

# **UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAMERINO**

Facoltà di Scienze e Tecnologie  
Classe delle Lauree di Scienze della Terra (classe 16)  
Corso di Laurea in Scienze Geologiche  
Dipartimento di Scienze della Terra



## **ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI DI PRECIPITAZIONE SULLE MARCHE CON POSSIBILE APPLICAZIONE DEI RISULTATI ALLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI.**

Elaborato finale in Geografia Fisica

Laureando:  
Chiara Cicconofri

Tutor interno:  
dott. Marco Materazzi

Tutor aziendale:  
dott. Maurizio Di Marino  
dott. Romina Spina

Anno Accademico 2005-2006

## **INDICE:**

Introduzione e scopo.....	pag 3
Regime pluviometrico annuo del territorio marchigiano.....	pag 4
Dati.....	pag 5
Curve di Inviluppo:	
Metodologia di calcolo.....	pag 9
Grafici.....	pag 13
Analisi dei risultati.....	pag 26
Applicazione della Cluster Analysis ai dati giornalieri.....	pag 26
Curve Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica:	
Metodologia di calcolo.....	pag 35
Grafici.....	pag 39
Analisi dei risultati.....	pag 50
Rappresentazione grafica tramite Boxplots dei dati orari.....	pag 55
Tipi di tempo.....	pag 63
Back-analysis delle condizioni meteorologiche scatenanti.....	pag 64
Carte del tempo dell'evento e dei 2 giorni precedenti.....	pag 72
Conclusioni.....	pag 87
Bibliografia.....	pag 92

### Introduzione e scopo della tesi

Tra i parametri meteorologici la precipitazione è uno dei più importanti a causa del suo forte impatto sugli ecosistemi naturali e sulla società. In particolare, tale elemento riveste un grande interesse anche in settori della geofisica vicini alla meteorologia, quali ad esempio l'idrologia e l'idrogeologia.

Il campo di precipitazione è caratterizzato da una grande variabilità spaziotemporale. Infatti ogni regime pluviometrico è generalmente causato dalla sovrapposizione di numerosi fattori operanti su scale diverse. Uno di essi è sicuramente l'orografia che, interagendo con il flusso atmosferico a larga scala, contribuisce ad innescare o alimentare i fenomeni di precipitazione.

Da questo punto di vista, la regione Marche rappresenta un'area interessante, in quanto caratterizzata da compartimenti territoriali di differenti altitudini (pianura costiera ad Oriente, Appennino Umbro-Marchigiano ad Occidente e tra le linee orografiche e il mare una successione di colline) con conseguente spiccata variabilità delle precipitazioni.

Il rapporto tra la quantità di pioggia caduta (**H**) in un determinato luogo e l'intervallo di tempo (**t**) in cui si è verificata dicesi intensità (**i**):

$$i = \frac{H}{t} \quad (1).$$

L'intensità di pioggia rappresenta l'altezza di precipitazione rapportata all'unità di tempo prescelta, ad esempio giorno o ora, costituendo così un'intensità diurna (mm/giorno) o oraria (mm/ora) rispettivamente. E' particolarmente atta a valutare gli effetti meccanici di una pioggia insistente, in quanto rappresenta, in realtà, una forza, che si manifesta in forma direttamente proporzionale al suo ammontare. L'esame delle precipitazioni massime di più giorni consecutivi è di fondamentale importanza per studi e ricerche, con fini idrologici ed idrogeologici e diventa indispensabile qualora si debbano programmare gli interventi da effettuarsi in caso di calamità naturale o si vogliano fare previsioni di massima piovosità. Per finalità tecniche, come il calcolo di una rete di fognature o di una maglia di canali di

bonifica, invece, è di grande utilità la conoscenza delle più elevate intensità orarie effettive delle precipitazioni.

La presente tesi è frutto di uno stage svolto presso il Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata, che dal 1957 si occupa dello studio dei fenomeni atmosferici, attraverso la misurazione, validazione ed elaborazione dei dati rilevati nelle stazioni meteoriche dislocate sul territorio regionale, previsioni del tempo sulle Marche e ricerche sulla conoscenza del clima della regione.

L'obiettivo scientifico di tale stage è stato quello di caratterizzare il territorio marchigiano in termini di intensità ed apporto massimo di precipitazioni su scale temporali giornaliere ed orarie, allo scopo di fornire una base per la valutazione del rischio idrogeologico. I dati raccolti sono stati infatti utilizzati in una seconda fase per tentare una ricostruzione delle condizioni meteorologiche esistenti e precedenti alcuni eventi alluvionali occorsi nella regione Marche dal 1992 al 2005.

#### *Regime pluviometrico annuo del territorio marchigiano:*

Da studi precedenti è emerso che la regione Marche può essere suddivisa in 3 fasce longitudinali omogenee per quel che riguarda il campo medio della precipitazione annua. Nella *fascia costiera* i valori di precipitazione media annua risultano compresi *tra i 600 e gli 850 mm*; in quella *medio basso collinare*, l'entità di precipitazioni ricade nel range di *850-1100 mm* e nell'area *alto collinare-montana* i valori risultano *superiori ai 1100 mm*, con punte che toccano i 1700 mm. Il minimo principale (550-650 mm) cade nella costa meridionale (Grottammare – San Benedetto del Tronto) mentre l'area maggiormente piovosa risulta essere quella relativa alle catene appenniniche, con il massimo annuo (1550-1700 mm) in corrispondenza del Monte Catria (1701 m). Un maggiore dettaglio sulla distribuzione spaziale della precipitazione media annuale sulle Marche è riportato nella cartografia, realizzata presso il Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata (CEC OGSM) e allegata al presente lavoro.

### Dati:

La rete di monitoraggio pluviometrico della regione Marche, gestita dal CEC OGSM, consta di oltre 90 pluviografi a lettura meccanica e di una cinquantina di pluviometri in telemisura. Nel lavoro statistico effettuato sono state considerate 66 stazioni, in grado di garantire una copertura omogenea del territorio marchigiano, relativamente al periodo 1992-2005.

Nella figura 1 è rappresentata l'ubicazione delle suddette stazioni di misura. Le loro coordinate geografiche ed informazioni inerenti la disponibilità dei dati nell'ambito dei 14 anni presi in esame sono riportate in tabella 1.

Le serie di dati utilizzate sono le seguenti:

- " massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi ", con cui si indicano le maggiori quantità d'acqua caduta, in una determinata località, nell'arco di un lasso temporale da 1 a 5 giorni consecutivi, nell'anno di riferimento;
- " precipitazioni orarie annuali di massima intensità ", con cui si intendono i massimi quantitativi di pioggia registrati in un anno, in un intervallo pari a 1,3,6,12 o 24 ore.

La "precipitazione giornaliera" fornita da ciascuna stazione di misura è osservata ogni giorno alle ore 9 antimeridiane ed è quella cumulata nelle 24 ore precedenti. Per "durate da 1 a 5 giorni e di 1,3,6,12,24 ore" si intendono altrettanti intervalli di tempo cronologicamente continui con precipitazione ininterrotta o no, tali che la sommatoria delle piogge risulti superiore a quella di qualsiasi altro periodo dell'anno di inferiore o pari durata. Con la terminologia "fenomeno o evento pluviometrico" ci si riferisce non necessariamente ad un singolo episodio piovoso ma anche all'associazione di più avvenimenti separati che però hanno prodotto quel quantitativo di pioggia massima in una data durata. I dati pluviometrici, utilizzati, a disposizione dell' OGSM riguardano l'archivio storico costituito dagli annali pubblicati dall' Istituto Idrografico di Bologna dove sono riportate le registrazioni di precipitazione di tutte le stazioni delle Marche gestite dal suddetto ente.

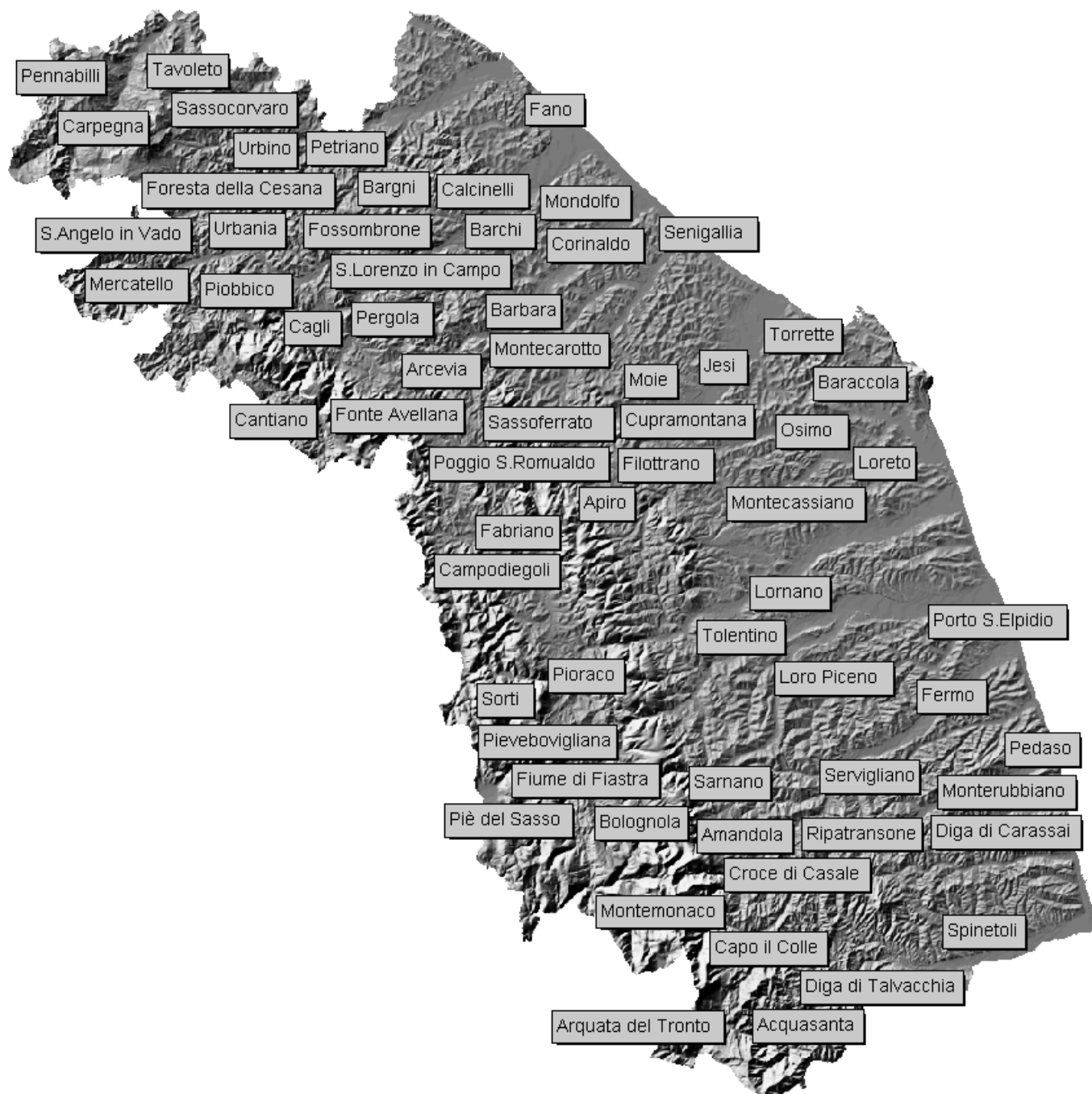


Figura1: Ubicazione delle 66 stazioni pluviometriche nelle Marche

Tabella1: Anagrafica delle 66 stazioni pluviometriche

<b>Stazione</b>	<b>Latitudine (N)</b>	<b>Longitudine (E)</b>	<b>Quota (m slm)</b>	<b>Bacino imbrifero</b>	<b>Provincia</b>	<b>Dati dispon. (%)</b>
Acquasanta	42° 46' 10"	13° 24' 38"	392	Tronto	AP	100
Amandola	42° 58' 45"	13° 21' 34"	550	Tenna	AP	100
Ancona(Baraccola)	43° 33' 50"	13° 30' 38"	37	Musone	AN	100
Ancona (Torrette)	43° 36' 35"	13° 27' 13"	6	Esino-Musone	AN	100
Apiro	43° 23' 30"	13° 07' 56"	516	Esino	MC	100
Arcevia	43° 29' 58"	12° 56' 21"	535	Misa	AN	100
Arquata del Tronto	42° 46' 19"	13° 17' 42"	720	Tronto	AP	100
Barbara	43° 34' 55"	13° 01' 33"	219	Misa	AN	100
Barchi	43° 40' 20"	12° 55' 41"	319	Metauro	PU	100
Bargni	43° 45' 00"	12° 51' 13"	273	Metauro	PU	100
Bolognola	42° 59' 30"	13° 13' 38"	1070	Chienti	MC	100
Cagli	43° 32' 48"	12° 38' 55"	276	Metauro	PU	100
Calcinelli	43° 45' 00"	12° 55' 08"	64	Metauro	PU	100
Campodiegoli	43° 18' 35"	12° 49' 28"	507	Esino	AN	100
Cantiano	43° 28' 15"	12° 37' 38"	360	Metauro	PU	100
Capo il Colle	42° 50' 30"	13° 28' 08"	539	Tronto	AP	100
Carpegna	43° 46' 47"	12° 20' 00"	748	Foglia	PU	100
Corinaldo	43° 38' 57"	13° 02' 46"	203	Misa	AN	100
Croce di Casale	42° 54' 42"	13° 25' 43"	657	Tronto	AP	100
Cupramontana	43° 26' 40"	13° 07' 01"	506	Esino	AN	100
Diga di Carassai	43° 02' 30"	13° 40' 48"	130	Aso	AP	100
Diga di Talvacchia	42° 46' 50"	13° 30' 33"	515	Tronto	AP	100
Fabriano	43° 20' 10"	12° 54' 22"	357	Esino	AN	100
Fano	43° 50' 30"	13° 01' 06"	14	Arzilla-Metauro	PU	100
Fermo	43° 09' 41"	13° 42' 48"	280	Ete Vivo	AP	100
Filottrano	43° 26' 08"	13° 20' 43"	270	Musone	AN	100
Fiume di Fiastra	43° 02' 15"	13° 10' 01"	618	Chienti	AN	100
Fonte Avellana	43° 28' 13"	12° 43' 38"	689	Cesano	PU	85.7
Foresta d.Cesana	43° 42' 22"	12° 44' 38"	640	Metauro	PU	100
Fossombrone	43° 41' 20"	12° 48' 30"	116	Metauro	PU	100
Jesi	43° 31' 27"	13° 14' 48"	96	Esino	AN	100
Loreto	43° 26' 15"	13° 36' 20"	127	Musone	AN	100
Lornano	43° 17' 10"	13° 25' 15"	232	Chienti	MC	92.9

( seguito tab.1 )

<b>Stazione</b>	<b>Latitudine (N)</b>	<b>Longitudine (E)</b>	<b>Quota (m slm)</b>	<b>Bacino imbrifero</b>	<b>Provincia</b>	<b>Dati dispon. (%)</b>
Loro Piceno	43° 10' 00"	13° 24' 56"	435	Chienti	MC	92.9
Mercatello	43° 38' 47"	12° 20' 08"	429	Metauro	PU	100
Moie	43° 30' 00"	13° 07' 48"	110	Esino	AN	100
Mondolfo	43° 45' 05"	13° 05' 43"	144	Cesano	PU	100
Montecarotto	43° 31' 34"	13° 03' 16"	388	Misa	AN	100
Montecassiano	43° 21' 45"	13° 26' 08"	215	Potenza	MC	92.9
Montemonaco	42° 53' 53"	13° 19' 26"	987	Aso	AP	92.9
Monterubbiano	43° 05' 06"	13° 42' 58"	463	Aso	AP	92.9
Osimo	43° 29' 06"	13° 29' 06"	265	Musone	AN	100
Pedaso	43° 05' 45"	13° 50' 35"	4	Aso-Menocchia	AP	100
Pennabilli	43° 49' 00"	12° 15' 48"	600	Marecchia	PU	100
Pergola	43° 33' 46"	12° 50' 08"	306	Cesano	PU	100
Petriano	43° 46' 43"	12° 44' 03"	327	Foglia	PU	100
Piè del Sasso	42° 59' 35"	13° 00' 03"	653	Chienti	MC	100
Pievebovigliana	43° 03' 32"	13° 05' 08"	451	Chienti	MC	92.9
Piobbico	43° 35' 20"	12° 30' 38"	339	Metauro	PU	100
Pioraco	43° 10' 46"	12° 59' 11"	441	Potenza	MC	100
Poggio San Romualdo	43° 21' 45"	13° 01' 48"	926	Esino	AN	92.9
Porto Sant'Elpidio	43° 15' 30"	13° 45' 33"	6	Chienti-Tenna	AP	100
Ripatransone	43° 00' 00"	13° 45' 53"	494	Tesino	AP	100
San Lorenzo in Campo	43° 36' 15"	12° 56' 45"	209	Cesano	PU	100
Sant'Angelo in Vado	43° 40' 00"	12° 24' 38"	359	Metauro	PU	100
Sarnano	43° 02' 08"	13° 18' 08"	539	Tenna	MC	92.9
Sassocorvaro	43° 46' 50"	12° 29' 40"	331	Foglia	PU	100
Sassoferato	43° 26' 06"	12° 51' 33"	312	Esino	AN	100
Senigallia	43° 42' 44"	13° 13' 04"	5	Misa-Esino	AN	100
Servigliano	43° 04' 48"	13° 29' 35"	215	Tenna	AP	100
Sorti	43° 07' 10"	12° 57' 04"	716	Potenza	MC	100
Spinetoli	42° 53' 15"	13° 46' 21"	52	Tronto	AP	92.9
Tavoleto	43° 50' 36"	12° 35' 38"	426	Foglia	PU	100
Tolentino	43° 12' 33"	13° 17' 00"	224	Chienti	MC	100
Urbania	43° 40' 03"	12° 31' 20"	273	Metauro	PU	100
Urbino	43° 43' 30"	12° 38' 08"	451	Metauro	PU	100

## **CURVE DI INVILUPPO**

### Metodologia di calcolo:

Se si prendono in considerazione gli eventi piovosi massimi, come altezza o intensità di pioggia, verificatisi in una certa zona in un periodo abbastanza lungo di anni, si riscontra una dipendenza analitica sia fra altezza e durata sia fra intensità e durata. Nel primo caso, trattasi di una relazione esponenziale (Massari) del tipo:

$$H = at^n \quad (2).$$

Da essa si ricava la corrispondente uguaglianza, valida nel secondo caso:

$$i = \frac{a}{t^{(1-n)}} \quad (3).$$

Per ogni stazione pluviometrica risultano 2 diversi coefficienti **a** ed **n**, che assumono perciò validità locale: **a** rappresenta l'altezza o l'intensità della pioggia massima che si può verificare nell'unità di tempo scelta (nel caso specifico trattasi di 1 giorno da cui **a** è espresso in mm/giorno); **n** è una costante (<1) che governa l'andamento della curva e quanto maggiore è il suo valore tanto maggiori saranno la pioggia e la sua intensità per dati valori di **t** e di **a**.

La formula (2) consente di valutare l'altezza di precipitazione più grande che si può avere in una determinata zona, in un precisato lasso di tempo. La (3) calcola la relativa intensità.

Nel presente lavoro, ai fini del computo delle curve (2) e (3), sono state usate le serie di 14 anni di osservazioni, per ciascuna stazione pluviometrica, riguardanti le piogge annuali più elevate per durate variabili (1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi). Tali serie sono state singolarmente elencate in ordine decrescente, al fine di comporre la tabella dei casi critici osservati del periodo, con conseguente perdita però del riferimento cronologico. I valori massimi assoluti così ottenuti per i periodi 1-5

giorni, vedasi tabella2, si disporranno secondo l'equazione (2), detta Curva di Inviluppo o Curva Compensatrice.

Il procedimento analitico si basa sull'applicazione del metodo dei minimi quadrati alla formula del Massari, trasformata in forma logaritmica:

$$\log H = \log a + n \log t \quad (4),$$

che in tal modo viene ad essere rappresentata da una retta, di cui **log a** è la distanza dall'origine degli assi del punto di incontro con l'asse delle ordinate (intercetta) ed **n** è il coefficiente angolare (pendenza). La Curva Compensatrice è quella che rende minima la somma degli scarti quadratici tra la funzione interpolante e l'insieme dei dati.

In figura2 sono mostrati i grafici delle Curve di Inviluppo e delle corrispondenti intensità del primo dei 14 casi critici.

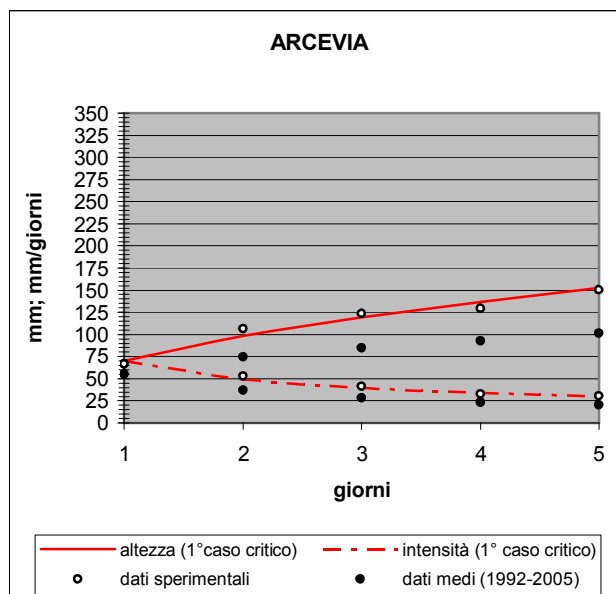
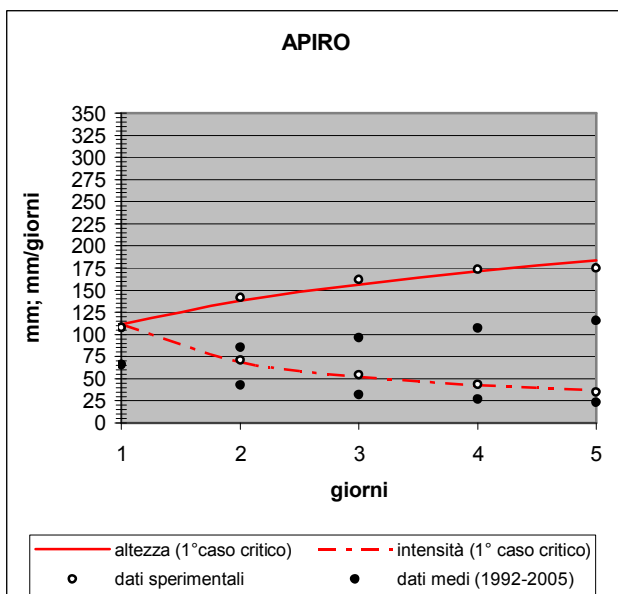
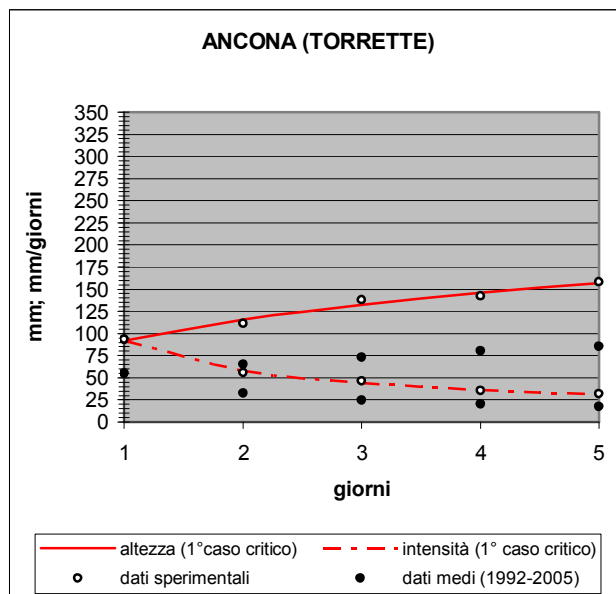
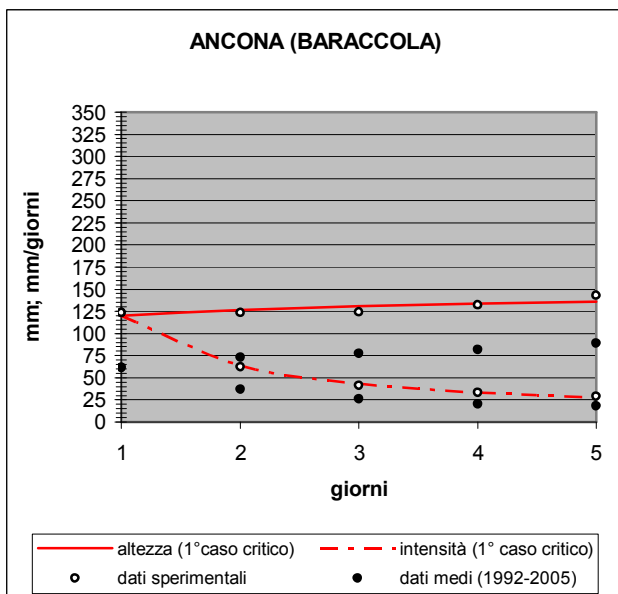
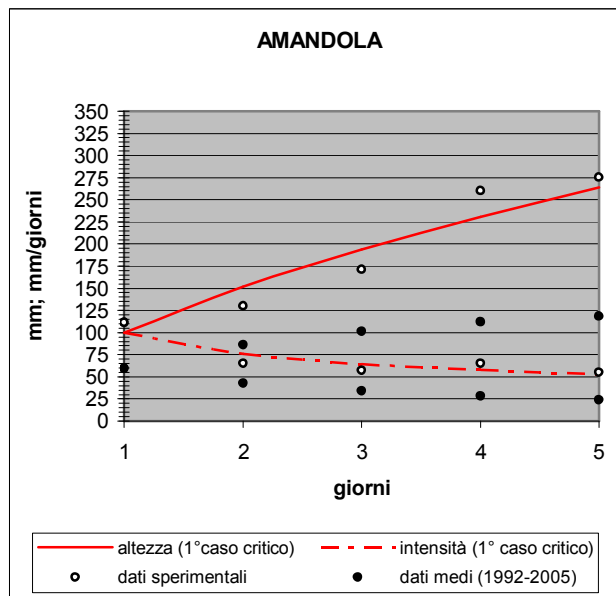
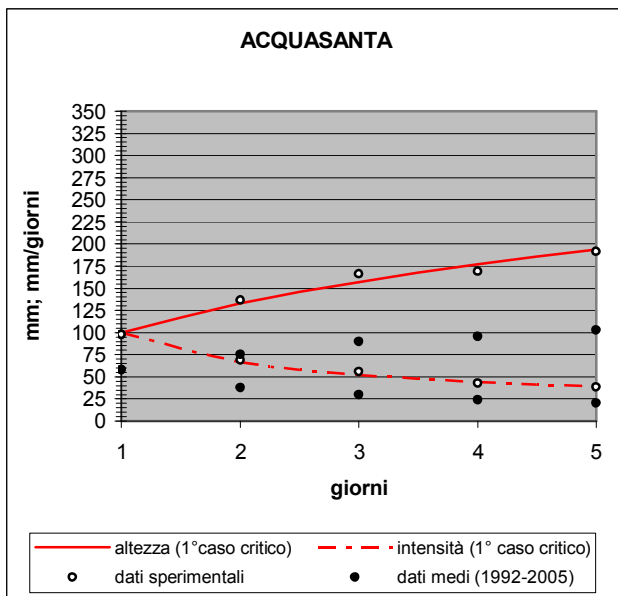
I valori delle costanti puntuali **a** ed **n**, nonché quelli dei coefficienti di determinazione (**R**<sup>2</sup>), delle 66 stazioni esaminate sono elencati in tabella3.

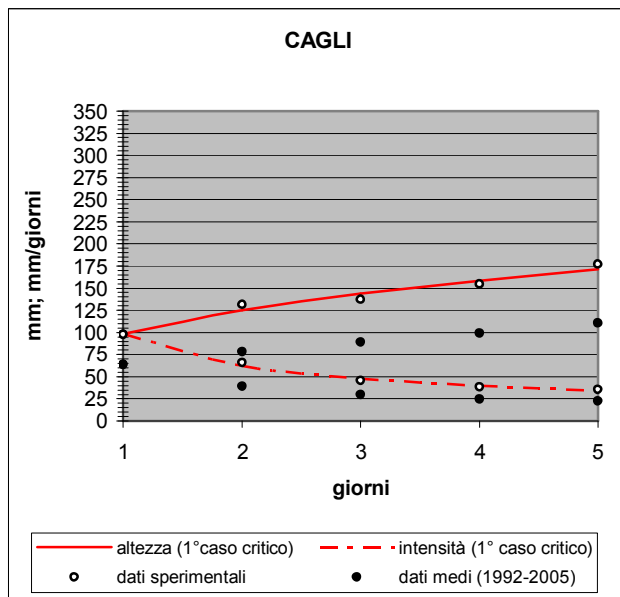
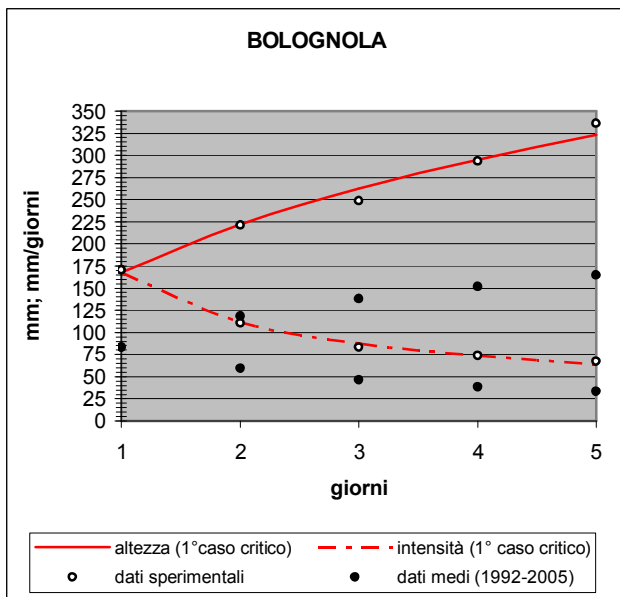
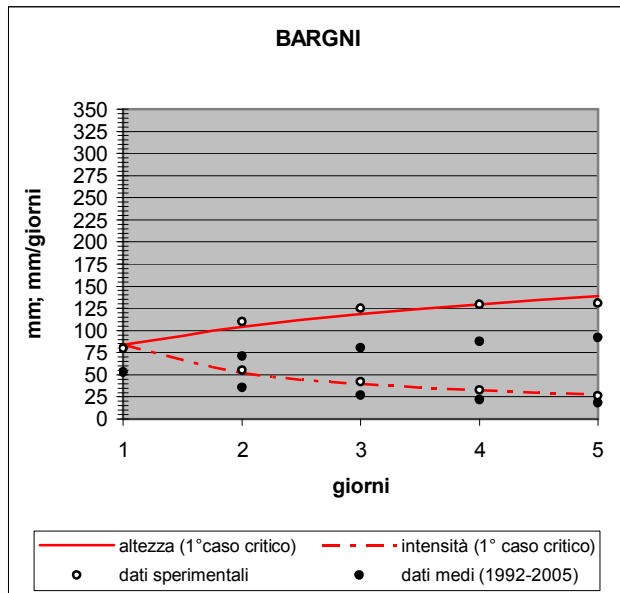
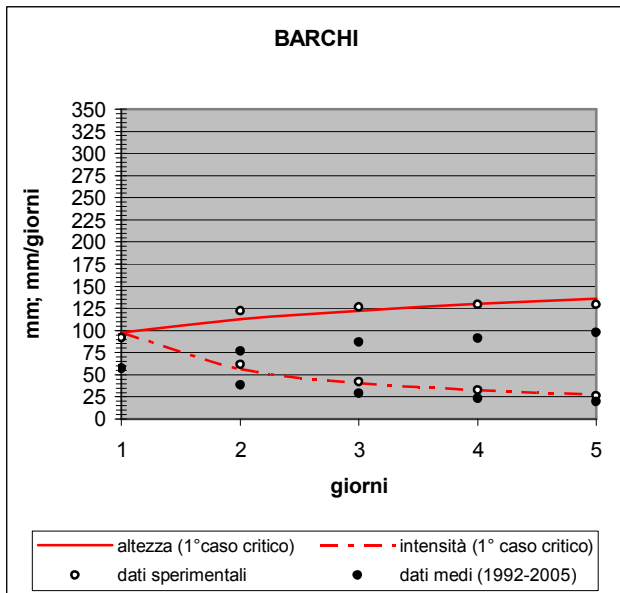
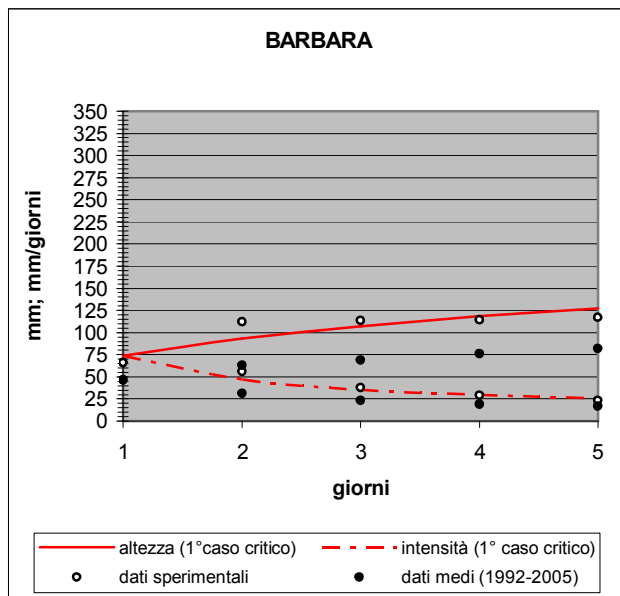
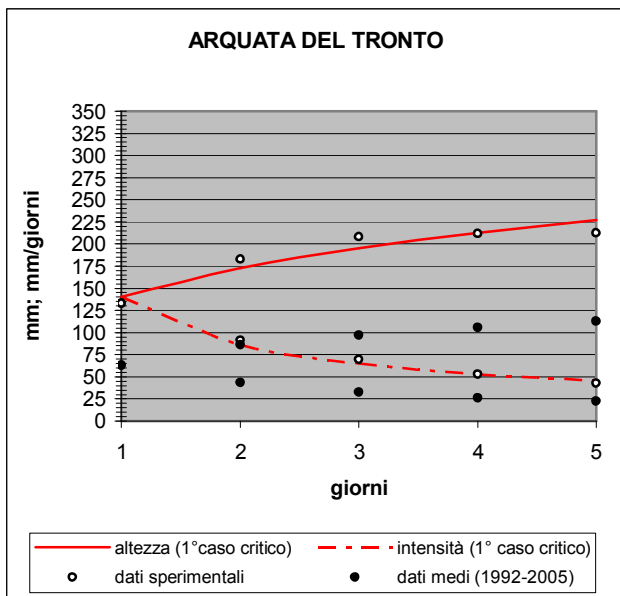
Tabella2: Eventi piovosi massimi assoluti (in mm) per i periodi 1-5 giorni

