
TL	170	Teolo	PD	10	1992	2001	
TS	122	Trebaseleghe	PD	6	1996	2001	
VA	185	Vazzola	TV	10	1992	2001	
VB	188	Villorba	TV	10	1992	2001	
VM	176	San Pietro Viminario	PD	9	1993	2001	
VN	189	Valdobbiadene Bigolino	TV	10	1992	2001	
VO	183	Volpago del Montello	TV	10	1992	2001	
VS	114	Villadose	RO	10	1992	2001	
VV	230	Valle Averso uno	VE	4	1998	2001	
ZB	184	Zero Branco	TV	10	1992	2001	

1.7 Analisi descrittiva dei dati

1.7.1 Distribuzione di frequenza dell'intero campione di dati

Una prima analisi possibile sul campione dei valori massimi annuali registrati sul Bacino scolante nella laguna di Venezia riguarda lo studio della distribuzione in frequenza dei dati. Nei diagrammi da **Figura 8** a **Figura 17** sono riportati per le cinque durate in esame i punti rappresentativi dei diagrammi di frequenza cumulata relativa di non superamento, nei quali a

ogni dato campionario è associata la corrispondente percentuale di valori ad esso inferiori. Si ottengono le caratteristiche curve, con le quali è possibile ricavare una stima della rarità dell'altezza di pioggia per ciascuna durata. Un prospetto riassuntivo di alcuni valori di riferimento è riportato in **Tabella 10**. Nelle Figure citate sono altresì indicate le relazioni analitiche relative a ciascuna durata di interpolazione dei valori sperimentali.

Tabella 10 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di varia durata considerate.

F [%]	Durata in minuti					Durata in ore				
	5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
50	9.4	20.2	27.0	50	30.8	32.4	40.8	47.6	56.8	67.3
80	12.2	25.3	34.1	80	39.3	42.8	52.2	61.0	74.3	90.2
90	13.4	28.5	39.1	90	45.0	48.6	61.3	71.6	85.8	104.4
95	14.8	31.1	43.7	95	51.9	56.3	69.0	80.7	96.8	121.9
98	16.1	33.4	49.4	98	59.0	63.1	76.8	88.9	111.4	144.7
99	17.3	35.7	51.7	99	60.4	66.1	84.7	93.9	119.4	152.3

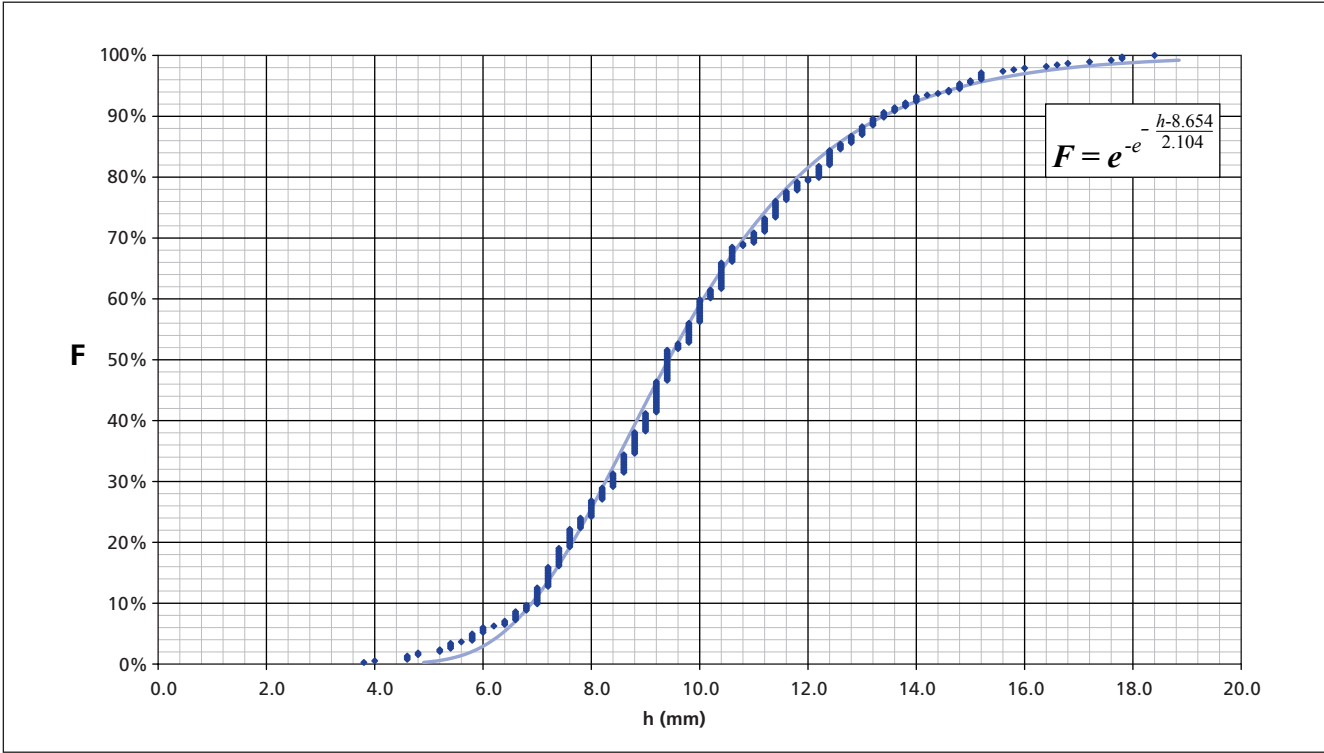


Figura 8 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 5 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

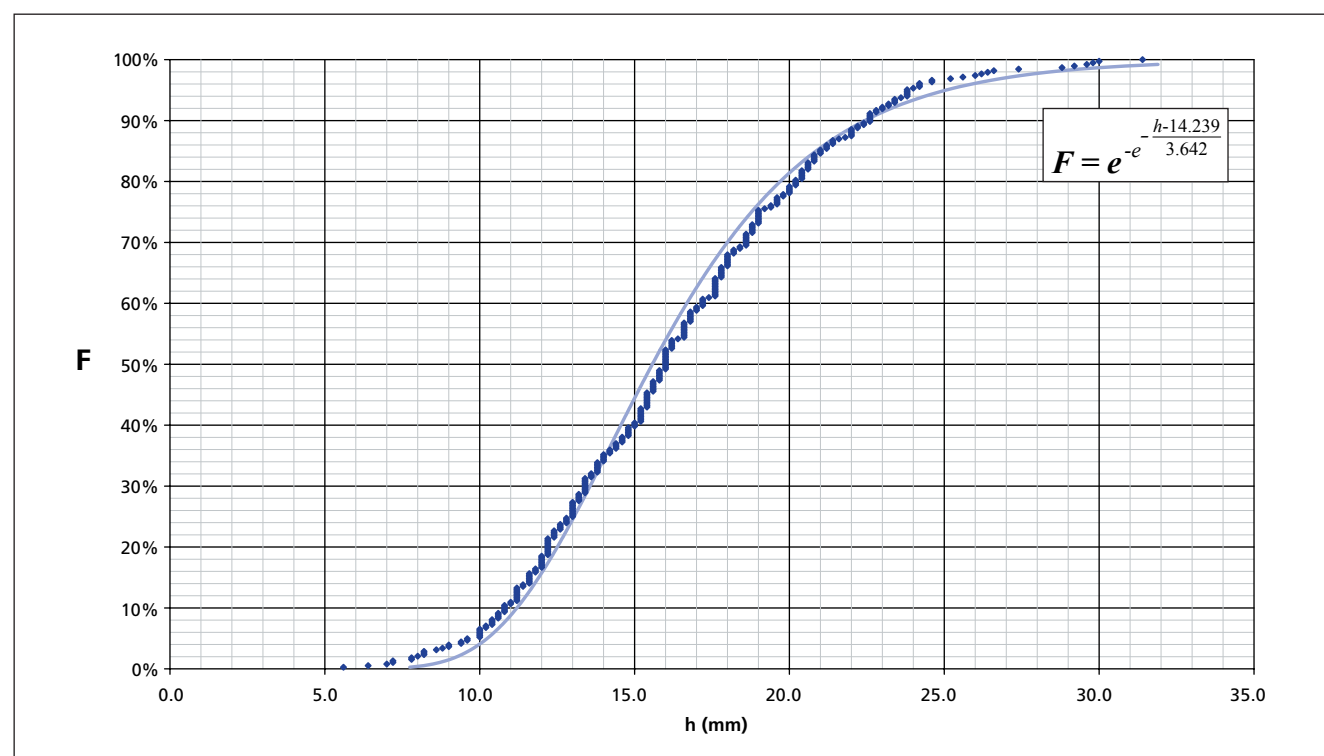


Figura 9 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 10 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

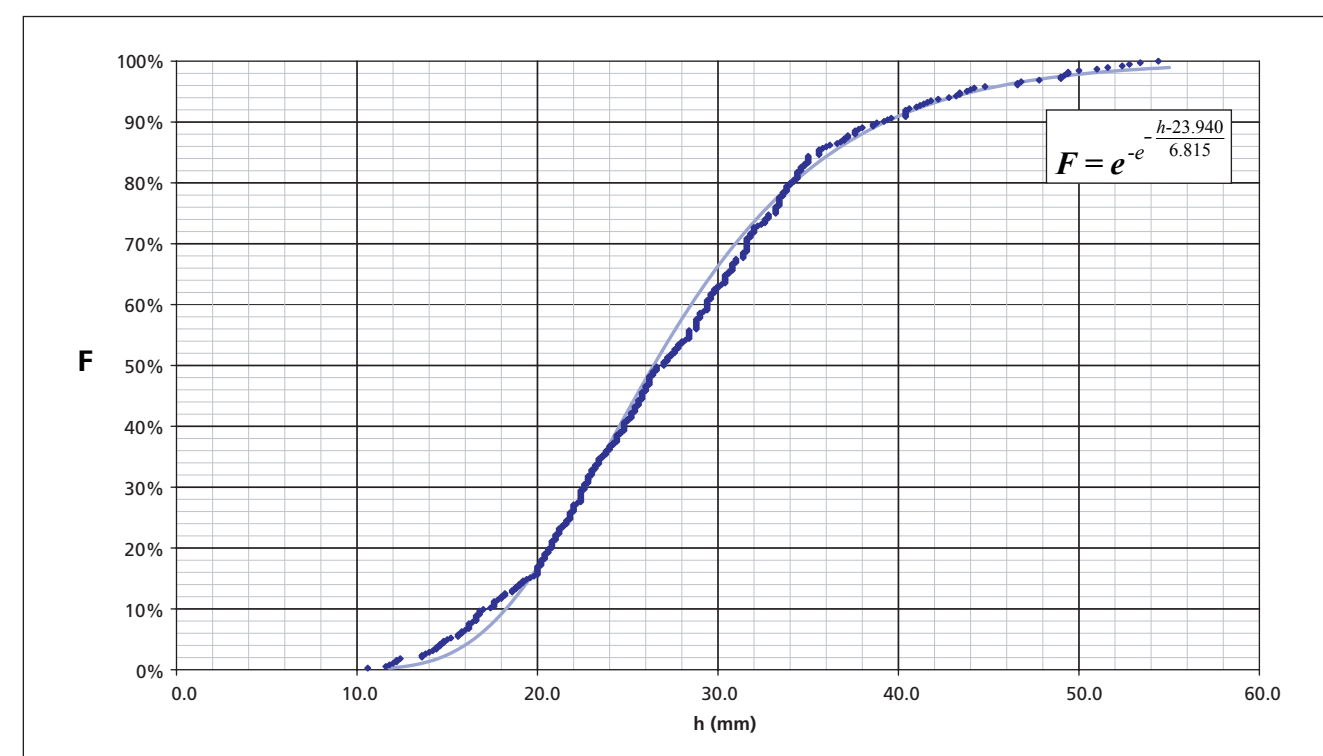


Figura 11 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 30 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

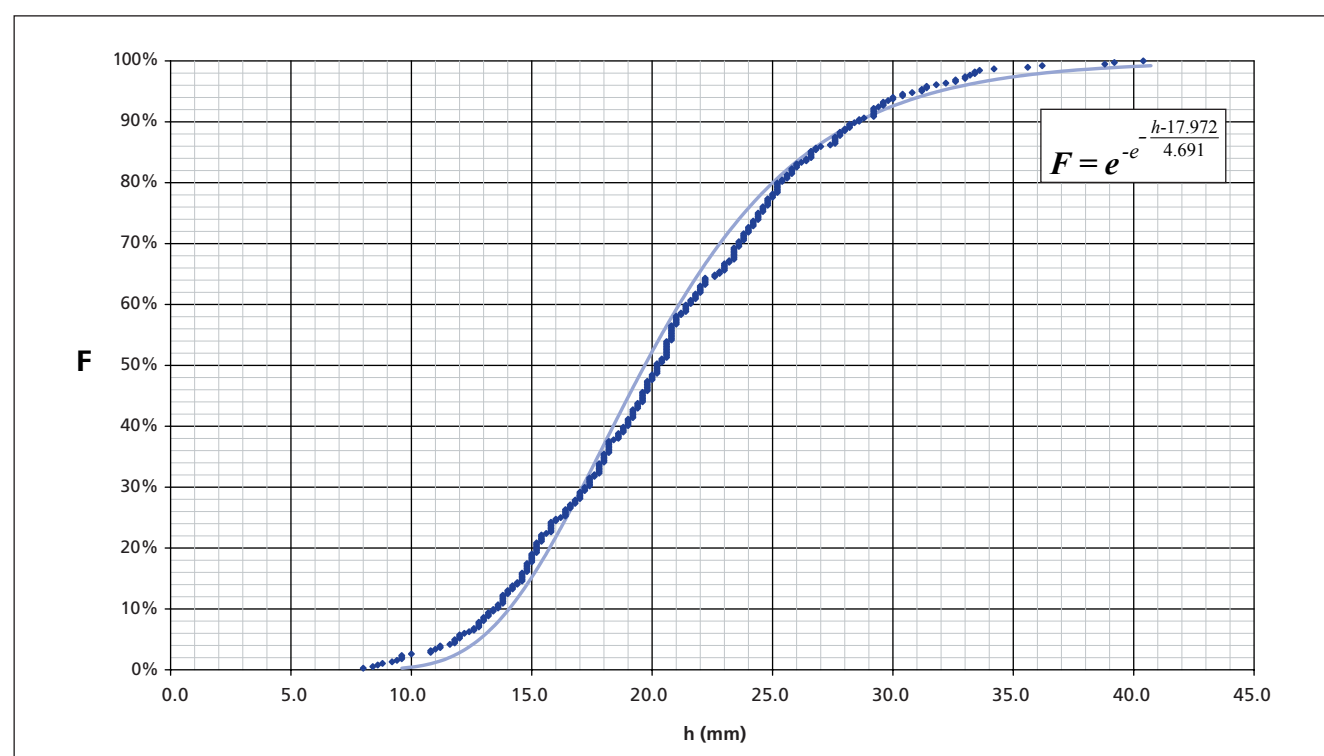


Figura 10 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 15 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

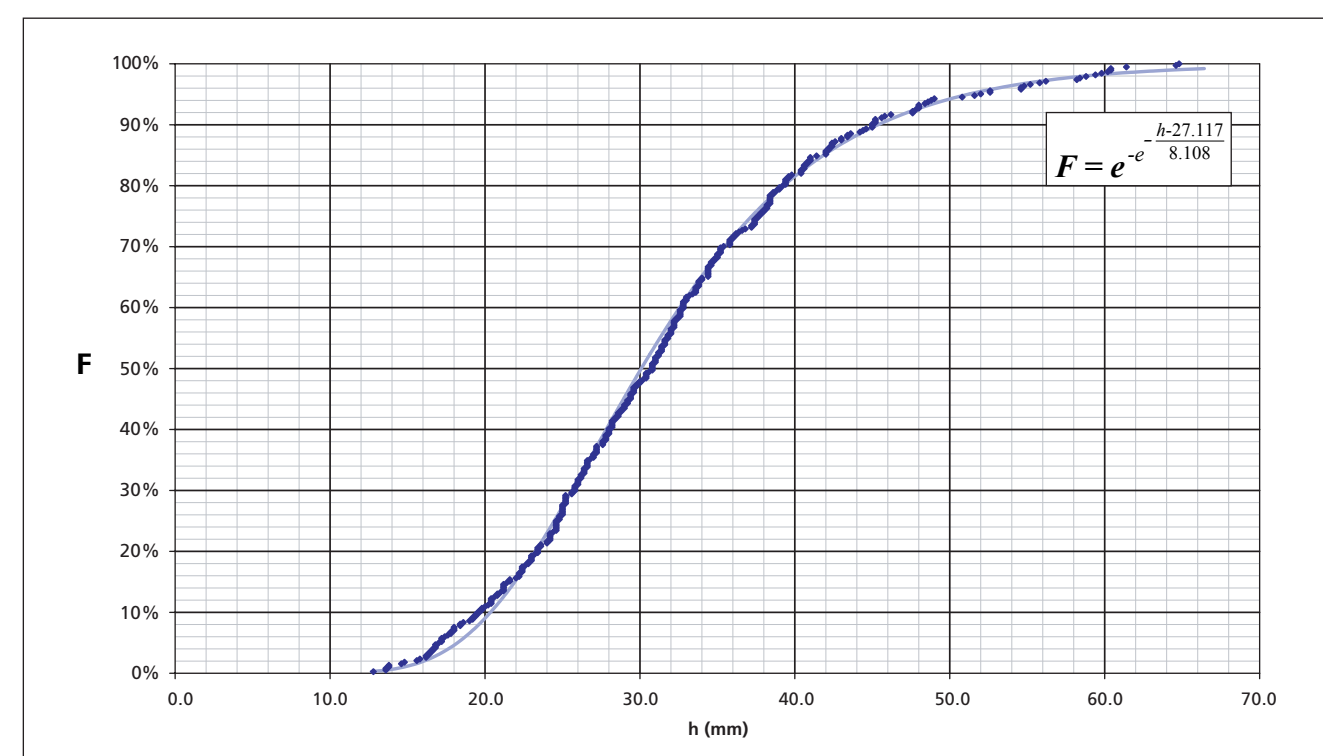


Figura 12 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 45 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

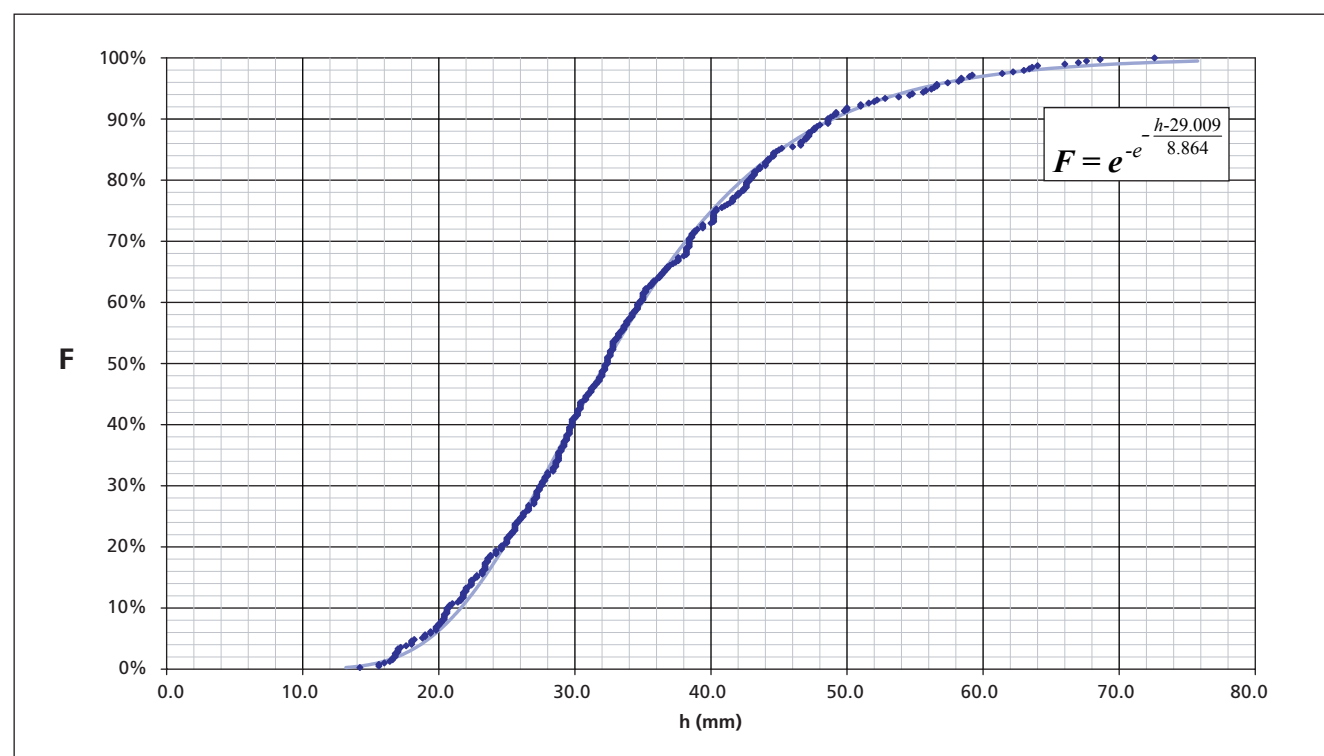


Figura 13 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 1 ora; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392.

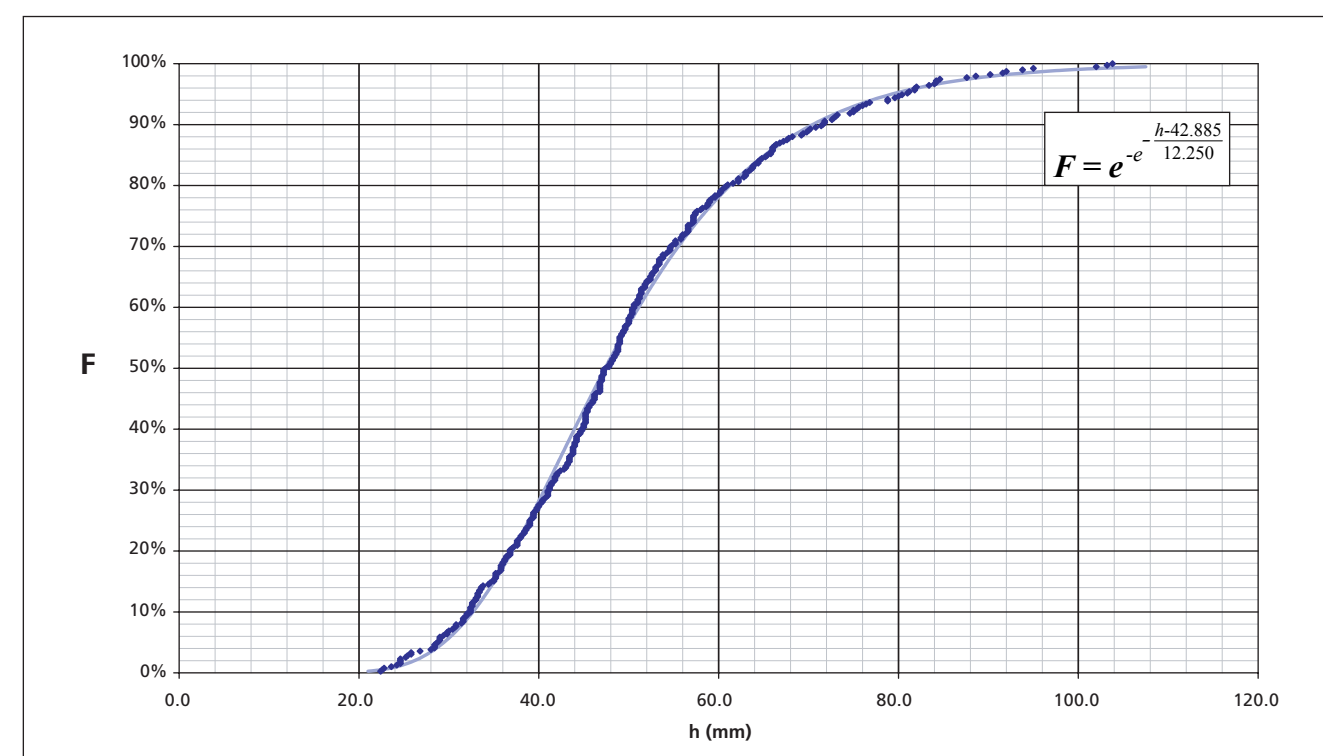


Figura 15 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 6 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392.

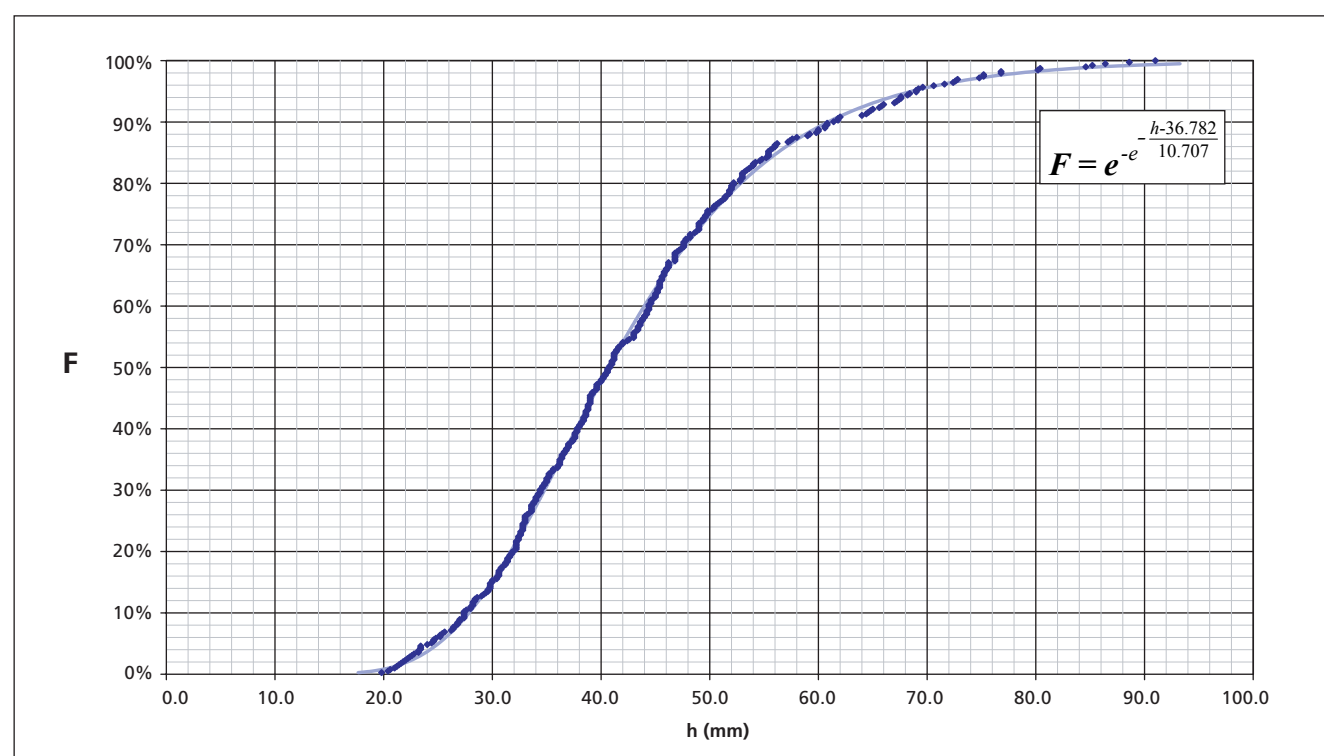


Figura 14 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 3 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392.