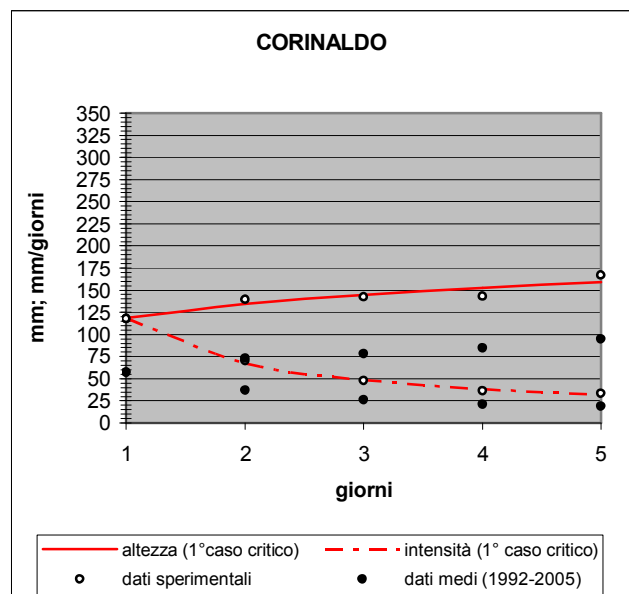
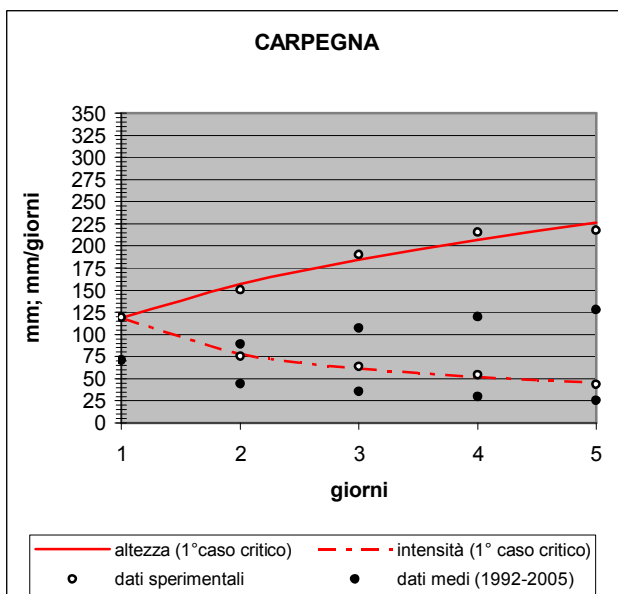
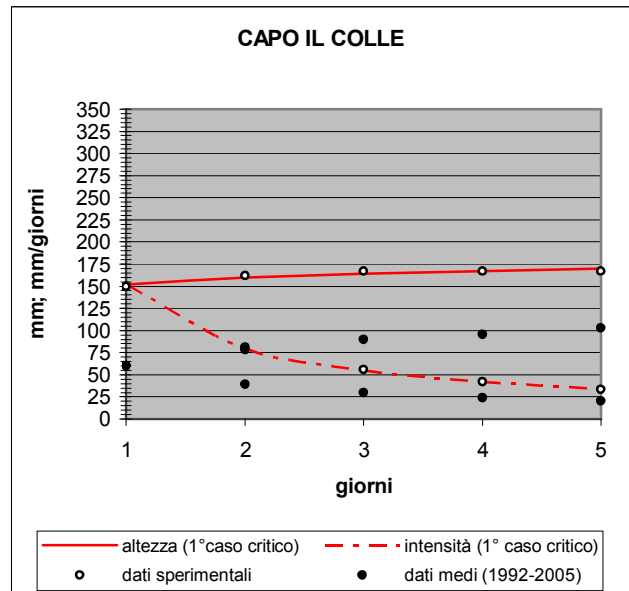
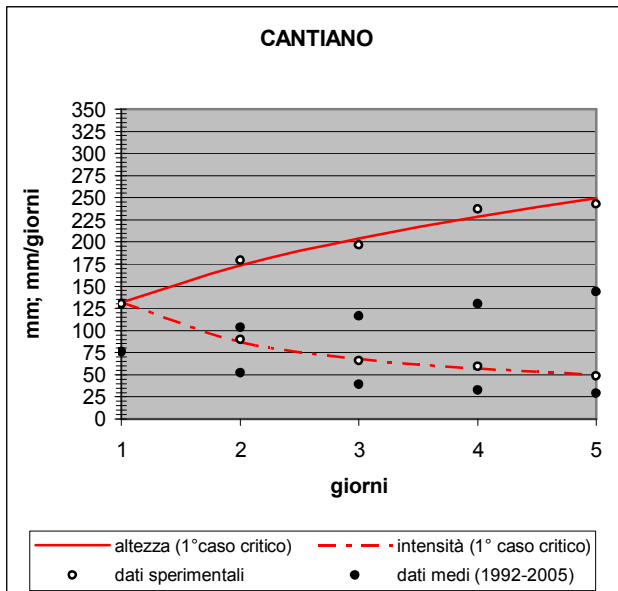
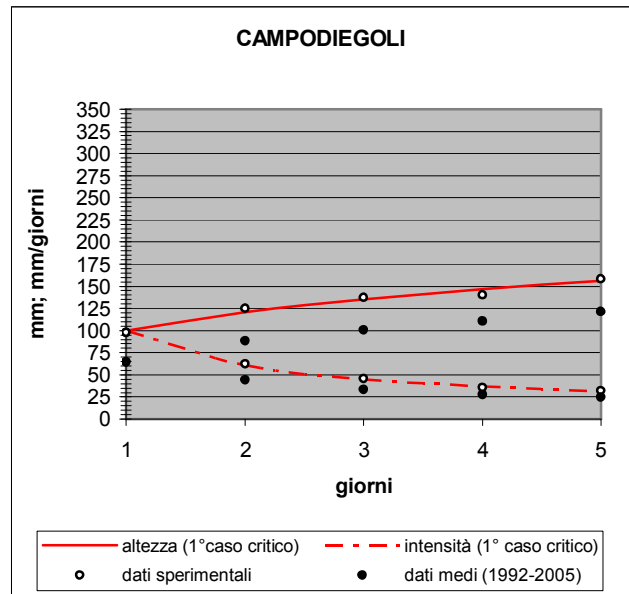
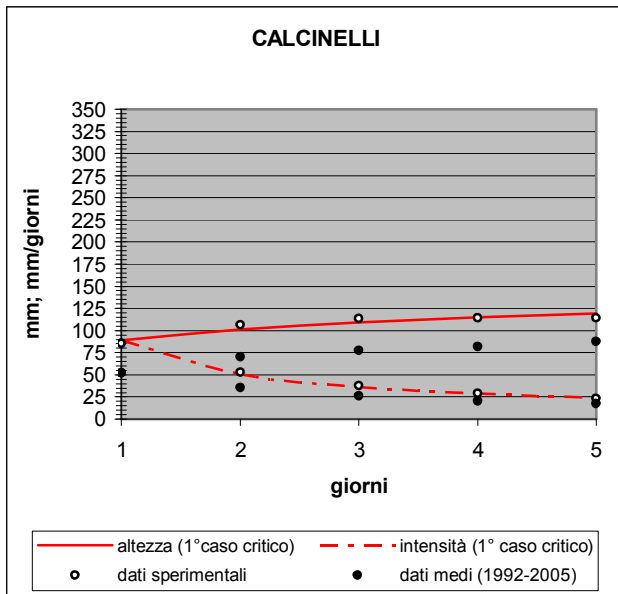
<b>Stazione / Giorni</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Acquasanta	97.4	136.8	166.4	169.4	191.4
Amandola	111.4	130.2	171.6	260.4	275.6
Ancona (Baraccola)	123.6	124	124.2	132.2	143
Ancona (Torrette)	93	111.6	138.4	142.2	158.4
Apiro	108	141.4	162	173.4	175
Arcevia	66.8	106.2	123.8	129.2	150.6
Arquata del Tronto	132.8	182.8	208.4	211.6	212.6
Barbara	65.6	111.8	113.2	114.4	117
Barchi	92.2	122.4	126.2	129.4	129.4
Bargni	79.8	110	124.8	129.8	130.6
Bolognola	170.8	221.6	249	293.6	336.2
Cagli	97.4	131.6	137.2	154.4	177
Calcinelli	85.6	106.2	113.4	114.4	114.4
Campodiegoli	97.8	125	137.4	140.4	158.6
Cantiano	130.2	179.2	196.8	237.4	243.2
Capo il Colle	149.8	162.2	166.8	166.8	167
Carpegna	119.6	150.6	190.4	215.6	217.8
Corinaldo	118.2	139.8	142.4	143.2	167.4
Croce di Casale	76.8	110.8	141.6	171.8	192.6
Cupramontana	95.2	98	122.8	153.4	174.8
Diga di Carassai	78.4	108.2	114.2	120.4	128.2
Diga di Talvacchia	143.2	224.2	250.4	254.4	254.6
Fabriano	82.2	99.6	100.6	100.6	115
Fano	97.6	98.8	108.2	123	129.6
Fermo	97.6	134.6	156.2	157.6	164
Filottrano	84.6	94.6	100.4	123	157.4
Fiume di Fiastra	147.6	202.6	256.8	280.6	311.8
Fonte Avellana	108.2	149	159.2	190.2	200.4
Foresta della Cesana	85.8	129.8	134.8	138.4	142.8
Fossombrone	68	111.6	115.4	118.4	142.8
Jesi	77.6	93.8	104.6	107.4	129.4
Loreto	99.4	100.8	101.4	106.4	128.6
Lornano	90.8	121	122.4	142.8	145.6

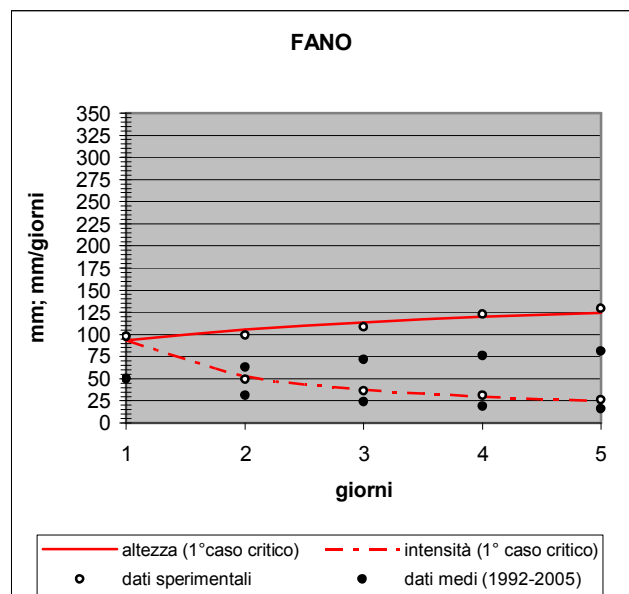
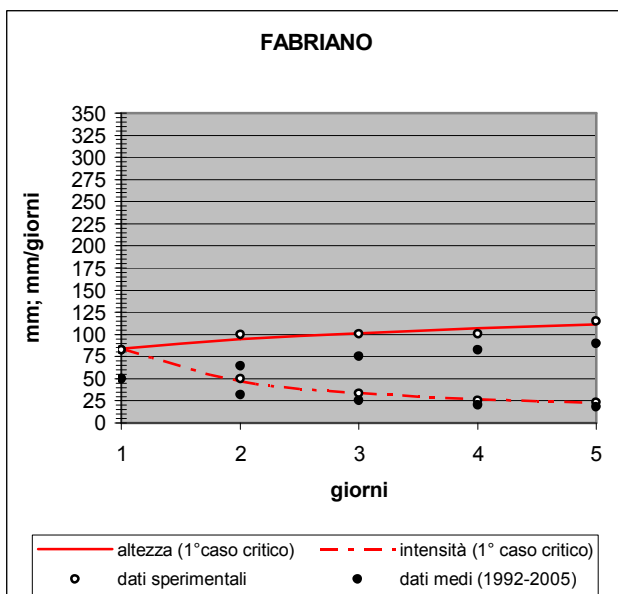
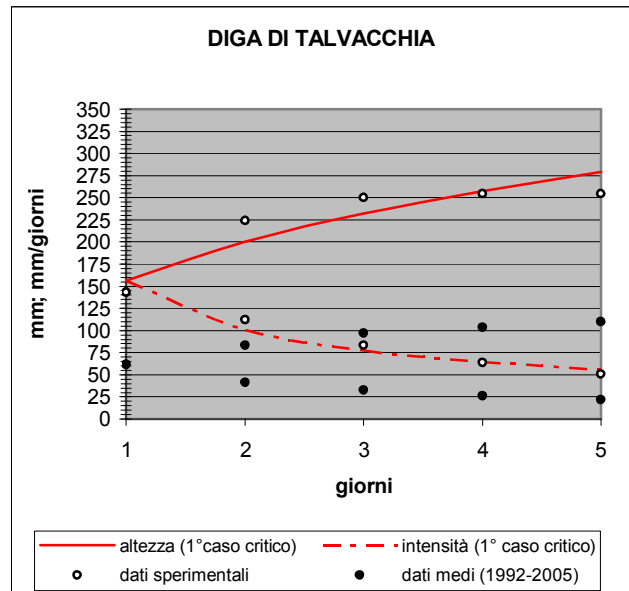
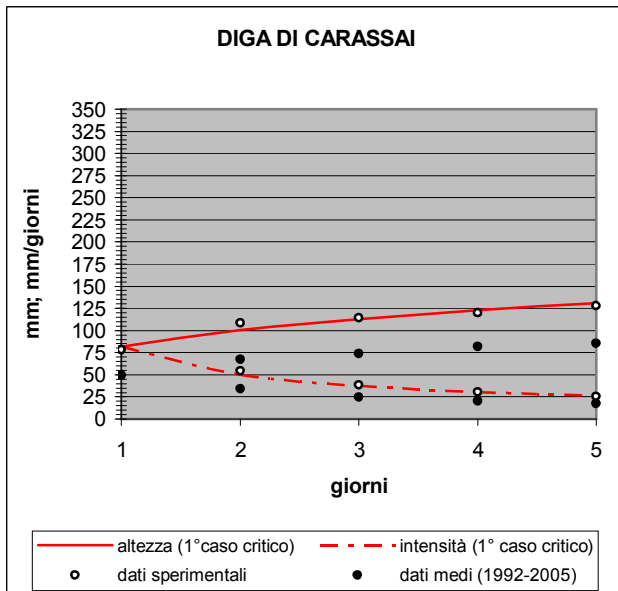
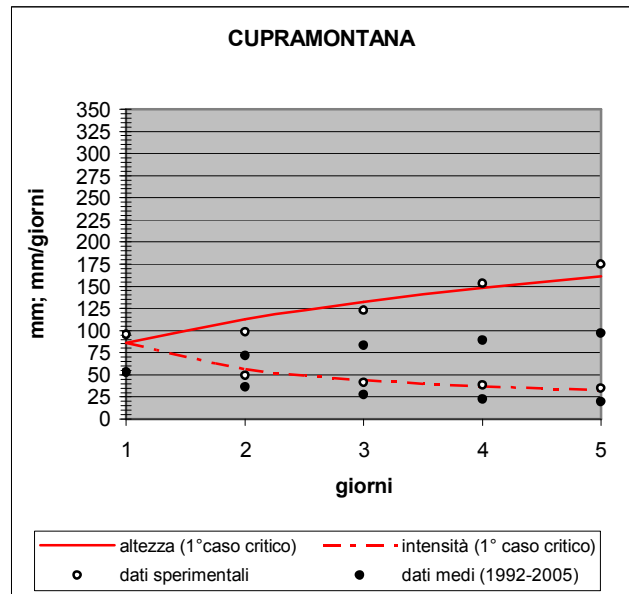
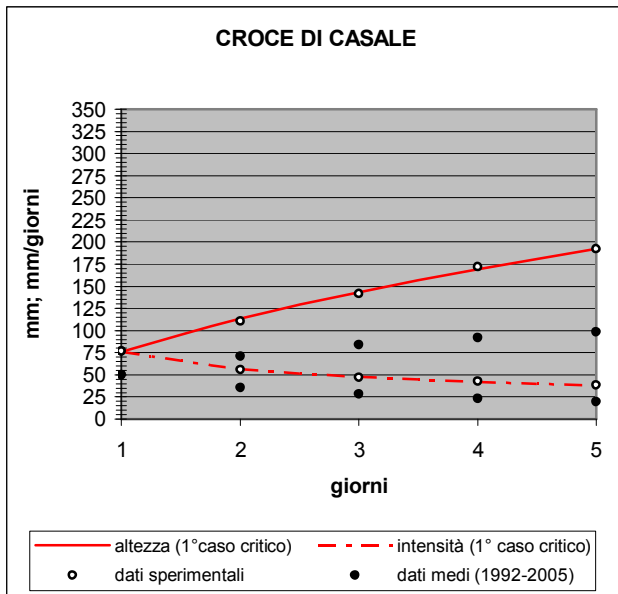
( seguito di tab.2 )

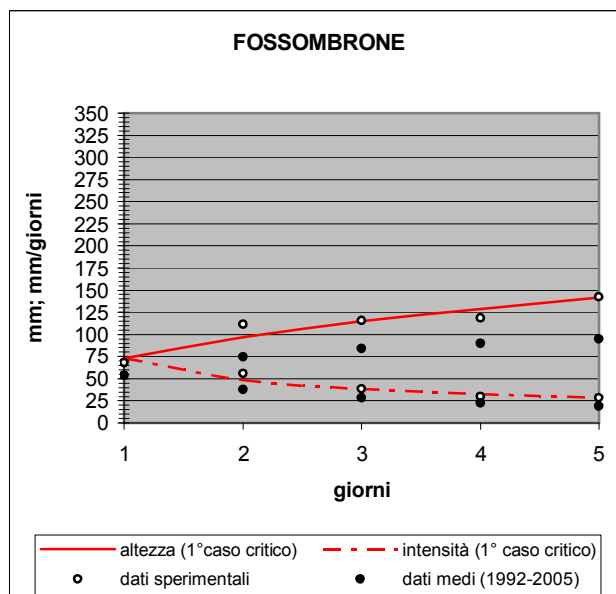
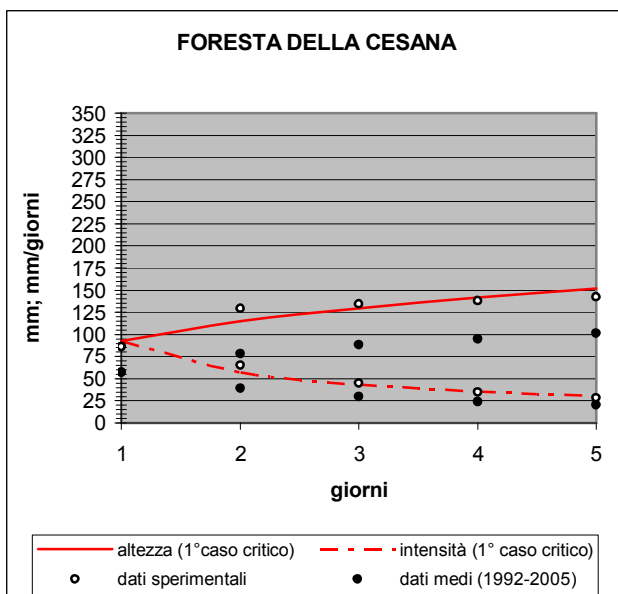
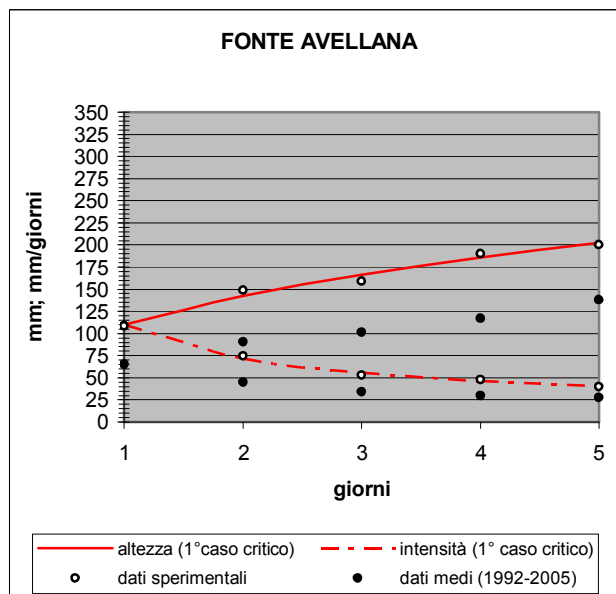
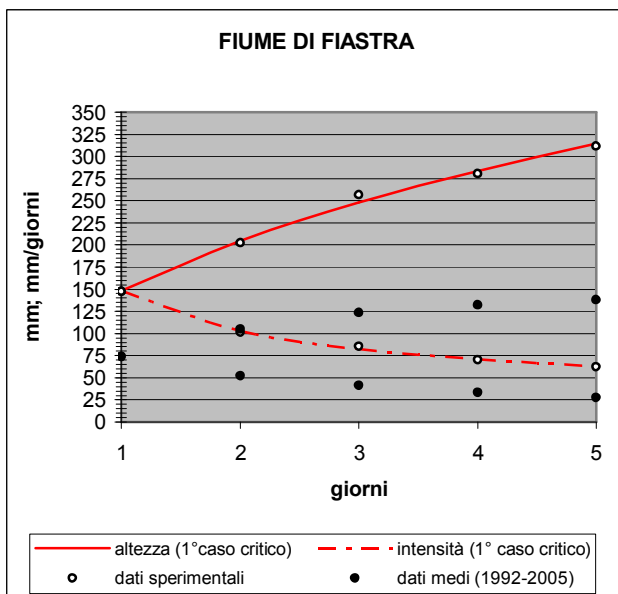
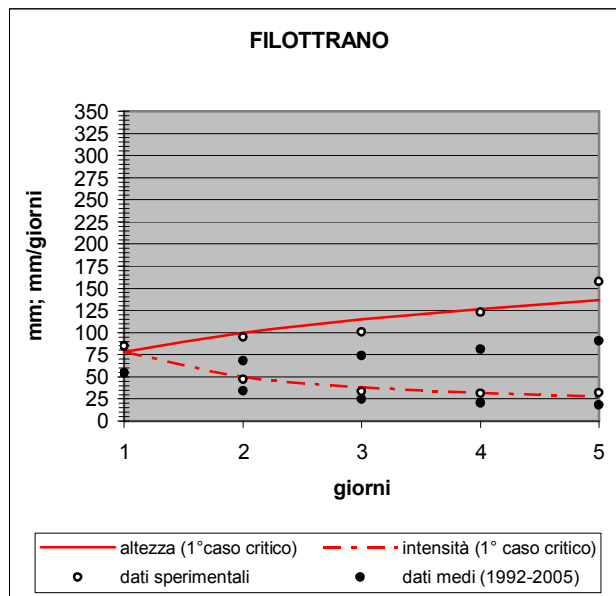
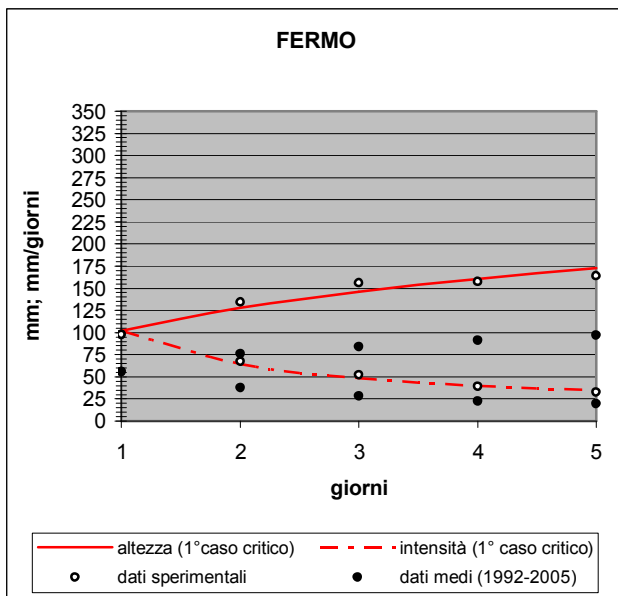
<b>Stazione / Giorni</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Loro Piceno	93	95	110.4	154.4	160.8
Mercatello	82.0	137.8	143.2	159.6	179.8
Moie	74.6	89.4	91	100.4	128.6
Mondolfo	81.8	114.2	119.2	123.2	130
Montecarotto	76	102.4	110.8	114.8	138.2
Montecassiano	84.2	103.2	108.8	115.4	115.4
Montemonaco	124.6	144.8	148.8	172.2	198.6
Monterubbiano	83.4	123.4	141.6	198.2	213.4
Osimo	102.8	109.2	115.4	116.4	116.6
Pedaso	84.2	100.8	108.6	148.6	157.4
Pennabilli	110.8	142.4	172.8	195	202.2
Pergola	76.8	110.4	124.4	128.2	137.6
Petriano	85.8	138.2	149.2	157.6	159.2
Piè del Sasso	93.6	113.8	149.8	156.4	182.6
Pievebovigliana	73.6	113.4	130.4	173	192.8
Piobbico	89.2	155.2	158.8	190.2	208.6
Pioraco	75.2	97	120.4	163.8	168.2
Poggio San Romualdo	111	122.8	142	187.2	190.4
Porto Sant'Elpidio	90.2	95	97.6	102	102.8
Ripatransone	95.8	149	155.6	180	192.4
San Lorenzo in Campo	90.8	132.2	138.4	143.4	143.4
Sant'Angelo in Vado	95.2	116.8	126.8	138	139.8
Sarnano	79.2	120.6	182.6	229.4	249.6
Sassocorvaro	145.2	165	165.4	165.4	165.4
Sassoferrato	74	100	110.6	116.6	133.8
Senigallia	74	98	108.4	109.2	126.2
Servigliano	71.2	93.6	117.4	157.2	177.6
Sorti	110.4	170	179.8	179.8	252.6
Spinetoli	80.2	117.2	127.2	132.8	146.8
Tavoleto	70.4	116.6	132.8	146	146.8
Tolentino	96.6	115.4	123.6	167.4	172
Urbania	86.8	112.6	137	155	161.6
Urbino	97.8	124.2	137.2	153.8	155.8

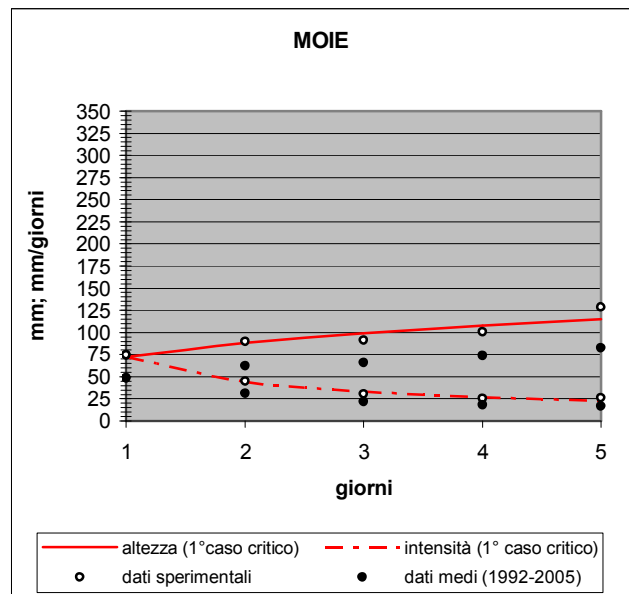
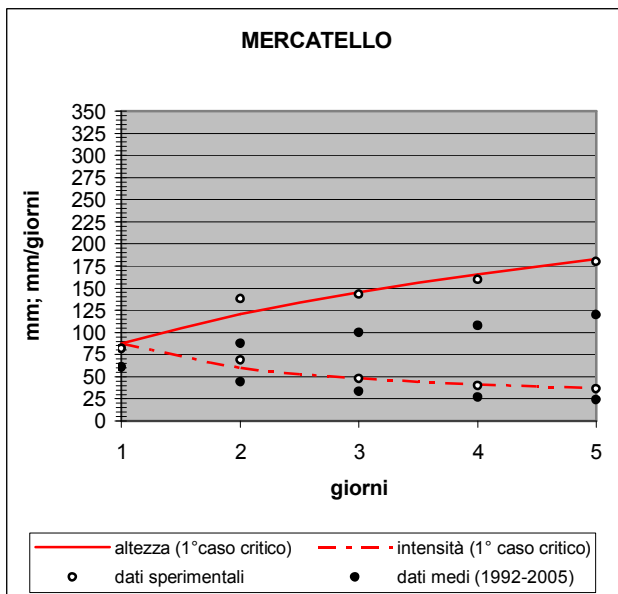
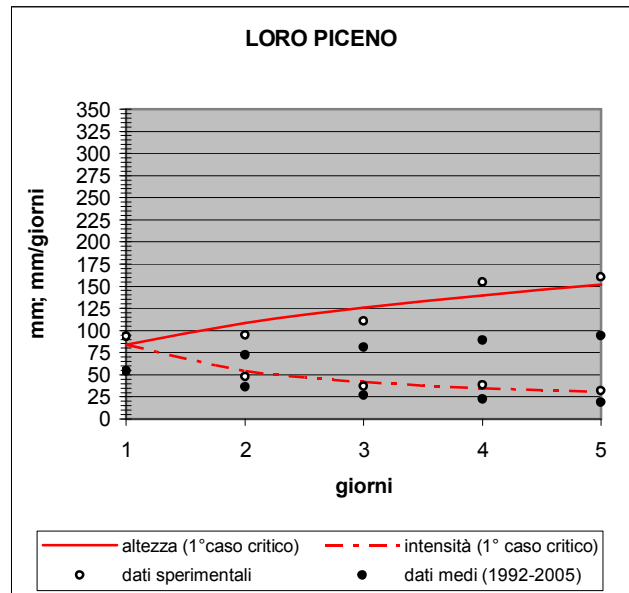
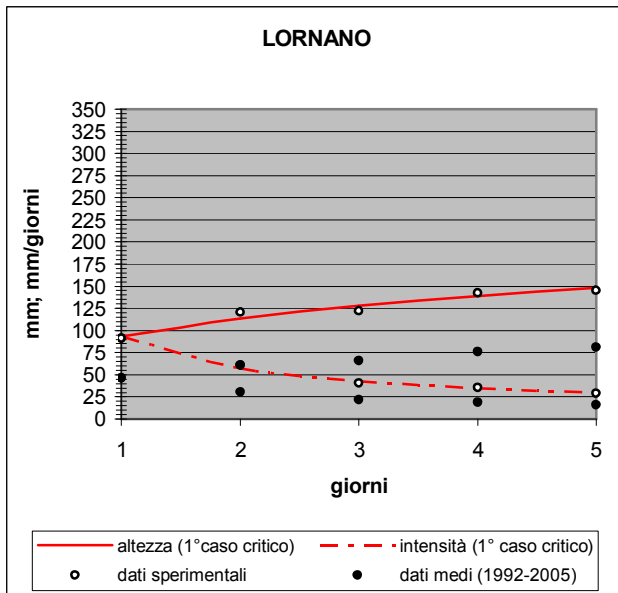
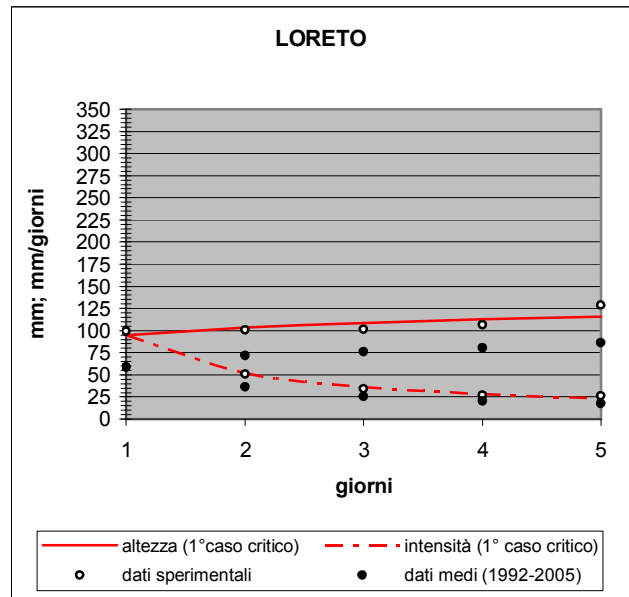
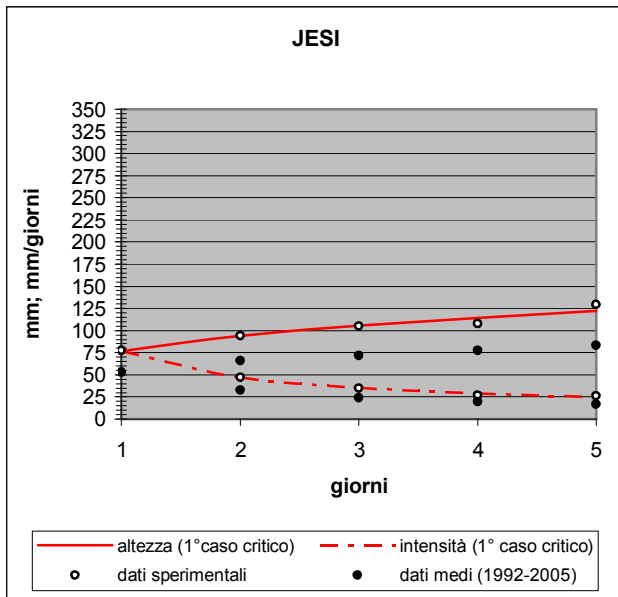


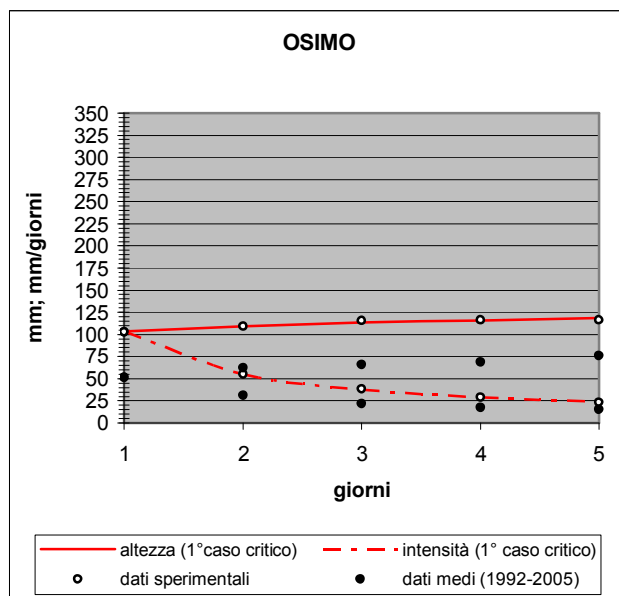
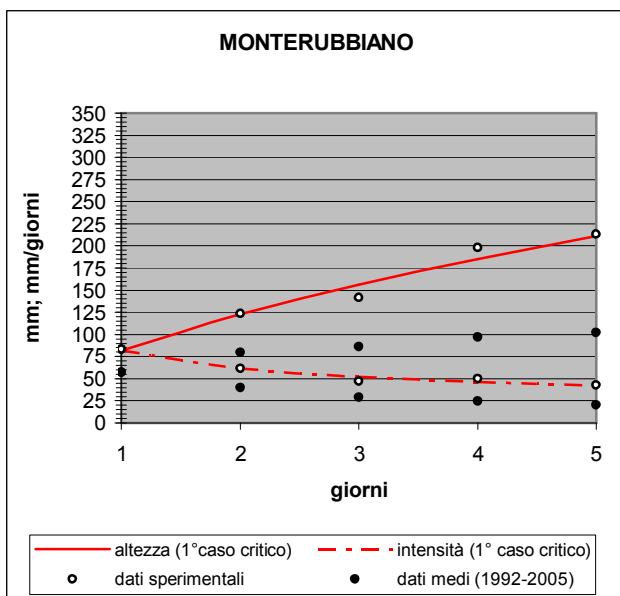
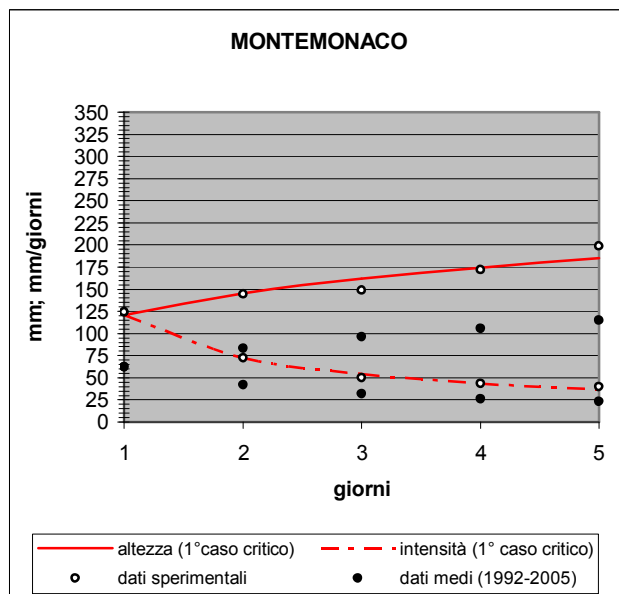
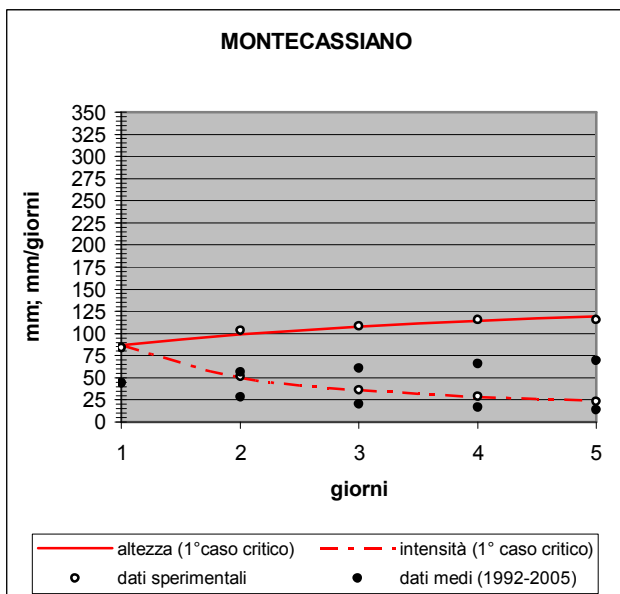
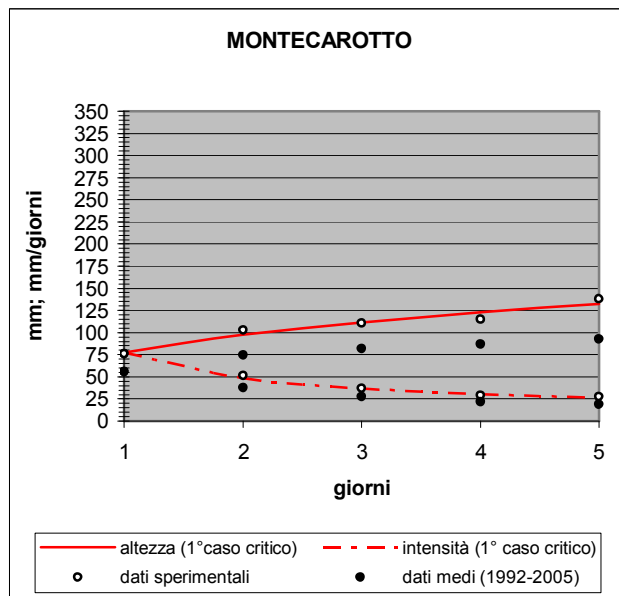
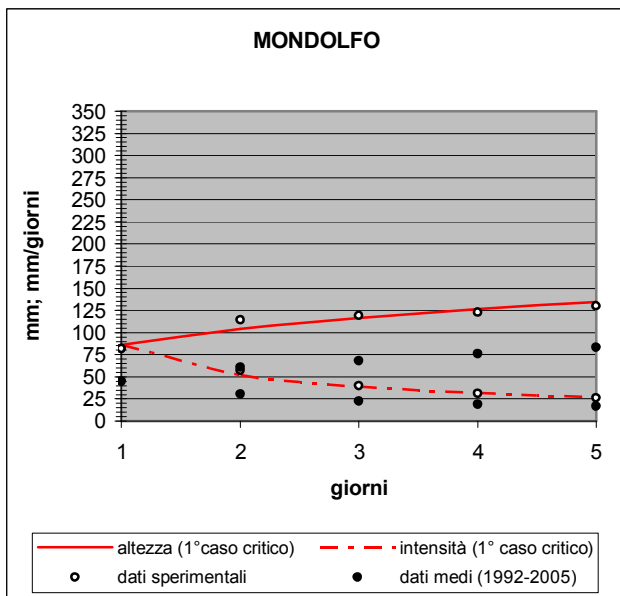