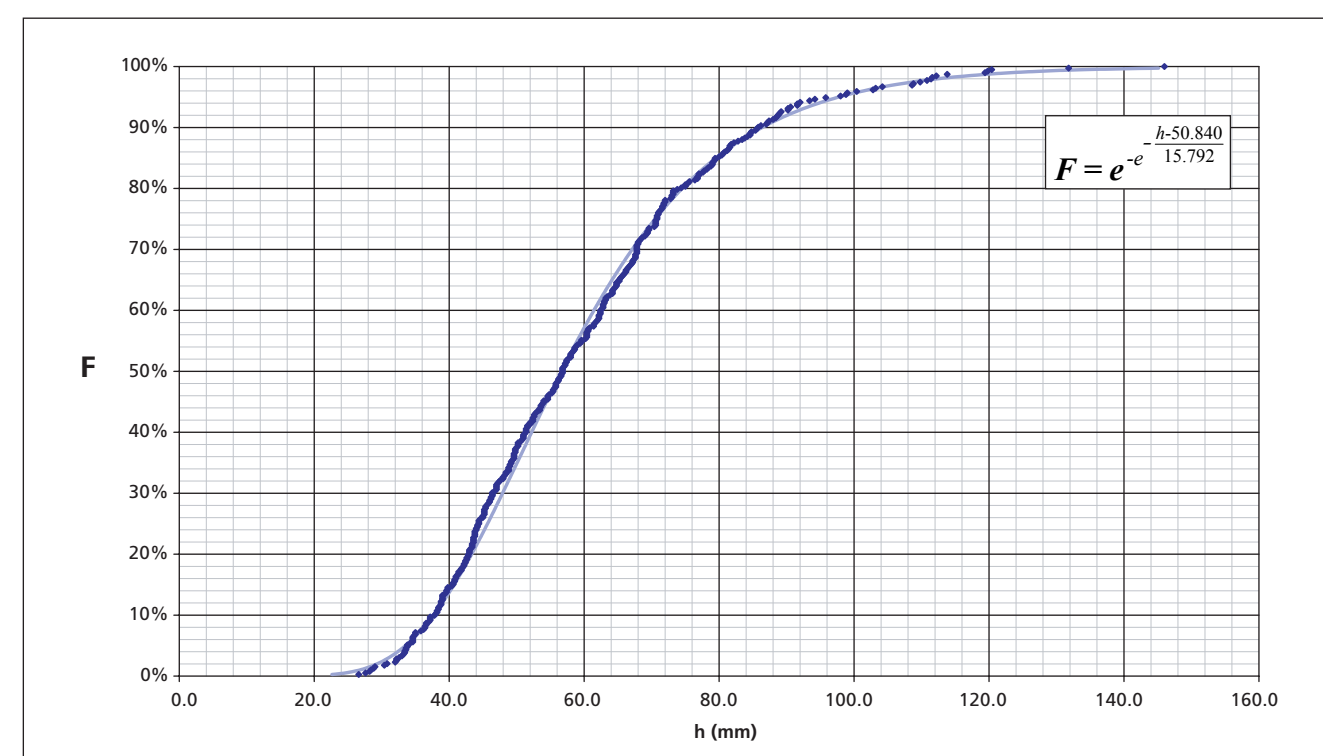


Figura 16 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 12 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392.

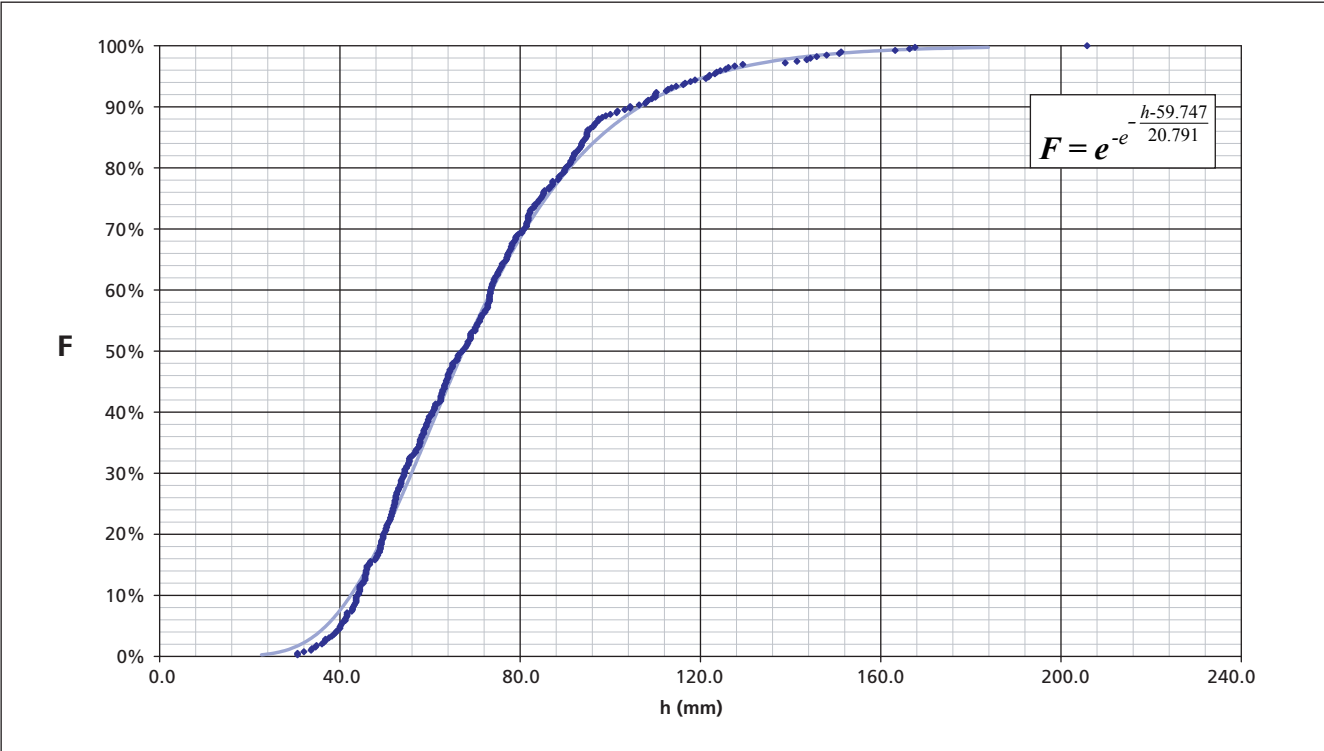


Figura 17 - Valori di frequenza cumulata relativa di non superamento F per le piogge massime annue di durata di 24 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392

1.7.2 Distribuzione stagionale dei massimi annui

Un'altra analisi di un certo interesse sull'intero campione dei dati riguarda la distribuzione temporale media dei massimi annui nel corso dell'anno. In Tabella 11 e negli istogrammi da Figura 18 a Figura 27 sono riportate le ripartizioni dei valori massimi annui di ciascuna durata tra i mesi dell'anno. È interessante osservare che le massime piogge brevi e intense con durata inferiore a un'ora si concentrano nei mesi tra aprile e novembre e che circa il 75% dei massimi annui si verifica nei mesi di giugno, luglio e agosto, mentre le massime piogge di durata oraria si distribuiscono tra aprile e dicembre, con esclusione dei soli mesi invernali. Confrontando i diagrammi relativi alle diverse durate si possono formulare le osservazioni di seguito riportate.

Per eventi di durata inferiore a un'ora:

- la percentuale di eventi massimi annui del mese di luglio è la massima per tutte le durate ed è sempre superiore al 25%;
- la percentuale relativa al mese di giugno appare di poco inferiore ed è del medesimo ordine di grandezza per le varie durate;
- con l'aumentare della durata di pioggia considerata, la percentuale di massimi annui relativa ad agosto tende a diminuire, con un corrispondente aumento del dato relativo al mese di settembre;
- i valori relativi agli altri mesi sono piuttosto ridotti, anche se le rispettive frequenze tendono ad aumentare per durate crescenti, in particolare per i valori di maggio e ottobre;

Per eventi di durata superiore a un'ora:

- per precipitazioni fino a tre ore quasi il 75% dei massimi è compreso tra giugno e settembre, con una percentuale massima di eventi massimi annui superiore al 25% nel mese di luglio, in forma del tutto analoga alle piogge brevi e intense di durata inferiore all'ora;
- i valori percentuali relativi ai mesi da giugno a settembre, e in particolare i dati di giugno e agosto, diminuiscono progressivamente con l'aumentare della durata considerata;
- con l'aumentare del tempo di pioggia, aumentano corrispondentemente le percentuali di massimi annui relativi agli altri mesi, in particolare quelle di ottobre, novembre e maggio;
- per durate superiori a 6 ore gli istogrammi presentano il massimo assoluto nel mese di ottobre, un massimo locale ben definito a luglio e valori localmente ridotti ad agosto.

I dati suddetti sembrano perciò confermare le conoscenze empiriche, che attribuiscono ai rovesci temporaleschi tipici della stagione estiva le precipitazioni più intense di breve durata. Aumentando gradualmente il tempo di precipitazione, si può ipotizzare la compresenza di regimi e fenomeni piovosi di diversa durata: da un lato, con maggiore probabilità per durate brevi, gli scrosci localizzati tipici della stagione estiva, dall'altro, per eventi più lunghi, le precipitazioni prolungate tipiche delle stagioni intermedie, caratteristiche dei mesi di ottobre, di maggio e di novembre. La compresenza di due massimi a luglio e a ottobre, ciascuno relativo a una tipologia di evento, conferma tale ipotesi: un punto di equilibrio nell'importanza relativa dei due diversi fenomeni piovosi sembra posto tra le durate di 3 e 6 ore.

Tabella 11 - Ripartizione tra i mesi dell'anno dei massimi annui di precipitazione relativi a ciascuna durata compresa tra 5 minuti primi e 24 ore.

Mese	Durata in minuti					Durata in ore				
	5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
Gennaio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.26%	0.00%
Febbraio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Marzo	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.51%	1.53%	2.55%	3.32%
Aprile	1.82%	2.08%	1.56%	1.82%	1.56%	1.28%	1.53%	1.79%	2.30%	6.12%
Maggio	5.47%	6.25%	5.99%	6.77%	7.55%	7.14%	8.16%	8.16%	8.42%	7.65%
Giugno	25.52%	23.96%	23.96%	22.92%	22.66%	22.19%	17.35%	11.99%	7.65%	5.87%
Luglio	26.04%	27.86%	28.39%	28.91%	26.82%	26.53%	25.00%	20.41%	14.54%	13.27%
Agosto	23.44%	21.61%	20.83%	18.23%	16.93%	16.84%	14.80%	12.76%	9.69%	9.44%
Settembre	13.80%	13.02%	13.54%	14.84%	15.36%	16.58%	16.84%	16.33%	15.31%	14.03%
Ottobre	3.39%	4.17%	4.95%	5.99%	8.07%	8.42%	12.50%	17.09%	21.43%	23.21%
Novembre	0.52%	1.04%	0.78%	0.52%	1.04%	1.02%	2.30%	6.89%	11.22%	10.71%
Dicembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.02%	3.06%	6.63%	6.38%

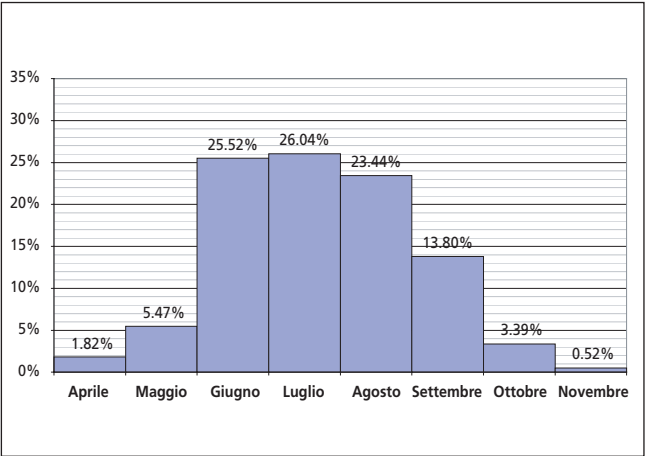


Figura 18 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 5 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

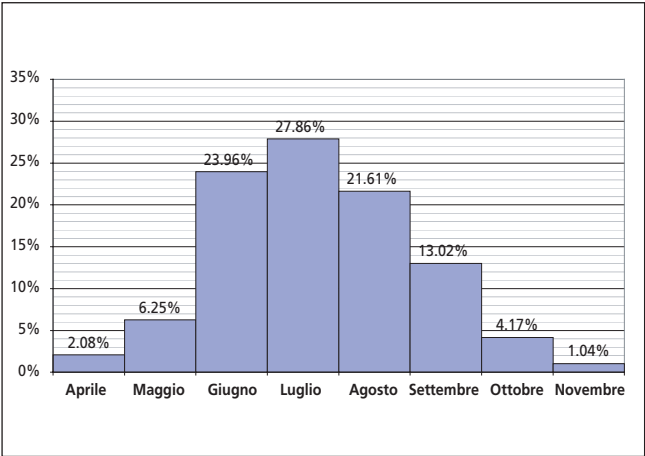


Figura 19 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 10 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

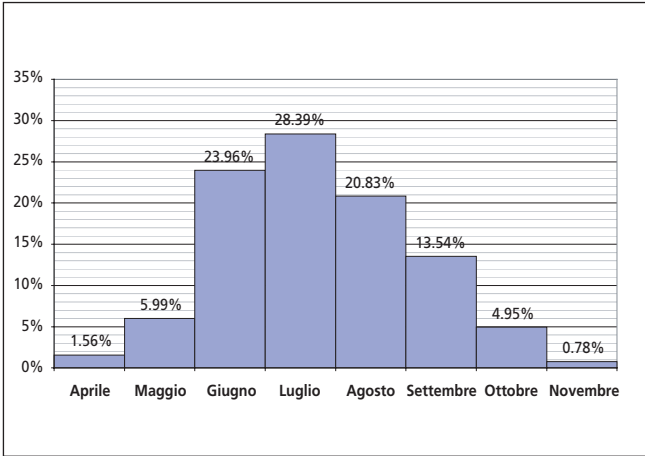


Figura 20 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 15 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

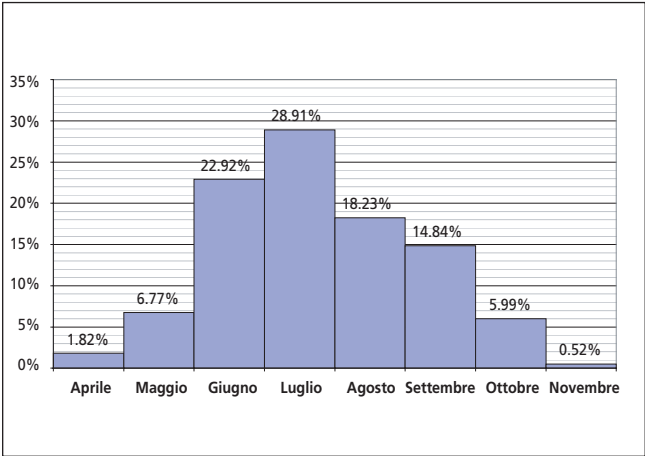


Figura 21 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 30 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

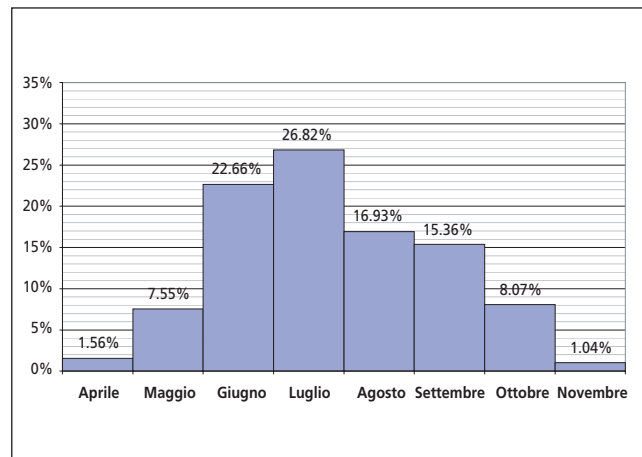


Figura 22 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 45 minuti primi; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 384.

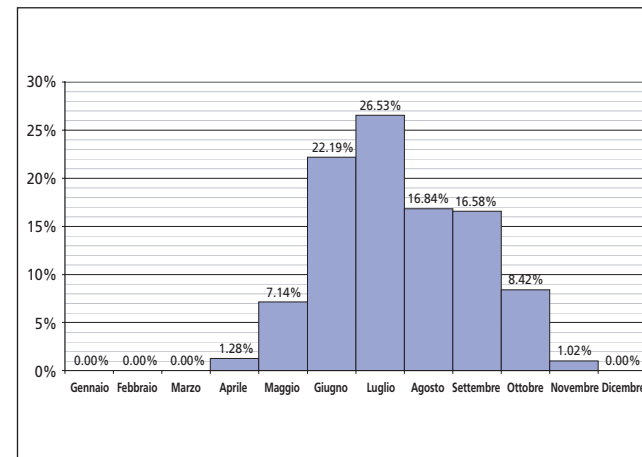


Figura 23 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 1 ora; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392

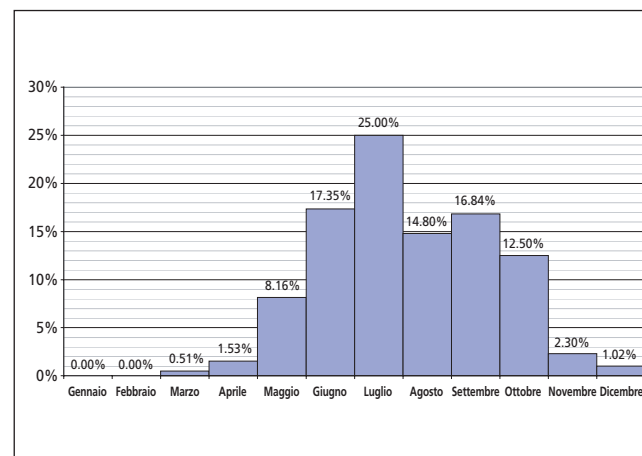


Figura 24 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 3 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392

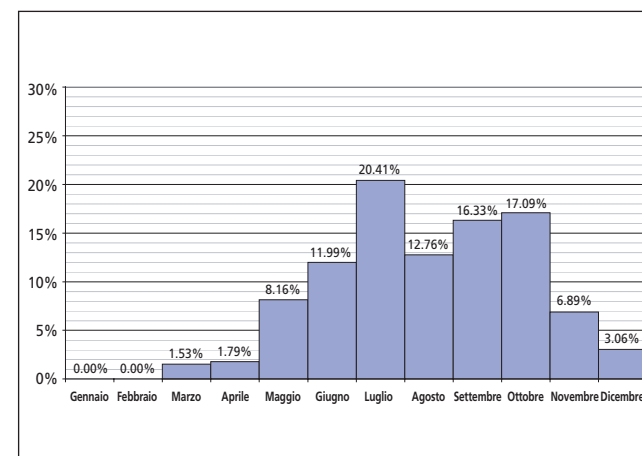


Figura 25 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 6 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392.

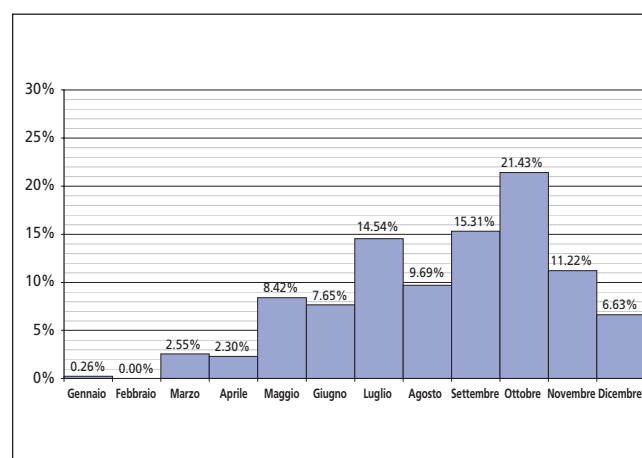


Figura 26 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 12 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392.

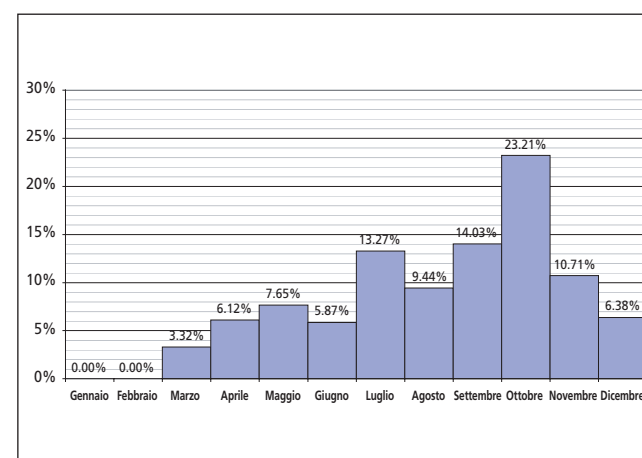


Figura 27 - Distribuzione mensile dei valori massimi annui relativi a piogge di durata di 24 ore; periodo di osservazione: 1986-2001; numero di dati: 392

2 Analisi statistica delle serie e scelta delle distribuzioni di probabilità più rappresentative

2.1 Distribuzione statistica dei valori estremi

Si supponga che X_1, X_2, \dots, X_n sia una serie di variabili aleatorie identicamente distribuite, con funzione di probabilità F . Un modo semplice per caratterizzare il comportamento dei valori estremi di tale variabile è quello di studiare il comportamento del parametro

$$M_n = \max\{X_1, X_2, \dots, X_n\}.$$

In linea di principio, l'operazione è agevole, dato che la probabilità di non superamento del parametro M_n può essere espressa come probabilità congiunta dei singoli valori:

$$\begin{aligned} \Pr\{M_n \leq x\} &= \Pr\{X_1 \leq x, \dots, X_n \leq x\} \\ &= \Pr\{X_1 \leq x\} \cdot \dots \cdot \Pr\{X_n \leq x\} \\ &= \{F(x)\}^n. \end{aligned}$$

La difficoltà sorge nella pratica perché la funzione F è per lo più incognita. È necessario affrontare perciò il problema sulla base della teoria asintotica. In particolare è necessario valutare quale sia la distribuzione limite di M_n per $n \rightarrow \infty$ e successivamente utilizzare tale risultato, o meglio l'insieme dei possibili risultati, come un'approssimazione della distribuzione di M_n per valori finiti, anche se elevati, di n . Si tratta pertanto di determinare quali siano le possibili distribuzioni di M_n per $n \rightarrow \infty$, e in particolare, di verificare se risulti possibile esprimere tali distribuzioni come parti di una classe di distribuzioni G che sia indipendente da F , cosicché si possa stimare la distribuzione di M_n senza far riferimento alcuno ad F . La distribuzione di M_n converge con probabilità 1 all'estremo superiore del dominio di F . Il problema si risolve applicando a M_n un fattore di scala e cercando le distribuzioni limite di $(M_n - b_n)/a_n$, dove a_n e b_n sono successioni di fattori rinormalizzanti.

Definendo che due distribuzioni F e F^* sono dello stesso tipo se esistono due costanti a e b per le quali $F^*(a-x+b) = F(x)$ per qualsiasi valore x , si può enunciare il teorema dei tre tipi estremi, in base al quale se esistono delle successioni di costanti $a_n > 0$ e b_n tali che per $n \rightarrow \infty$

$$\Pr\left\{\frac{(M_n - b_n)}{a_n} \leq x\right\} \rightarrow G(x)$$

per qualche distribuzione non degenera G , allora G è dello stesso tipo di una delle seguenti distribuzioni:

$$\text{I: } G(x) = e^{-x} \quad -\infty < x < \infty$$

$$\text{II: } G(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ e^{-x^\alpha} & x > 0, \alpha > 0 \end{cases}$$

$$\text{III: } G(x) = \begin{cases} e^{-(-x)^\alpha} & x < 0, \alpha > 0 \\ 1 & x \geq 0 \end{cases}$$

Le tre classi di distribuzioni del precedente teorema sono dette distribuzioni dei valori estremi e i tre tipi sono noti anche come distribuzioni di Gumbel, di Fréchet e di Weibull rispettivamente.

Si supponga a titolo di esempio che F , costituita dalla distribuzione delle registrazioni pluviometriche non nulle di durata fissata, sia la distribuzione esponenziale standard, cioè:

$$F(x) = 1 - e^{-x}$$

In tal caso si ottiene:

$$\begin{aligned} \{F(x + \log n)\}^n &= (1 - e^{-x - \log n})^n \\ &= \left(1 - \frac{e^{-x}}{n}\right)^n \\ &\xrightarrow{n \rightarrow \infty} e^{-e^{-x}} \end{aligned}$$

Pertanto con la normalizzazione $a_n = 1$ e $b_n = \log n$, il massimo M_n segue una distribuzione limite di Gumbel. In altri termini, poiché esistono due successioni a_n e b_n che soddisfano l'ipotesi del teorema citato, si verifica che la distribuzione G di M_n è dello stesso tipo di $G(x) = e^{-e^{-x}}$, cioè esistono due coefficienti a e b per i quali la distribuzione $G(x) = e^{-e^{-(a-x+b)}}$ descrive il comportamento dei massimi M_n .

Nell'analisi delle serie idrografiche viene spesso adottata la distribuzione di Gumbel, in base alla sua semplicità d'uso e al fatto di non essere limitata superiormente, a differenza della distribuzione di Weibull. In via teorica, è possibile studiare un campione di valori estremi con una distribuzione a tre parametri, detta distribuzione generalizzata dei valori estremi (GEV), la cui espressione generale è:

$$G(x) = \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right]^{\frac{1}{\xi}}\right\} \quad x: 1 + \xi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) > 0$$

Il tipo di distribuzione è funzione del parametro ξ , dato che per $\xi=0$ l'espressione si riduce alla distribuzione di Gumbel (EV1), mentre per $\xi>0$ e $\xi<0$ si ottengono rispettivamente le espressioni di Fréchet (EV2) e di Weibull (EV3).

I parametri della distribuzione GEV possono essere direttamente stimati a partire da un campione noto, individuando così le caratteristiche di forma che meglio si adattano ai dati empirici. Per una taratura di un modello a tre parametri è necessario tuttavia disporre di un numero piuttosto rilevante di dati, per evitare una scarsa significatività delle stime effettuate. Tale applicazione non è pertanto possibile in dipendenza del numero ridotto di registrazioni di piogge massime annue disponibili per la presente indagine.

2.2 Analisi con il metodo di Gumbel delle serie statistiche relative alle singole stazioni

La disponibilità di 10 anni di registrazione per la maggior parte delle stazioni in esame in un arco di tempo, compreso generalmente tra il 1992 ed il 2001, rende possibile l'analisi separata dei campioni di misura relativi ai vari siti. (W.M.O., 1965).