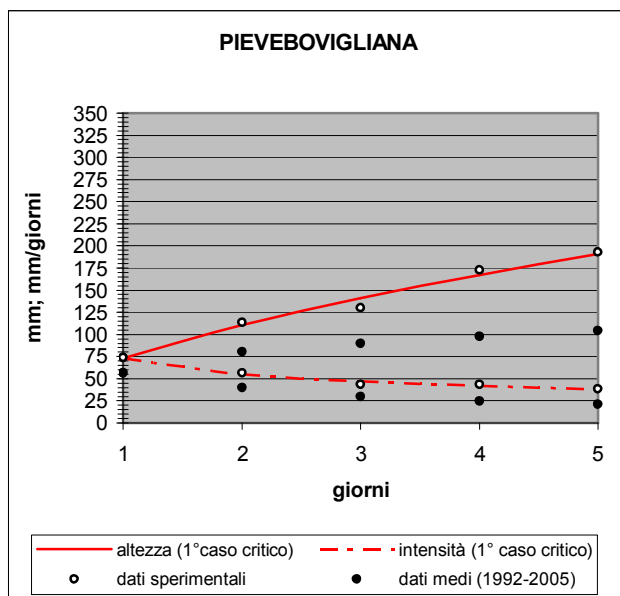
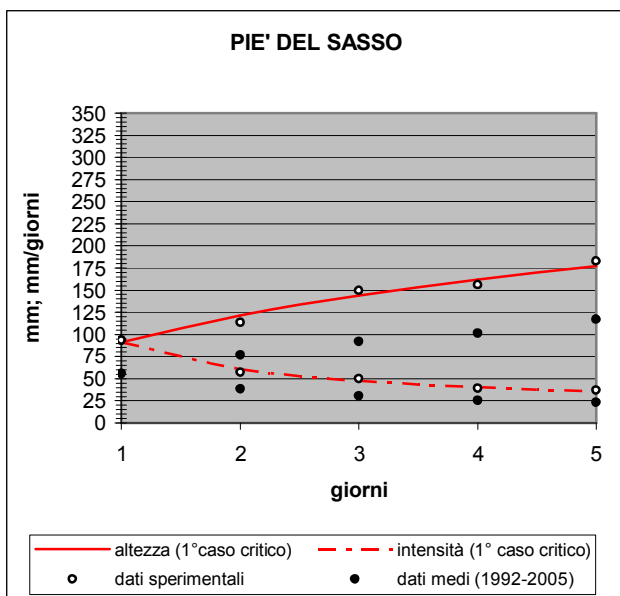
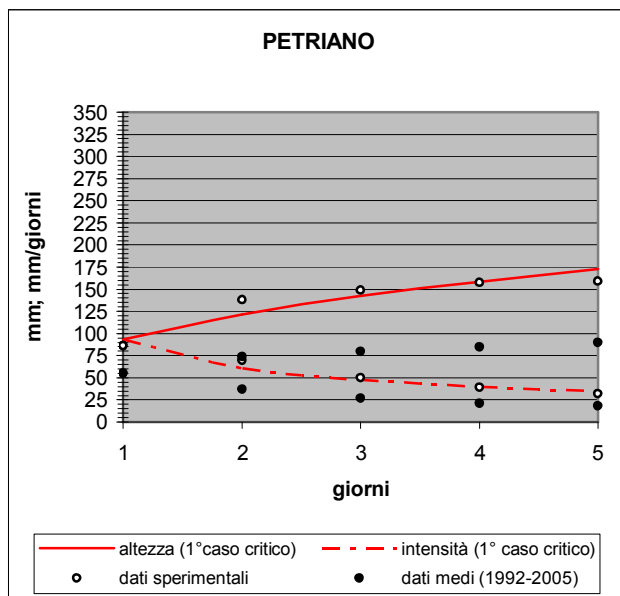
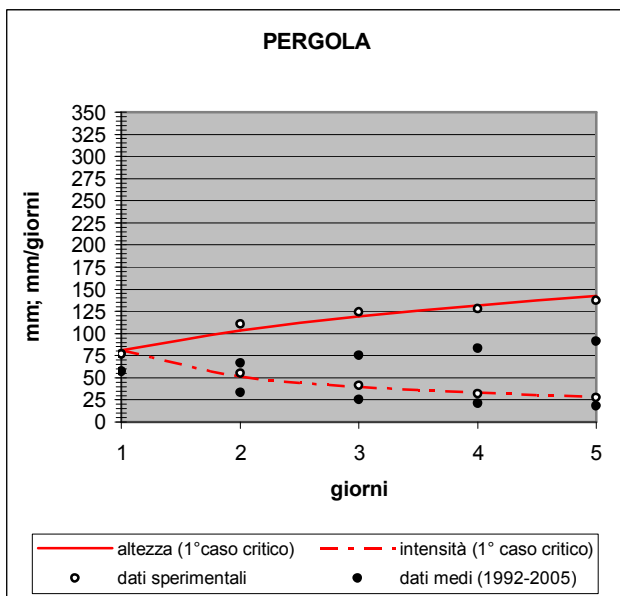
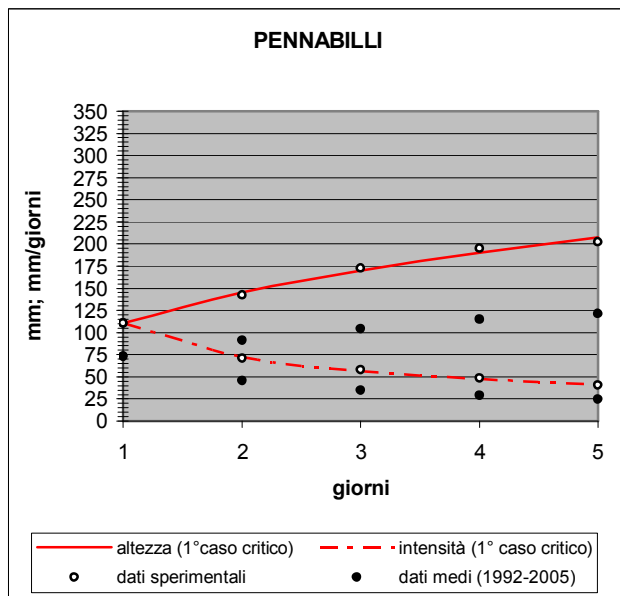
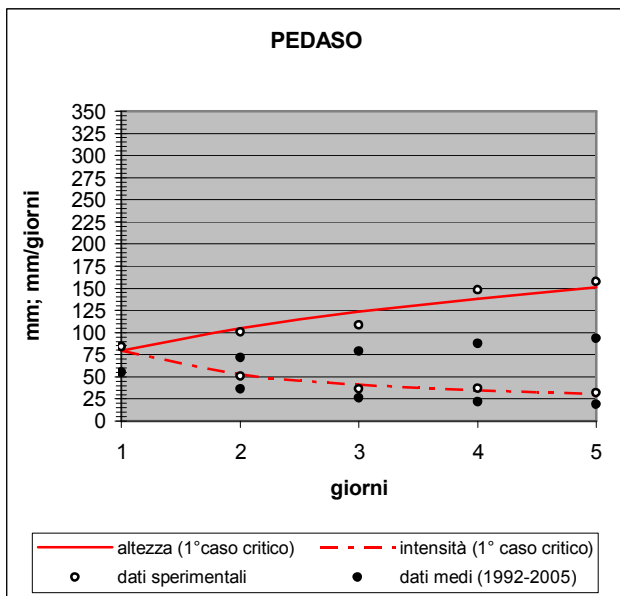


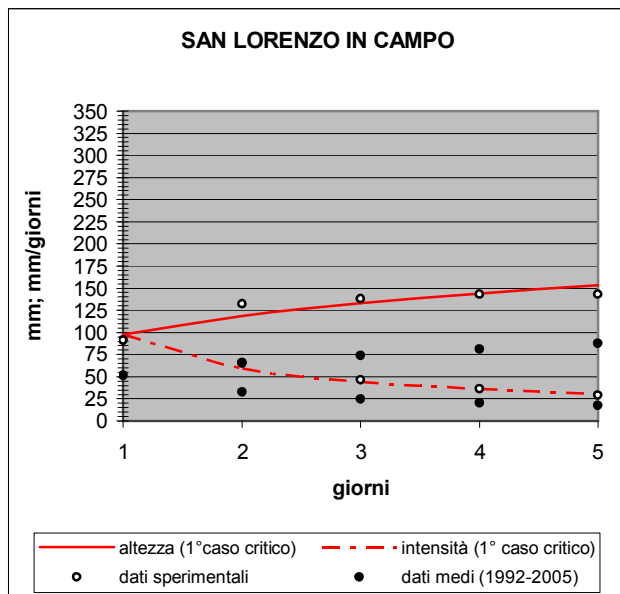
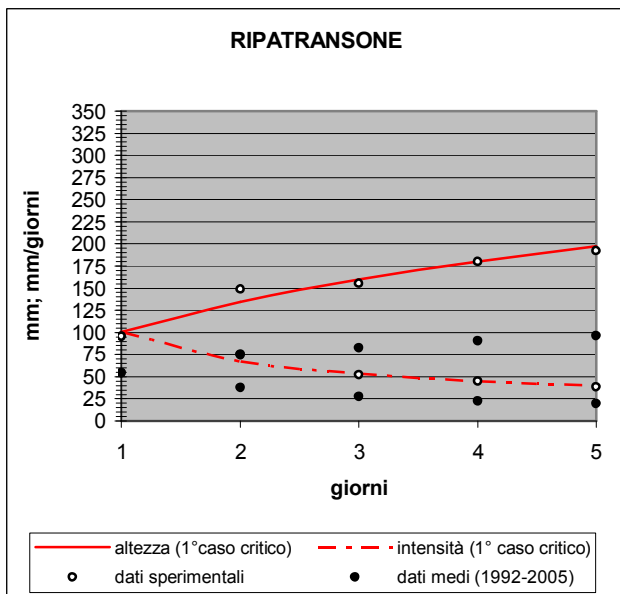
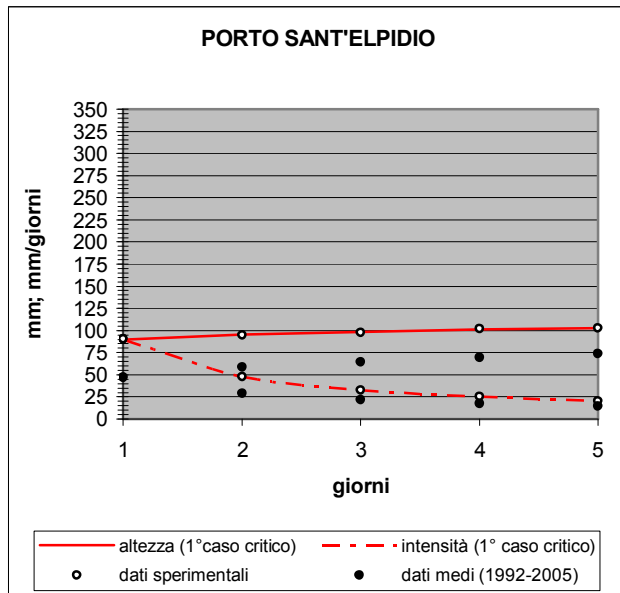
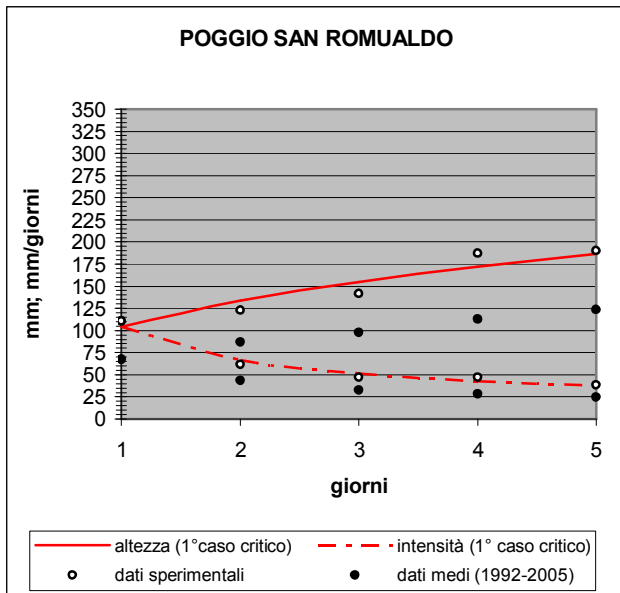
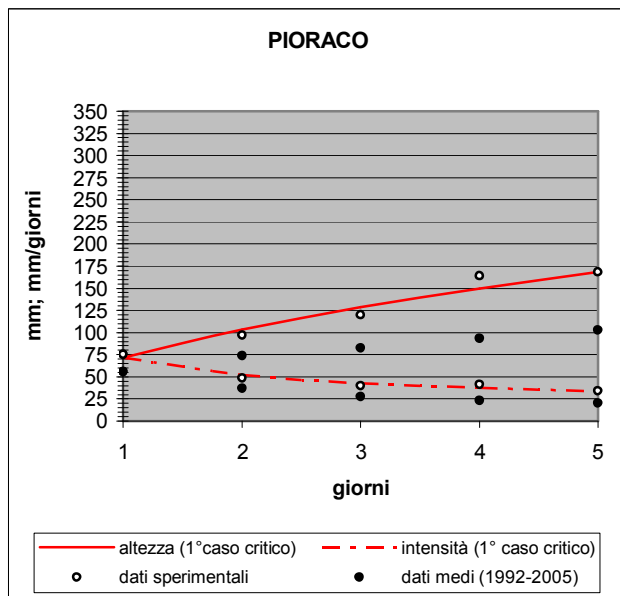
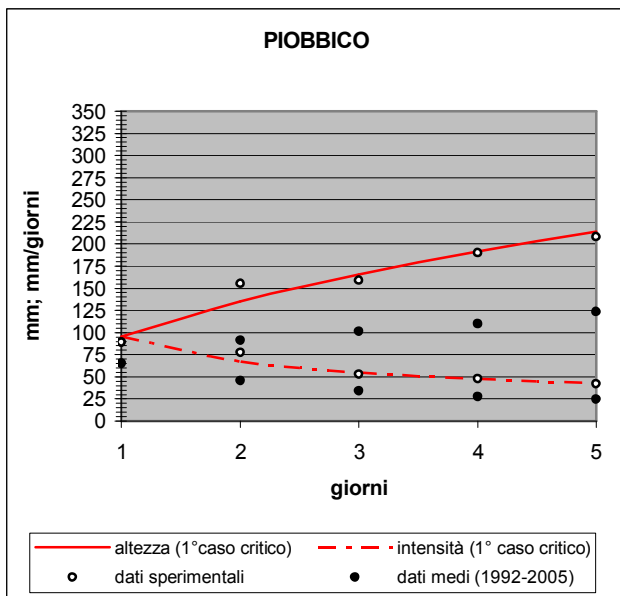


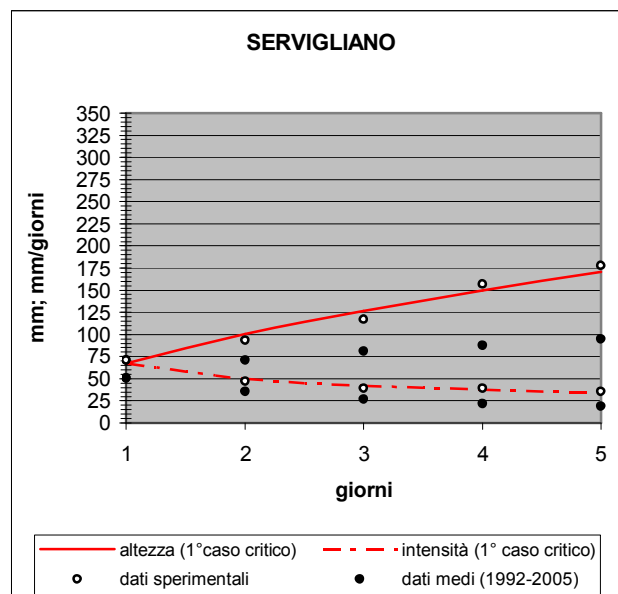
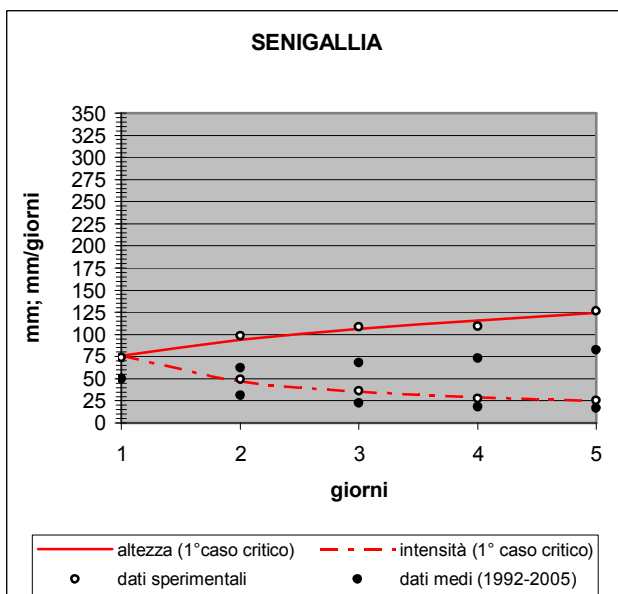
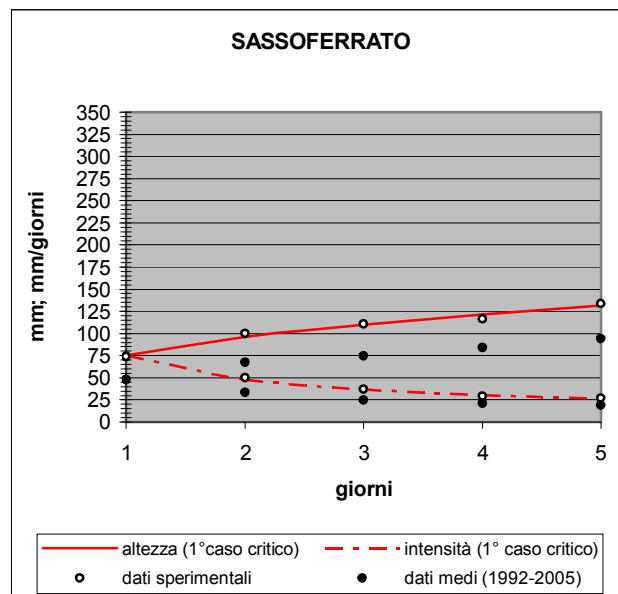
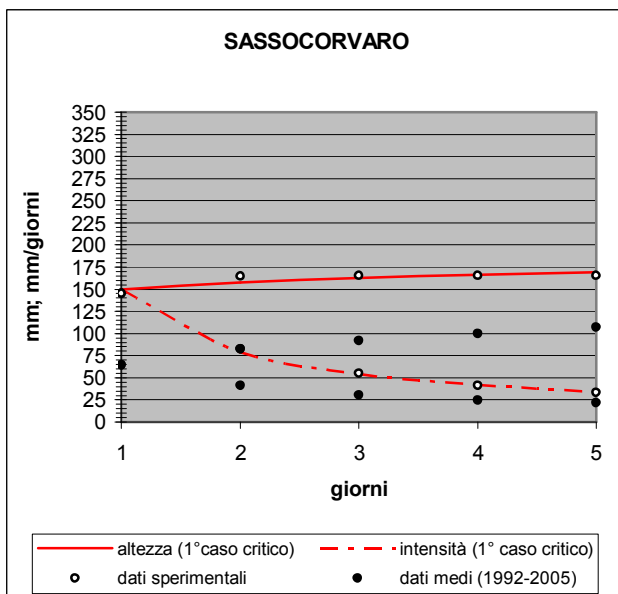
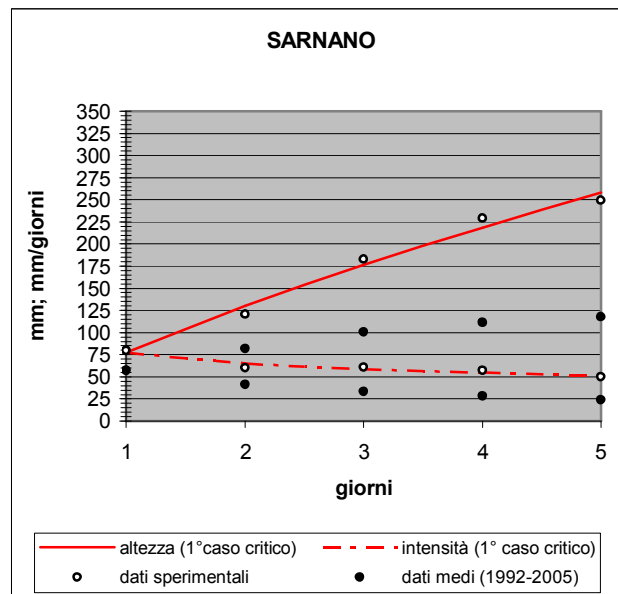
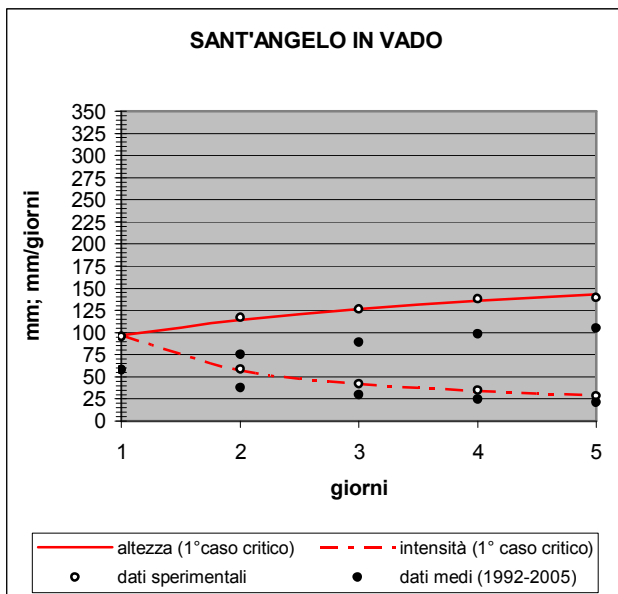












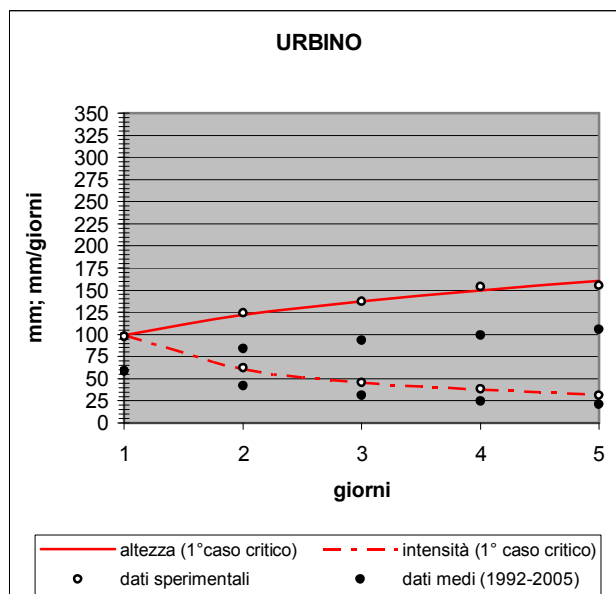
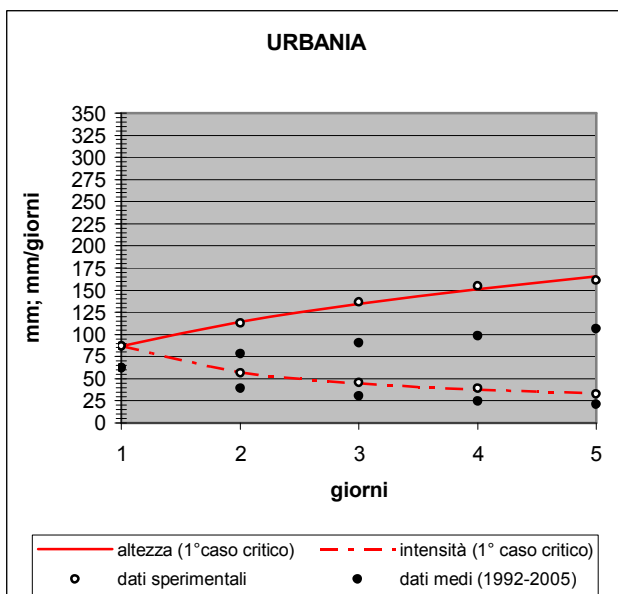
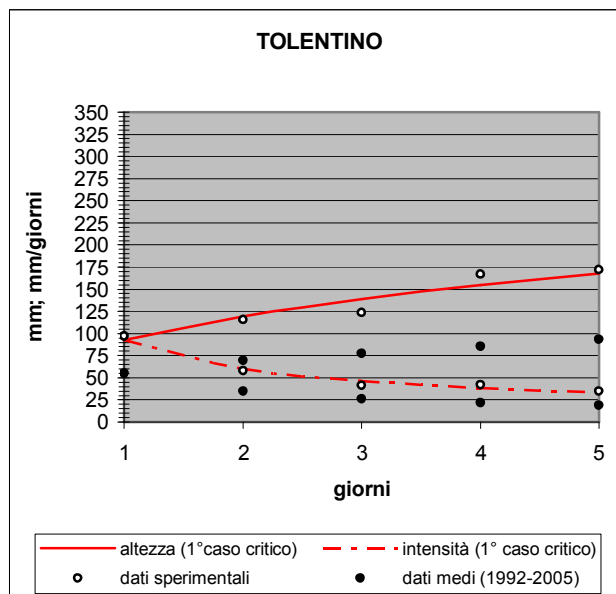
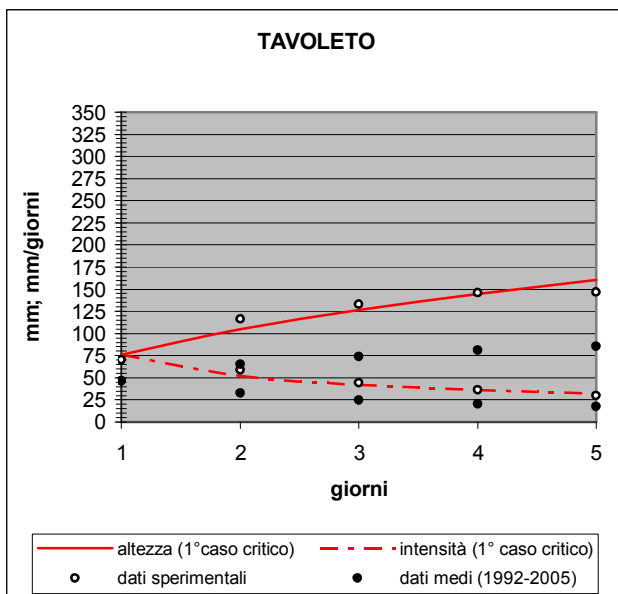
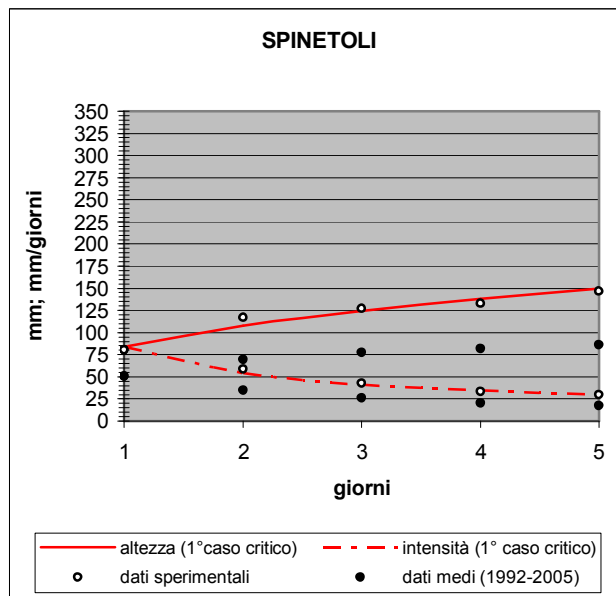
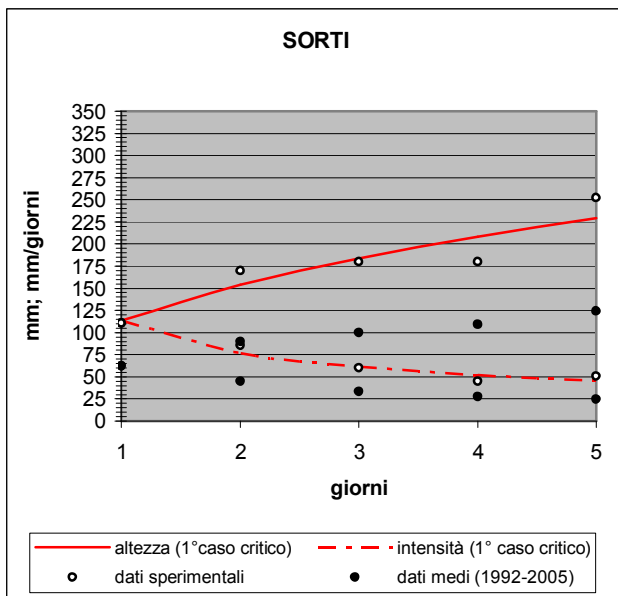


Figura2: Curve di Inviluppo delle massime altezze di precipitazione e relative intensità

Tabella 3: Costanti **a** ed **n** delle 66 Curve di Inviluppo, coefficienti di determinazione ed **H** in mm

Stazione	A	n	R <sup>2</sup>	H
Acquasanta	100.12	0.41	0.97	100.12t <sup>0.41</sup>
Amandola	99.90	0.60	0.91	99.90t <sup>0.60</sup>
Ancona (Baraccola)	120.05	0.08	0.60	120.05t <sup>0.08</sup>
Ancona (Torrette)	91.99	0.33	0.97	91.99t <sup>0.33</sup>
Apiro	111.03	0.31	0.96	111.03t <sup>0.31</sup>
Arcevia	70.22	0.48	0.96	70.22t <sup>0.48</sup>
Arquata del Tronto	140.09	0.30	0.88	140.09t <sup>0.30</sup>
Barbara	73.64	0.34	0.72	73.64t <sup>0.34</sup>
Barchi	97.52	0.21	0.82	97.52t <sup>0.21</sup>
Bargni	83.75	0.31	0.92	83.75t <sup>0.31</sup>
Bolognola	167.61	0.41	0.98	167.61t <sup>0.41</sup>
Cagli	98.47	0.34	0.96	98.47t <sup>0.34</sup>
Calcinelli	89.08	0.18	0.86	89.08t <sup>0.18</sup>
Campodiegoli	99.52	0.28	0.97	99.52t <sup>0.28</sup>
Cantiano	131.91	0.40	0.98	131.91t <sup>0.40</sup>
Capo il Colle	152.03	0.07	0.87	152.03t <sup>0.07</sup>
Carpegna	118.73	0.40	0.97	118.73t <sup>0.40</sup>
Corinaldo	118.94	0.18	0.84	118.94t <sup>0.18</sup>
Croce di Casale	75.80	0.58	1.00	75.80t <sup>0.58</sup>
Cupramontana	86.21	0.39	0.88	86.21t <sup>0.39</sup>
Diga di Carassai	81.91	0.29	0.94	81.91t <sup>0.29</sup>
Diga di Talvacchia	156.14	0.36	0.83	156.14t <sup>0.36</sup>
Fabriano	83.73	0.18	0.85	83.73t <sup>0.18</sup>
Fano	92.93	0.18	0.84	92.93t <sup>0.18</sup>
Fermo	102.26	0.33	0.92	102.26t <sup>0.33</sup>
Filottrano	78.39	0.35	0.80	78.39t <sup>0.35</sup>
Fiume di Fiastra	148.08	0.47	0.99	148.08t <sup>0.47</sup>
Fonte Avellana	109.69	0.38	0.98	109.69t <sup>0.38</sup>
Foresta della Cesana	92.89	0.30	0.83	92.89t <sup>0.30</sup>
Fossombrone	72.92	0.41	0.88	72.92t <sup>0.41</sup>
Jesi	76.79	0.29	0.93	76.79t <sup>0.29</sup>
Loreto	95.08	0.12	0.53	95.08t <sup>0.12</sup>
Lornano	93.06	0.29	0.94	93.06t <sup>0.29</sup>

( seguito di tab.3 )

Stazione	A	n	R <sup>2</sup>	H
Loro Piceno	83.98	0.37	0.82	83.98t <sup>0.37</sup>
Mercatello	87.74	0.46	0.93	87.74t <sup>0.46</sup>
Moie	72.40	0.29	0.81	72.40t <sup>0.29</sup>
Mondolfo	86.36	0.27	0.90	86.36t <sup>0.27</sup>
Montecarotto	77.26	0.33	0.94	77.26t <sup>0.33</sup>
Montecassiano	86.47	0.20	0.94	86.47t <sup>0.20</sup>
Montemonaco	120.90	0.26	0.89	120.90t <sup>0.26</sup>
Monterubbiano	81.69	0.59	0.97	81.69t <sup>0.59</sup>
Osimi	103.29	0.08	0.95	103.29t <sup>0.08</sup>
Pedaso	79.81	0.40	0.90	79.81t <sup>0.40</sup>
Pennabilli	110.63	0.39	0.99	110.63t <sup>0.39</sup>
Pergola	80.67	0.35	0.94	80.67t <sup>0.35</sup>
Petriano	93.53	0.38	0.86	93.53t <sup>0.38</sup>
Piè del Sasso	91.02	0.42	0.97	91.02t <sup>0.42</sup>
Pievebovigliana	73.23	0.59	0.98	73.23t <sup>0.59</sup>
Piobbico	95.22	0.50	0.94	95.22t <sup>0.50</sup>
Pioraco	71.77	0.53	0.95	71.77t <sup>0.53</sup>
Poggio San Romualdo	104.10	0.36	0.89	104.10t <sup>0.36</sup>
Porto Sant'Elpidio	89.90	0.08	0.98	89.90t <sup>0.08</sup>
Ripatransone	100.70	0.42	0.95	100.70t <sup>0.42</sup>
San Lorenzo in Campo	97.69	0.28	0.82	97.69t <sup>0.28</sup>
Sant'Angelo in Vado	96.60	0.25	0.98	96.60t <sup>0.25</sup>
Sarnano	77.29	0.75	0.98	77.29t <sup>0.75</sup>
Sassocorvaro	149.54	0.08	0.71	149.54t <sup>0.08</sup>
Sassoferrato	75.43	0.35	0.97	75.43t <sup>0.35</sup>
Senigallia	75.80	0.31	0.95	75.80t <sup>0.31</sup>
Servigliano	67.22	0.58	0.97	67.22t <sup>0.58</sup>
Sorti	113.77	0.44	0.84	113.77t <sup>0.44</sup>
Spinetoli	84.23	0.36	0.94	84.23t <sup>0.36</sup>
Tavoleto	76.06	0.46	0.91	76.06t <sup>0.46</sup>
Tolentino	92.33	0.37	0.90	92.33t <sup>0.37</sup>
Urbania	86.69	0.40	0.99	86.69t <sup>0.40</sup>
Urbino	99.11	0.30	0.98	99.11t <sup>0.30</sup>

### Analisi dei risultati:

La Curva Compensatrice del primo caso critico rappresenta gli eventi piovosi massimi assoluti. L'interpretazione che va fatta di questa Curva di Involuppo e dei relativi valori matematici è che, in base ai dati storici tabulati, potranno cadere, in un dato luogo, al massimo  $at^n$  mm di pioggia ( $=H$ ), in 1,2,3,4 o 5 giorni continui, per  $t=1,2,3,4$  o 5 rispettivamente, con  $a$  ed  $n$  della località d'interesse.

Da una prima analisi dei grafici in figura2, si può osservare come l'andamento dei diagrammi sia messo in relazione alla velocità di crescita dei dati di precipitazione, per decorsi da 1 a 5 giorni; per un dato valore di  $a$ , ad una rapidità maggiore corrisponde un coefficiente  $n$  della curva più elevato e viceversa.

con maggior contributo di pioggia sono tendenzialmente: Amandola, Arquata del Tronto, Bolognola, Cantiano, Diga di Talvacchia, Fiume di Fiastra e Sarnano.

Nei cluster ai dati in nostro possesso, come verrà illustrato nel paragrafo successivo.

### Applicazione della Cluster Analysis ai dati giornalieri:

Il termine Cluster Analysis comprende vari algoritmi di classificazione, che implementano l'organizzazione dei dati osservati in strutture significative. Nel presente lavoro è stata effettuata una strategia di raggruppamento gerarchica agglomerativa, allo scopo di definire, all'interno di ciascuna serie di dati di massime precipitazioni per periodi da 1 a 5 giorni consecutivi, vedasi tabella2, delle categorie omogenee.

A partire dalle 66 stazioni pluviografiche proseguendo per aggregazioni successive, si sono generati gruppi sempre più numerosi, fino al conseguimento di un unico insieme contenente tutta la gerarchia. Tale struttura è resa ben visibile dai diagrammi ad albero (o dendrogrammi) ottenuti per le 5 serie pluviometriche (1,2,3,4 e 5 giorni) esaminate. Per ciascuna di esse è stata costruita una matrice dei dati, costituita da 66 righe, ovvero il numero delle stazioni e 1 colonna contenente i valori della precipitazione caduta in 1,2,3,4 e 5 giorni per tutti i siti di misura.

Il criterio di somiglianza-dissimiglianza scelto è quello della distanza Euclidea (**d**):

$$d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^K \sqrt{(x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (5),$$

che generalizza la distanza tra due punti dello spazio K-dimensionale, con **i,j** indicanti rispettivamente le righe i-esima e j-esima delle matrici dei dati, mentre **x<sub>i</sub>** e **x<sub>j</sub>** rappresentano i valori delle precipitazioni nei casi i-esimo e j-esimo relativamente. Nello specifico, con K=1 e **i,j** che vanno da 1 a 66 si calcolano le distanze assolute tra tutte le possibili coppie di stazioni. Quelle caratterizzate dal minore valore di **d** saranno unite tra loro per dar luogo ad un raggruppamento. A questo punto, come distanza tra i cluster è stato utilizzato il metodo del complete-linkage, cioè la misura di distanza tra due gruppi è la massima distanza tra ciascuna stazione di un gruppo e tutte quelle dell'altro gruppo. I calcoli sono stati realizzati tramite il Software Ade4 per Windows.