In totale 31 località di misura situate all'interno del Bacino Scolante oppure in un intorno di 10 km da questo sono risultate caratterizzate da un periodo di osservazione pari almeno a 10 anni, compresi generalmente tra il 1992 ed il 2001. Per ciascuna stazione sono stati elaborati statisticamente i valori delle massime precipitazioni annue relative alle serie di durata compresa fra 5 e 45 minuti primi e fra 1 e 24 ore.

Per le serie suddette, sono stati determinati i parametri statistici di seguito elencati:

- **Media aritmetica:**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

dove x_i indica il dato i-esimo, N il numero di dati del campione, \bar{x} il valore medio

- **Varianza:**

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N}$$

dove x_i indica il dato i-esimo, N il numero di dati del campione, \bar{x} il valore medio¹

- **Covarianza:**

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{N}$$

con x_i e y_i dati corrispondenti di due differenti variabili.

L'analisi statistico-probabilistica delle serie di precipitazioni è stata eseguita adottando la *distribuzione probabilistica di Gumbel* altrimenti nota come *distribuzione dei valori estremi di tipo 1 (EV1)* o *legge doppio-esponenziale*. In base a tale legge la probabilità cumulata di non superamento è data dall'espressione

$$P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

Derivando si ottiene l'espressione della densità di probabilità:

$$p(x) = \frac{dP(X \leq x)}{dx} = \alpha e^{-\alpha(x-\varepsilon)} e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

La distribuzione EV1 è caratterizzata da due parametri, α ed ε , e dalla variabile ridotta y legata ad essi dalla legge:

$$y = \alpha (x - \varepsilon)$$

Poiché le variabili x e y risultano legate da una relazione di tipo lineare, l'espressione della probabilità cumulata di non superamento della variabile ridotta y si ottiene per semplice sostituzione:

$$P(Y \leq y) = e^{-e^{-y}}$$

mentre l'espressione della densità di probabilità per la variabile y è data dall'espressione:

$$p(y) = \frac{dP(Y \leq y)}{dy} = e^{-y} e^{-e^{-y}}$$

L'introduzione della variabile y consente di porre in evidenza il significato statistico del parametro ε . Esso infatti corrisponde alla *moda* della popolazione dei dati massimi, cioè al valore massimo della funzione di densità di probabilità per la variabile x . Se si ricerca infatti la moda della variabile y , annullando la derivata della densità di probabilità $p(y)$, si ottiene l'equazione:

$$\frac{dP(y)}{dy} = -e^{-y} \cdot e^{-e^{-y}} \cdot (1 - e^{-y}) = 0$$

che ammette la seguente soluzione:

$$e^{-y} = 1 \quad \tilde{y} = 0$$

Data la relazione lineare tra le variabili, la moda di x si ottiene ancora per sostituzione:

$$y = \alpha (x - \varepsilon) = 0 \quad \tilde{x} = \varepsilon$$

Si è così posto in evidenza che in $x=\varepsilon$ (e in $y=0$) la densità di probabilità della distribuzione inizia a decrescere e la curva di probabilità cumulata presenta il suo caratteristico punto di flesso.

La rappresentazione grafica di una distribuzione probabilistica a due parametri e del suo adattamento a un campione di dati avviene generalmente attraverso la carta probabilistica, costituita da un diagramma opportunamente costruito per ogni distribuzione, sul quale a ciascuna coppia di parametri corrisponde una retta diversamente disposta sul piano cartesiano.

Per la distribuzione EV1, la carta probabilistica prevede che i valori di x siano disposti linearmente sulla scala delle ordinate. Sull'asse delle ascisse, si possono riportare invece tre diverse scale: una per la variabile ridotta y , una per la probabilità cumulata di non superamento $P(x < X)$ e una per il tempo di ritorno T_R . Le tre variabili sono infatti in corrispondenza biunivoca, essendo legate dalle seguenti relazioni:

$$P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}} = P(Y \leq y) = e^{-e^{-y}}$$

$$T_R(x) = \frac{1}{1-P(X \leq x)} = \frac{1}{1-P(Y \leq y)}$$

La scala della variabile y è lineare, mentre le altre due risultano distorte.

Pertanto una distribuzione di probabilità caratterizzata da una legge doppio esponenziale può essere rappresentata in un opportuno diagramma da una retta, dato il legame lineare tra x e y . Viceversa, qualsiasi campione che sulla carta probabilistica presenti un buon allineamento potrà essere considerato descritto da una distribuzione di Gumbel: dalla retta che meglio approssima i punti del campione si ricavano i parametri α ed ε , ricordando che per $y=0$ $x=\varepsilon$, e che α è il reciproco del coefficiente angolare della retta. Un esempio di tale rappresentazione grafica su carta probabilistica è riportato in **Figura 28**.

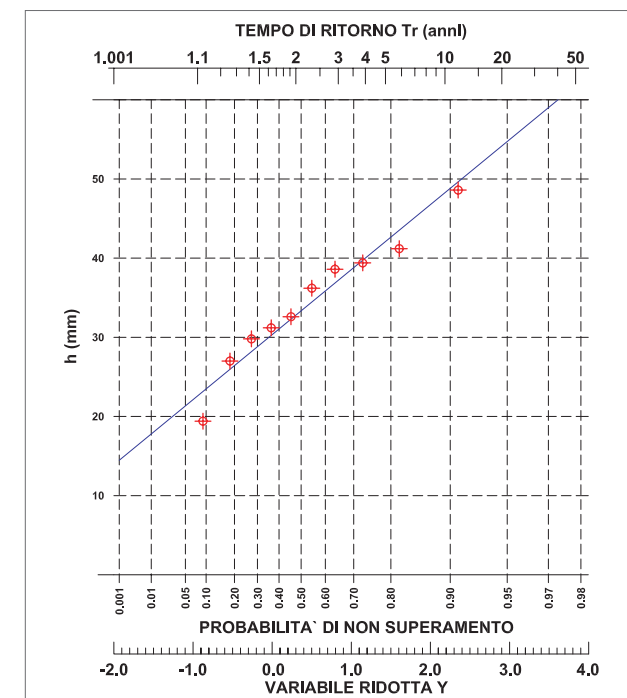


Figura 28 - Distribuzione EV1 relativa ai valori massimi annui di precipitazione di durata pari a 1 ora registrati al pluviografo di Vazzola.

L'adattamento della distribuzione doppio-esponenziale si ottiene dunque tracciando sulla carta probabilistica i punti del campione e individuando la retta che meglio li interpola. Per la prima operazione si utilizza una cosiddetta formula di *plotting position*: a ciascun valore del campione va infatti associata una misura di y , ovvero una probabilità di non superamento $P(x)$. Sia m il numero d'ordine generico di un elemento di un campione di N dati, ordinati in ordine decrescente. La frequenza cumulata, che è l'equivalente campionario della probabilità di non superamento, è espressa allora dalla relazione.

$$F(x_m) = 1 - \frac{m-1}{N} = \frac{N-m+1}{N}$$

Assumendo questa espressione per valutare $P(x)$, per $m=1$ si otterrebbe $P(x_1)=1$, e cioè la sicurezza che il massimo storico del campione non venga superato, il che non è ipotizzabile. Né, d'altra parte, è possibile tracciare il punto sulla carta probabilistica, dato che a $P(x)=1$ corrisponde $y=\infty$. Si adotta pertanto la formula di plotting position di Weibull, immaginando che il campione sia composto da

$N+1$ elementi ottenendo:

$$F(x_m) = \frac{N-m-1}{N+1} = 1 - \frac{m}{N+1}$$

$$y(x_m) = -\ln \left[1 - \frac{m}{N+1} \right]$$

In questa maniera è possibile riportare i dati del campione sulla carta probabilistica. Per interpolare gli N punti, si potrebbe utilizzare un metodo ai minimi quadrati, così da minimizzare gli scarti su x o su y . Gumbel propone di utilizzare una retta intermedia, che passi per il baricentro dei punti del campione e la cui pendenza m sul diagramma sia la media geometrica delle due pendenze ottenibili con la regressione lineare rispetto a x e a y :

$$m = \sqrt{\frac{S_{xy}}{S_y^2} \cdot \frac{S_x^2}{S_{xy}}} = \frac{S_x}{S_y}$$

La retta ha quindi la seguente equazione

$$x - \bar{x} = \frac{S_x}{S_y} (y - \bar{y})$$

Confrontando tale posizione con la relazione $y = \alpha (x - \varepsilon)$ si ricavano le relazioni finali:

$$\alpha = \frac{1}{m} = \frac{S_y}{S_x} \quad \varepsilon = \bar{x} - \frac{\bar{y}}{\alpha}$$

Alla taratura dei parametri di una distribuzione probabilistica si fa generalmente seguire una verifica oggettiva del buon adattamento ottenuto, attraverso un test statistico. Tra questi, vengono comunemente usati nella pratica idrologica il *test del χ^2* e il *test di Kolmogorov - Smirnov*. Tali verifiche possono avere valore probante per campioni di dimensioni medio elevate. In via speditiva, al posto delle verifiche citate, si può valutare la correlazione tra i valori x del campione e i corrispondenti valori y di variabile ridotta, utilizzando il parametro R^2 , cioè il quadrato del coefficiente di correlazione:

$$R^2 = \frac{S_{xy}^2}{S_x^2 \cdot S_y^2}$$

In tale espressione al denominatore compaiono le varianze delle due variabili:

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N}$$

mentre al numeratore figura invece il quadrato della covarianza S_{xy} :

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{N}$$

¹ Si fa osservare che è stata indicata la varianza campionaria distorta. Una stima non distorta del parametro, che possa cioè essere attribuita alla popolazione dei dati, cioè all'insieme di tutte le possibili realizzazioni della variabile aleatoria, si ottiene dividendo per $N-1$ anziché per N la somma dei quadrati degli scarti del campione, applicando quindi un coefficiente di correzione pari a $N/(N-1)$. Tale coefficiente tende a 1 per N crescente.



Come è noto, se le variabili fossero linearmente dipendenti l'una dall'altra, come previsto dalla distribuzione EV1, il coefficiente R² risulterebbe pari a 1. Viceversa per variabili completamente indipendenti si otterrebbe R²=0. Pertanto un valore del coefficiente prossimo a 1 può essere interpretato come una conferma della distribuzione doppio-esponenziale dei valori delle misure oggetto di analisi. Nel caso in esame, i valori ottenuti nelle regolarizzazioni eseguite variano tra 0.6 e 0.9. I coefficienti più ridotti sono stati generalmente ottenuti per le durate più brevi: essi sono indice di un adattamento non del tutto soddisfacente della retta di regolarizzazione ai dati e suggeriscono pertanto cautela nell'utilizzo dei risultati trovati. I motivi di tale difficoltà sono probabilmente da attribuire al ridotto numero dei singoli campioni, soprattutto per le precipitazioni di durata più breve, le cui misure possono risultare influenzate da elementi particolari.

Nella **Tabella 12** e nella **Tabella 13** sono riportati i risultati ottenuti dalle regolarizzazioni secondo Gumbel relative alle stazioni considerate, rispettivamente per le serie di durata compresa tra 5 e 45 minuti primi e tra 1 e 24 ore. Oltre ai valori propri di ciascuna stazione sono poi riportati, nell'ultima riga delle tabelle suddette con la denominazione Massimi, i dati ottenuti regolarizzando anno per anno i massimi valori registrati tra tutte le stazioni considerate. Le equazioni suddette sono espresse nella forma:

h = ε + 1/α y

In tale relazione l'altezza di pioggia *h* è espressa come di consueto in mm.

Tale espressione consente il calcolo rapido del valore atteso, noto che sia il valore della variabile ridotta *y*, funzione del solo tempo di ritorno *T_R*:

y = -ln[-ln(1 - 1/T_R)]

I valori assunti dalla variabile ridotta in funzione del tempo di ritorno per le frequenze probabili di interesse nel caso in esame sono i seguenti:

T _R	Y
[anni]	-
2	0.367
5	1.500
10	2.250

Risulta opportuno ricordare che, disponendo di un periodo alquanto ridotto di osservazioni come quello di circa 10 anni considerato nel presente studio, non è corretto estrapolare i risultati ottenuti a valori del tempo di ritorno elevati di ordine di grandezza diverso da quello del campione.

Tabella 12- Equazioni delle rette regolarizzatrici secondo Gumbel dei valori massimi annui di precipitazione di durata compresa tra 5 e 45 minuti primi.