Applicando la procedura descritta sono stati ottenuti i seguenti dendrogrammi:

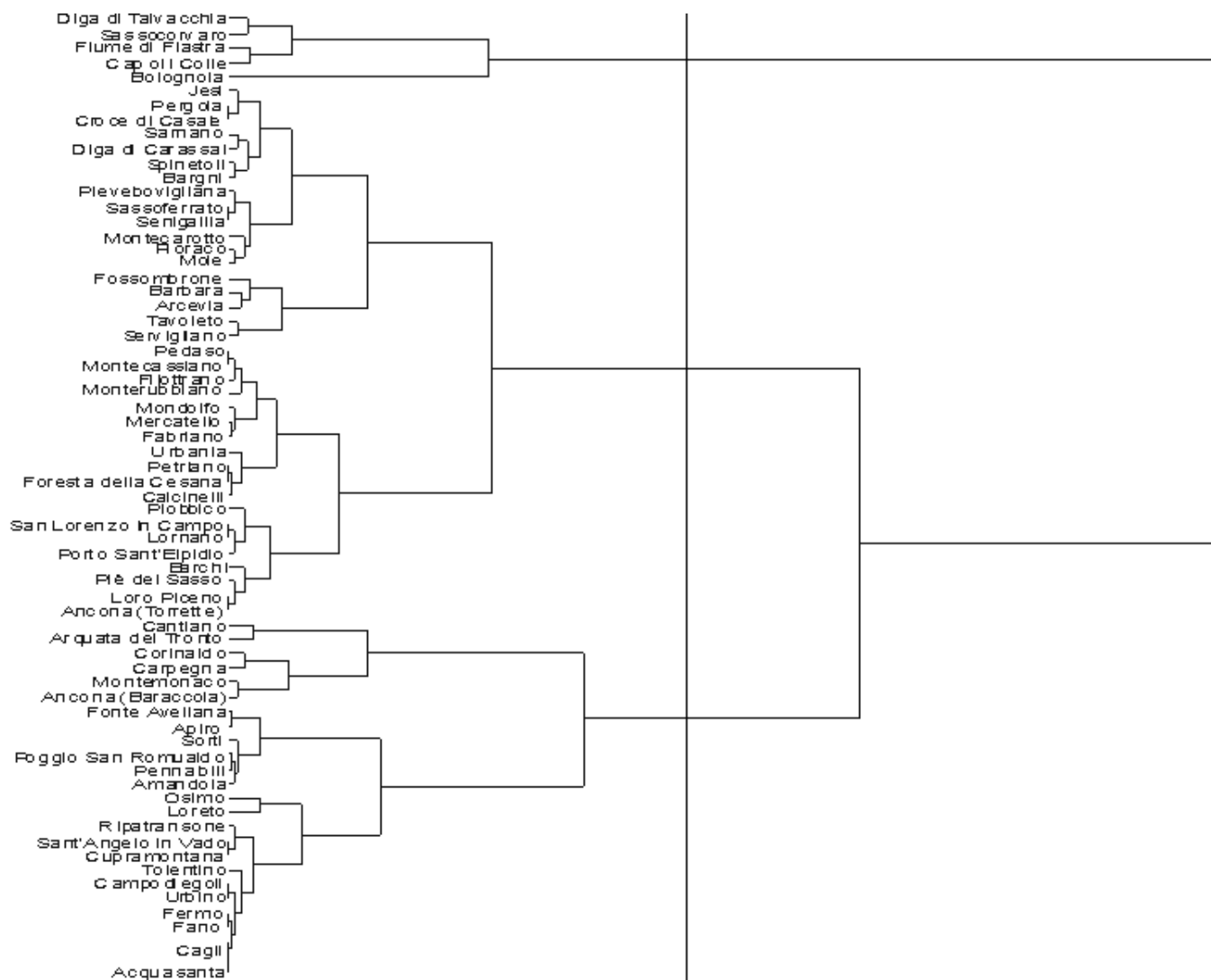


Figura3: Dendrogramma per la matrice delle massime precipitazioni in 1 giorno  
Numero di clusters=3

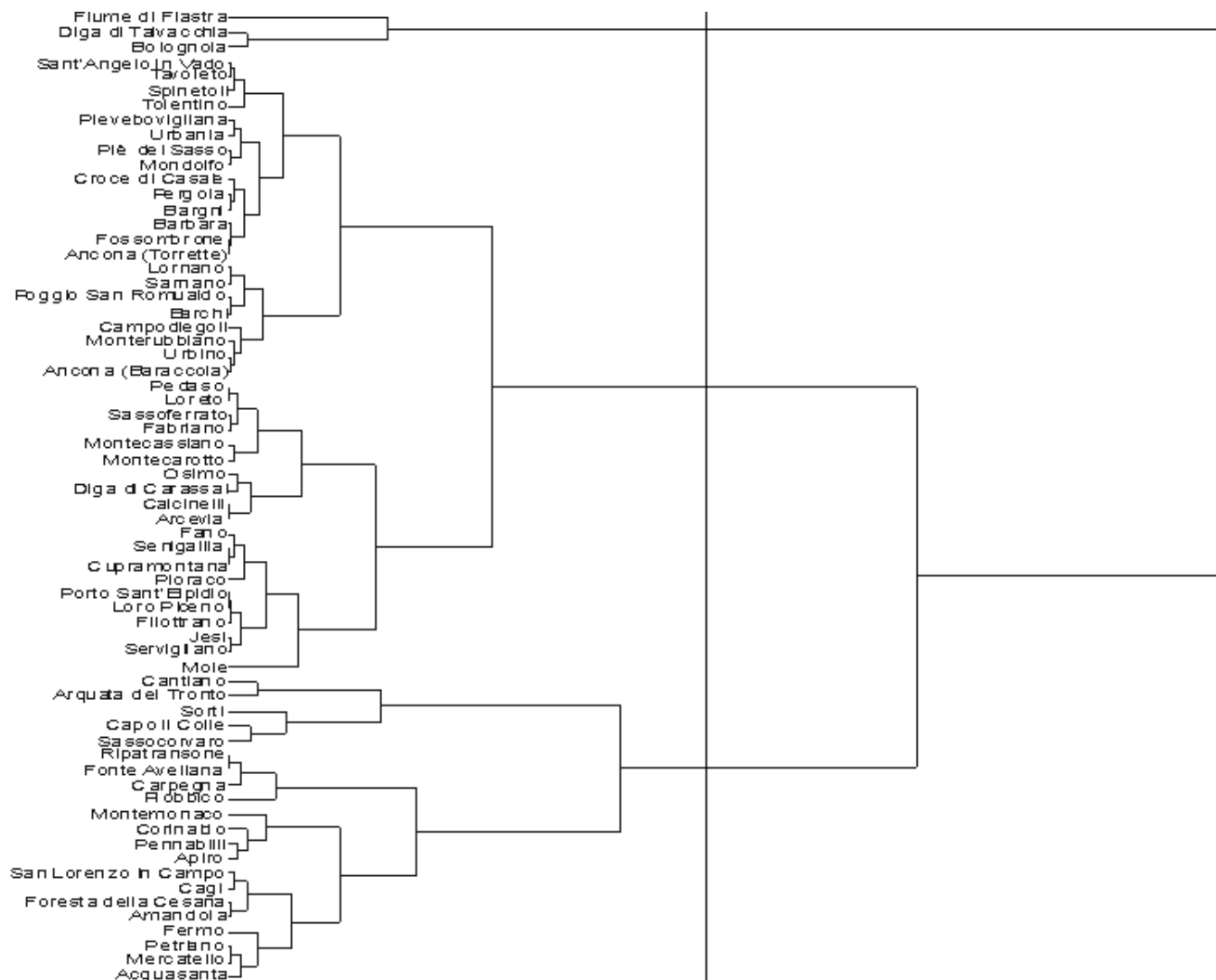


Figura4: Dendrogramma per la matrice delle massime precipitazioni in 2 giorni  
Numero di clusters=3

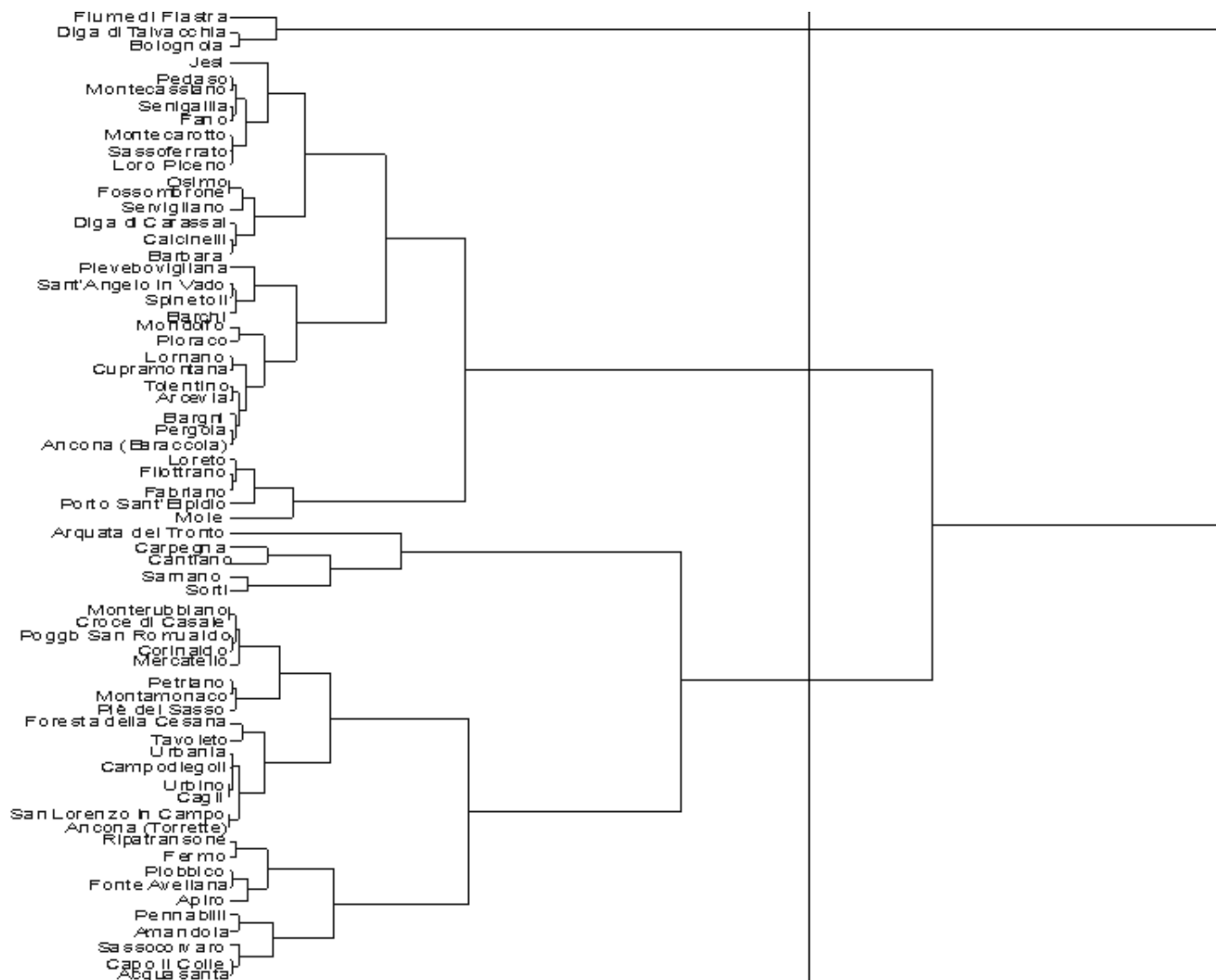


Figura5: Dendrogramma per la matrice delle massime precipitazioni in 3 giorni  
Numero di clusters=3

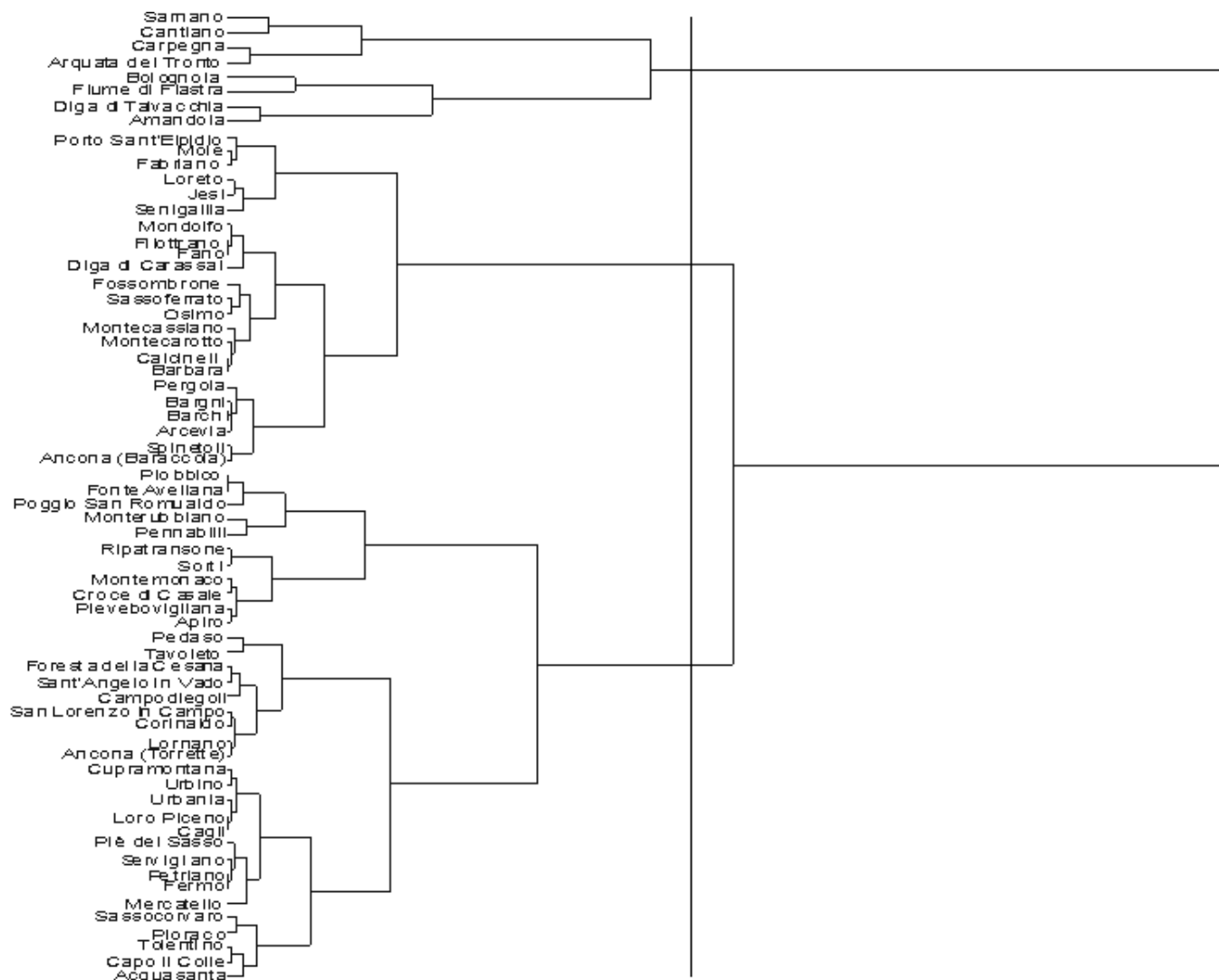


Figura6: Dendrogramma della matrice delle massime precipitazioni in 4 giorni  
Numero di clusters=3

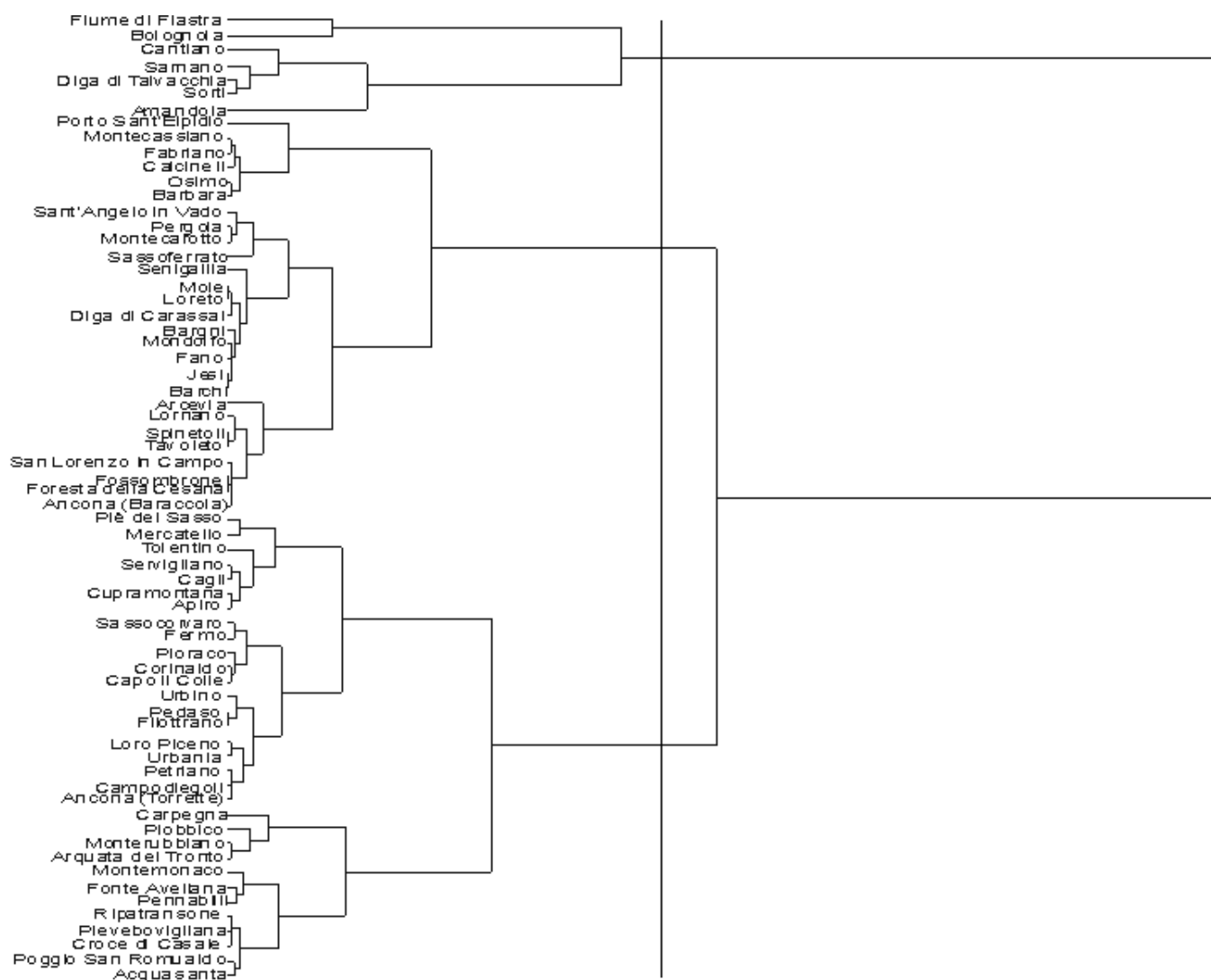


Figura7: Dendrogramma per la matrice delle massime precipitazioni in 5 giorni  
Numero di clusters=3

Per ciascun dendrogramma (figure3-7) è indicato il punto di rottura scelto, che in ogni caso, comporta la suddivisione in 3 raggruppamenti.

Vengono sotto riportate le interpretazioni dei grafici ad albero ottenuti, assumendo per le tre classi scaturite le seguenti etichette: **range1**, **range2** e **range3**, assimilabili ad insiemi di stazioni con diversa piovosità, nell'ordine: meno piovose, a piovosità intermedia, più piovose, sempre con riferimento ai massimi assoluti delle precipitazioni verificatesi per 1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi nel periodo 1992-2005.

Dall'analisi del dendrogramma di figura3 (1 giorno) si individuano le seguenti fasce di piovosità:

- **Da 65.6 mm/giorno** (Barbara) **a 93.6 mm/giorno** (Piè del Sasso) con 37 stazioni.
- **Da 95.2 mm/giorno** (Sant'Angelo in Vado) **a 132.8 mm/giorno** (Arquata del Tronto) con 24 stazioni.
- **Da 143.2 mm/giorno** (Diga di Talvacchia) **a 170.8 mm/giorno** (Bologna) con 5 stazioni.

Dall'analisi del dendrogramma di figura4 (2 giorni) si individuano le seguenti fasce di piovosità:

- **Da 89.4 mm/2giorni** (Moie) **a 125 mm/2giorni** (Campodiegoli) con 42 stazioni.
- **Da 129.8 mm/2giorni** (Foresta della Cesana) **a 182.8 mm/2giorni** (Arquata del Tronto) con 21 stazioni.
- **Da 202.6 mm/2giorni** (Fiume di Fiastra) **a 224.2 mm/2giorni** (Diga di Talvacchia) con 3 stazioni.

Dall'analisi del dendrogramma di figura5 (3 giorni) si individuano le seguenti fasce di piovosità:

- **Da 91 mm/3giorni** (Moie) **a 130.4 mm/3giorni** (Pievebovigliana) con 32 stazioni.

- **Da 132.8 mm/3giorni** (Tavoleto) **a 208.4 mm/3giorni** (Arquata del Tronto) con 31 stazioni.

- **Da 249 mm/3giorni** (Bolognola) **a 256.8 mm/3giorni** (Fiume di Fiastra) con 3 stazioni.

Dall'analisi del dendrogramma di figura6 (4 giorni) si individuano le seguenti fasce di piovosità:

- **Da 100.4 mm/4giorni** (Moie) **a 132.8 mm/4giorni** (Spinetoli) con 23 stazioni.

- **Da 138 mm/4giorni** (Sant'Angelo in Vado) **a 198.2 mm/4giorni** (Monterubbiano) con 35 stazioni.

- **Da 211.6 mm/4giorni** (Arquata del Tronto) **a 293.6 mm/4giorni** (Bolognola) con 8 stazioni.

Dall'analisi del dendrogramma di figura7 (5 giorni) si individuano le seguenti fasce di piovosità:

- **Da 102.8 mm/5giorni** (Porto Sant'Elpidio) **a 150.6 mm/5giorni** (Arcevia) con 27 stazioni.

- **Da 155.8 mm/5giorni** (Urbino) **a 217.8 mm/5giorni** (Carpegna) con 32 stazioni.

- **Da 243.2 mm/5giorni** (Cantiano) **a 336.2 mm/5giorni** (Bolognola) con 7 stazioni.

Effettuando un'indagine altimetrica non è stato possibile riscontrare una dipendenza lineare semplice con i valori più elevati delle precipitazioni in 1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi per il periodo considerato, comunque dai dati sotto riportati (tabella4) si può affermare che ad un aumento dell'altitudine media per ciascun range corrisponde un incremento del valor medio delle massime precipitazioni.

Tabella4: Valori medi delle massime precipitazioni ed altitudini, calcolati a partire dalle stazioni appartenenti a ciascun range

<b>Classe / Giorni</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Range1</b> (meno piovoso)	81 mm 288 m	108.6 mm 288.8 m	114.6 mm 225.8 m	117.7 mm 189.6 m	131.6 mm 220.6 m
<b>Range2</b> (piovosità intermedia)	107.5 mm 456.1 m	147.7 mm 492.6 m	156.3 mm 491.8 m	162.5 mm 434.2 m	179.8 mm 448.5 m
<b>Range3</b> (più piovoso)	151.3 mm 614.6 m	216.1 mm 734.3 m	252.1 mm 734.3 m	247.9 mm 640 m	274.8 mm 624 m

## **CURVE SEGNALETRICI DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA**

### Metodologia di calcolo:

Le Curve Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (CSPP) sono espresse nella forma classica ( $H = at^n$ ), equazione 2, in cui i coefficienti **a** ed **n** sono funzioni del tempo di ritorno (**Tr**), cioè del numero di anni nel quale un determinato evento pluviometrico è mediamente superato. In alternativa si può esprimere questa dipendenza mediante la seguente relazione:

$$H(Tr, t) = a' Tr^m t^n \quad (6).$$

L'applicazione della (6), che consente di ottenere l'altezza di pioggia massima per un fissato **t** e per un valore scelto del **Tr**, richiede la conoscenza dei coefficienti **a'**, **m** ed **n**. A tal proposito la (6) può essere riscritta in forma logaritmica:

$$\log(H(Tr, t)) = \log a' + m \log Tr + n \log t \quad (7).$$

La risoluzione della (7) avviene calcolando il primo termine mediante la distribuzione di Gumbel o EV1 (Extreme Value Type-1), assumendola come distribuzione probabilistica dei dati, per alcune durate (1,3,6,12 e 24 ore) e per arbitrari valori del tempo di ritorno (2,4,8,10 e 14 anni) e quindi attuando le normali procedure di regressione multipla per i termini **log a'**, **m** ed **n**.

La distribuzione di Gumbel segue una legge esponenziale del tipo:

$$P(H_t) = \exp \left\{ - \exp \left[ - \frac{(H_t - u_t)}{\alpha_t} \right] \right\} \quad (8),$$

dove **P(H<sub>t</sub>)** rappresenta la probabilità di non superamento dell'evento di altezza **H<sub>t</sub>** relativo alla popolazione con i parametri caratteristici **u<sub>t</sub>** e **α<sub>t</sub>**. Il pedice **t** indica la dipendenza di ciascuna grandezza dal tempo di durata del fenomeno.

Il tempo di ritorno è legato a  $\mathbf{P(H_t)}$  dalla seguente relazione:

$$P(H_t) = 1 - \frac{1}{Tr} \quad (9).$$

Risolta, rispetto all'altezza di pioggia e introdotto il tempo di ritorno dell'evento associato come reciproco della probabilità di superamento, la relazione (8) diventa:

$$H(Tr, t) = u_t - \left\{ \alpha_t \ln \left[ \ln \left( \frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \right\} \quad (10),$$

dove:

$$\alpha_t = \frac{\sigma_t}{1.283} \quad (11),$$

$$u_t = \mu_t - 0.45\sigma_t \quad (12),$$

con  $\mu_t$  e  $\sigma_t$  rispettivamente la **media** e la **deviazione standard** (funzioni della durata) del campione considerato.

L'applicazione pratica prevede il calcolo dei parametri ( $\alpha_t$  e  $u_t$ ) del modello probabilistico di Gumbel, attraverso il metodo dei momenti, a partire dai campioni disponibili raccolti per le durate di riferimento e quindi la stima delle altezze di pioggia (percentili) per i vari tempi di ritorno, mediante la (10). Alla base del suddetto metodo dei momenti sta l'ipotesi che i momenti relativi al campione siano la migliore stima dei corrispondenti momenti della popolazione.

Noti i percentili per i vari periodi di ritorno scelti è stata applicata una regressione multipla, per il calcolo dei parametri (**log a'**, **m** ed **n**) della (7).

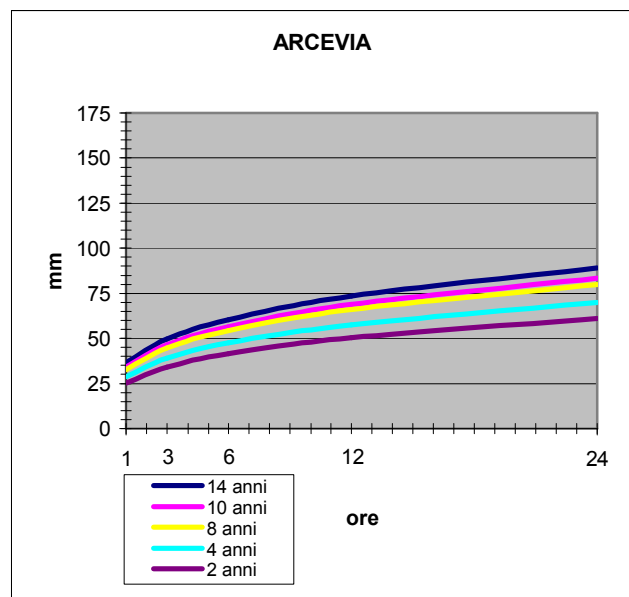
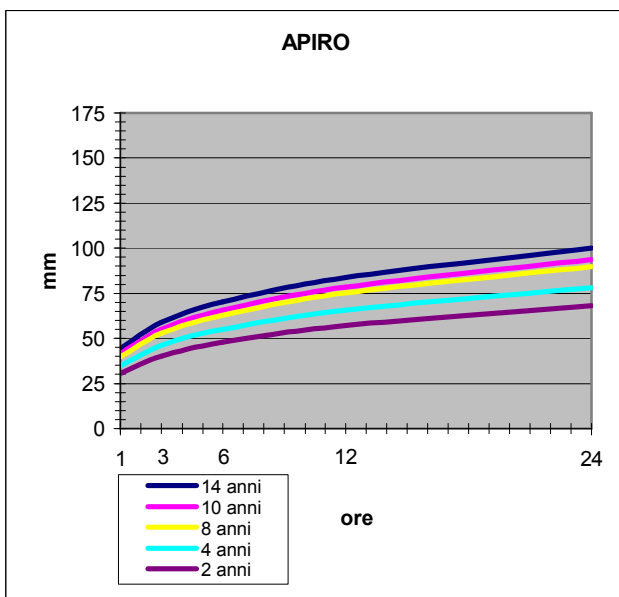
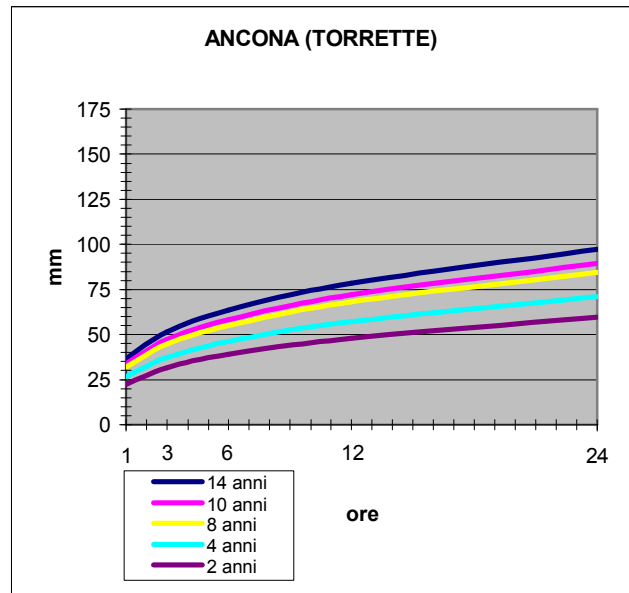
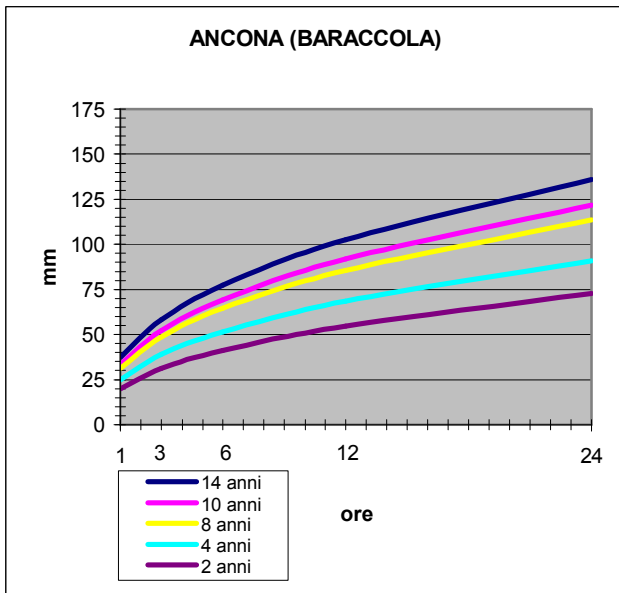
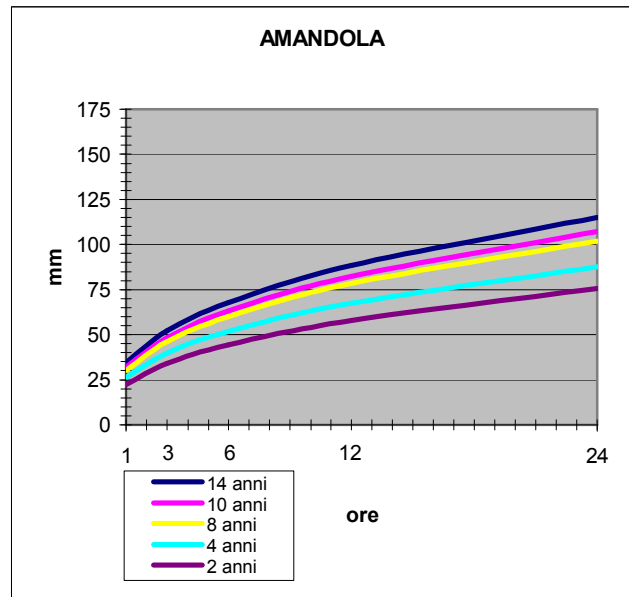
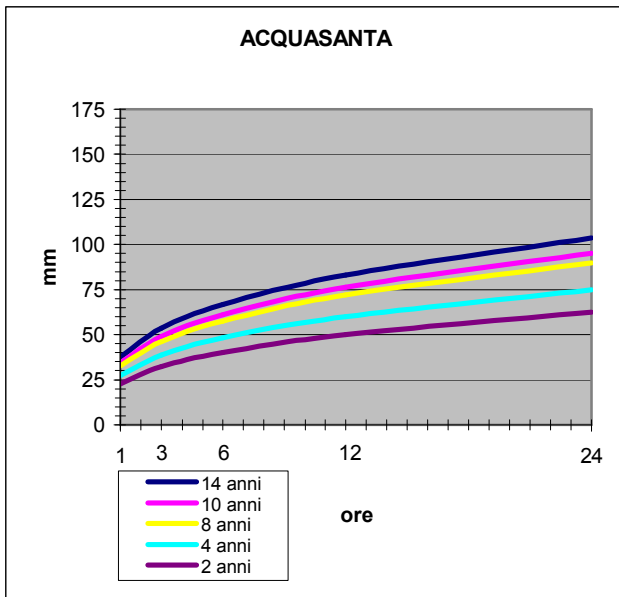
Nella tabella5 sono riportati i coefficienti **a'**, **m** ed **n** validi per la relazione (6) associata a ciascuna stazione in esame; inoltre le CSPP per i tempi di ritorno di 2,4,8,10 e 14 anni sono disegnate in figura9.

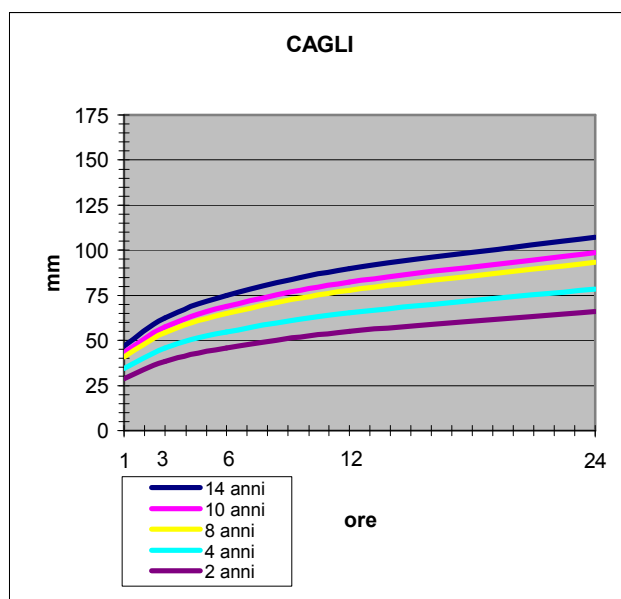
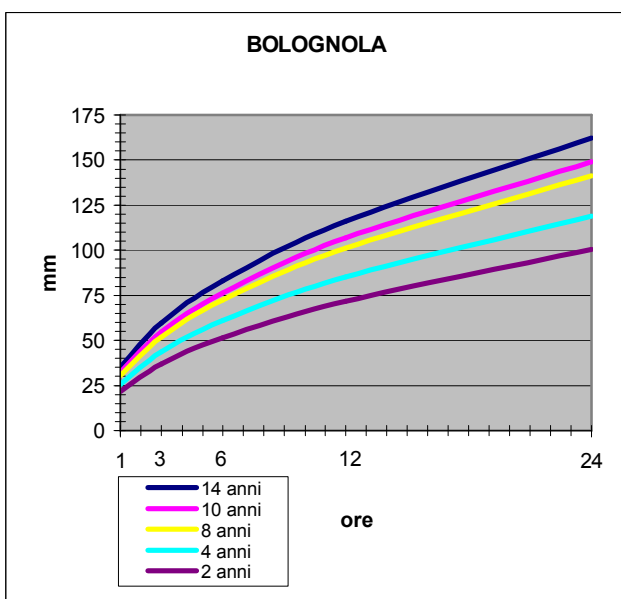
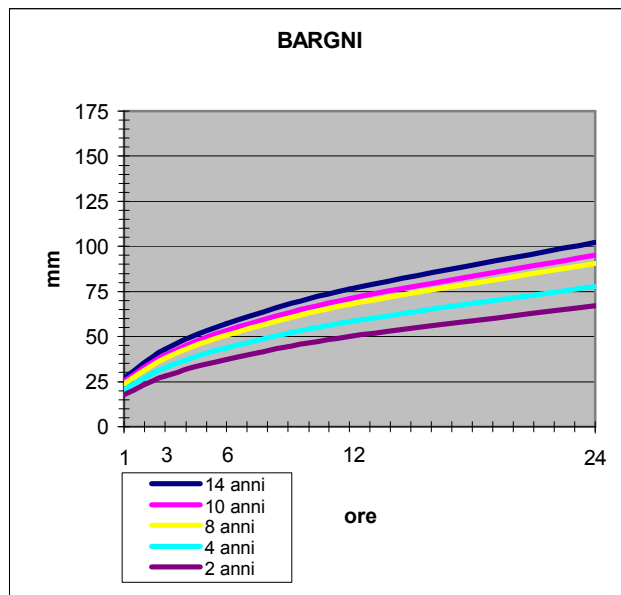
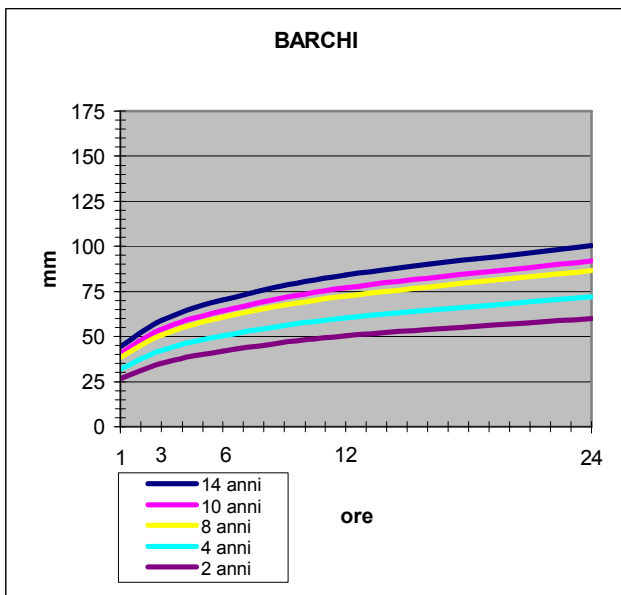
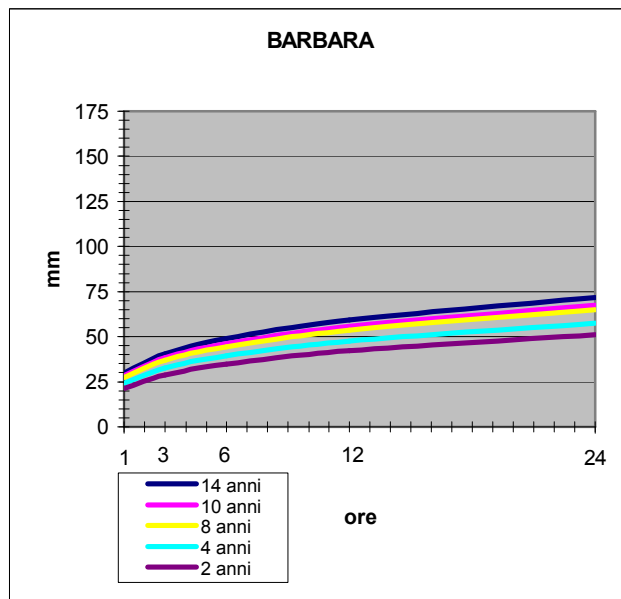
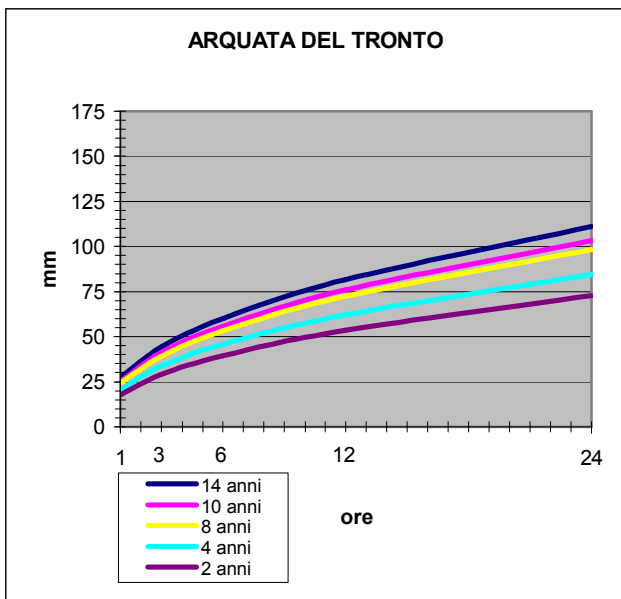
Tabella5: Costanti **a'** in mm/(anni-ore), **m**, **n** delle 66 CSPP ed **H** in mm

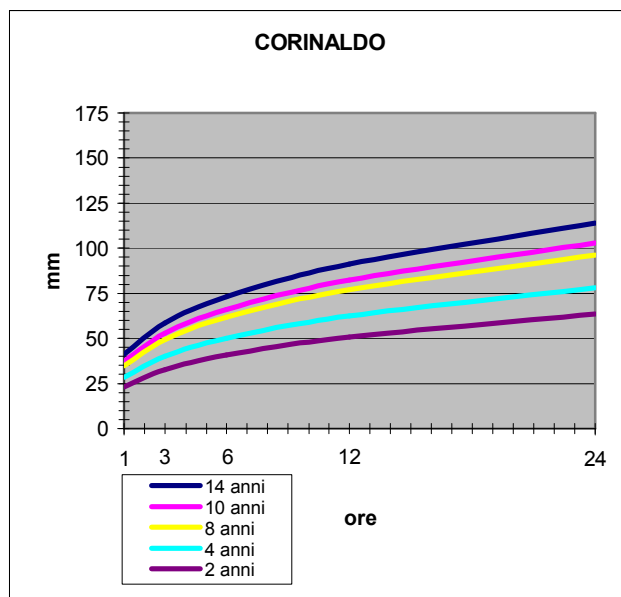
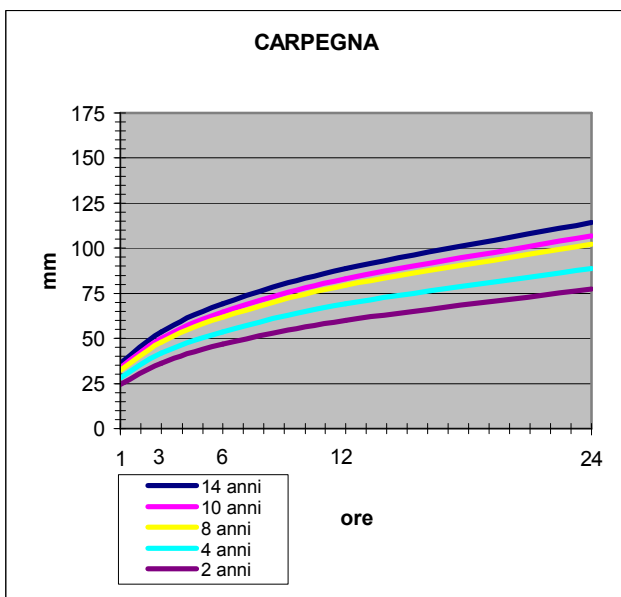
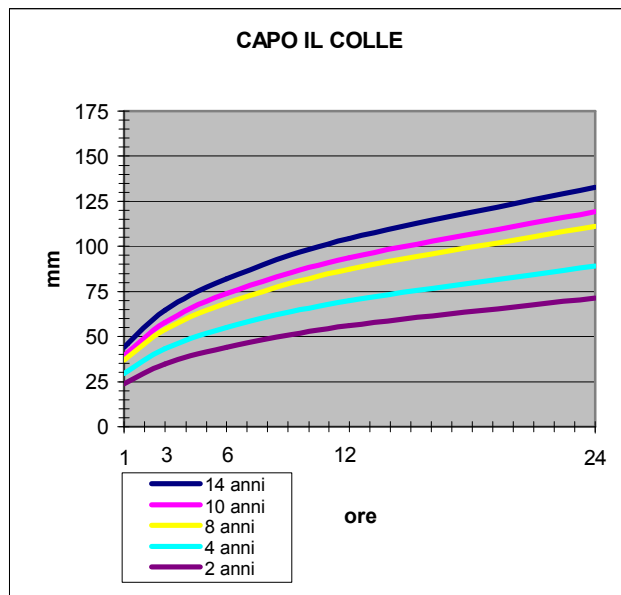
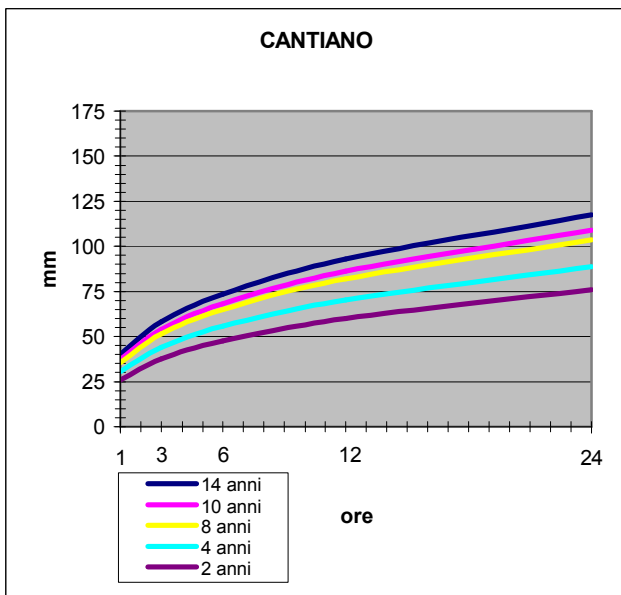
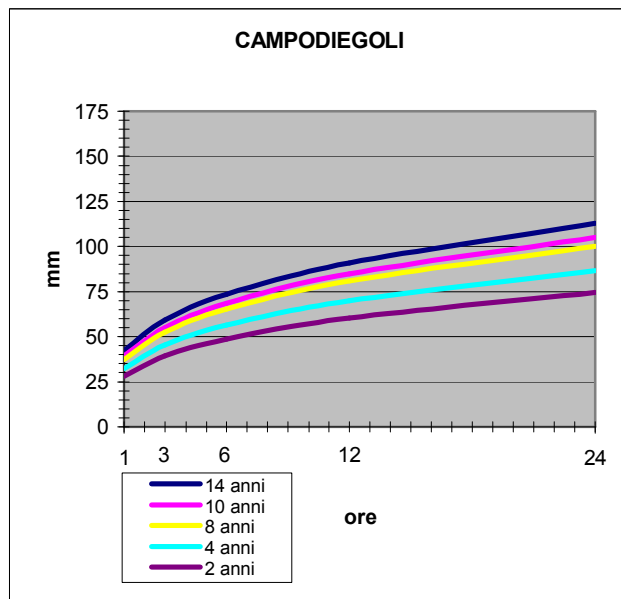
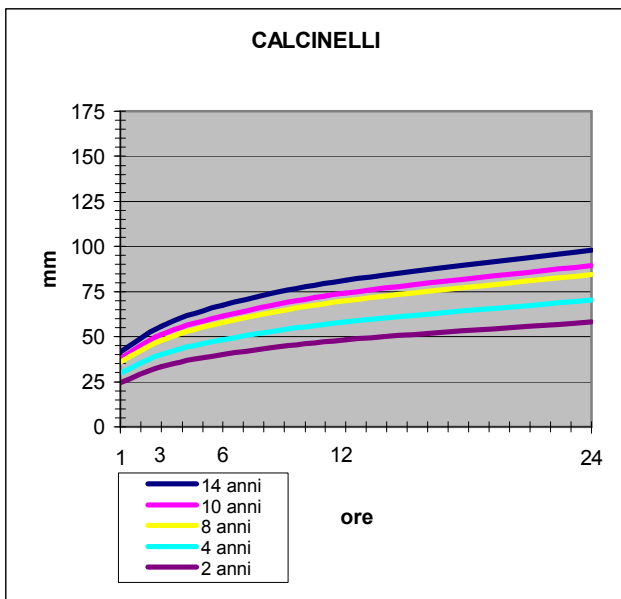
Stazione	a'	m	n	H
Acquasanta	18.97	0.26	0.32	$18.97Tr^{0.26}_{t^{0.32}}$
Amandola	19.31	0.22	0.38	$19.31Tr^{0.22}_{t^{0.38}}$
Ancona (Baraccola)	15.95	0.32	0.41	$15.95Tr^{0.32}_{t^{0.41}}$
Ancona (Torrette)	18.83	0.25	0.31	$18.83Tr^{0.25}_{t^{0.31}}$
Apiro	26.50	0.20	0.25	$26.50Tr^{0.20}_{t^{0.25}}$
Arcevia	21.94	0.19	0.28	$21.94Tr^{0.19}_{t^{0.28}}$
Arquata del Tronto	15.33	0.22	0.44	$15.33Tr^{0.22}_{t^{0.44}}$
Barbara	18.97	0.17	0.27	$18.97Tr^{0.17}_{t^{0.27}}$
Barchi	22.08	0.26	0.26	$22.08Tr^{0.26}_{t^{0.26}}$
Bargni	15.19	0.22	0.42	$15.19Tr^{0.22}_{t^{0.42}}$
Bolognola	18.26	0.25	0.48	$18.26Tr^{0.25}_{t^{0.48}}$
Cagli	24.21	0.25	0.26	$24.21Tr^{0.25}_{t^{0.26}}$
Calcinelli	20.49	0.27	0.27	$20.49Tr^{0.27}_{t^{0.27}}$
Campodiegoli	24.11	0.21	0.31	$24.11Tr^{0.21}_{t^{0.31}}$
Cantiano	22.30	0.22	0.34	$22.30Tr^{0.22}_{t^{0.34}}$
Capo il Colle	18.99	0.32	0.35	$18.99Tr^{0.32}_{t^{0.35}}$
Carpegna	21.19	0.20	0.36	$21.19Tr^{0.20}_{t^{0.36}}$
Corinaldo	18.64	0.30	0.32	$18.64Tr^{0.30}_{t^{0.32}}$
Croce di Casale	19.00	0.24	0.28	$19.00Tr^{0.24}_{t^{0.28}}$
Cupramontana	18.54	0.24	0.29	$18.54Tr^{0.24}_{t^{0.29}}$
Diga di Carassai	17.49	0.25	0.31	$17.49Tr^{0.25}_{t^{0.31}}$
Diga di Talvacchia	13.69	0.28	0.47	$13.69Tr^{0.28}_{t^{0.47}}$
Fabriano	18.11	0.26	0.31	$18.11Tr^{0.26}_{t^{0.31}}$
Fano	19.15	0.32	0.33	$19.15Tr^{0.32}_{t^{0.33}}$
Fermo	23.25	0.29	0.24	$23.25Tr^{0.29}_{t^{0.24}}$
Filottrano	24.25	0.18	0.22	$24.25Tr^{0.18}_{t^{0.22}}$
Fiume di Fiastra	16.29	0.26	0.47	$16.29Tr^{0.26}_{t^{0.47}}$
Fonte Avellana	24.09	0.19	0.31	$24.09Tr^{0.19}_{t^{0.31}}$
Foresta della Cesana	19.45	0.23	0.33	$19.45Tr^{0.23}_{t^{0.33}}$
Fossombrone	23.64	0.19	0.22	$23.64Tr^{0.19}_{t^{0.22}}$
Jesi	18.35	0.20	0.30	$18.35Tr^{0.20}_{t^{0.30}}$
Loreto	19.74	0.23	0.33	$19.74Tr^{0.23}_{t^{0.33}}$
Lornano	15.45	0.28	0.33	$15.45Tr^{0.28}_{t^{0.33}}$

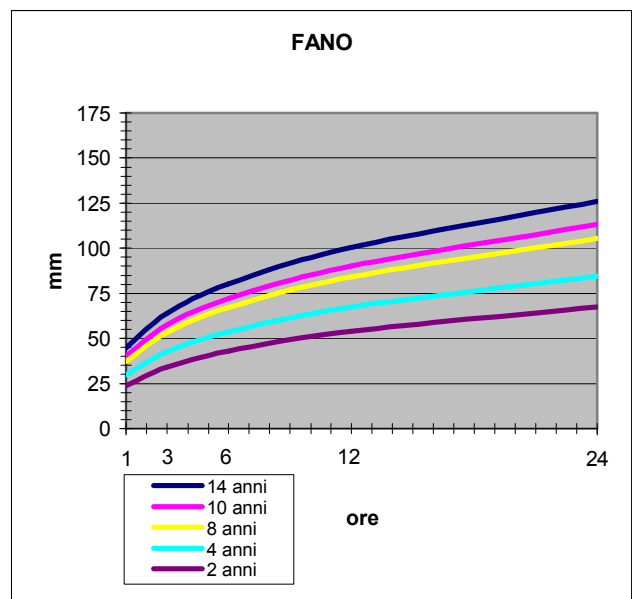
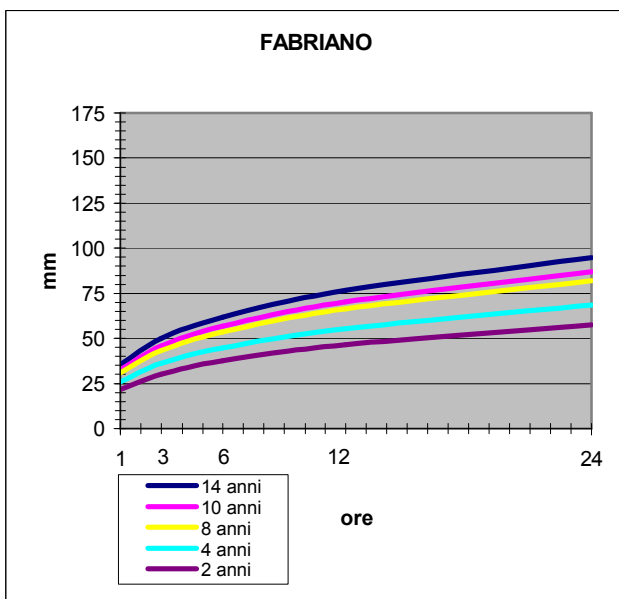
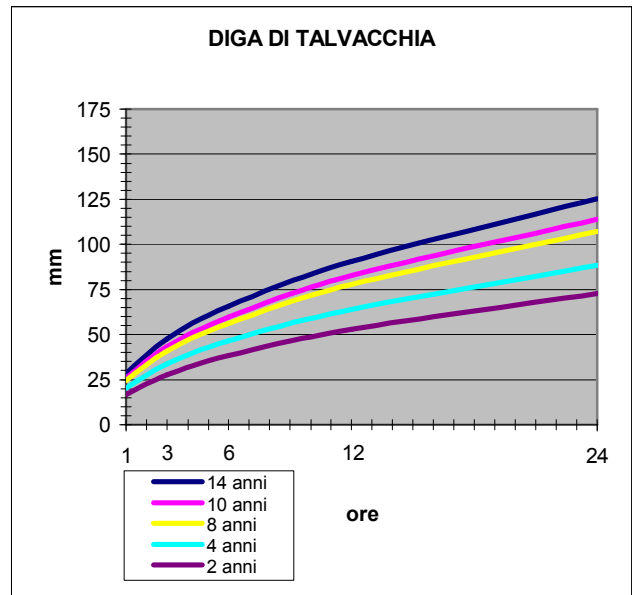
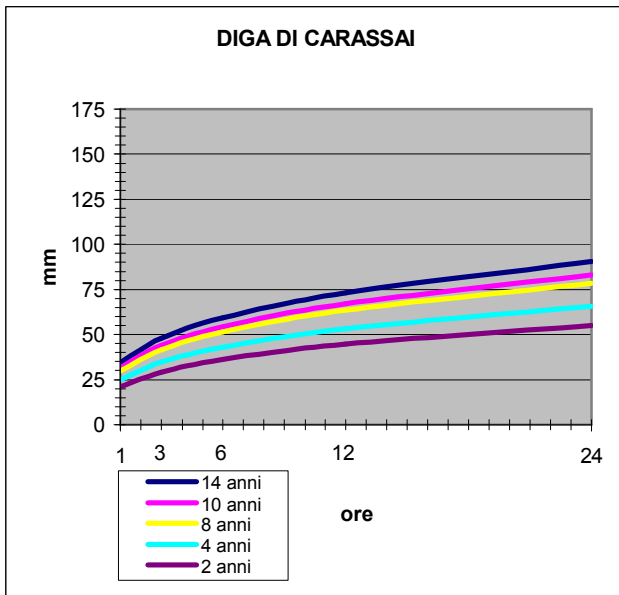
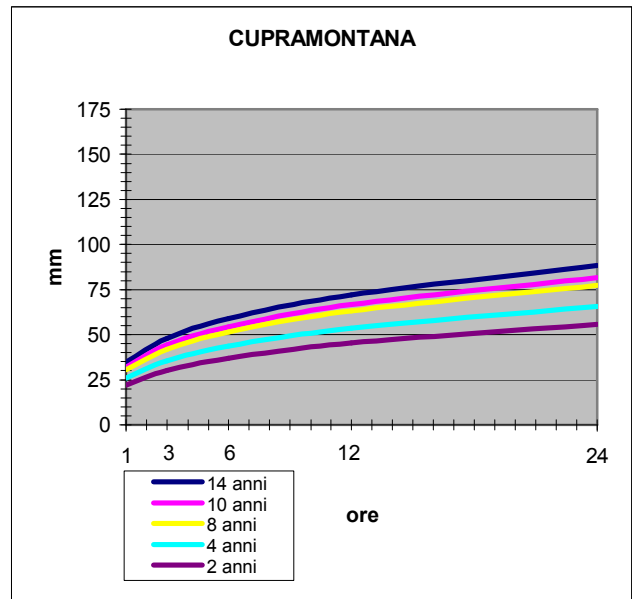
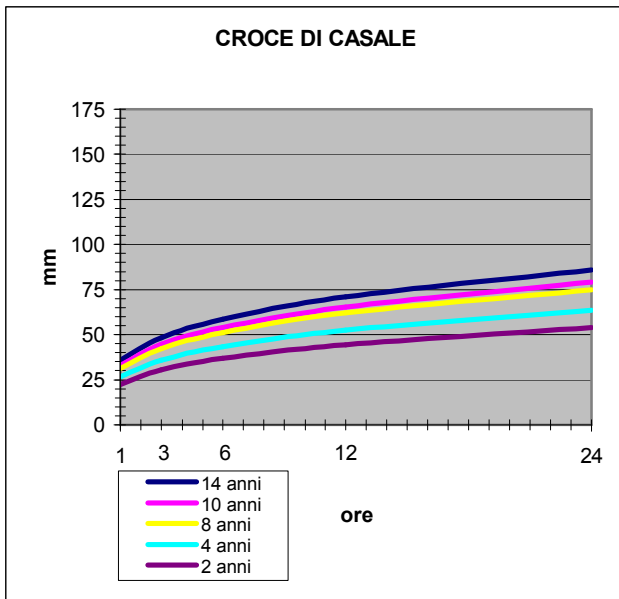
( seguito tab.5 )

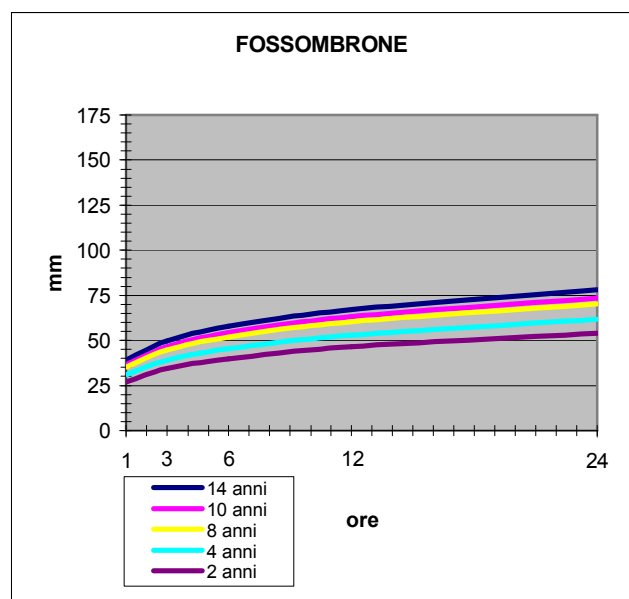
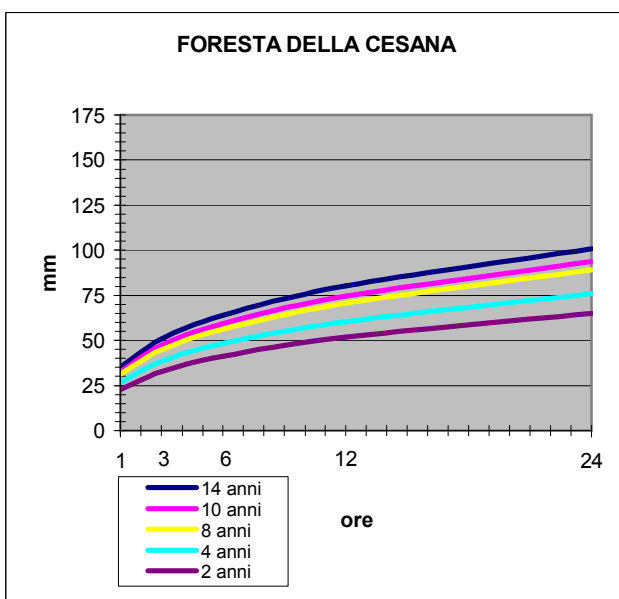
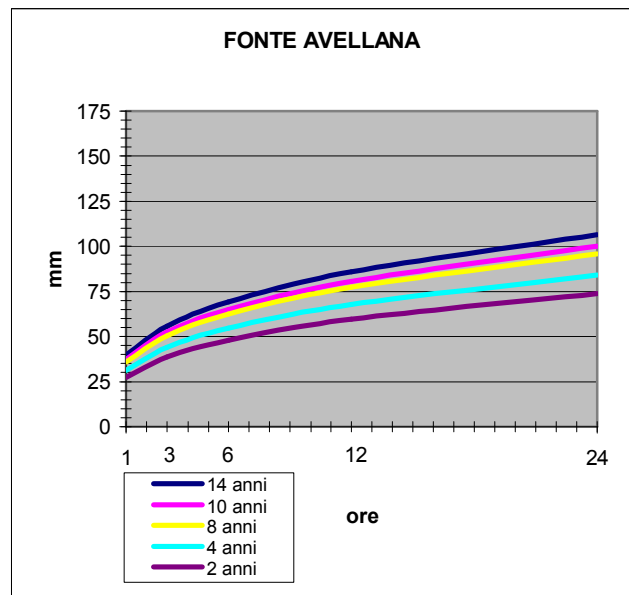
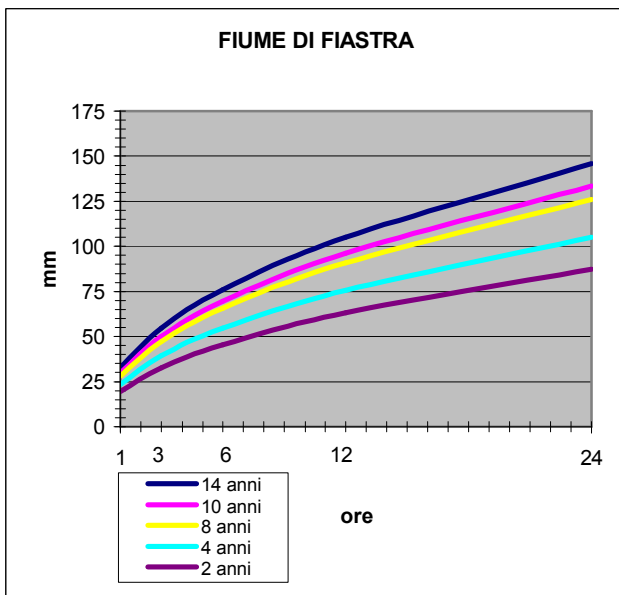
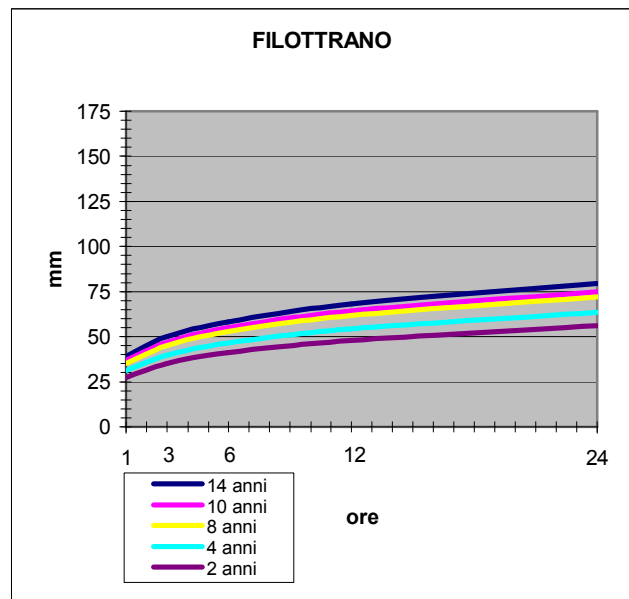
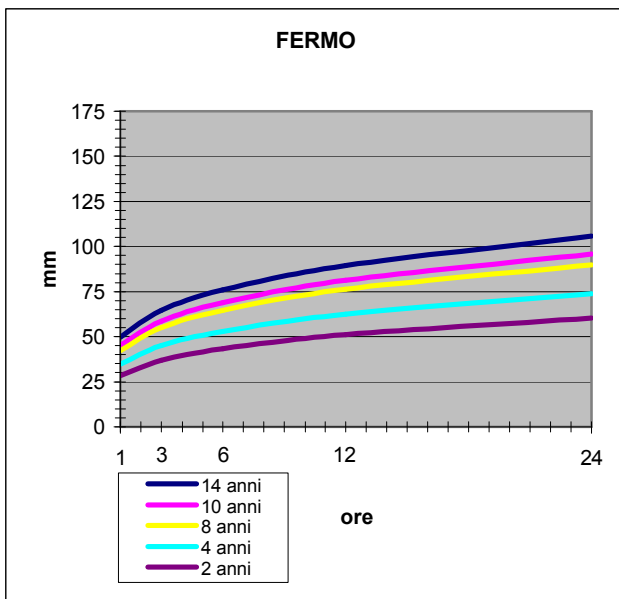
Stazione	a'	m	n	H
Loro Piceno	28.29	0.32	0.12	28.29Tr <sup>0.32</sup> t <sup>0.12</sup>
Mercatello	24.47	0.24	0.26	24.47Tr <sup>0.24</sup> t <sup>0.26</sup>
Moie	20.57	0.22	0.25	20.57Tr <sup>0.22</sup> t <sup>0.25</sup>
Mondolfo	14.33	0.30	0.36	14.33Tr <sup>0.30</sup> t <sup>0.36</sup>
Montecarotto	21.92	0.23	0.27	21.92Tr <sup>0.23</sup> t <sup>0.27</sup>
Montecassiano	15.13	0.21	0.33	15.13Tr <sup>0.21</sup> t <sup>0.33</sup>
Montemonaco	18.03	0.30	0.37	18.03Tr <sup>0.30</sup> t <sup>0.37</sup>
Monterubbiano	17.98	0.22	0.37	17.98Tr <sup>0.22</sup> t <sup>0.37</sup>
Osimo	16.13	0.29	0.33	16.13Tr <sup>0.29</sup> t <sup>0.33</sup>
Pedaso	22.03	0.23	0.27	22.03Tr <sup>0.23</sup> t <sup>0.27</sup>
Pennabilli	20.64	0.19	0.35	20.64Tr <sup>0.19</sup> t <sup>0.35</sup>
Pergola	26.26	0.19	0.20	26.26Tr <sup>0.19</sup> t <sup>0.20</sup>
Petriano	18.25	0.21	0.35	18.25Tr <sup>0.21</sup> t <sup>0.35</sup>
Piè del Sasso	21.82	0.19	0.28	21.82Tr <sup>0.19</sup> t <sup>0.28</sup>
Pievebovigliana	20.51	0.21	0.28	20.51Tr <sup>0.21</sup> t <sup>0.28</sup>
Piobbico	18.50	0.21	0.37	18.50Tr <sup>0.21</sup> t <sup>0.37</sup>
Pioraco	21.61	0.18	0.28	21.61Tr <sup>0.18</sup> t <sup>0.28</sup>
Poggio San Romualdo	25.90	0.20	0.27	25.90Tr <sup>0.20</sup> t <sup>0.27</sup>
Porto Sant'Elpidio	24.30	0.28	0.16	24.30Tr <sup>0.28</sup> t <sup>0.16</sup>
Ripatransone	17.77	0.23	0.34	17.77Tr <sup>0.23</sup> t <sup>0.34</sup>
San Lorenzo in Campo	19.30	0.21	0.27	19.30Tr <sup>0.21</sup> t <sup>0.27</sup>
Sant'Angelo in Vado	22.00	0.26	0.26	22.00Tr <sup>0.26</sup> t <sup>0.26</sup>
Sarnano	20.08	0.25	0.33	20.08Tr <sup>0.25</sup> t <sup>0.33</sup>
Sassocorvaro	20.17	0.32	0.32	20.17Tr <sup>0.32</sup> t <sup>0.32</sup>
Sassoferrato	16.45	0.18	0.33	16.45Tr <sup>0.18</sup> t <sup>0.33</sup>
Senigallia	18.10	0.30	0.27	18.10Tr <sup>0.30</sup> t <sup>0.27</sup>
Servigliano	21.66	0.24	0.24	21.66Tr <sup>0.24</sup> t <sup>0.24</sup>
Sorti	19.69	0.24	0.33	19.69Tr <sup>0.24</sup> t <sup>0.33</sup>
Spinetoli	21.18	0.32	0.22	21.18Tr <sup>0.32</sup> t <sup>0.22</sup>
Tavoleto	16.33	0.23	0.35	16.33Tr <sup>0.23</sup> t <sup>0.35</sup>
Tolentino	16.92	0.24	0.34	16.92Tr <sup>0.24</sup> t <sup>0.34</sup>
Urbania	21.77	0.20	0.31	21.77Tr <sup>0.20</sup> t <sup>0.31</sup>
Urbino	23.71	0.22	0.28	23.71Tr <sup>0.22</sup> t <sup>0.28</sup>

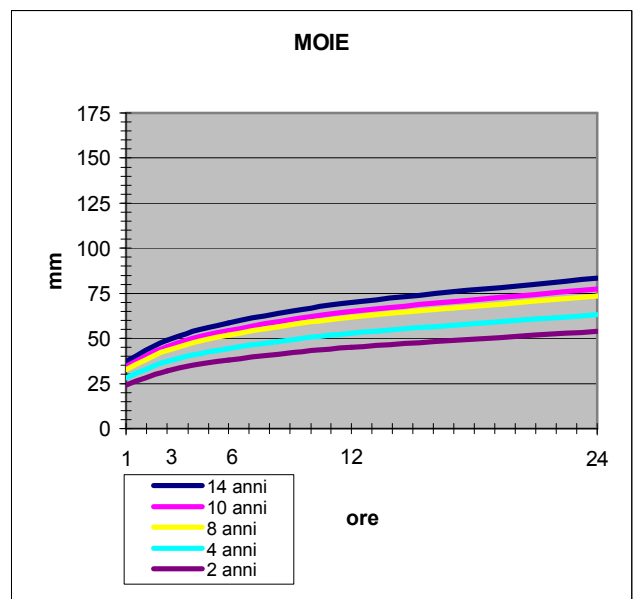
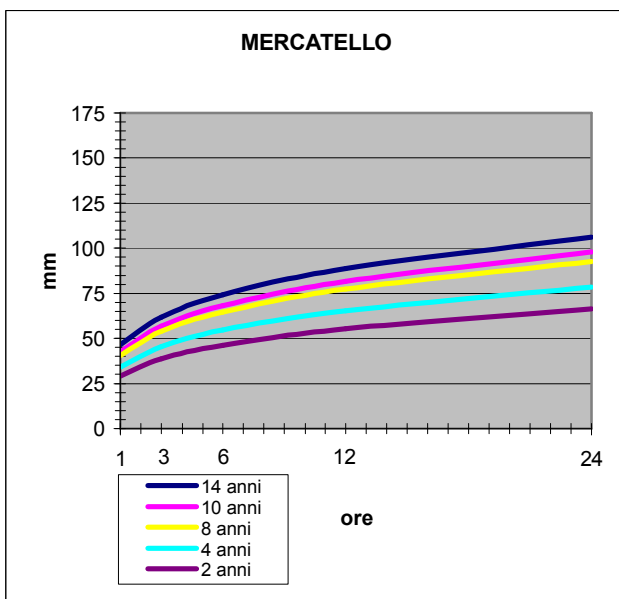
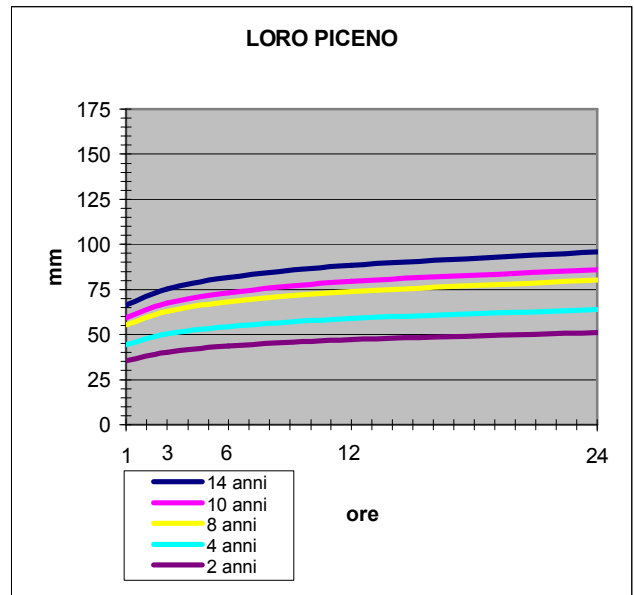
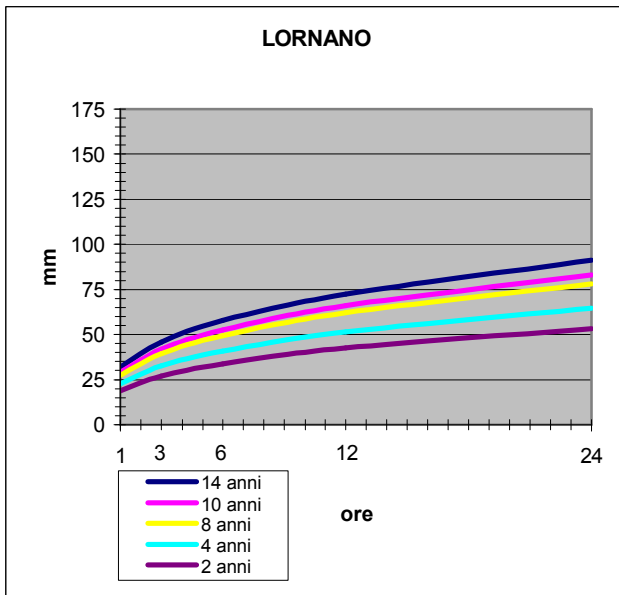
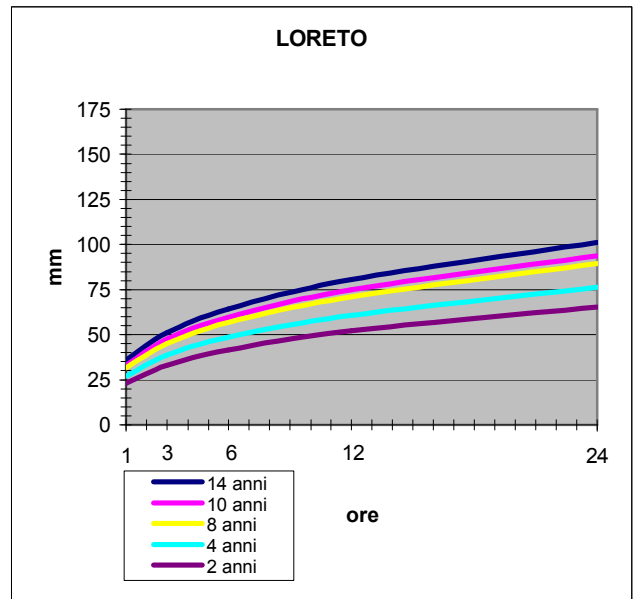
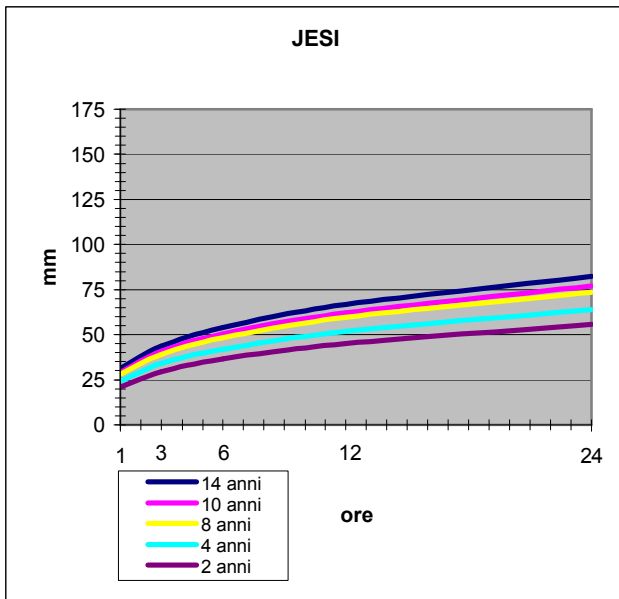


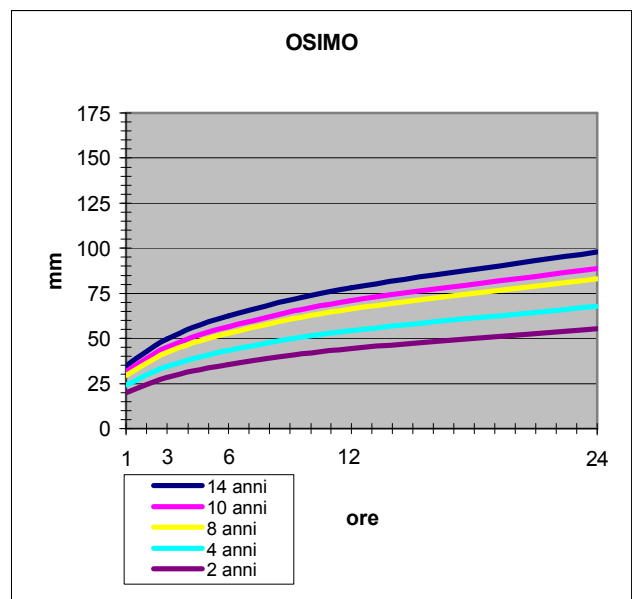
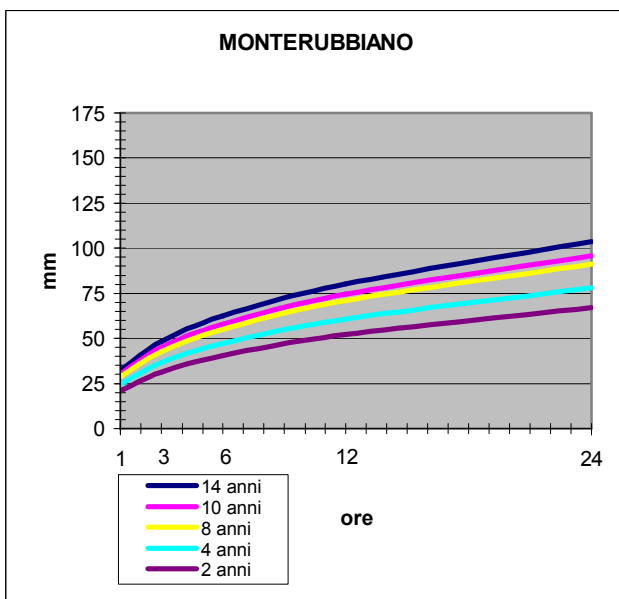
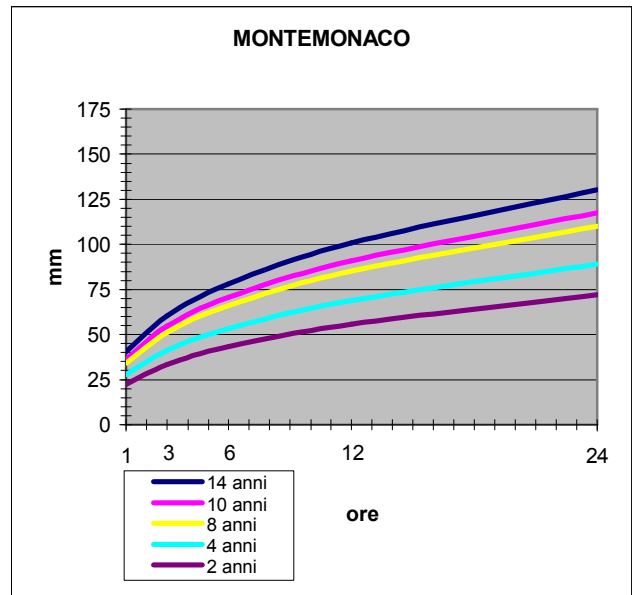
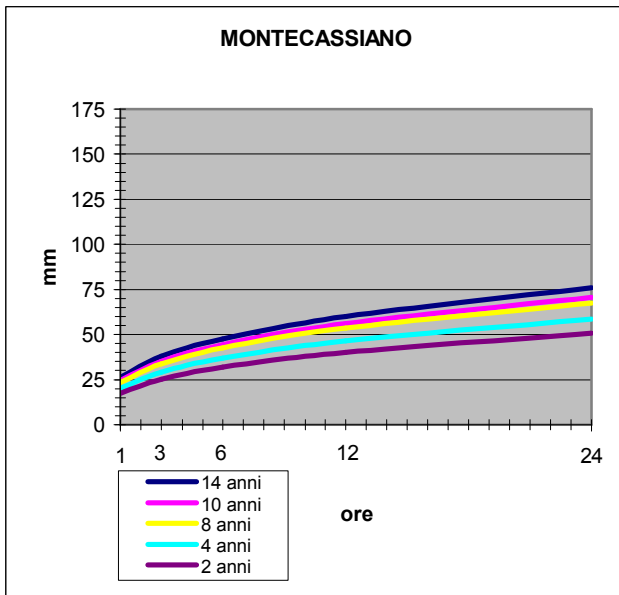
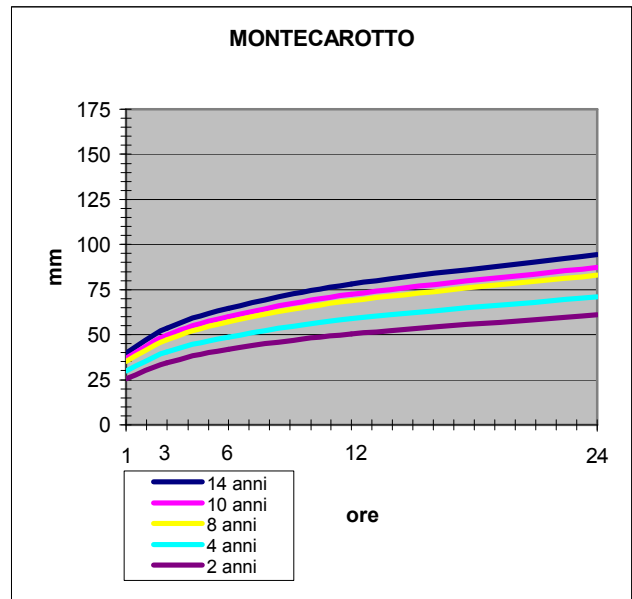
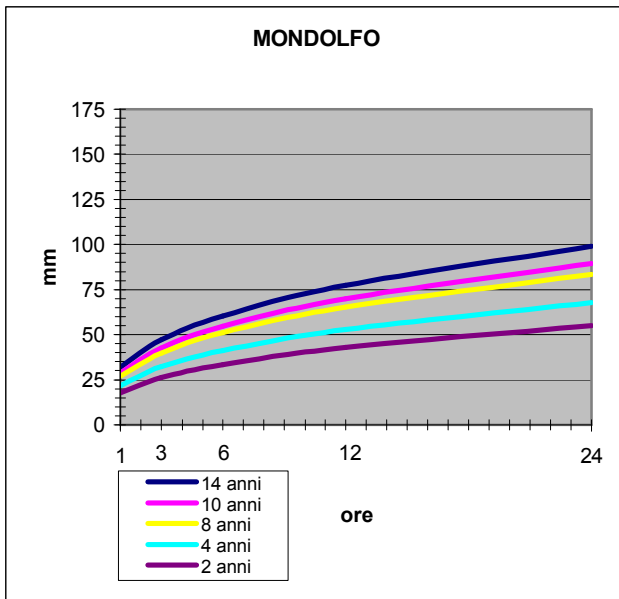