Stazione di misura	Durata in minuti				
	5	10	15	30	45
Agna	h= 7.331 + 1.593 y	h= 12.296 + 2.794 y	h= 16.033 + 4.215 y	h= 22.701 + 6.461 y	h= 25.552 + 8.054 y
Breda di Piave	h= 10.215 + 3.161 y	h= 17.820 + 5.008 y	h= 22.328 + 6.244 y	h= 28.673 + 6.396 y	h= 29.839 + 8.201 y
Campodarsego	h= 8.928 + 3.134 y	h= 14.254 + 6.636 y	h= 17.235 + 6.513 y	h= 22.831 + 6.521 y	h= 25.957 + 7.317 y
Castelfranco Veneto	h= 8.216 + 2.119 y	h= 13.956 + 3.563 y	h= 17.723 + 4.821 y	h= 23.741 + 6.638 y	h= 27.532 + 7.152 y
Cittadella	h= 10.401 + 2.785 y	h= 16.847 + 5.235 y	h= 21.516 + 5.823 y	h= 30.271 + 7.935 y	h= 34.715 + 9.016 y
Codevigo	h= 7.311 + 1.917 y	h= 12.019 + 3.758 y	h= 15.123 + 5.123 y	h= 20.232 + 5.993 y	h= 22.800 + 6.986 y
Concadirame (Rovigo)	h= 7.639 + 2.229 y	h= 11.655 + 4.231 y	h= 14.737 + 5.678 y	h= 18.644 + 9.352 y	h= 20.150 + 11.205 y
Eraclea	h= 7.542 + 2.338 y	h= 12.329 + 3.939 y	h= 15.894 + 5.949 y	h= 21.364 + 8.313 y	h= 26.201 + 9.529 y
Galzignano Terme	h= 8.682 + 1.934 y	h= 14.341 + 3.916 y	h= 18.335 + 5.544 y	h= 24.253 + 8.618 y	h= 27.219 + 9.776 y
Grantorto	h= 8.568 + 1.559 y	h= 13.980 + 3.352 y	h= 17.345 + 4.957 y	h= 23.689 + 8.828 y	h= 26.972 + 8.416 y
Iesolo	h= 8.014 + 2.233 y	h= 12.975 + 4.533 y	h= 16.189 + 6.120 y	h= 21.498 + 8.970 y	h= 24.158 + 10.384 y
Legnaro	h= 8.187 + 3.016 y	h= 13.451 + 4.420 y	h= 16.941 + 6.055 y	h= 23.756 + 9.983 y	h= 27.455 + 11.844 y
Lusiana	h= 8.926 + 2.007 y	h= 14.781 + 2.987 y	h= 19.391 + 4.260 y	h= 26.612 + 9.225 y	h= 30.734 + 12.209 y
Maser	h= 7.977 + 2.550 y	h= 13.381 + 5.370 y	h= 17.384 + 7.099 y	h= 23.894 + 9.745 y	h= 30.105 + 11.258 y
Mestre Città	h= 7.664 + 2.521 y	h= 12.756 + 4.921 y	h= 16.607 + 6.972 y	h= 22.966 + 10.032 y	h= 26.264 + 10.597 y
Mira	h= 9.521 + 2.824 y	h= 15.892 + 4.823 y	h= 19.906 + 6.450 y	h= 26.244 + 8.513 y	h= 29.465 + 9.441 y
Noventa di Piave	h= 8.311 + 2.806 y	h= 14.194 + 3.970 y	h= 18.000 + 5.371 y	h= 24.315 + 7.320 y	h= 27.830 + 9.471 y
Noventa Vicentina	h= 8.861 + 2.744 y	h= 13.745 + 4.837 y	h= 16.464 + 7.181 y	h= 20.585 + 10.531 y	h= 22.494 + 11.079 y
Oderzo	h= 7.987 + 3.580 y	h= 12.900 + 3.755 y	h= 15.417 + 4.207 y	h= 19.827 + 4.752 y	h= 22.852 + 5.549 y
Pove del Grappa	h= 6.211 + 1.980 y	h= 10.323 + 3.297 y	h= 13.121 + 4.679 y	h= 18.166 + 5.760 y	h= 21.851 + 6.661 y
Roncade	h= 8.385 + 2.373 y	h= 13.843 + 4.397 y	h= 17.534 + 5.464 y	h= 22.765 + 8.349 y	h= 26.419 + 9.411 y
Rosà	h= 9.722 + 2.095 y	h= 17.263 + 2.902 y	h= 22.169 + 3.657 y	h= 28.115 + 9.581 y	h= 32.188 + 12.786 y
San Pietro Viminario	h= 10.160 + 2.485 y	h= 16.464 + 5.309 y	h= 20.619 + 5.448 y	h= 25.875 + 7.327 y	h= 28.098 + 10.591 y
Sant'Anna di Chioggia	h= 7.956 + 1.987 y	h= 13.265 + 3.625 y	h= 16.336 + 4.814 y	h= 24.951 + 7.085 y	h= 29.979 + 8.887 y
Teolo	h= 9.893 + 2.842 y	h= 15.116 + 5.824 y	h= 17.969 + 8.059 y	h= 23.320 + 10.380 y	h= 25.966 + 13.962 y
Valdobbiadene Bigolino	h= 9.106 + 2.936 y	h= 14.813 + 3.650 y	h= 19.733 + 4.376 y	h= 26.489 + 6.242 y	h= 29.434 + 7.564 y
Vazzola	h= 9.770 + 3.574 y	h= 15.036 + 6.067 y	h= 18.613 + 6.962 y	h= 24.282 + 6.255 y	h= 28.107 + 8.143 y
Villadose	h= 7.962 + 2.176 y	h= 14.264 + 3.990 y	h= 18.394 + 4.536 y	h= 24.991 + 6.925 y	h= 26.275 + 11.723 y
Villorba	h= 8.237 + 2.308 y	h= 13.003 + 4.922 y	h= 16.361 + 6.420 y	h= 21.739 + 9.332 y	h= 25.015 + 11.481 y
Volpago del Montello	h= 9.407 + 2.045 y	h= 16.467 + 3.863 y	h= 20.663 + 5.245 y	h= 27.291 + 6.884 y	h= 31.080 + 6.220 y
Zero Branco	h= 9.310 + 2.645 y	h= 16.867 + 3.378 y	h= 21.604 + 3.345 y	h= 28.902 + 3.631 y	h= 30.212 + 5.388 y
Massimi	h= 15.652 + 1.552 y	h= 25.276 + 3.238 y	h= 31.351 + 4.986 y	h= 45.591 + 5.228 y	h= 53.762 + 6.457 y



Tabella 13- Equazioni delle rette regolarizzatrici secondo Gumbel dei valori massimi annui di precipitazione di durata compresa tra 1 e 24 ore.

Stazione di misura	Durata in ore				
	1	3	6	12	24
Agna	h= 27.097 + 9.013 y	h= 34.834 + 8.573 y	h= 40.799 + 7.030 y	h= 44.037 + 10.546 y	h= 47.301 + 13.285 y
Breda di Piave	h= 30.620 + 8.764 y	h= 35.017 + 9.901 y	h= 40.679 + 10.785 y	h= 45.617 + 11.759 y	h= 55.668 + 23.247 y
Campodarsego	h= 27.867 + 10.082 y	h= 33.123 + 13.807 y	h= 36.576 + 15.920 y	h= 43.926 + 18.888 y	h= 57.426 + 21.555 y
Castelfranco Veneto	h= 29.410 + 7.826 y	h= 35.155 + 15.549 y	h= 42.000 + 13.571 y	h= 50.501 + 13.073 y	h= 58.182 + 19.698 y
Cittadella	h= 38.808 + 11.252 y	h= 47.542 + 16.636 y	h= 51.248 + 17.512 y	h= 59.330 + 19.729 y	h= 67.318 + 26.457 y
Codevigo	h= 23.762 + 8.679 y	h= 32.463 + 18.735 y	h= 38.859 + 23.547 y	h= 51.219 + 25.649 y	h= 56.434 + 32.362 y
Concadirame (Rovigo)	h= 22.037 + 11.671 y	h= 26.939 + 17.509 y	h= 32.714 + 17.285 y	h= 41.135 + 17.122 y	h= 49.738 + 17.875 y
Eraclea	h= 28.084 + 10.412 y	h= 36.402 + 13.970 y	h= 41.325 + 16.992 y	h= 48.633 + 16.331 y	h= 58.955 + 25.131 y
Galzignano Terme	h= 29.475 + 10.229 y	h= 37.864 + 13.481 y	h= 45.970 + 14.964 y	h= 54.582 + 18.089 y	h= 61.232 + 22.997 y
Grantorto	h= 29.538 + 8.282 y	h= 39.799 + 13.087 y	h= 44.046 + 18.121 y	h= 52.261 + 15.869 y	h= 59.768 + 22.763 y
Iesolo	h= 27.235 + 11.358 y	h= 35.561 + 18.414 y	h= 47.664 + 16.631 y	h= 54.872 + 18.715 y	h= 60.254 + 23.477 y
Legnaro	h= 29.033 + 12.331 y	h= 34.140 + 14.538 y	h= 42.568 + 16.219 y	h= 48.909 + 19.569 y	h= 58.044 + 19.579 y
Lusiana	h= 33.374 + 12.734 y	h= 44.449 + 13.673 y	h= 55.423 + 16.109 y	h= 71.173 + 29.295 y	h= 86.068 + 27.124 y
Maser	h= 33.173 + 11.564 y	h= 38.305 + 13.721 y	h= 42.867 + 12.182 y	h= 50.780 + 12.722 y	h= 57.615 + 17.012 y
Mestre Città	h= 28.700 + 10.559 y	h= 34.577 + 10.771 y	h= 40.398 + 9.306 y	h= 44.327 + 10.273 y	h= 51.864 + 10.598 y
Mira	h= 31.315 + 9.420 y	h= 38.171 + 7.934 y	h= 41.892 + 11.808 y	h= 47.361 + 17.648 y	h= 63.964 + 16.713 y
Noventa di Piave	h= 29.825 + 10.288 y	h= 37.503 + 7.668 y	h= 40.580 + 10.419 y	h= 47.228 + 11.252 y	h= 57.880 + 27.262 y
Noventa Vicentina	h= 23.629 + 13.431 y	h= 33.178 + 16.119 y	h= 37.180 + 18.498 y	h= 45.771 + 23.523 y	h= 52.287 + 29.266 y
Oderzo	h= 24.424 + 5.807 y	h= 31.920 + 8.280 y	h= 39.728 + 7.658 y	h= 46.705 + 12.671 y	h= 55.691 + 20.778 y
Pove del Grappa	h= 23.980 + 8.567 y	h= 34.996 + 12.513 y	h= 48.270 + 13.148 y	h= 65.682 + 17.078 y	h= 74.846 + 25.078 y
Roncade	h= 29.199 + 9.493 y	h= 36.358 + 10.303 y	h= 40.812 + 11.849 y	h= 51.783 + 11.667 y	h= 57.962 + 17.080 y
Rosà	h= 35.650 + 12.581 y	h= 46.383 + 13.362 y	h= 50.449 + 14.279 y	h= 62.145 + 17.316 y	h= 70.415 + 28.443 y
San Pietro Viminario	h= 28.905 + 12.980 y	h= 33.838 + 15.518 y	h= 38.155 + 15.280 y	h= 45.825 + 15.636 y	h= 51.573 + 15.968 y
Sant'Anna di Chioggia	h= 33.430 + 10.440 y	h= 44.283 + 17.118 y	h= 53.538 + 23.388 y	h= 62.403 + 26.770 y	h= 68.972 + 40.687 y
Teolo	h= 28.455 + 14.590 y	h= 38.194 + 15.481 y	h= 43.847 + 23.410 y	h= 50.453 + 31.113 y	h= 57.380 + 37.842 y
Valdobbiadene Bigolino	h= 31.259 + 8.927 y	h= 42.788 + 8.546 y	h= 50.544 + 10.453 y	h= 64.433 + 21.499 y	h= 83.787 + 27.812 y
Vazzola	h= 30.333 + 8.212 y	h= 36.536 + 6.752 y	h= 44.791 + 4.823 y	h= 51.467 + 15.130 y	h= 68.493 + 21.339 y
Villadose	h= 26.678 + 13.776 y	h= 35.612 + 13.910 y	h= 39.291 + 16.376 y	h= 45.152 + 22.957 y	h= 46.312 + 38.666 y
Villorba	h= 27.171 + 12.941 y	h= 31.184 + 12.188 y	h= 37.526 + 12.305 y	h= 45.469 + 15.773 y	h= 62.361 + 19.748 y
Volpago del Montello	h= 35.222 + 7.184 y	h= 40.852 + 6.883 y	h= 44.411 + 8.137 y	h= 53.616 + 15.073 y	h= 61.496 + 23.029 y
Zero Branco	h= 30.862 + 5.732 y	h= 33.115 + 7.199 y	h= 37.337 + 12.323 y	h= 44.510 + 16.134 y	h= 54.946 + 19.334 y
Massimi	h= 58.062 + 7.267 y	h= 73.065 + 10.086 y	h= 82.594 + 12.047 y	h= 97.788 + 22.036 y	h= 118.216 + 36.356 y

3 Determinazione delle relazioni altezza - frequenza - durata ed esame della possibilità di una loro regionalizzazione

3.1 Calcolo dei parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Nella letteratura sono state proposte varie formule che esprimono la precipitazione *h* o l'intensità media *j_m*=*h/t* in funzione della durata *t*, le quali pongono in evidenza la legge fisica in base alla quale l'intensità di pioggia diminuisce con la durata *t* dell'evento. Le varie relazioni proposte in letteratura si possono ricondurre a due espressioni fondamentali:

$$j_m(t) = \frac{a}{(t + b)^c} \qquad j_m(t) = \frac{a}{(t^c + b)}$$

Si osserva infatti che da queste formule si possono facilmente ricavare le due espressioni di uso più frequente: moltiplicando infatti entrambi i termini per *t*, così da esprimere *h* a sinistra, e ponendo *b* = 0 e *n* = 1 - *c* si ottiene la formula classica delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica:

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

Se invece si pone *c*=1, da entrambe le espressioni generali si trova la formula di Talbot:

$$h = \frac{a' \cdot t}{b + t}$$

Circa il significato fisico dei coefficienti, da tarare su serie di osservazioni pluviometriche, si può ricordare che *a* rappresenta l'altezza di pioggia per una durata *t* unitaria, che *a'* rappresenta il valore ideale cui tende *h* per durate sempre maggiori e che *a'/b* rappresenta l'ipotetica intensità di una precipitazione di durata infinitesima.