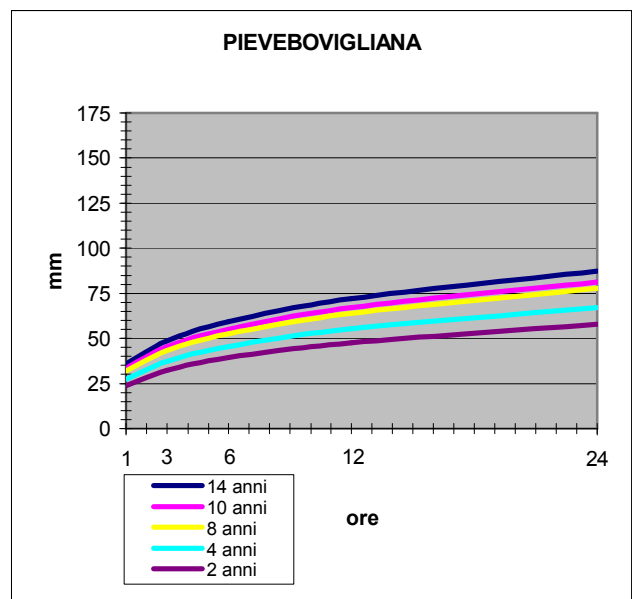
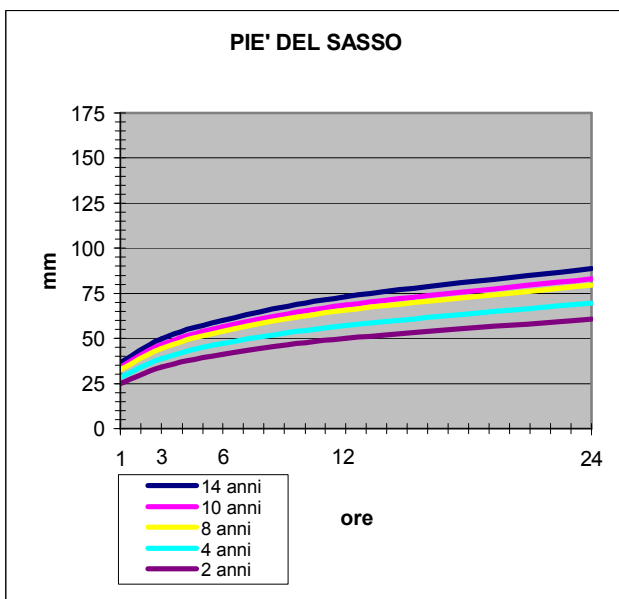
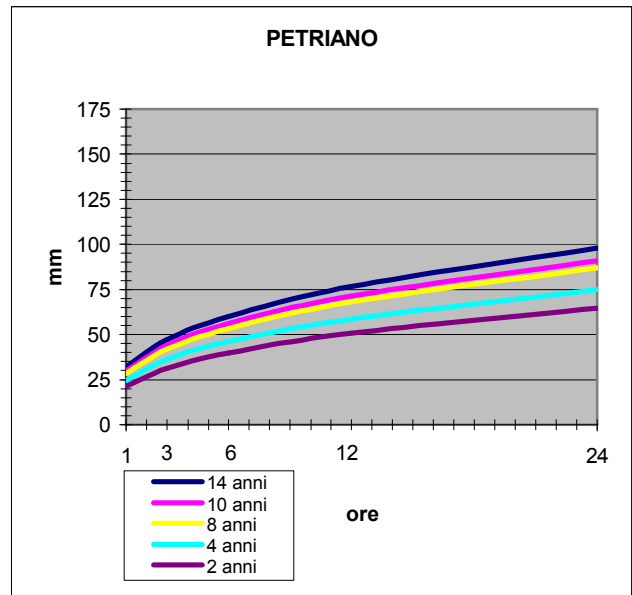
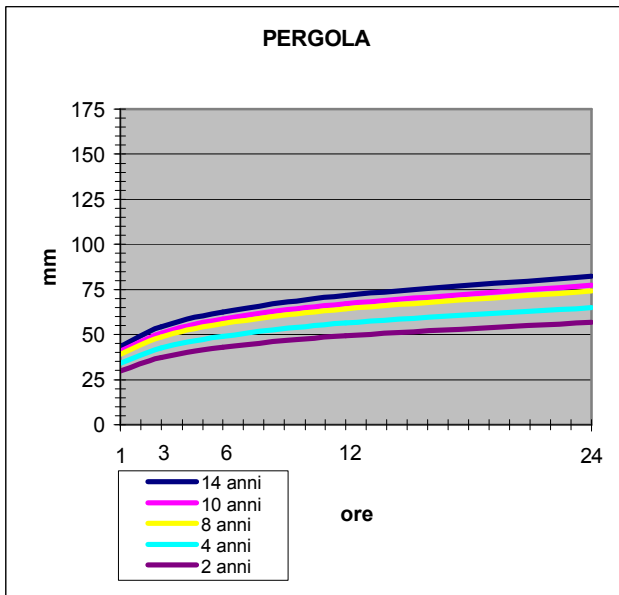
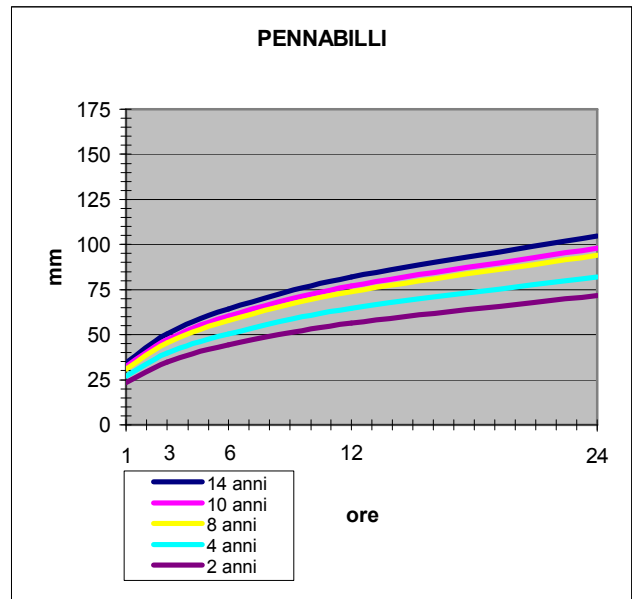
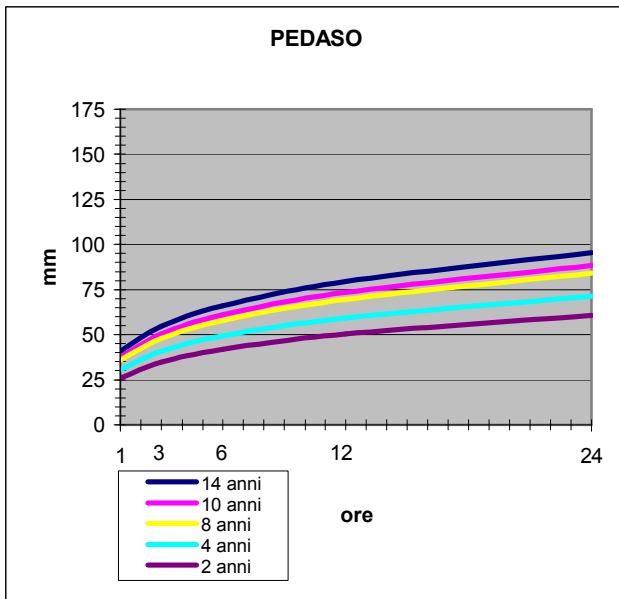


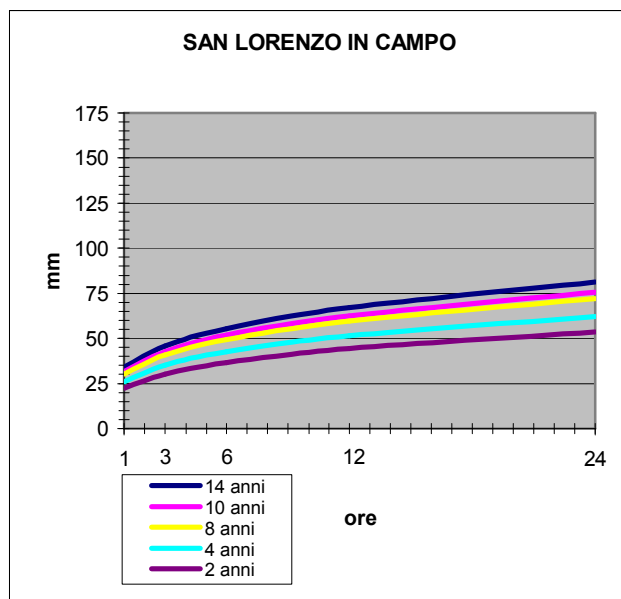
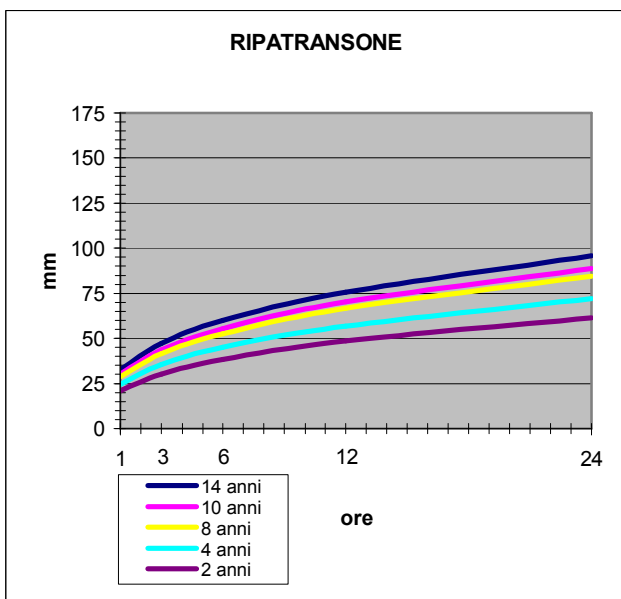
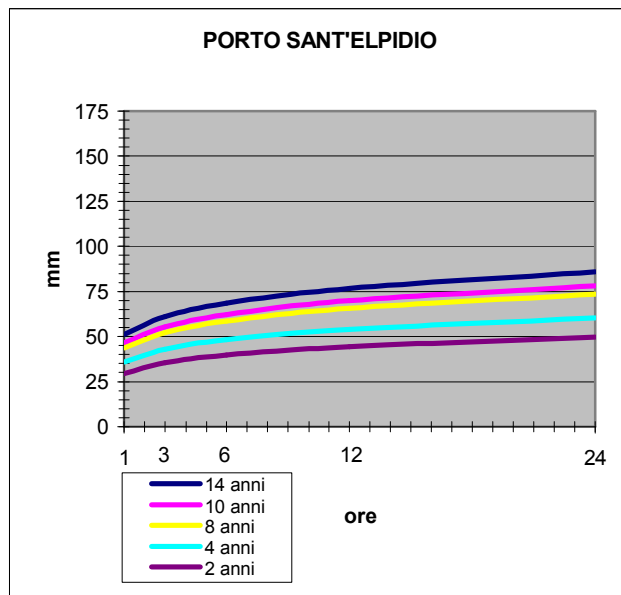
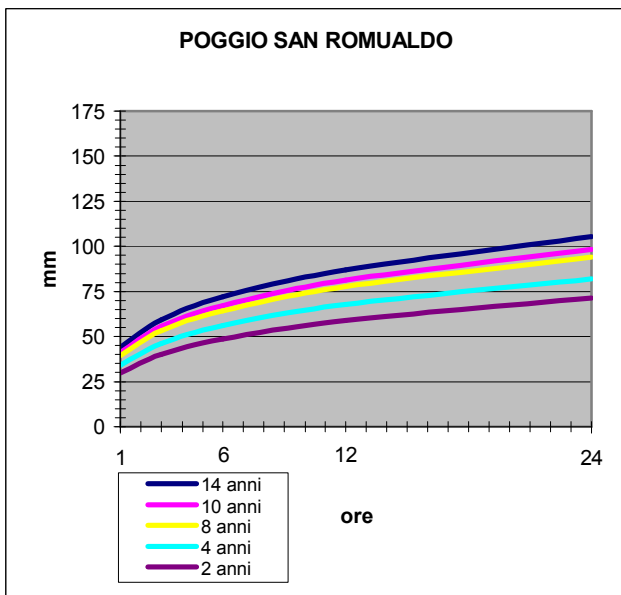
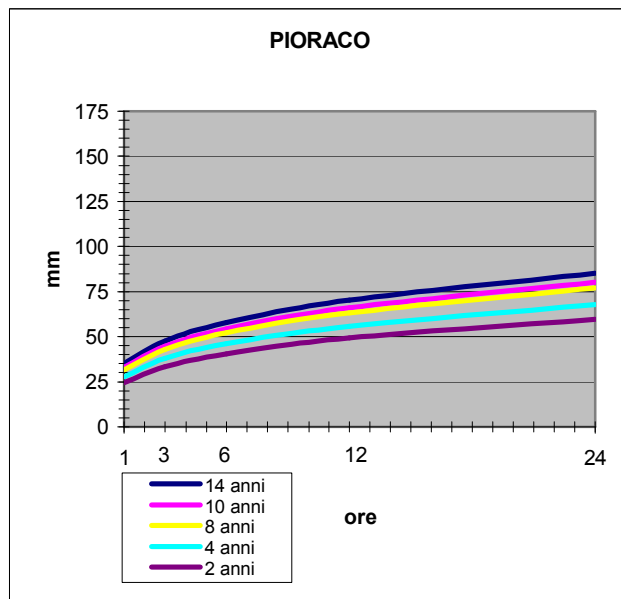
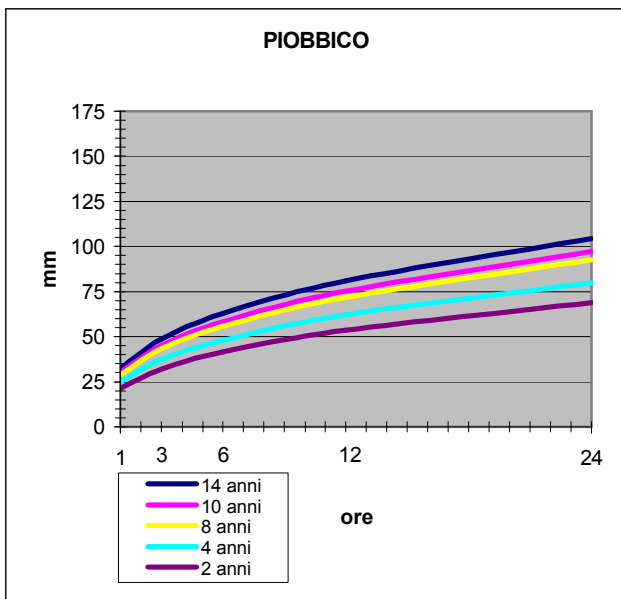


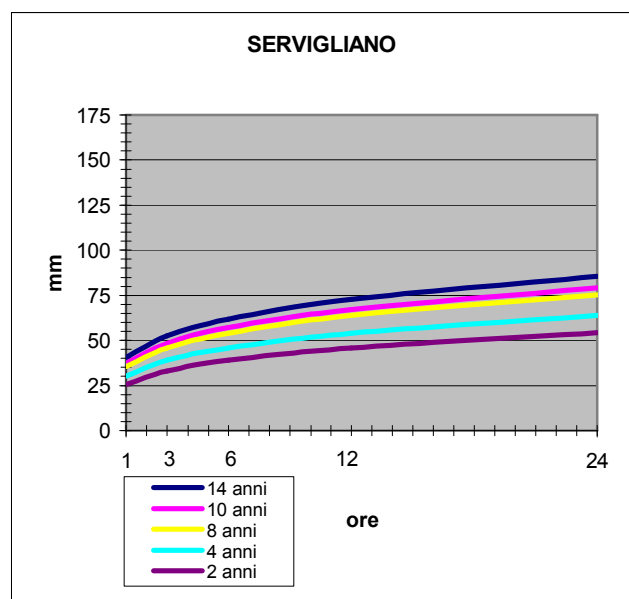
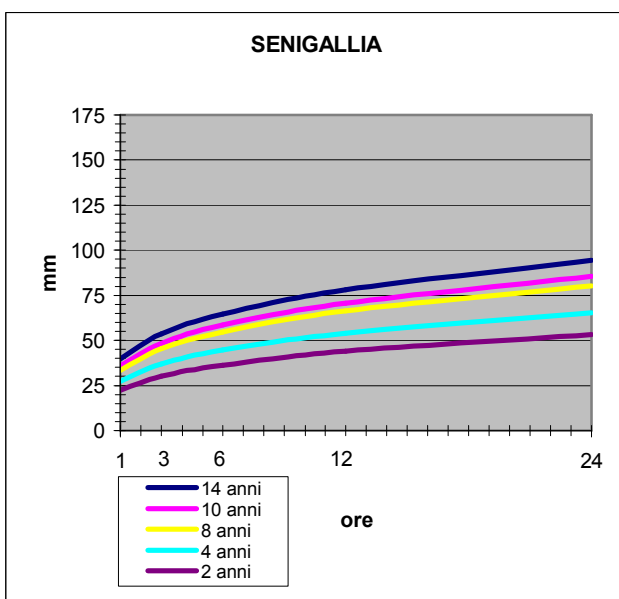
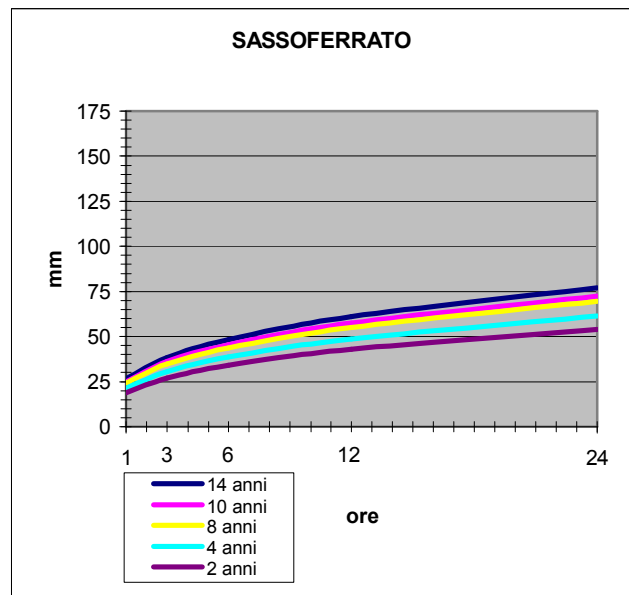
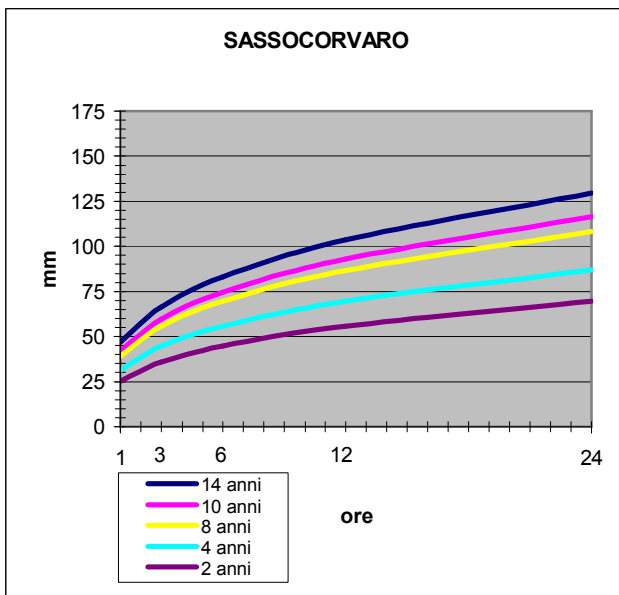
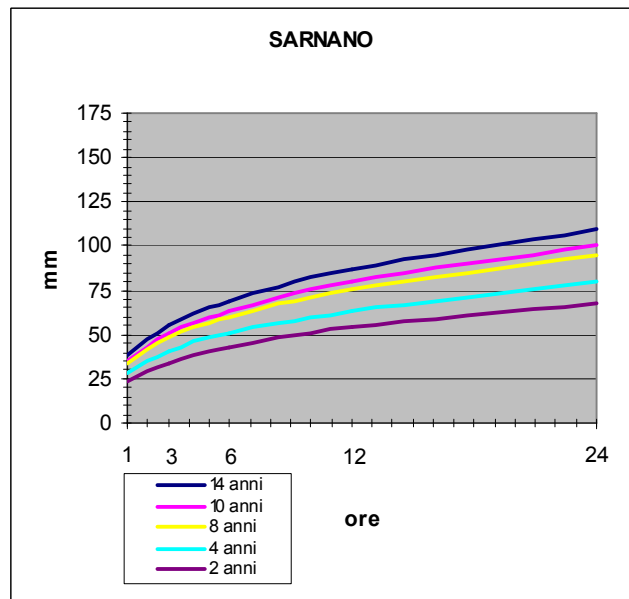
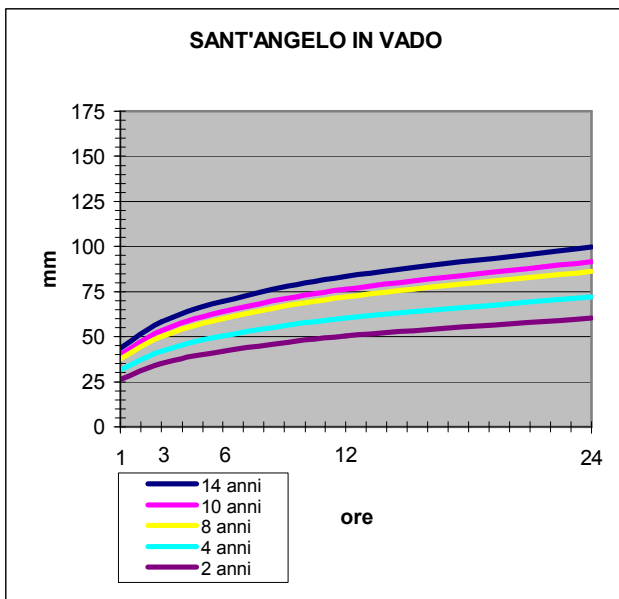












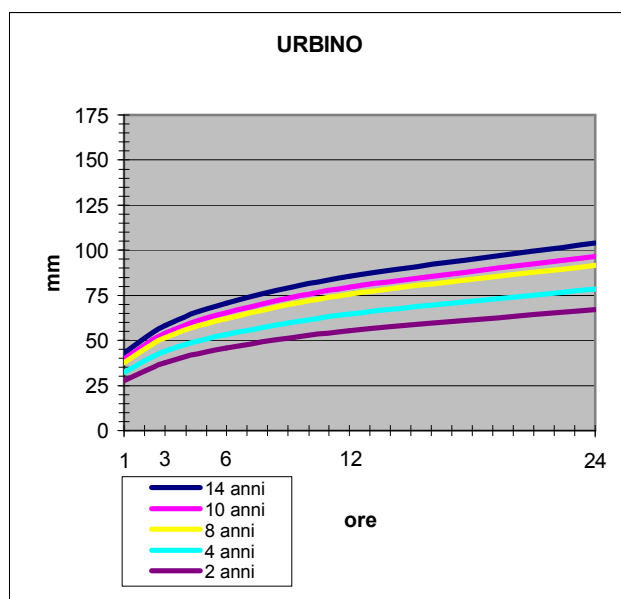
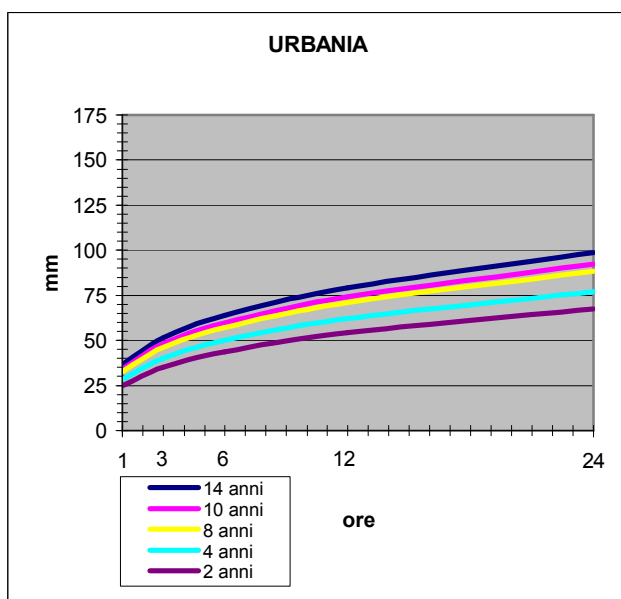
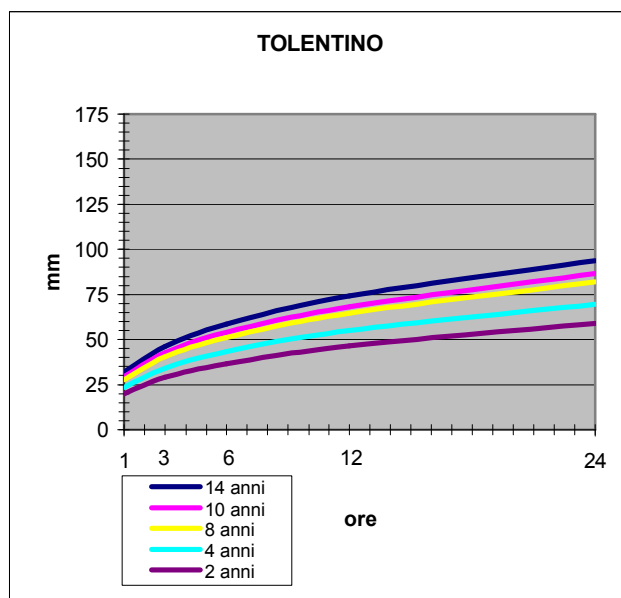
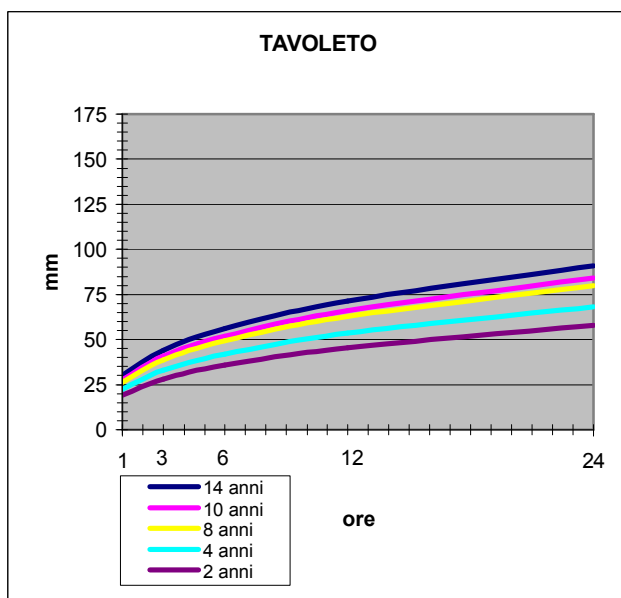
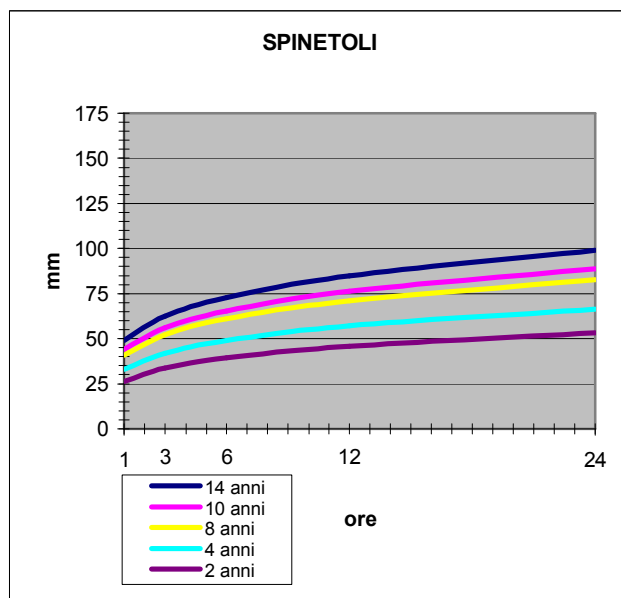
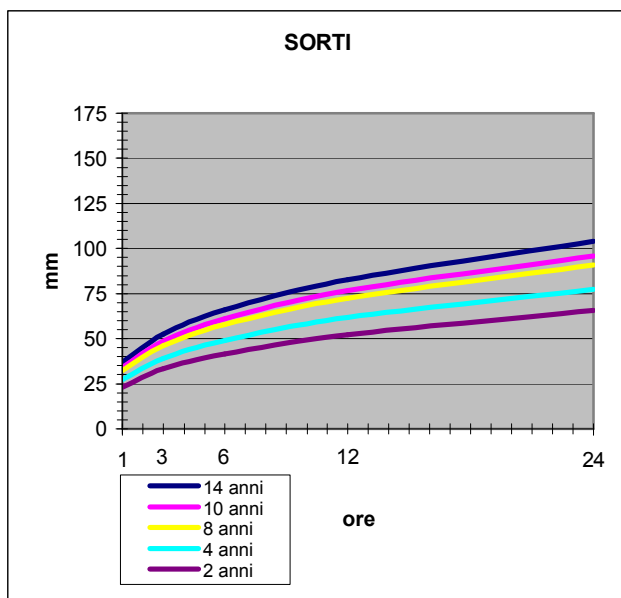


Figura9: Curve Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica

### Analisi dei risultati:

Le CSPP forniscono le massime altezze di pioggia per una data durata dell'evento pluviometrico e qualsiasi  $T_r$  in anni che non dovrebbe andare troppo oltre il periodo di registrazione (14 anni). I risultati ottenuti, hanno validità puntuale, infatti ciascun fascio di CSPP è stato ricavato utilizzando i dati di una singola stazione di misura. Va precisato che le CSPP calcolate sono state ricavate elaborando i dati di altezza di pioggia di massima intensità per durate superiori all'ora, per cui qualora si volessero valutare casi inferiori all'intervallo orario risulterebbe necessario generare analoghe leggi monomie pertinenti. Riguardo ai dati sperimentali di piogge orarie (da 1 a 24 ore) di massima intensità, è stato effettuato l'ordinamento decrescente, per ciascuna delle 5 durate di riferimento in esame, degli eventi critici annuali dal 1992 al 2005. Si sono potuti rilevare così, i casi critici più gravosi per ogni stazione pluviografica, riportati in tabella6.

Dall'analisi dei dati di tabella6 si può notare che la pioggia caduta nelle località delle Marche si è attestata su valori massimi che vanno dai 24.4mm (Bargni) ai 78.6mm (Loro Piceno) in 1 ora; dai 34.6mm (Montecassiano) ai 92.6mm (Loro Piceno) in 3 ore; dai 42.4mm (Montecassiano) ai 127.6mm (Sassocorvaro) in 6 ore; dai 54.6mm (Barbara) ai 161.6mm (Capo il Colle) in 12 ore; dai 68.4mm (Barbara) ai 178.6mm (Diga di Talvacchia) in 24 ore. I valori in 24 ore vengono calcolati cumulando l'acqua precipitata in 24 ore consecutive, a partire da qualunque ora del giorno, mentre quelli in 1 giorno rappresentano le precipitazioni registrate dalle 9 antimeridiane del giorno precedente alle 9 antimeridiane del giorno considerato. E' per questa ragione che si possono riscontrare delle discrepanze tra le due serie di dati.

Nelle tabelle7-11 sono riportati i valori dell'altezza di precipitazione massima per le differenti durate, raggruppati in intervalli dell'ampiezza di 10 mm, calcolati a partire dalla CSPP di ciascuna stazione per un tempo di ritorno pari a 14 anni. Quest'ultimo numero coincide con il periodo medio da attendere affinché la precipitazione sia maggiore dei rispettivi valori tabulati per 1,3,6,12 e 24 ore di ogni località.

Tabella6: Precipitazioni di intensità massima assoluta (in mm) per le durate 1,3,6,12 e 24 ore

<b>Stazione / Ore</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
Acquasanta	39.6	67.4	75	82.2	117.2
Amandola	36.2	53.6	89.6	107.2	120.6
Ancona (Baraccola)	37.4	64	112.6	120.8	124
Ancona (Torrette)	39.6	71.4	92.8	93	93
Apiro	51.4	69.6	72.6	80.8	118.8
Arcevia	47.4	50.8	57	70.4	88
Arquata del Tronto	26.6	51.4	64.6	87.6	139.6
Barbara	32.8	41.6	49.4	54.6	68.4
Barchi	47.8	81.8	82.2	82.2	94.4
Bargni	24.4	50.2	66.6	79.6	98
Bolognola	38.4	56.4	100.2	154.8	176.8
Cagli	50	83.6	84.6	87	115.8
Calcinelli	36.6	65.8	84.4	99.2	103.8
Campodiegoli	44	58	72	91.8	121.8
Cantiano	51.2	74.2	79	84	134.2
Capo il Colle	37.8	70	127	161.6	162.2
Carpegna	35.4	57.8	78.4	92.6	147.8
Corinaldo	43.6	77.6	89.6	106.6	129.8
Croce di Casale	40.8	58	60	60	90.6
Cupramontana	42.4	60.2	60.2	77.6	95.4
Diga di Carassai	42.2	72.6	74.2	74.2	93
Diga di Talvacchia	31.2	54	61.6	110.4	178.6
Fabriano	33.4	69	85.6	87.4	91.6
Fano	46.4	80.8	117.6	138.4	141.8
Fermo	49.6	72	85.4	97.2	112.8
Filottrano	42	54.8	55.4	59.6	92.8
Fiume di Fiastra	30.2	67.2	78.6	105.8	166.4
Fonte Avellana	49.6	57.8	69.6	76.6	117
Foresta della Cesana	39.4	50.2	71.6	89.6	105.8
Fossombrone	47.2	64.6	67.4	67.4	82.4
Jesi	31	41.8	66.8	77.4	80.4
Loreto	42	58.2	72.2	99.4	100.8
Lornano	38	44.8	51.4	83.6	117.4

( seguito di tab.6 )

<b>Stazione / Ore</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
Loro Piceno	78.6	92.6	93	93	95
Mercatello	53	78.6	81.8	82	127.6
Moie	39.2	53.8	71.6	74.6	85.2
Mondolfo	30.2	53.2	73.4	94.4	108.2
Montecarotto	37.4	59.6	71.8	76	85.8
Montecassiano	30.8	34.6	42.4	73	99.8
Montemonaco	39	84	119.6	143	144.8
Monterubbiano	40.8	50.6	61.8	80.4	109.4
Osimi	38	52.2	75	90	105.2
Pedaso	50.6	68.8	68.8	82.8	99
Pennabilli	39.4	55.6	56	83.2	136.6
Pergola	46.6	65	65	65	82.4
Petriano	32.4	49	56	76.6	106.2
Piè del Sasso	46.8	53	55.8	69.4	104
Pievebovigliana	39.8	62.2	68	70	78.8
Piobbico	46	47.8	62	98	140.8
Pioraco	37	45.8	53.4	63.2	81
Poggio San Romualdo	47.8	65.4	65.4	86.8	116.4
Porto Sant'Elpidio	64	87	87	90.2	95
Ripatransone	38.8	50.6	64.6	77.8	130.6
San Lorenzo in Campo	40.4	48.4	53	69.2	98.2
Sant'Angelo in Vado	38.8	84.6	94.4	94.8	113.8
Sarnano	37	60.6	88.6	104.6	108.4
Sassocorvaro	49.4	81.6	127.6	144.8	145.2
Sassoferrato	31.6	35.2	45	73.2	81.8
Senigallia	43.8	54.4	70.4	85	89
Servigliano	48.4	64.4	64.4	69	81.2
Sorti	43.8	65.2	70.8	80.4	112.4
Spinetoli	55.2	80	80	81.2	109.8
Tavoleto	35.6	42.8	56	69	95.6
Tolentino	36.4	48.2	50.8	82.8	105.2
Urbania	41.6	46.2	74.8	86.8	104.6
Urbino	47.8	75.4	75.4	79	99.4

Tabella7: Soglie delle precipitazioni di massima intensità (**H** in mm) per la durata di 1 ora e tempo di ritorno di 14 anni delle 66 stazioni esaminate

<b>20&lt;H≤30 mm</b>	Arquata del Tronto, Barbara, Bargni, Diga di Talvacchia, Montecassiano, Sassoferrato
<b>30&lt;H≤40 mm</b>	Acquasanta, Amandola, Ancona (Baraccola), Ancona (Torrette), Arcevia, Bolognola, Carpegna, Croce di Casale, Cupramontana, Diga di Carassai, Fabriano, Filottrano, Fiume di Fiastra, Fonte Avellana, Foresta della Cesana, Fossombrone, Jesi, Loreto, Lornano, Moie, Mondolfo, Montecarotto, Monterubbiano, Osimo, Pennabilli, Petriano, Piè del Sasso, Pievebovigliana, Piobbico, Pioraco, Ripatransone, San Lorenzo in Campo, Sarnano, Senigallia, Sorti, Tavoletto, Tolentino, Urbania
<b>40&lt;H≤50 mm</b>	Apiro, Barchi, Cagli, Calcinelli, Campodiegoli, Cantiano, Capo il Colle, Corinaldo, Fano, Fermo, Mercatello, Montemonaco, Pedaso, Pergola, Poggio San Romualdo, Sant'Angelo in Vado, Sassocorvaro, Servigiano, Spinetoli, Urbino
<b>50&lt;H≤60 mm</b>	Porto Sant'Elpidio
<b>60&lt;H≤70 mm</b>	Loro Piceno

Tabella8: Soglie delle precipitazioni di massima intensità (**H** in mm) per la durata di 3 ore e tempo di ritorno di 14 anni delle 66 stazioni esaminate

<b>30&lt;H≤40 mm</b>	Montecassiano, Sassoferrato
<b>40&lt;H≤50 mm</b>	Arcevia, Arquata del Tronto, Barbara, Bargni, Croce di Casale, Cupramontana, Diga di Carassai, Diga di Talvacchia, Fabriano, Filottrano, Fossombrone, Jesi, Lornano, Moie, Mondolfo, Monterubbiano, Osimo, Petriano, Piè del Sasso, Pievebovigliana, Piobbico, Pioraco, Ripatransone, San Lorenzo in Campo, Tavoletto, Tolentino
<b>50&lt;H≤60 mm</b>	Acquasanta, Amandola, Ancona (Baraccola), Ancona (Torrette), Apiro, Barchi, Bolognola, Calcinelli, Campodiegoli, Cantiano, Carpegna, Corinaldo, Fiume di Fiastra, Fonte Avellana, Foresta della Cesana, Loreto, Montecarotto, Pedaso, Pennabilli, Pergola, Poggio San Romualdo, Sant'Angelo in Vado, Sarnano, Senigallia, Servigiano, Sorti, Urbania, Urbino
<b>60&lt;H≤70 mm</b>	Cagli, Capo il Colle, Fano, Fermo, Mercatello, Montemonaco, Porto Sant'Elpidio, Sassocorvaro, Spinetoli
<b>70&lt;H≤80 mm</b>	Loro Piceno

Tabella9: Soglie delle precipitazioni di massima intensità (**H** in mm) per la durata di 6 ore e tempo di ritorno di 14 anni delle 66 stazioni esaminate

<b>40&lt;H≤50 mm</b>	Barbara, Montecassiano, Sassoferrato
<b>50&lt;H≤60 mm</b>	Bargni, Croce di Casale, Cupramontana, Diga di Carassai, Filottrano, Fossombrone, Jesi, Lornano, Moie, Pievebovigliana, Pioraco, Ripatransone, San Lorenzo in Campo, Tavoletto, Tolentino
<b>60&lt;H≤70 mm</b>	Acquasanta, Amandola, Ancona (Torrette), Arcevia, Arquata del Tronto, Calcinelli, Carpegna, Diga di Talvacchia, Fabriano, Fonte Avellana, Foresta della Cesana, Loreto, Mondolfo, Montecarotto, Monterubbiano, Osimo, Pedaso, Pennabilli, Pergola, Petriano, Piè del Sasso, Piobbico, Porto Sant'Elpidio, Sant'Angelo in Vado, Sarnano, Senigallia, Servigiano, Sorti, Urbania
<b>70&lt;H≤80 mm</b>	Ancona (Baraccola), Apiro, Barchi, Cagli, Campodiegoli, Cantiano, Corinaldo, Fermo, Fiume di Fiastra, Mercatello, Montemonaco, Poggio San Romualdo, Spinetoli, Urbino
<b>80&lt;H≤90 mm</b>	Bolognola, Capo il Colle, Fano, Loro Piceno, Sassocorvaro

Tabella10: Soglie delle precipitazioni di massima intensità (**H** in mm) per la durata di 12 ore e tempo di ritorno di 14 anni delle 66 stazioni esaminate

<b>50&lt;H≤60 mm</b>	Barbara
<b>60&lt;H≤70 mm</b>	Filottrano, Fossombrone, Jesi, Moie, Montecassiano, San Lorenzo in Campo, Sassoferrato
<b>70&lt;H≤80 mm</b>	Ancona (Torrette), Arcevia, Bargni, Croce di Casale, Cupramontana, Diga di Carassai, Fabriano, Lornano, Mondolfo, Montecarotto, Osimo, Pedaso, Pergola, Petriano, Piè del Sasso, Pievebovigliana, Pioraco, Porto Sant'Elpidio, Ripatransone, Senigallia, Servigiano, Tavoletto, Tolentino, Urbania
<b>80&lt;H≤90 mm</b>	Acquasanta, Amandola, Apiro, Arquata del Tronto, Barchi, Cagli, Calcinelli, Carpegna, Fermo, Fonte Avellana, Foresta della Cesana, Loreto, Loro Piceno, Mercatello, Monterubbiano, Pennabilli, Piobbico, Poggio San Romualdo, Sant'Angelo in Vado, Sarnano, Sorti, Spinetoli, Urbino
<b>90&lt;H≤100 mm</b>	Campodiegoli, Cantiano, Corinaldo, Diga di Talvacchia
<b>100&lt;H≤110 mm</b>	Ancona (Baraccola), Capo il Colle, Fano, Fiume di Fiastra, Montemonaco, Sassocorvaro
<b>110&lt;H≤120 mm</b>	Bolognola

Tabella11: Soglie delle precipitazioni di massima intensità (**H** in mm) per la durata di 24 ore e tempo di ritorno di 14 anni delle 66 stazioni esaminate

<b>70&lt;H≤80 mm</b>	Barbara, Filottrano, Fossombrone, Montecassiano, Sassoferrato
<b>80&lt;H≤90 mm</b>	Arcevia, Croce di Casale, Cupramontana, Jesi, Moie, Pergola, Piè del Sasso, Pievebovigliana, Pioraco, Porto Sant'Elpidio, San Lorenzo in Campo, Servigiano
<b>90&lt;H≤100 mm</b>	Ancona (Torrette), Calcinelli, Diga di Carassai, Fabriano, Lornano, Loro Piceno, Mondolfo, Montecarotto, Osimo, Pedaso, Petriano, Ripatransone, Sant'Angelo in Vado, Senigallia, Spinetoli, Tavoletto, Tolentino, Urbania
<b>100&lt;H≤110 mm</b>	Acquasanta, Apiro, Barchi, Bargni, Cagli, Fermo, Fonte Avellana, Foresta della Cesana, Loreto, Mercatello, Monterubbiano, Pennabilli, Piobbico, Poggio San Romualdo, Sarnano, Sorti, Urbino
<b>110&lt;H≤120 mm</b>	Amandola, Arquata del Tronto, Campodiegoli, Cantiano, Carpegna, Corinaldo
<b>120&lt;H≤130 mm</b>	Diga di Talvacchia, Fano, Sassocorvaro
<b>130&lt;H≤140 mm</b>	Ancona (Baraccola), Capo il Colle, Montemonaco
<b>140&lt;H≤150 mm</b>	Fiume di Piastra
<b>150&lt;H≤160 mm</b>	-----
<b>160&lt;H≤170 mm</b>	Bolognola

Per effettuare un'indagine altimetrica è stato utilizzato il metodo dei Boxplots applicato ai dati pluviometrici orari come verrà illustrato nel paragrafo successivo.

### Rappresentazione grafica tramite Boxplots dei dati orari:

Per lo sviluppo di ulteriori considerazioni dai valori più elevati delle precipitazioni registrate annualmente nel periodo 1992-2005 in 1,3,6,12 e 24 ore, sono stati disegnati i Boxplots (figure10-14) relativi ad ogni singolo sito di misura, previa suddivisione del campione di stazioni in 3 fasce altimetriche:

- 1)  $\leq 250\text{m}$  (21 stazioni)
- 2)  $250 \div 450\text{m}$  (21 stazioni)
- 3)  $\geq 450\text{m}$  (24 stazioni).

Attraverso i Boxplots viene fornito un quadro informativo sintetico della distribuzione delle variabili in uso di ciascuna stazione pluviografica.

Il Boxplot è un diagramma costruito a partire da cinque indici statistici: **minimo**, **primo quartile** che sottende il 25% dei dati più piccoli dalla restante parte, **mediana** che divide l'insieme in due parti uguali, **terzo quartile** che sottende il 75% dei dati più piccoli dalla restante parte e **massimo**. Nel rettangolo nero (box) delle figure10-14 è raggruppato il 50% delle osservazioni; essendo le mediane distanti dal centro dei boxes, i dati non risultano distribuiti in maniera simmetrica.

Nella tabella sottostante è riportato il terzo quartile (75°percentile) delle precipitazioni di tutte le stazioni appartenenti a ciascuna fascia altimetrica, relativamente ai valori massimi assoluti caduti in 1,3,6,12 e 24 ore dal 1992 al 2005.

Tabella11: Valori del 75° percentile dei massimi assoluti (in mm) di precipitazione per ogni durata e fasce altimetriche

Durata / Quote	$\leq 250\text{m}$	$250 \div 450\text{m}$	$\geq 450\text{m}$
<b>1h</b>	46.4	49.4	44.7
<b>3h</b>	71.4	78.6	65.3
<b>6h</b>	84.4	84.6	78.5
<b>12h</b>	94.4	90	104.9
<b>24h</b>	108.2	115.8	140.9

L'indagine altimetrica non mostra una dipendenza lineare semplice dei valori massimi delle precipitazioni in 1,3,6,12 e 24 ore dall'altitudine, inoltre dall'analisi delle figure10-14 si osserva una certa variabilità degli eventi piovosi nell'ambito

delle tre fasce altimetriche, in particolar modo in quella a quote inferiori ( $\leq 250$  m) su scala temporale di 3 ore, a quote intermedie ( $250 < 450$  m) in 3, 24 ore e a quote  $\geq 450$  m per periodi di 12, 24 ore. Una misura di tale variabilità è il range interquartile (IQR), calcolato come la differenza tra il terzo ed il primo quartile di ciascuna serie dei massimi assoluti registrati per ogni durata e fasce altimetriche. IQR rappresenta l'ampiezza in mm del range in cui è racchiuso il 50% dei dati intermedi.

Tabella12: Valori del range interquartile (in mm) delle serie dei massimi assoluti di precipitazione per ogni durata e fasce altimetriche

<b>Durata / Quote</b>	<b><math>\leq 250\text{m}</math></b>	<b><math>250 &lt; 450\text{m}</math></b>	<b><math>\geq 450\text{m}</math></b>
<b>1h</b>	9.8	12.4	7.1
<b>3h</b>	23	29.6	11.8
<b>6h</b>	20	22.6	16.7
<b>12h</b>	20.2	14	27.2
<b>24h</b>	19.2	23	35.6

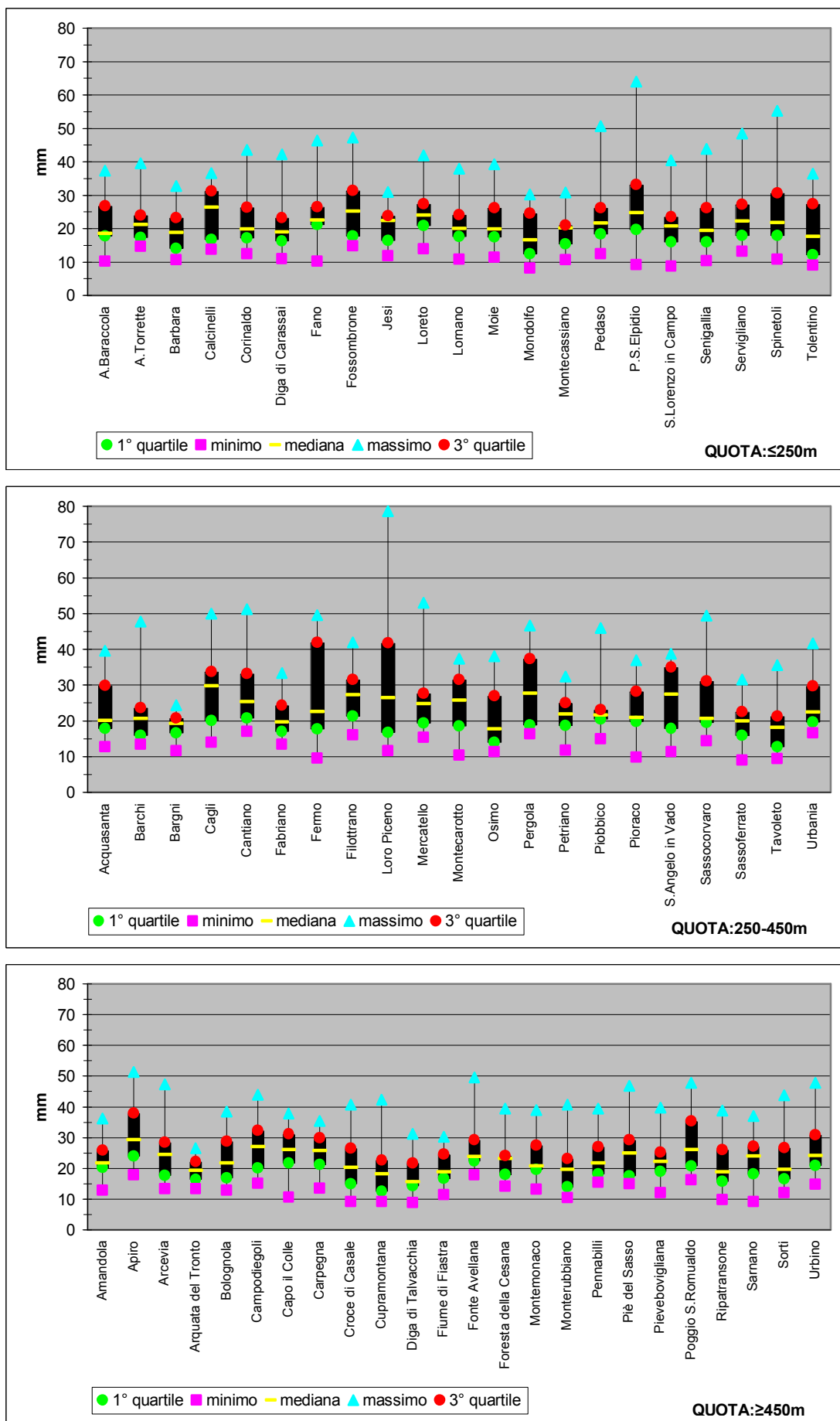


Figura10: Boxplot dei dati osservati di precipitazioni massime annuali in 1 ora dal 1992 al 2005

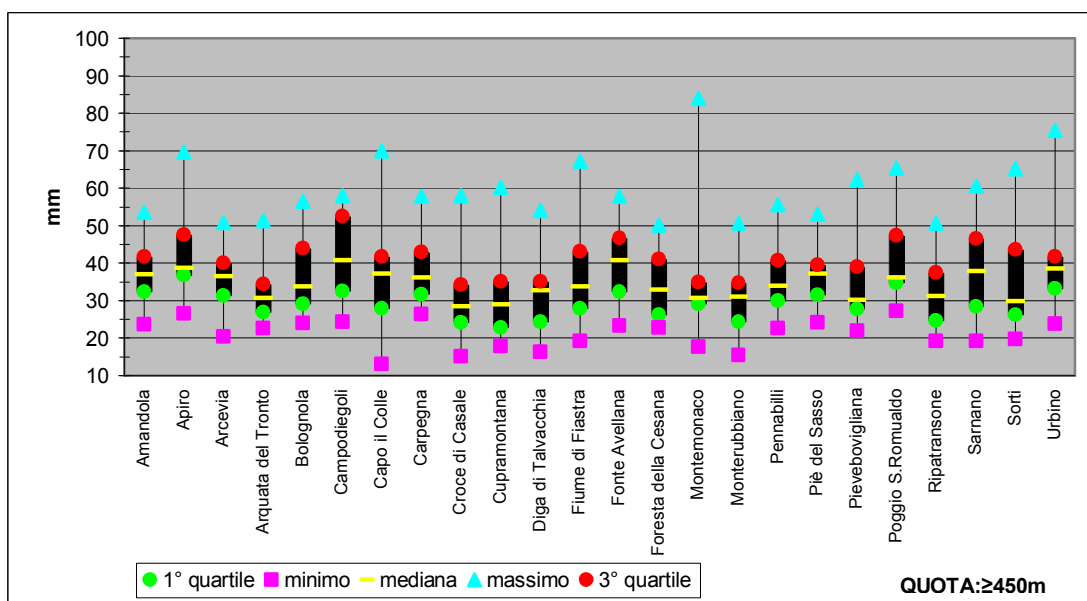
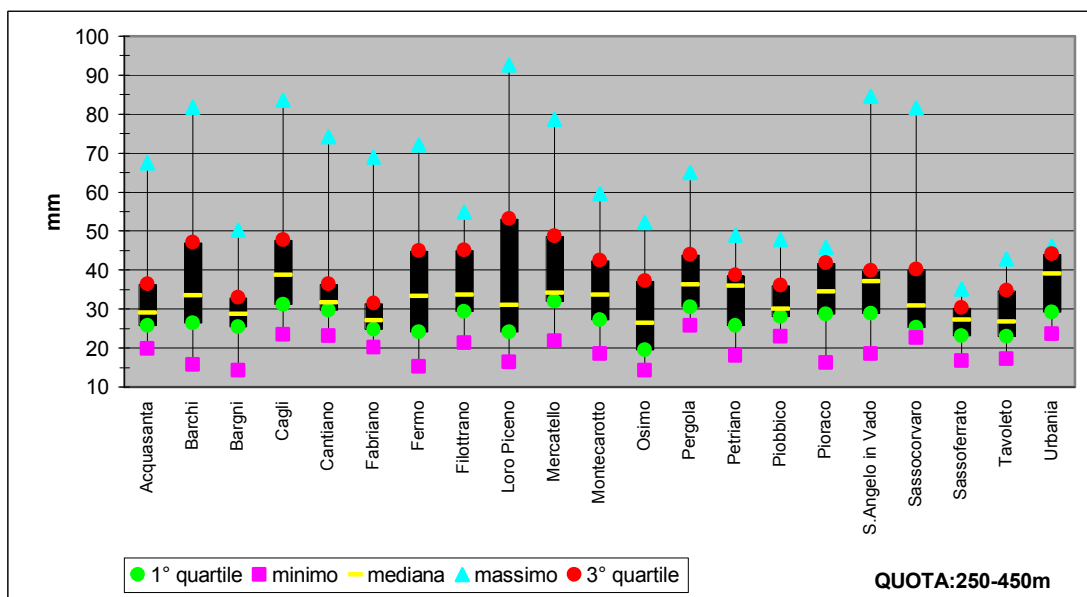
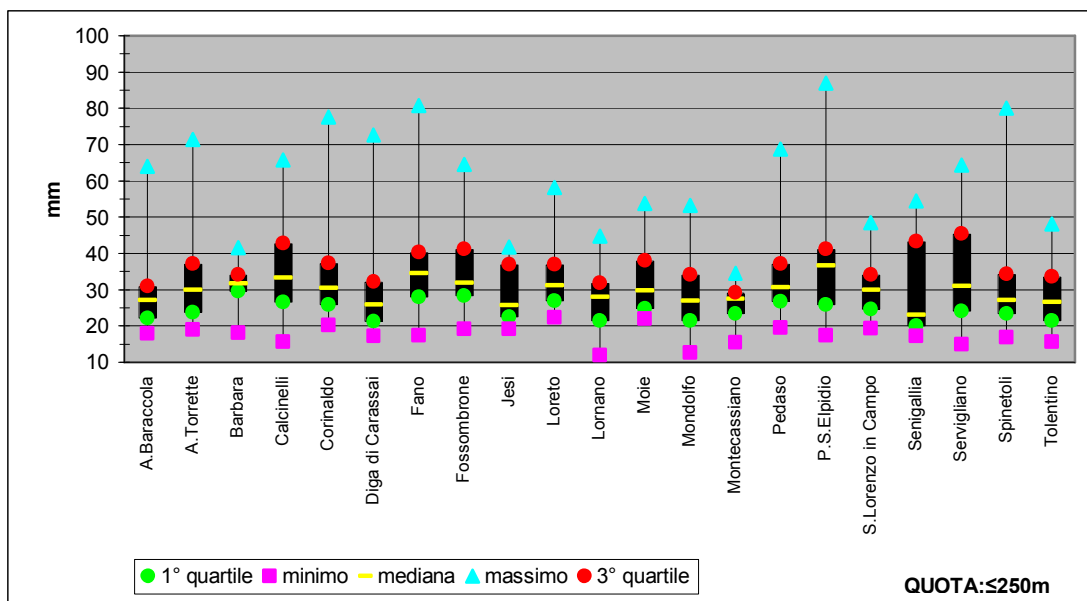


Figura11: Boxplot dei dati osservati di precipitazioni massime annuali in 3 ore dal 1992 al 2005

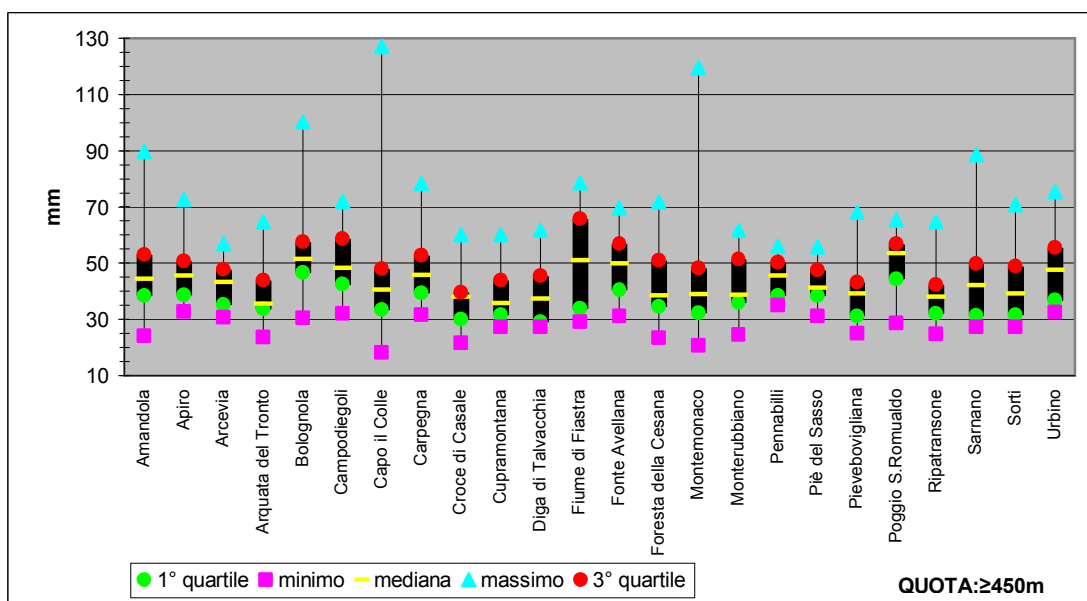
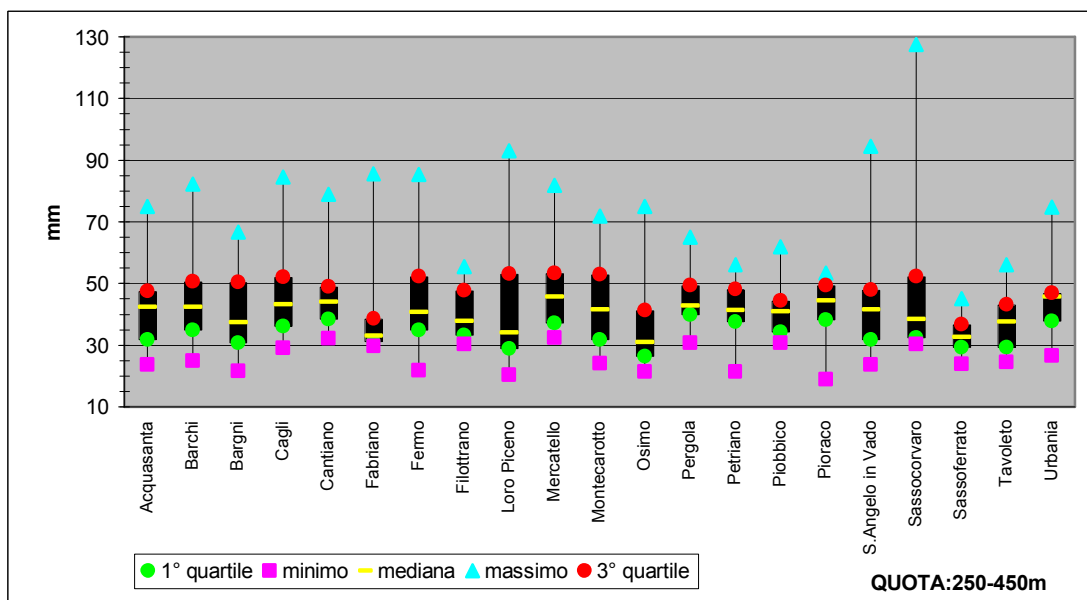
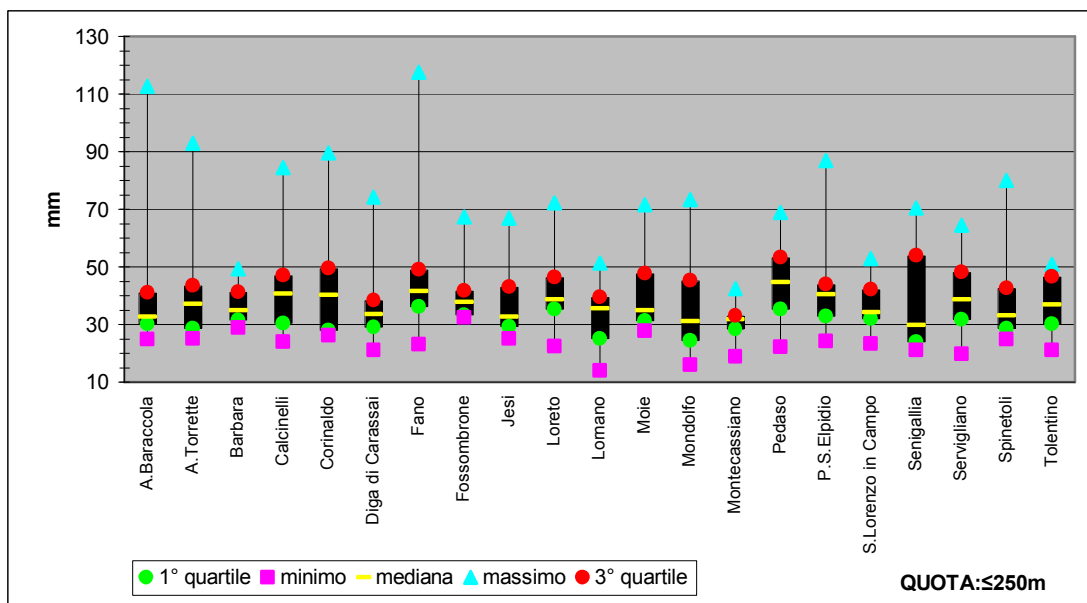


Figura12: Boxplot dei dati osservati di precipitazioni massime annuali in 6 ore dal 1992 al 2005

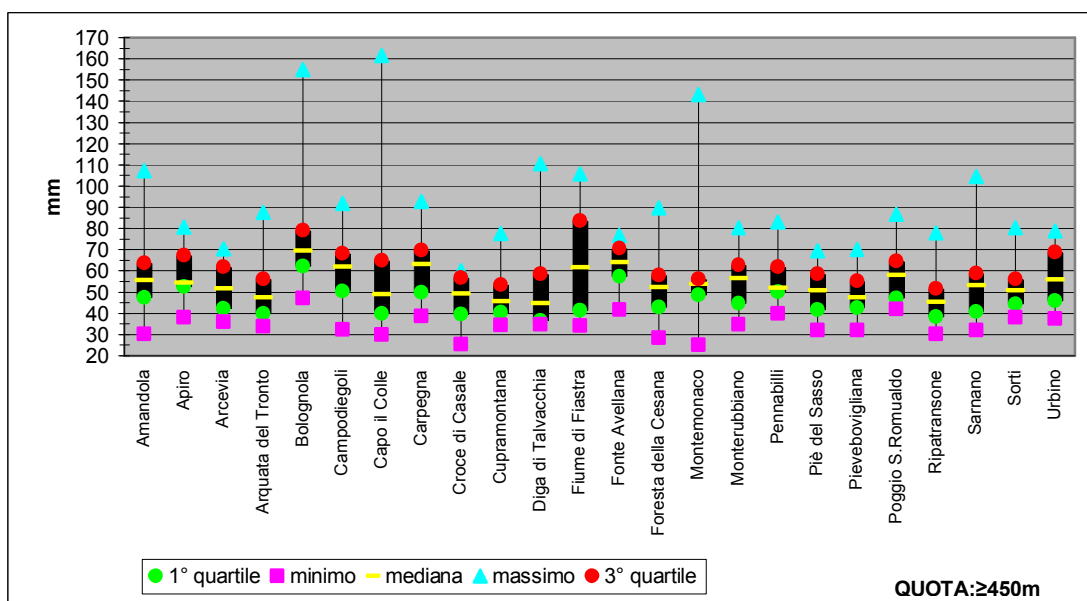
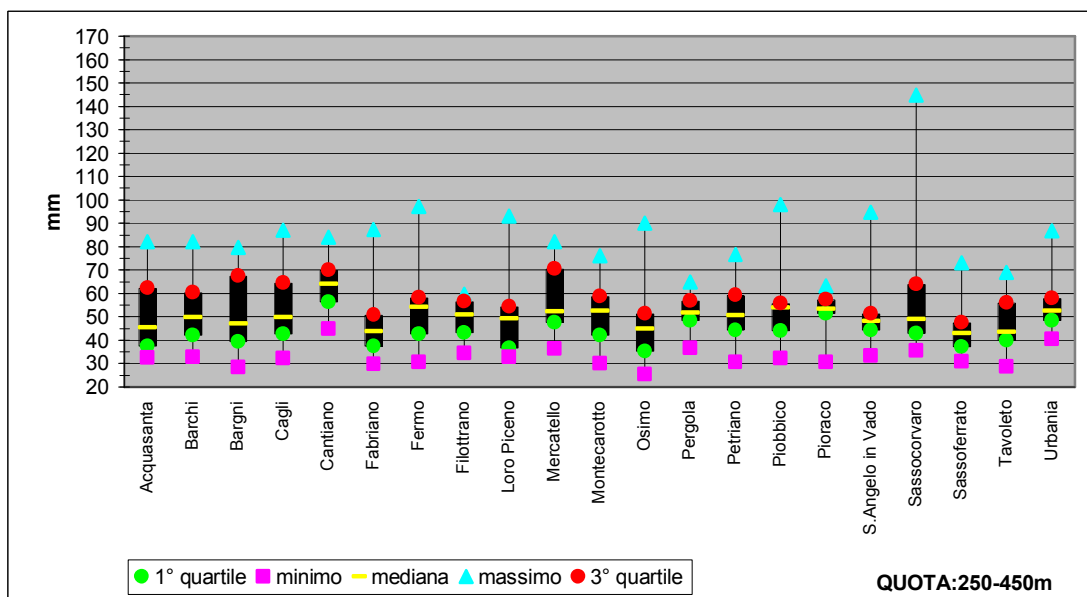
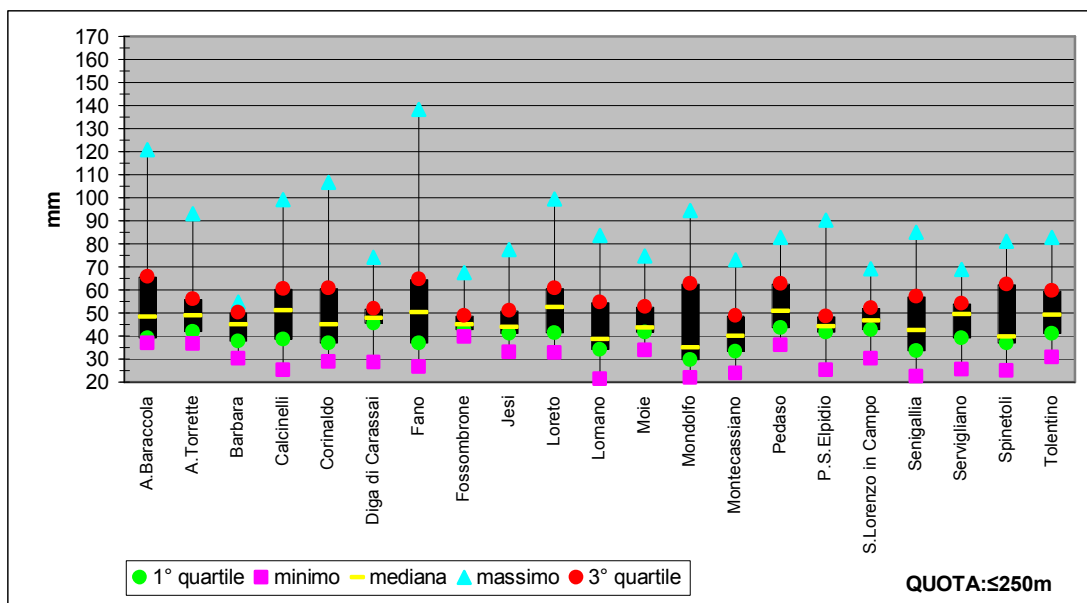


Figura13: Boxplot dei dati osservati di precipitazioni massime annuali in 12 ore dal 1992 al 2005

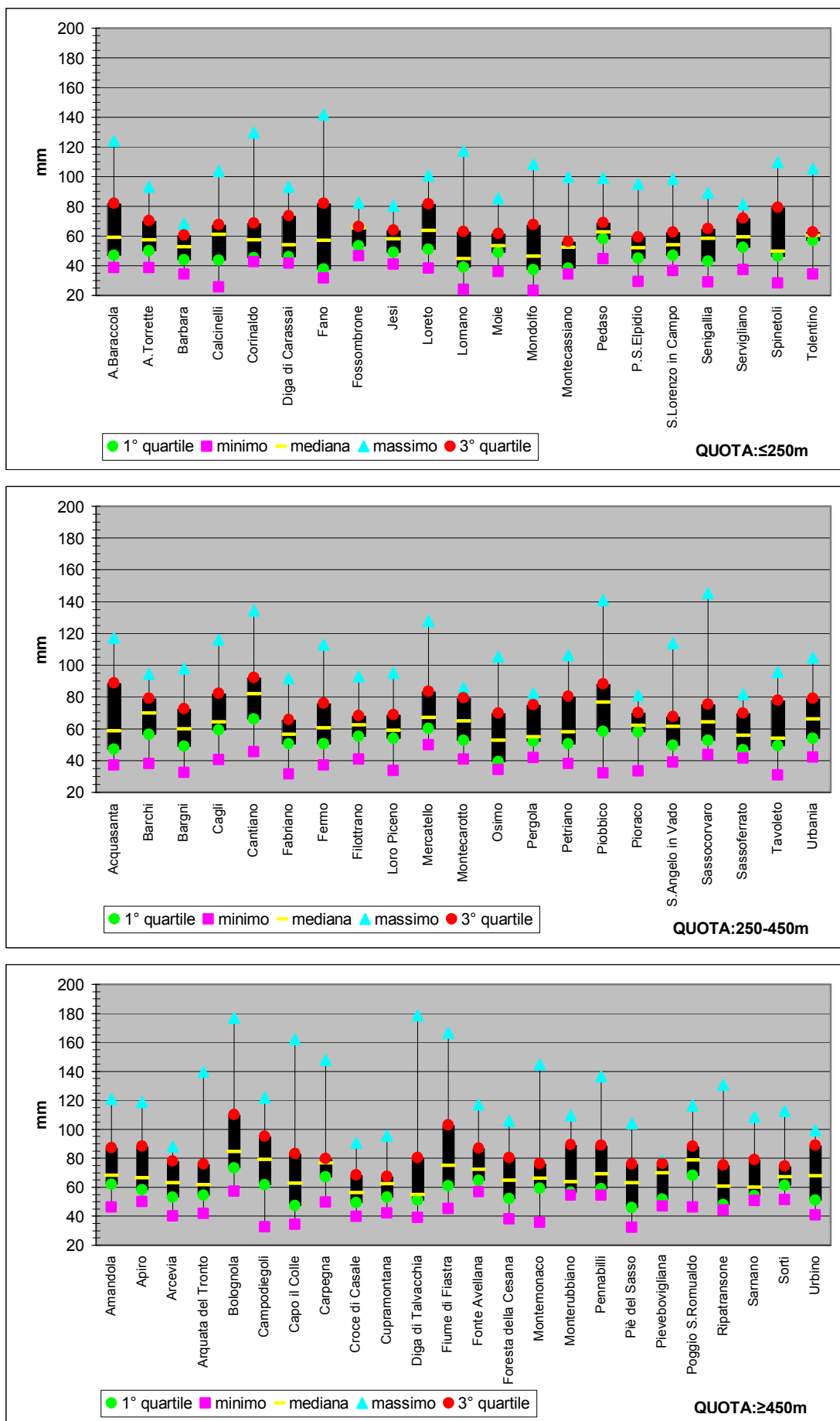


Figura14: Boxplot dei dati osservati di precipitazioni massime annuali in 24 ore dal 1992 al 2005

Un esame più approfondito delle massime precipitazioni in quota è stato realizzato suddividendo la fascia altimetrica  $\geq 450$  m in 3 sottoclassi (450÷650, 650÷750 e 900÷1100 m) ed i risultati conseguiti sono riportati in tabella13.

Tabella13: Valori del 75° percentile dei massimi assoluti (in mm) di precipitazione per ogni durata e sottoclassi altimetriche

<b>Quota / Ore</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
<b>450÷650m</b>	43.2	64.7	77	105.2	133.6
<b>650÷750m</b>	46.1	58	70.5	85.8	134
<b>900÷1100m</b>	43.4	74.7	109.9	148.9	160.8

Va precisato che nella fascia altimetrica compresa tra i 750 e i 900 m non ci sono stazioni pluviometriche esaminate, inoltre tra i 900 e i 1100 m ricadono solo le stazioni di Bologna, Montemonaco e Poggio San Romualdo.

Fatta eccezione per la durata di 1 ora, nella fascia altimetrica compresa tra i 900 e i 1100 m i valori del 75° percentile dei massimi assoluti di precipitazione risultano regolarmente più elevati.

### Tipi di tempo:

In una fase successiva sono state poi analizzate le carte del tempo sull'Europa elaborate dai principali servizi meteorologici (carte della pressione al suolo ed in quota), relativamente ai giorni in cui si sono registrati i valori massimi di precipitazione. Per definire i “tipi di tempo”(cioè le configurazioni bariche) ci si è avvalsi di una classificazione messa appunto dai meteorologi dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata definita dalle lettere: **Aa, Ab, B, C, D, Ea, Eb, Fa, Fb**.

Ora verranno descritte sinteticamente come le varie configurazioni bariche si manifestano sulla nostra penisola e in particolare sulle Marche, poi verranno trattati più in dettaglio le quattro configurazioni bariche principali (B, C, D e Ab) che portano tempo perturbato con precipitazioni nella nostra regione.

Il tipo di tempo **A** con i due sottotipi **Aa** e **Ab**, in generale, in Italia porta precipitazioni abbondanti nelle regioni tirreniche e nord-orientali, le temperature sono per lo più superiori alla norma; venti forti meridionali, di scirocco o di libeccio. La regione Marche trovandosi sottovento alle correnti a causa dell'orografia della penisola italiana, ha condizioni di tempo meno perturbato delle regioni tirreniche.

Il tipo di tempo **B**, in generale porta in Italia tempo perturbato con precipitazioni abbondanti specialmente nel medio e alto versante adriatico e nel basso Tirreno; nelle Marche le precipitazioni sono particolarmente frequenti.

Le condizioni generali del tempo **C** in Italia sono: temperature inferiori alla norma, con precipitazioni frequenti e diffuse, più intense nelle aree peninsulari, più attenuate in quelle settentrionali. Temporalità estivi. Nelle Marche si hanno precipitazioni frequenti diffuse ma di media o debole intensità.

Nel tipo di tempo **D** in Italia le temperature sono inferiori alla norma, con precipitazioni sporadiche al nord, mentre al sud sono più frequenti e di debole intensità. Nelle Marche, nei mesi invernali determina afflussi di aria fredda dai Balcani con conseguente abbassamento della temperatura che non sale mai al di sopra della media stagionale.

Per quanto riguarda i due sottotipi di tempo **E**, abbiamo con **Ea** bel tempo generalizzato su tutta Italia con temperature superiori alla norma; con il sottotipo **Eb** le condizioni del tempo sull'Italia sono buone con temperature sulla norma, se però si stabiliscono correnti nord-occidentali ed isobare con debole curvatura ciclonica, possono determinarsi condizioni di maltempo.