La taratura delle formule viene effettuata in base alla regolarizzazione già svolta, in funzione del tempo di ritorno *T_R* per il quale si ammette che mediamente l'evento considerato risulti eguagliato o superato. Si assume dunque un valore fissato di *T_R* e si valutano le corrispondenti altezze di pioggia attese per le diverse durate considerate, nel caso in esame i valori relativi a intervalli di 5, 10, 15, 30, e 45 minuti primi e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. I cinque punti di coordinate *t* - *h(t, T_R)* vengono approssimati con la curva di struttura analitica prescelta, determinando i parametri opportuni della formula. Per la relazione classica *h*= *atⁿ* è sufficiente riportare i punti su un diagramma bilogarithmico: infatti su tale piano la funzione assume un andamento rettilineo, essendo

$$\lg h = \lg a + n \lg t$$

Di conseguenza si calcola la retta di regressione dei punti secondo il metodo dei minimi quadrati e se ne valutano la pendenza, che individua *n*, e l'intercetta sull'asse *y*, pari a *lg a*. Con la formula di Talbot si usa un diagramma lineare con variabili 1/*t* e 1/*h*. Su tale piano la formula si linearizza nel modo seguente:

$$\frac{1}{h} = \frac{1}{a'} + \frac{b}{a'} \cdot \frac{1}{t}$$

Dalla retta di regressione, che ha pendenza *b/a'* e intercetta 1/*a'*, si ricavano i parametri desiderati.

Per tutte le stazioni per le quali è stata svolta la regolarizzazione sono riportate in **Tabella 14** e **Tabella 15** le curve di possibilità pluviometrica espresse in base alla formula classica *h*=*atⁿ* e relative alle precipitazioni da 5 a 45 minuti primi e a quelle da 1 a 24 ore.

Tabella 14 - Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per precipitazioni di durata compresa tra 5 minuti primi e 45 minuti primi per vari valori del tempo di ritorno, con *h* in mm e *t* in minuti primi.

Stazione di misura	Tempi di ritorno (anni)		
	2	5	10
Agna	h= 3.3 · t ^{0.59}	h= 3.8 · t ^{0.62}	h= 4.2 · t ^{0.63}
Breda di Piave	h= 6.0 · t ^{0.47}	h= 8.1 · t ^{0.46}	h= 9.5 · t ^{0.45}
Campodarsego	h= 5.3 · t ^{0.46}	h= 7.9 · t ^{0.42}	h= 9.7 · t ^{0.41}
Castelfranco Veneto	h= 4.1 · t ^{0.54}	h= 5.2 · t ^{0.55}	h= 5.9 · t ^{0.55}
Cittadella	h= 5.1 · t ^{0.55}	h= 6.7 · t ^{0.54}	h= 7.7 · t ^{0.53}
Codevigo	h= 3.8 · t ^{0.52}	h= 4.9 · t ^{0.53}	h= 5.6 · t ^{0.53}
Concadirame (Rovigo)	h= 4.2 · t ^{0.48}	h= 4.8 · t ^{0.55}	h= 5.3 · t ^{0.58}
Eraclea	h= 3.6 · t ^{0.57}	h= 4.6 · t ^{0.59}	h= 5.3 · t ^{0.60}
Galzignano Terme	h= 4.3 · t ^{0.54}	h= 5.0 · t ^{0.58}	h= 5.4 · t ^{0.60}
Grantorto	h= 4.1 · t ^{0.54}	h= 4.6 · t ^{0.60}	h= 4.9 · t ^{0.62}
Iesolo	h= 4.2 · t ^{0.52}	h= 5.0 · t ^{0.56}	h= 5.6 · t ^{0.58}
Legnaro	h= 4.0 · t ^{0.56}	h= 5.1 · t ^{0.58}	h= 5.9 · t ^{0.59}
Lusiana	h= 4.0 · t ^{0.59}	h= 4.3 · t ^{0.65}	h= 4.5 · t ^{0.68}
Maser	h= 3.7 · t ^{0.60}	h= 4.8 · t ^{0.61}	h= 5.6 · t ^{0.62}
Mestre Città	h= 3.7 · t ^{0.57}	h= 4.8 · t ^{0.59}	h= 5.6 · t ^{0.60}
Mira	h= 5.1 · t ^{0.51}	h= 6.6 · t ^{0.52}	h= 7.5 · t ^{0.52}
Noventa di Piave	h= 4.2 · t ^{0.54}	h= 5.5 · t ^{0.54}	h= 6.4 · t ^{0.55}
Noventa Vicentina	h= 5.2 · t ^{0.45}	h= 6.3 · t ^{0.51}	h= 7.0 · t ^{0.53}
Oderzo	h= 4.9 · t ^{0.44}	h= 7.5 · t ^{0.38}	h= 9.3 · t ^{0.35}
Pove del Grappa	h= 3.0 · t ^{0.56}	h= 4.0 · t ^{0.56}	h= 4.7 · t ^{0.56}
Roncade	h= 4.3 · t ^{0.52}	h= 5.4 · t ^{0.55}	h= 6.1 · t ^{0.56}
Rosà	h= 4.7 · t ^{0.56}	h= 4.9 · t ^{0.63}	h= 5.1 · t ^{0.66}
San Pietro Viminario	h= 5.8 · t ^{0.47}	h= 6.9 · t ^{0.50}	h= 7.7 · t ^{0.51}
Sant'Anna di Chioggia	h= 3.4 · t ^{0.61}	h= 4.2 · t ^{0.62}	h= 4.8 · t ^{0.63}
Teolo	h= 5.6 · t ^{0.47}	h= 6.6 · t ^{0.53}	h= 7.4 · t ^{0.55}
Valdobbiadene Bigolino	h= 4.7 · t ^{0.53}	h= 6.2 · t ^{0.51}	h= 7.3 · t ^{0.50}
Vazzola	h= 5.7 · t ^{0.46}	h= 8.5 · t ^{0.42}	h= 10.3 · t ^{0.40}
Villadose	h= 4.0 · t ^{0.56}	h= 4.7 · t ^{0.60}	h= 5.1 · t ^{0.62}
Villorba	h= 4.2 · t ^{0.52}	h= 5.1 · t ^{0.57}	h= 5.7 · t ^{0.59}
Volpago del Montello	h= 4.8 · t ^{0.53}	h= 6.0 · t ^{0.53}	h= 6.8 · t ^{0.53}
Zero Branco	h= 5.1 · t ^{0.51}	h= 6.8 · t ^{0.47}	h= 8.0 · t ^{0.45}

Tabella 15 - Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per precipitazioni di durata compresa tra 1 ora e 24 ore per vari valori del tempo di ritorno, con h in mm e t in ore.

Stazione di misura	Tempo di ritorno (anni)		
	2	5	10
Agna	$h= 31.1 \cdot t^{0.17}$	$h= 40.1 \cdot t^{0.16}$	$h= 46.0 \cdot t^{0.15}$
Breda di Piave	$h= 32.3 \cdot t^{0.20}$	$h= 40.9 \cdot t^{0.21}$	$h= 46.6 \cdot t^{0.22}$
Campodarsego	$h= 30.3 \cdot t^{0.22}$	$h= 42.0 \cdot t^{0.23}$	$h= 49.8 \cdot t^{0.23}$
Castelfranco Veneto	$h= 32.1 \cdot t^{0.22}$	$h= 42.5 \cdot t^{0.22}$	$h= 49.4 \cdot t^{0.22}$
Cittadella	$h= 43.0 \cdot t^{0.18}$	$h= 56.2 \cdot t^{0.20}$	$h= 64.9 \cdot t^{0.20}$
Codevigo	$h= 27.7 \cdot t^{0.30}$	$h= 39.4 \cdot t^{0.33}$	$h= 47.1 \cdot t^{0.34}$
Concadirame (Rovigo)	$h= 25.9 \cdot t^{0.24}$	$h= 40.7 \cdot t^{0.20}$	$h= 50.6 \cdot t^{0.19}$
Eraclea	$h= 31.8 \cdot t^{0.23}$	$h= 43.6 \cdot t^{0.24}$	$h= 51.4 \cdot t^{0.24}$
Galzignano Terme	$h= 33.3 \cdot t^{0.24}$	$h= 44.7 \cdot t^{0.24}$	$h= 52.3 \cdot t^{0.24}$
Grantorto	$h= 33.5 \cdot t^{0.23}$	$h= 43.7 \cdot t^{0.24}$	$h= 50.4 \cdot t^{0.25}$
Isola	$h= 32.2 \cdot t^{0.25}$	$h= 46.3 \cdot t^{0.24}$	$h= 55.5 \cdot t^{0.23}$
Legnaro	$h= 32.7 \cdot t^{0.22}$	$h= 46.7 \cdot t^{0.20}$	$h= 55.9 \cdot t^{0.19}$
Lusiana	$h= 36.9 \cdot t^{0.30}$	$h= 49.9 \cdot t^{0.30}$	$h= 58.5 \cdot t^{0.30}$
Maser	$h= 36.5 \cdot t^{0.17}$	$h= 49.4 \cdot t^{0.15}$	$h= 58.0 \cdot t^{0.14}$
Mestre Città	$h= 32.3 \cdot t^{0.17}$	$h= 44.0 \cdot t^{0.13}$	$h= 51.8 \cdot t^{0.11}$
Mira	$h= 33.2 \cdot t^{0.21}$	$h= 42.4 \cdot t^{0.22}$	$h= 48.5 \cdot t^{0.22}$
Noventa di Piave	$h= 32.2 \cdot t^{0.21}$	$h= 40.7 \cdot t^{0.23}$	$h= 46.3 \cdot t^{0.24}$
Noventa Vicentina	$h= 28.9 \cdot t^{0.25}$	$h= 43.4 \cdot t^{0.25}$	$h= 52.9 \cdot t^{0.25}$
Oderzo	$h= 26.2 \cdot t^{0.27}$	$h= 32.0 \cdot t^{0.30}$	$h= 35.9 \cdot t^{0.31}$
Pove del Grappa	$h= 27.1 \cdot t^{0.37}$	$h= 36.6 \cdot t^{0.36}$	$h= 42.9 \cdot t^{0.35}$
Roncade	$h= 32.0 \cdot t^{0.22}$	$h= 42.1 \cdot t^{0.20}$	$h= 48.9 \cdot t^{0.20}$
Rosà	$h= 39.8 \cdot t^{0.22}$	$h= 52.2 \cdot t^{0.22}$	$h= 60.5 \cdot t^{0.22}$
San Pietro Viminario	$h= 33.1 \cdot t^{0.17}$	$h= 48.4 \cdot t^{0.14}$	$h= 58.6 \cdot t^{0.13}$
Sant'Anna di Chioggia	$h= 37.9 \cdot t^{0.26}$	$h= 49.8 \cdot t^{0.30}$	$h= 57.7 \cdot t^{0.32}$
Teolo	$h= 33.9 \cdot t^{0.24}$	$h= 48.7 \cdot t^{0.27}$	$h= 58.4 \cdot t^{0.28}$
Valdobbiadene Bigolino	$h= 33.1 \cdot t^{0.31}$	$h= 41.0 \cdot t^{0.33}$	$h= 46.3 \cdot t^{0.34}$
Vazzola	$h= 31.1 \cdot t^{0.26}$	$h= 37.6 \cdot t^{0.27}$	$h= 41.9 \cdot t^{0.28}$
Villadose	$h= 32.0 \cdot t^{0.20}$	$h= 44.6 \cdot t^{0.24}$	$h= 53.0 \cdot t^{0.26}$
Villorba	$h= 29.3 \cdot t^{0.24}$	$h= 42.2 \cdot t^{0.21}$	$h= 50.8 \cdot t^{0.20}$
Volpago del Montello	$h= 36.0 \cdot t^{0.19}$	$h= 42.0 \cdot t^{0.23}$	$h= 46.1 \cdot t^{0.25}$
Zero Branco	$h= 30.7 \cdot t^{0.20}$	$h= 36.8 \cdot t^{0.25}$	$h= 40.8 \cdot t^{0.27}$

3.2 Analisi della distribuzione spaziale dei valori attesi

Allo scopo di esaminare le differenze tra i valori attesi di precipitazione nelle stazioni considerate, è stata analizzata la distribuzione spaziale sul bacino scolante nella laguna di Venezia dei valori suddetti per un tempo di ritorno di 10 anni. A tale scopo si è utilizzato il metodo del *kriging*, termine derivante dal nome di D.G. Krige, che per primo si interessò a sviluppare metodi empirici per l'estrapolazione spaziale.

La finalità del metodo è quella di riuscire a determinare una stima di un fenomeno in un qualsiasi punto di un dominio spaziale a partire da un insieme finito di osservazioni relative a punti noti. Tale insieme di dati z , nel caso in esame i valori di precipitazione registrati nelle diverse stazioni pluviometriche, può essere considerato come un campione casuale generato da un processo Z . Per ogni punto s del dominio spaziale D considerato, la struttura del processo stocastico Z può essere descritta nella forma seguente:

$$Z(s) = \mu(s) + \delta(s) \qquad s \in D$$

dove $\delta(.)$ è un processo stocastico con media nulla e $\mu(.)$ è la media di Z . Questa ipotesi permette di stimare separatamente le due componenti, per cui la predizione può avvenire nella forma

$$\hat{Z}(s) = \hat{m}(s) + \hat{\delta}(s) \qquad s \in D$$

in cui il primo addendo è la stima di una superficie di trend polinomiale. Un'altra ipotesi del metodo è la possibilità di esprimere la predizione come combinazione lineare di n funzioni nei punti noti:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)$$

Il calcolo dei valori stimati è svolto attraverso l'operazione di minimizzare gli errori nei punti noti e di riprodurre la struttura di correlazione del processo spaziale osservato, vale a dire ricercando la funzione del *variogramma*:

$$\phi(d) = \frac{var [Z(s_1) - Z(s_2)]}{2}$$

$$s_1, s_2 \in D \parallel s_1 - s_2 \parallel = d$$

(Gandin, 1963; Smith, 2001).

Il metodo è stato applicato utilizzando i valori di varia frequenza probabile calcolati mediante le regolarizzazioni eseguite. Si riportano a titolo di esempio nelle **Figure 29-38** le distribuzioni spaziali dei valori attesi per le precipitazioni di varia durata, compresa fra 5 minuti primi e 24 ore, considerate nel presente studio e per un tempo di ritorno di 10 anni.

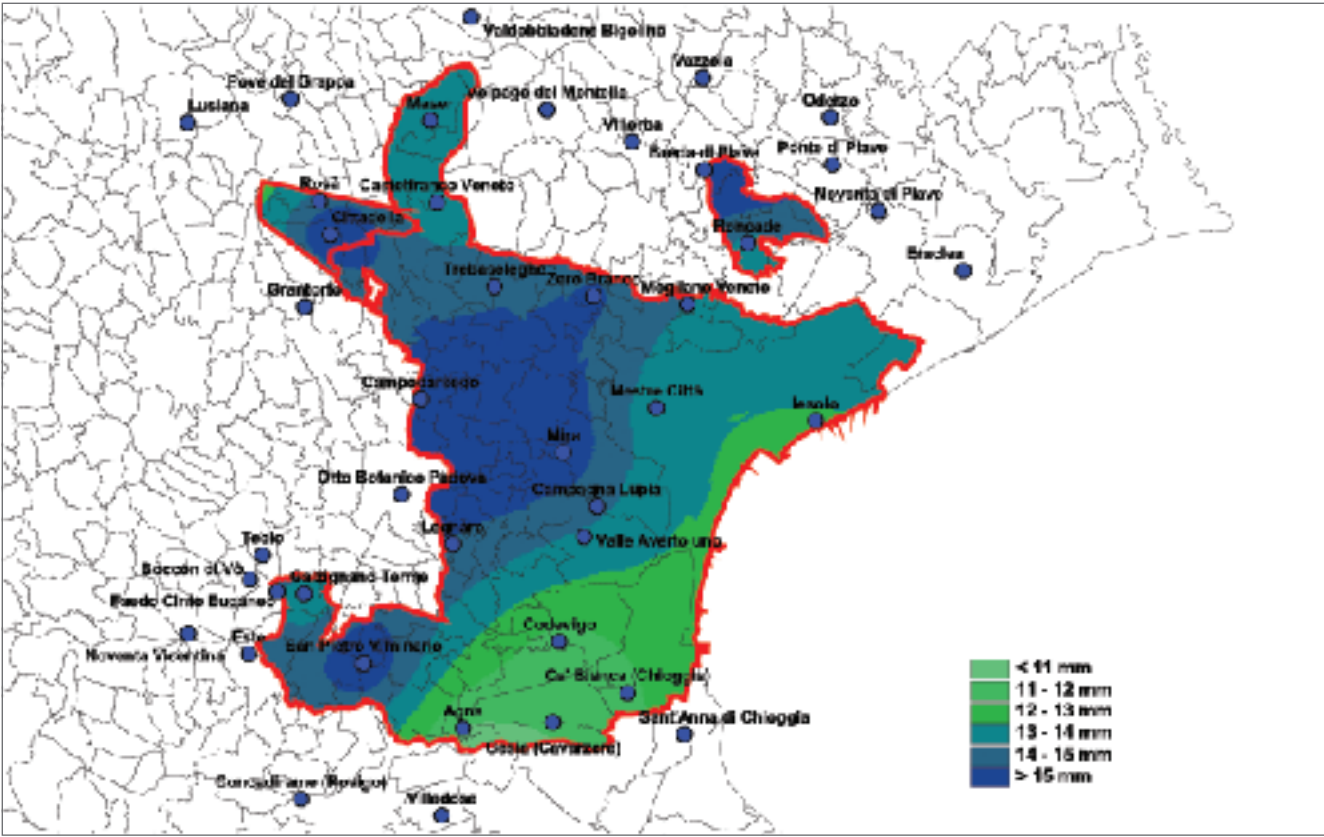


Figura 29 - Distribuzione spaziale dei valori attesi per precipitazioni della durata di 5 minuti primi e tempo di ritorno di 10 anni.

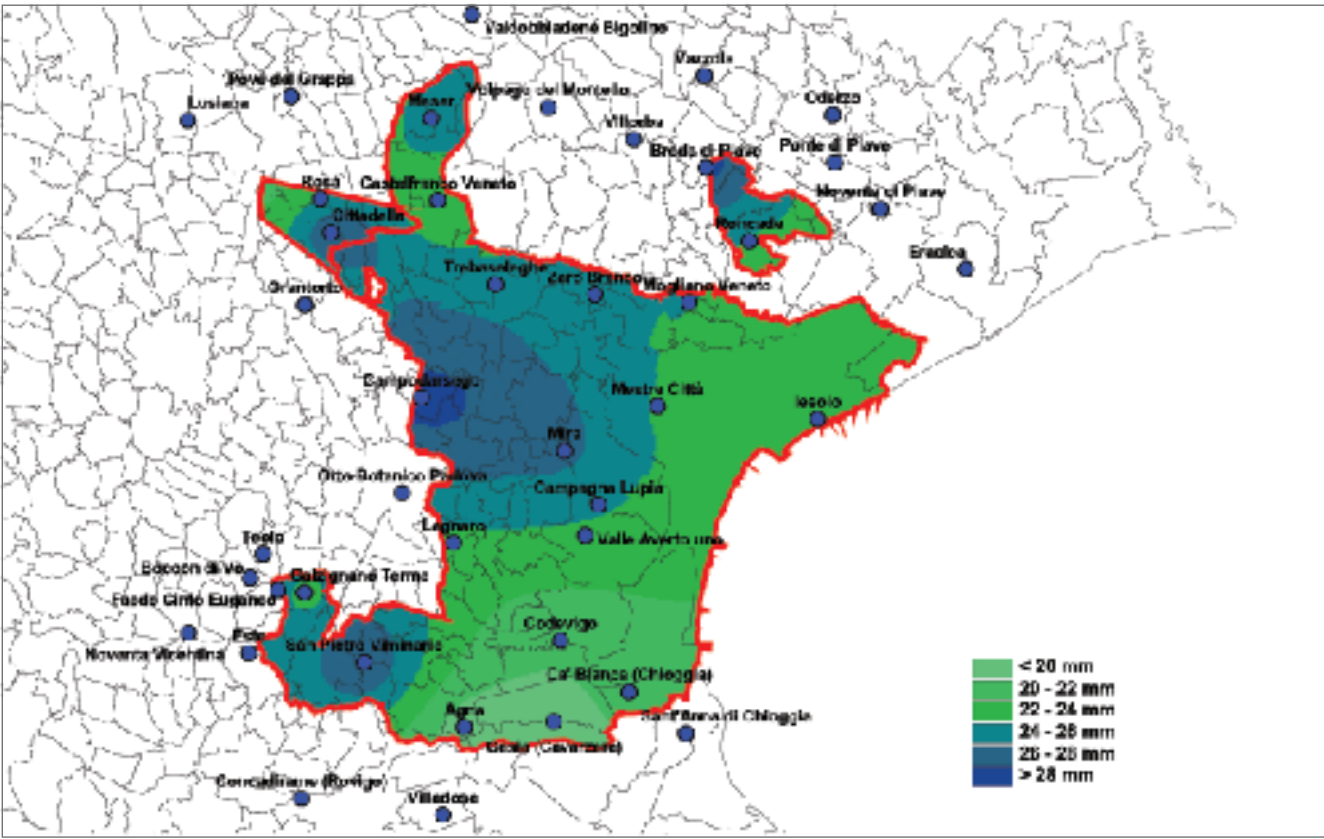


Figura 30 - Distribuzione spaziale dei valori attesi per precipitazioni della durata di 10 minuti primi e tempo di ritorno di 10 anni



45



45



Figura 34 - Distribuzione spaziale dei valori attesi per precipitazioni della durata di 1 ora e tempo di ritorno di 10 anni



47



47



47



47



3.3 Valutazione della possibilità di regionalizzazione dei dati a disposizione

I dati pluviometrici raccolti ed ordinati e le elaborazioni statistico – probabilistiche eseguite possono consentire alcune valutazioni sulla opportunità di applicare procedimenti di regionalizzazione nell’ambito del Bacino Scolante alle distribuzioni di piogge brevi ed intense considerate. L’analisi svolta sui valori massimi annui a disposizione pone in evidenza differenze non trascurabili tra le stazioni per quanto riguarda i valori di precipitazione, ma non sembra consentire di poter tradurre utilmente in leggi analitiche di interpolazione le tendenze alla variazione tra i valori stessi. Si deve ricordare a tale riguardo la non uniforme distribuzione spaziale delle stazioni di misura all’interno e nell’intorno del Bacino Scolante, con densità maggiormente ridotta nella parte centrale e quindi più rappresentativa, nella

quale ricadono solamente le stazioni di Mestre e di Mira. Tale non uniformità di distribuzione potrebbe non consentire di cogliere l’effetto di situazioni locali su eventuali andamenti complessivi di tendenza del fenomeno. Meno preoccupante può apparire agli effetti applicativi l’ampiezza ridotta del campione di misure disponibile, pari a 10 anni, in considerazione dell’elevato numero di osservazioni che la breve durata delle piogge considerate può rendere possibile di estrarre dalle serie di precipitazione. Potrebbe risultare utile, a tale riguardo, un’analisi complessiva sulla serie continua di dati, anziché sui soli valori massimi. Per tali ragioni sembra risultare preferibile, ai fini applicativi, il ricorso ai valori puntuali di pioggia osservati o, nel caso di indagini complessive riguardanti l’intero Bacino Scolante, il ricorso all’intero campione dei dati disponibili ed alle elaborazioni di carattere statistico-probabilistico su di esso svolte.

4 Conclusioni

La ricerca svolta con riferimento alle precipitazioni brevi e intense, di durata compresa fra 5 e 45 minuti primi, e su quelle orarie, di durata compresa fra 1 e 24 ore, registrate in 42 stazioni comprese nel Bacino Scolante oppure a questo finitime, ha consentito di determinare i valori massimi annui di pioggia delle durate suddette, relativi ad un periodo di osservazione costituito prevalentemente dal decennio 1992-2001. Le serie ottenute sono state altresì regolarizzate statisticamente, sia per singola stazione sia con riferimento all’intero campione disponibile, in maniera da determinare i valori corrispondenti alla frequenza probabile del rispettivo uguagliamento o superamento. Lo studio svolto può quindi consentire utili applicazioni in vari ambiti di attività, sia di ricerca che di progetto. Infatti le piogge di forte intensità, aventi durata anche di pochi minuti primi, rappresentano una delle cause di innesco di fenomeni di dissesto del territorio, che devono essere affrontati con adeguati provvedimenti di tipo costruttivo. La conoscenza dei valori che possono assumere tali eventi

risulta quindi di fondamentale importanza nel dimensionamento di manufatti pertinenti a vari tipi di opere mirate allo scarico di acque meteoriche da zone di estensione ridotta. Da un punto di vista numerico, si è osservato come nelle singole località oggetto di indagini si manifestino valori di altezza di precipitazione anche sensibilmente diversi a parità di frequenza probabile, fenomeno che appare conseguente alla ridotta estensione delle serie disponibili, la quale non consente di superare il carattere di dipendenza dalla località di osservazione dei valori assunti dalle precipitazioni di breve durata osservate. Le variazioni locali di altezza di pioggia possono essere superate, nell'ambito della conoscenza dell'ordine di grandezza assunto dagli eventi di durata assai breve, dall'utilizzo di curve di inviluppo delle serie complete di osservazioni di assegnata durata. Risultano di interesse infine le elaborazioni relative alla distribuzione temporale annua di tali eventi, che ha posto in evidenza come per le durate più brevi le piogge di massima intensità si concentrino con elevata frequenza nei mesi estivi. Lo studio svolto può quindi fornire utili indicazioni con riferimento al bacino scolante nella laguna di Venezia.



5 Bibliografia

[1] BIXIO, V., 1990: "Indagini idrologiche per la redazione dei piani generali di bonifica e di tutela del territorio rurale". Unione Veneta Bonifiche Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari, Venezia.

[2] BIXIO, V., 2001: "Realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale per le iniziative dell'agricoltura nel bacino scolante nella laguna di Venezia". Regione del Veneto, Unione Veneta Bonifiche Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari, Venezia.

[3] CHOW V.T., 1964: "Statistical and probability analysis of hydrological data". *Handbook of applied Hydrology*, Mc Graw-Hill, New York.

[4] CHOW, V.T., MAIDMENT D.R., MAYS L.W., 1988: "Applied Hydrology", Mc Graw-Hill, Singapore.

[5] COLES, S., 1999: "Extreme value theory and applications". Lecture notes, Department of Mathematics and Statistics, University of Lancaster.

[6] GANDIN, L.S., 1963: "Objective Analysis of Meteorological Fields". Gidrometeorologicheskoe Izdatel'stvo (GIMIZ), Leningrado.

[7] LOMBARDO, F., STAGI, L., 1997: "Dynamic calibration of rain gauges in order to check errors due to heavy rain rates". Proceedings of the International Conference on '*Water in the Mediterranean*', Istanbul.

[8] REGIONE DEL VENETO, 2000: "Piano per la prevenzione dell'inquinamento e il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella laguna di Venezia", Venezia.

[9] SMITH, R.L., 2001: "Environmental statistics". Department of Statistics, North Carolina University.

[10] VILLI, V., CALEFFA G., GATTO, G., MORI G., 1986: "Distribuzione spazio temporale delle piogge intense nel Triveneto". *Quaderni di ricerca* n° 7. C.N.R. - Istituto di Geologia Applicata, Regione Veneto - Centro Valanghe e Difesa Idrogeologica.

[11] WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION (W.M.O.), 1965: "Guide to hydrometeorological practices".

[12] WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION (W.M.O.), 1996: "Guide to meteorological instruments and methods of observation". 6° edizione, Ginevra.

[13] ZAGGIA L., ZULIANI A., ZONTA R., 2001: "Analisi statistica delle serie storiche di precipitazione. Elaborazione dei dati di pioggia per la valutazione dei volumi affluiti". Drain Project Workshop, Venezia.