Infine per quanto concerne i due sottotipi del tempo **F**, con il primo **Fa**, in Italia, le precipitazioni possono essere frequenti e diffuse sulle regioni settentrionali ed in quelle del versante tirennico, con temperature per lo più al di sopra della norma, con il sottotipo **Fb** si hanno in Italia condizioni di bel tempo, con sporadiche precipitazioni limitate all'alto Tirreno

*I fenomeni alluvionali recenti nella regione Marche: back - analysis delle condizioni meteorologiche scatenanti.*

I dati così raccolti ed elaborati sono stati quindi utilizzati (a conclusione del periodo di stage) per ricostruire le condizioni esistenti e pregresse ad alcuni eventi alluvionali violenti che hanno interessato la Regione Marche negli ultimi 15 anni; il fine ultimo è quello di riconoscere dei “tipi di tempo” (ovvero delle condizioni bariche) simili, che permettano da una parte di associare i diversi eventi alluvionali a condizioni meteorologiche analoghe e dall'altra di prevedere eventi potenzialmente pericolosi con qualche ora o addirittura giorno di anticipo. Nell'ambito delle problematiche poste dalla protezione civile infatti, la difesa dalle inondazioni è sicuramente tra quelle prioritarie a causa della frequenza con cui tali fenomeni colpiscono il territorio nazionale.

A tal proposito sono stati presi in considerazione cinque eventi alluvionali particolarmente intensi che hanno causato danni sia a persone che a infrastrutture:

- 1) L'alluvione del Tronto del 8,9,10 Aprile 1992
- 2) L'alluvione del Potenza del 30 Novembre e 1 Dicembre 1998
- 3) L'alluvione del Tenna del 9 e 10 Luglio 1999
- 4) L'alluvione del Tronto del 3,4,5 Ottobre 2000
- 5) L'alluvione del Tenna del 9,10,11 e 12 Aprile 2005



Veduta della bassa valle del Fiume Tronto qualche giorno dopo l'alluvione dell'aprile 1992



Fiume Potenza. Località Sambucheto, comune di Montecassiano. Evento del 30.11/01.12.1998



Fiume Potenza. Località: campo sportivo di Sambucheto. Evento del 30.11/01.12.1998

Per quanto riguarda i “tipi di tempo” verificatisi contestualmente e nei giorni precedenti gli eventi si è proceduto ad una raccolta dei dati esistenti per l’Europa (e in particolare le carte della pressione al suolo ed in quota) elaborate dai principali servizi meteorologici.

Le carte edite da NCEP (National Centers for Environmental Prediction) di seguito riportate mostrano la pressione al suolo indicata dalle isobare (in ettoPascal, hPa) e la pressione in quota (decametri sul livello del mare il cui valore barico è pari a 500 hPa); la lettera H indica Alta Pressione, mentre la lettera T indica Bassa Pressione.

Dallo studio delle suddette carte è stato possibile individuare 4 principali tipi di tempo (**D**, **B**, **C**, **Ab**) che portano tempo perturbato con precipitazioni più o meno intense nella nostra regione, a pagina seguente verranno mostrate le configurazioni meteorologiche.

## Tempo B

Al suolo: Area depressionaria isolata ma ben evidenziata sul Mediterraneo centrale

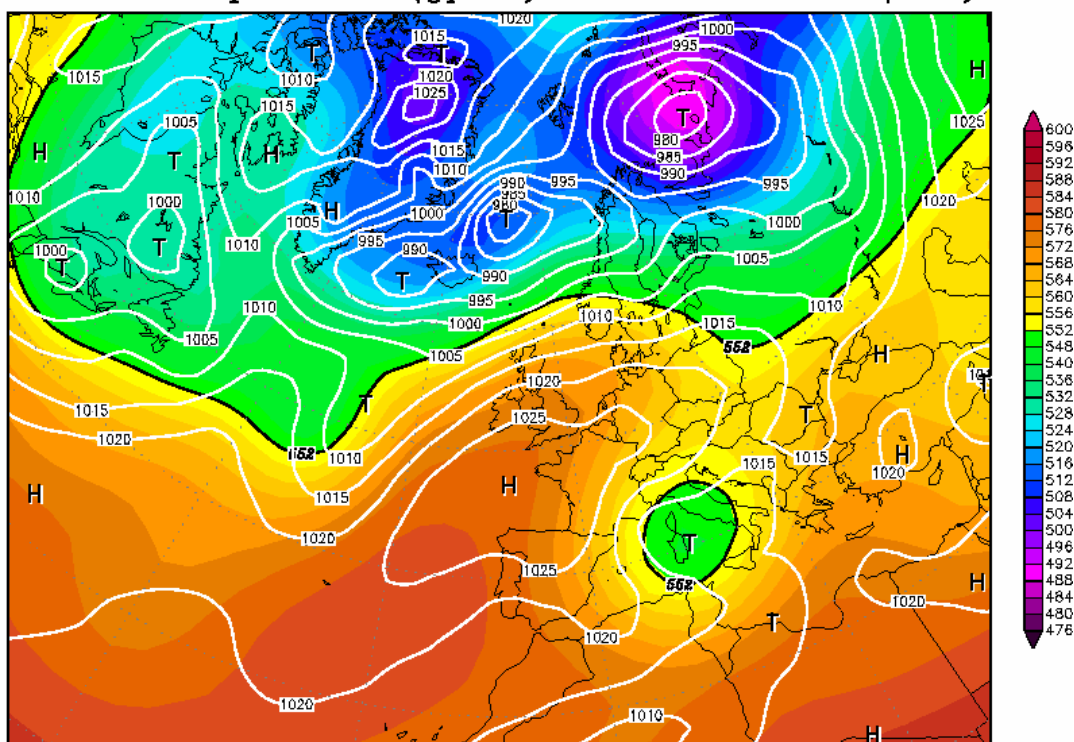
In quota: Bassa Pressione isolata in quota sull'Italia, spesso collegata ad una depressione profonda principale presente a più alte latitudini

Alta Pressione sul continente europeo, sotto forma di una fascia che unisce l'anticiclone atlantico con quello russo-siberiano.

Tempo perturbato con abbondanti precipitazioni. Le precipitazioni nelle Marche sono frequenti. Le Temperature possono trovarsi nella norma se la depressione è a Occidente dell'Italia, si trovano sotto la norma se il centro di azione è sui mari adiacenti o sulla penisola italiana. Questo tipo di tempo è particolarmente frequente nella stagione fredda.

09APR1999 00Z

*500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)*



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

## Tempo C

Saccatura da nord in quota sull'Italia con asse parallelo ai Meridiani, bassa fredda profonda sulle regioni baltiche.

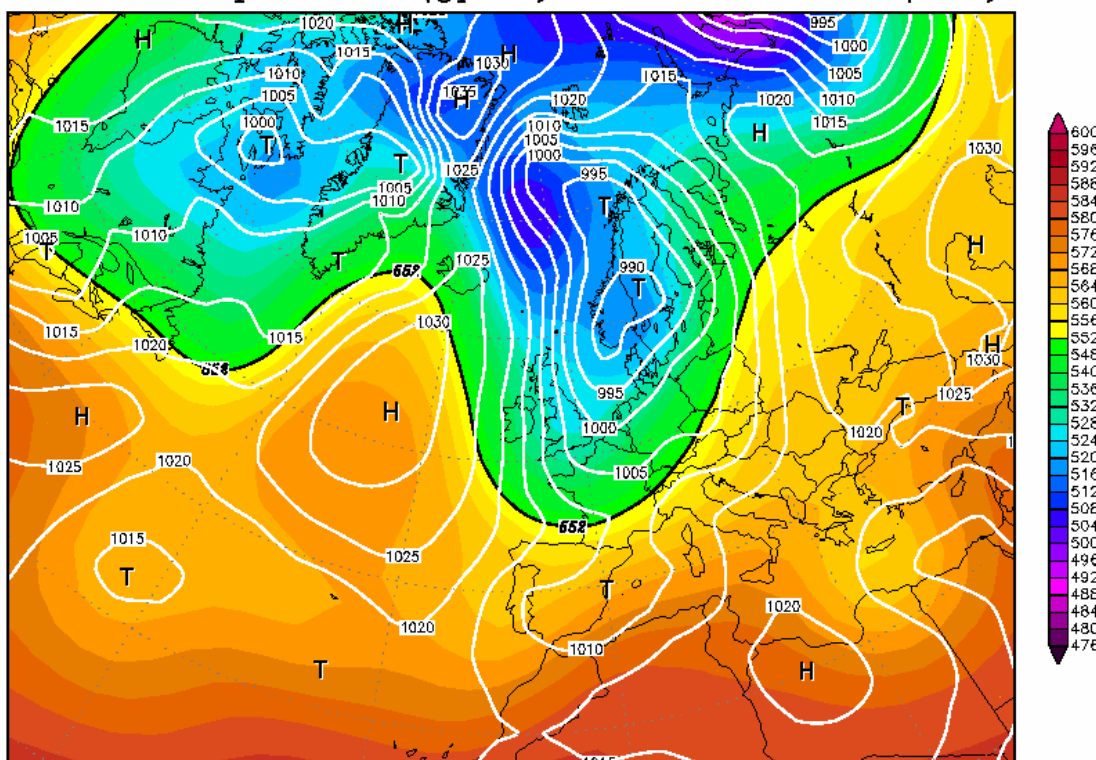
Al suolo: l'Anticiclone Atlantico si spinge verso l'Europa centrale ma a nord delle Alpi

In quota: depressione fredda sulla Scandinavia o sulla Danimarca, alta pressione sul Mediterraneo occidentale che a volte si estende fino al mar del Nord

Le temperature sono inferiori alla norma, precipitazioni frequenti e diffuse, più intense nelle aree peninsulari, più attenuate in quelle settentrionali, temporali in estate. Nelle Marche si hanno frequenti precipitazioni, diffuse ma di media o debole intensità, possibilità di nevicate.

08APR2005 00Z

*500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)*



## TempoAb

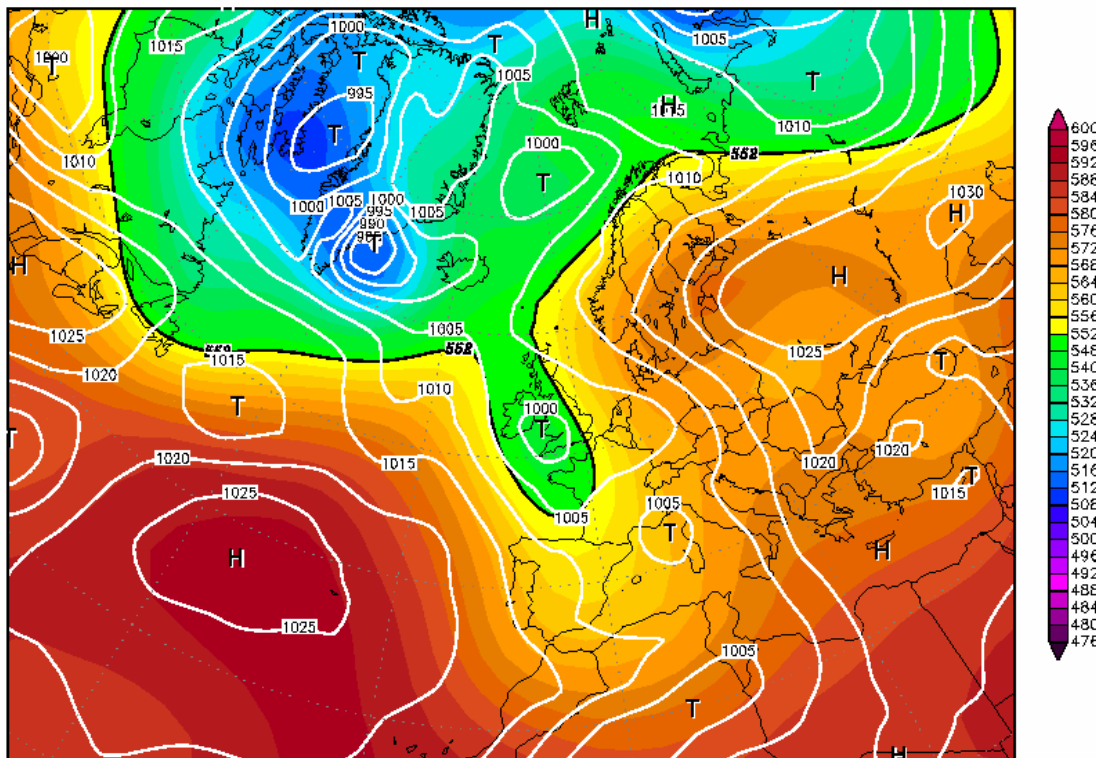
Al suolo: Bassa pressione sul Mediterraneo occidentale che può espandersi fino al Tirreno, normalmente la bassa pressione è la estensione di una profonda area depressionaria presente a nord-ovest delle Alpi o sulle Isole Britanniche

In quota: Bassa pressione sul Mediterraneo occidentale che può presentarsi come una saccatura da nord che interessa il Mediterraneo occidentale fino ad influenzare l'Italia, l'asse della saccatura è orientata verso nord-ovest o nord.

Precipitazioni abbondanti nelle regioni tirreniche e nord-orientali in spostamento verso le altre regioni. Temperature superiori alla norma.

30SEP2000 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

## Tempo D

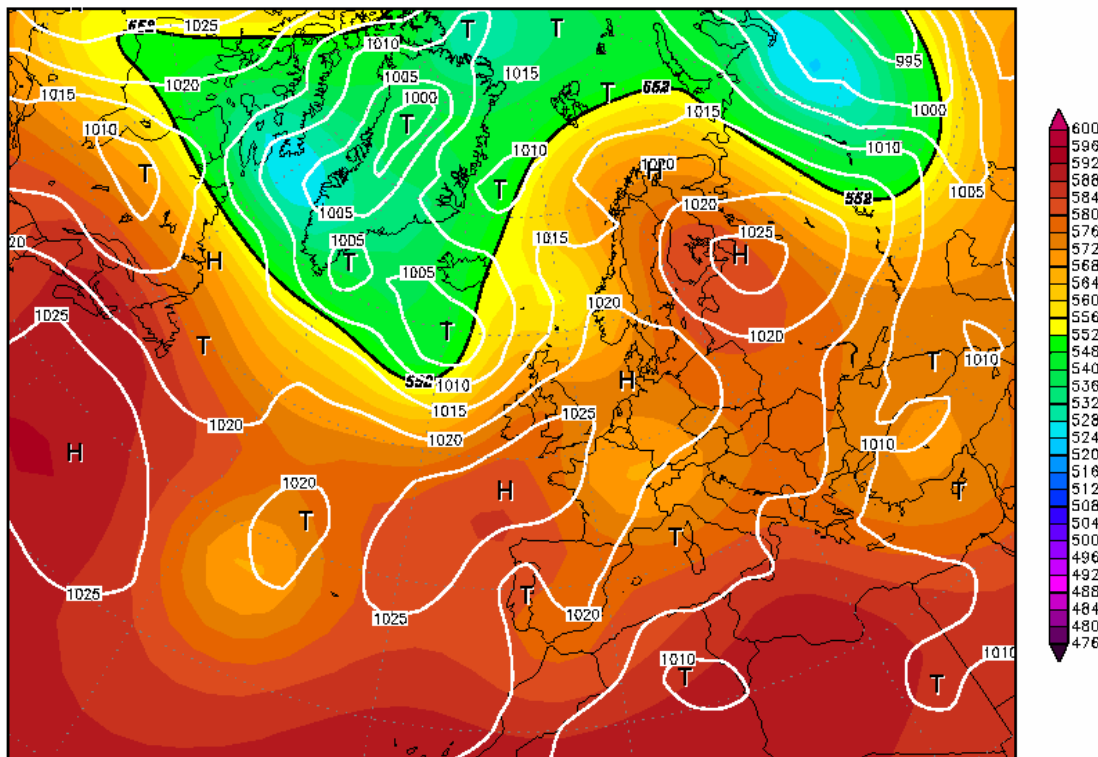
Al suolo: vasto anticiclone sull'Europa centro-occidentale, con il massimo barico sulla Germania o a volte sulla Polonia. Bassa pressione sull'Europa orientale e meridionale. L'anticiclone è in generale stabile e persistente, esso estende la sua influenza fin su l'Europa orientale, spingendosi fino alla Russia centro-settentrionale, sulla Turchia e sul Mediterraneo orientale è presente una depressione, che tende ad interessare le regioni centro-meridionali italiane, in particolare quelle del versante adriatico dalle Marche alla Puglia.

In quota: saccatura fredda da nord-est sull'Italia, promontorio caldo che da sud-ovest si spinge verso le regioni occidentali e centrali europee.

Le temperature sono inferiori alla norma, le precipitazioni sporadiche al nord, più frequenti e di debole o media intensità al sud.

14JUN1999 00Z

*500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)*



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

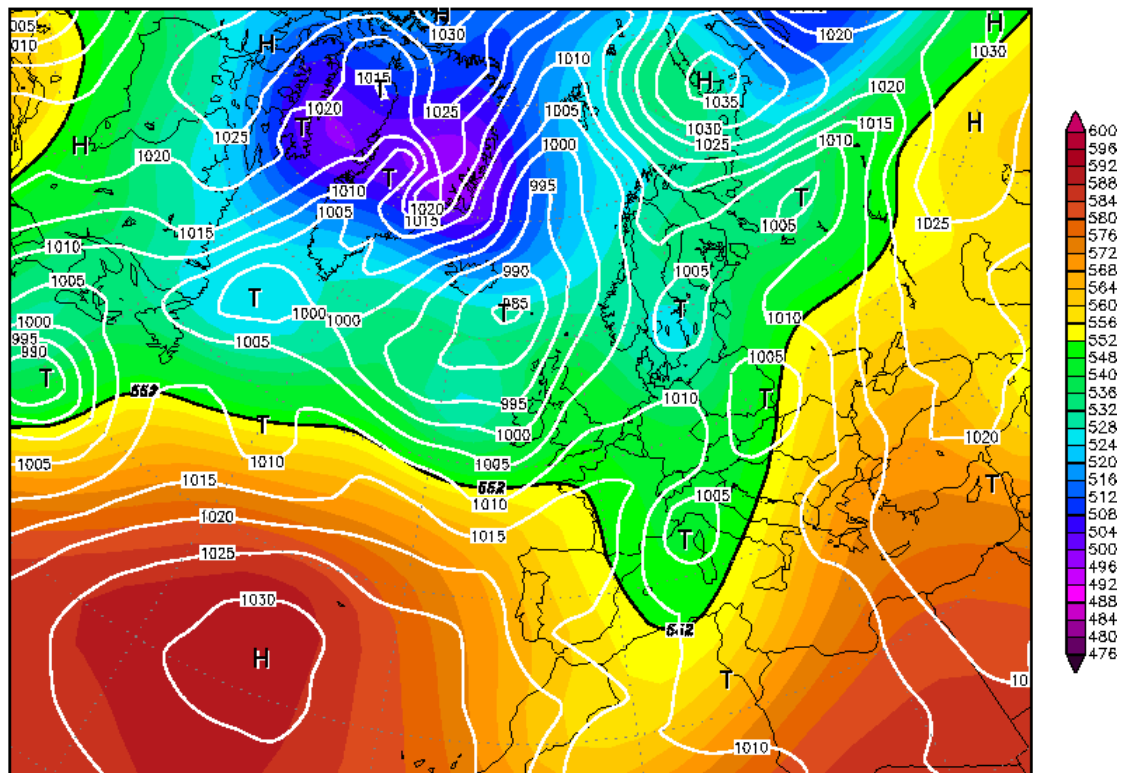
Ritornando agli eventi alluvionali sopra citati, l'analisi delle carte del tempo delle ore e dei giorni precedenti il fenomeno (di seguito mostrate) hanno permesso di riconoscere le seguenti condizioni:

Data evento	Fiume	Tipo di tempo
6 Aprile 1992	Tronto	D
7 Aprile 1992	Tronto	D
8 Aprile 1992	Tronto	D
9 Aprile 1992	Tronto	D-B
10 Aprile 1992	Tronto	D
28 Novembre 1998	Potenza	D-B
29 Novembre 1998	Potenza	D-B
30 Novembre 1998	Potenza	B
1 Dicembre 1998	Potenza	B
7 Luglio 1999	Tenna	C
8 Luglio 1999	Tenna	C
9 Luglio 1999	Tenna	C-D
10 Luglio 1999	Tenna	D
29 Settembre 2000	Tronto	Ab
30 Settembre 2000	Tronto	Ab
1 Ottobre 2000	Tronto	Ab
2 Ottobre 2000	Tronto	Ab-B
3 Ottobre 2000	Tronto	B
4 Ottobre 2000	Tronto	B
5 Ottobre 2000	Tronto	B
7 Aprile 2005	Tenna	C
8 Aprile 2005	Tenna	C
9 Aprile 2005	Tenna	C
10 Aprile 2005	Tenna	C-B
11 Aprile 2005	Tenna	B
12 Aprile 2005	Tenna	B

In giallo vengono indicate le date dell'evento, in verde i 2 giorni precedenti

06APR1992 00Z

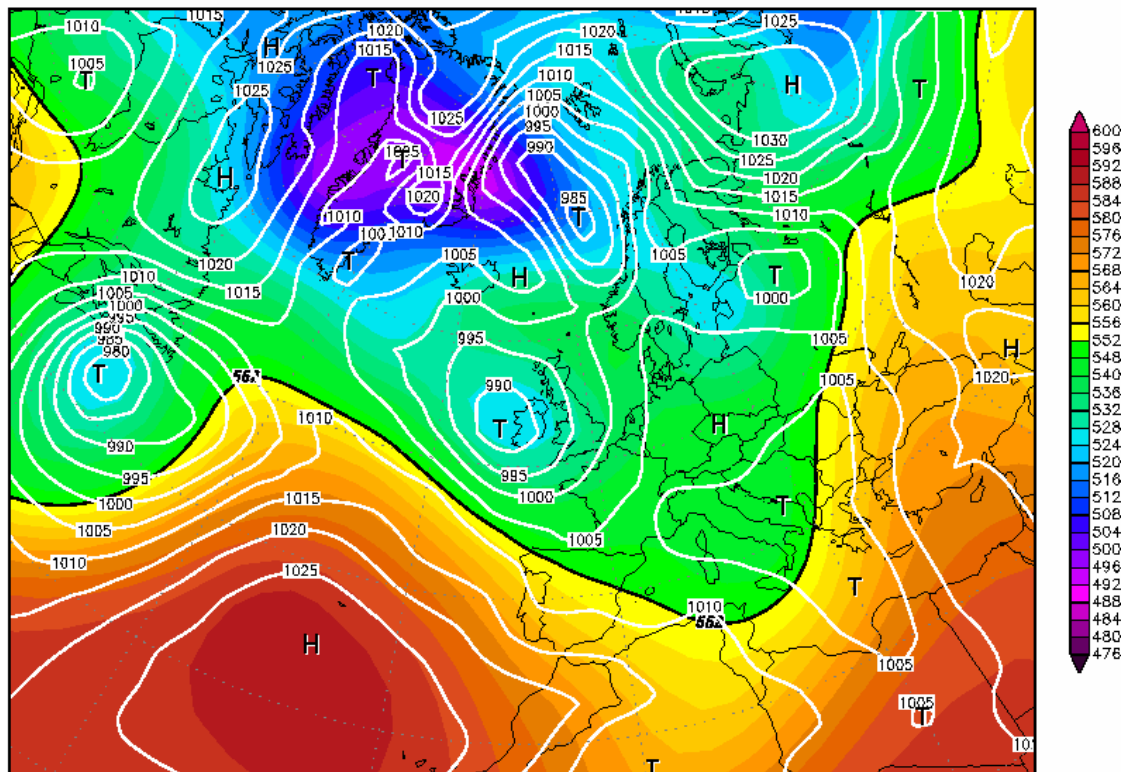
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

07APR1992 00Z

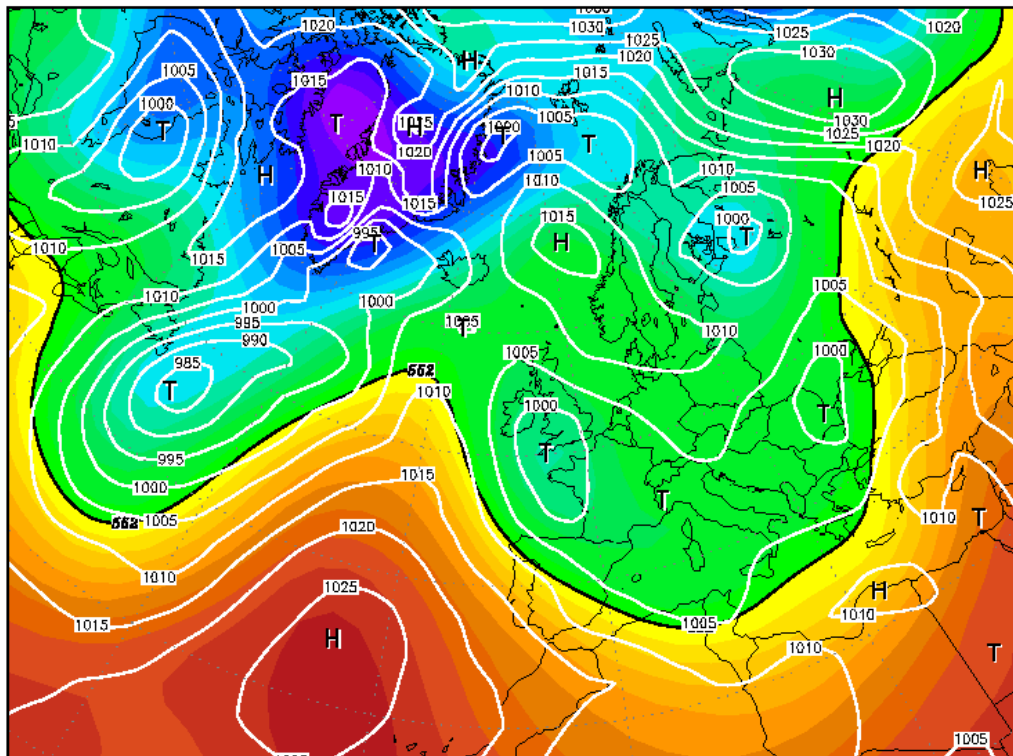
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

08APR1992 00Z

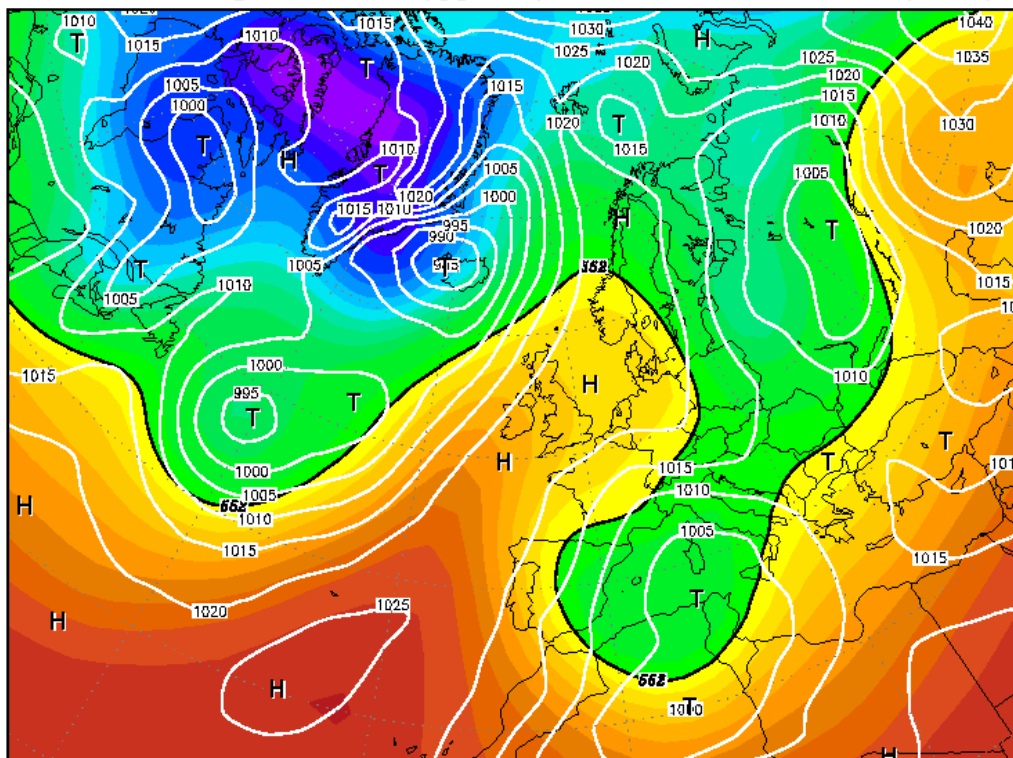
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

09APR1992 00Z

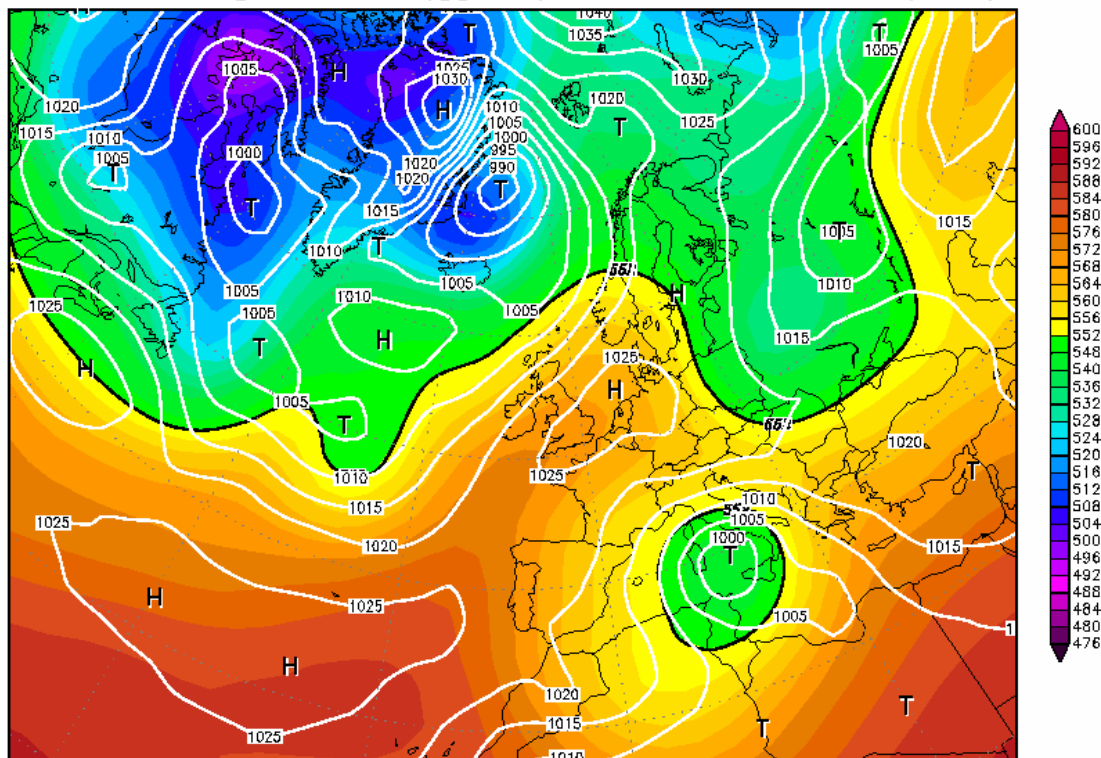
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

10APR1992 00Z

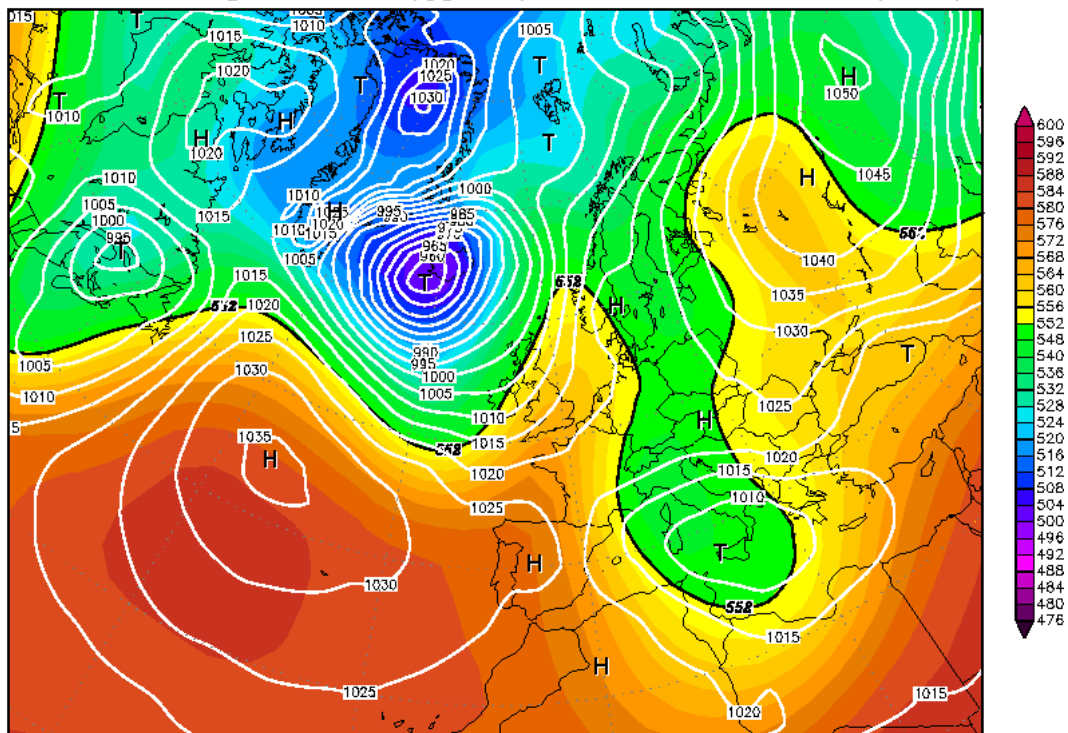
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

28NOV1998 00Z

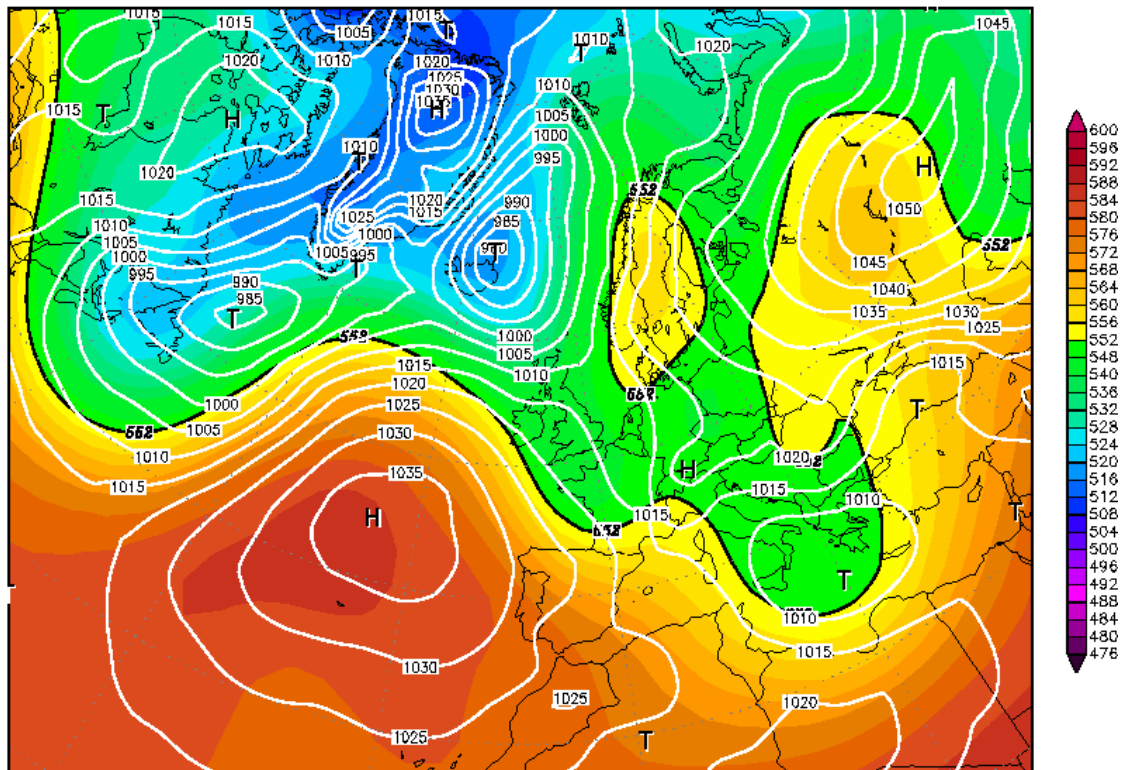
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

29NOV1998 00Z

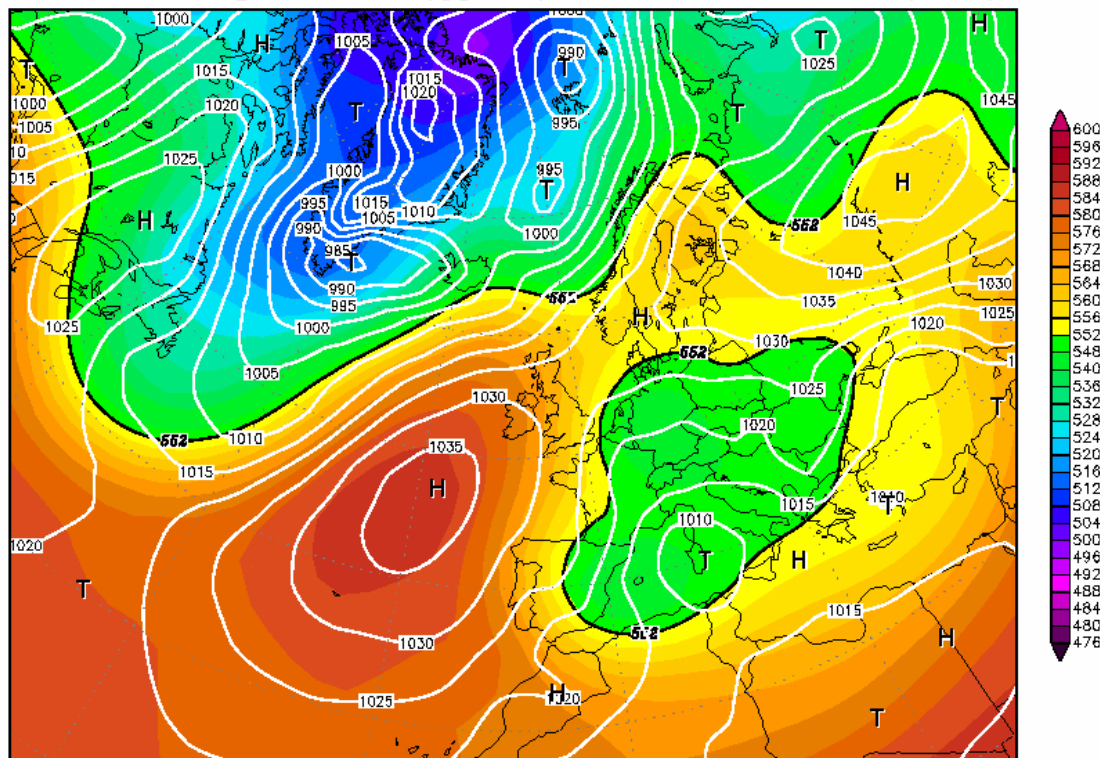
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

30NOV1998 00Z

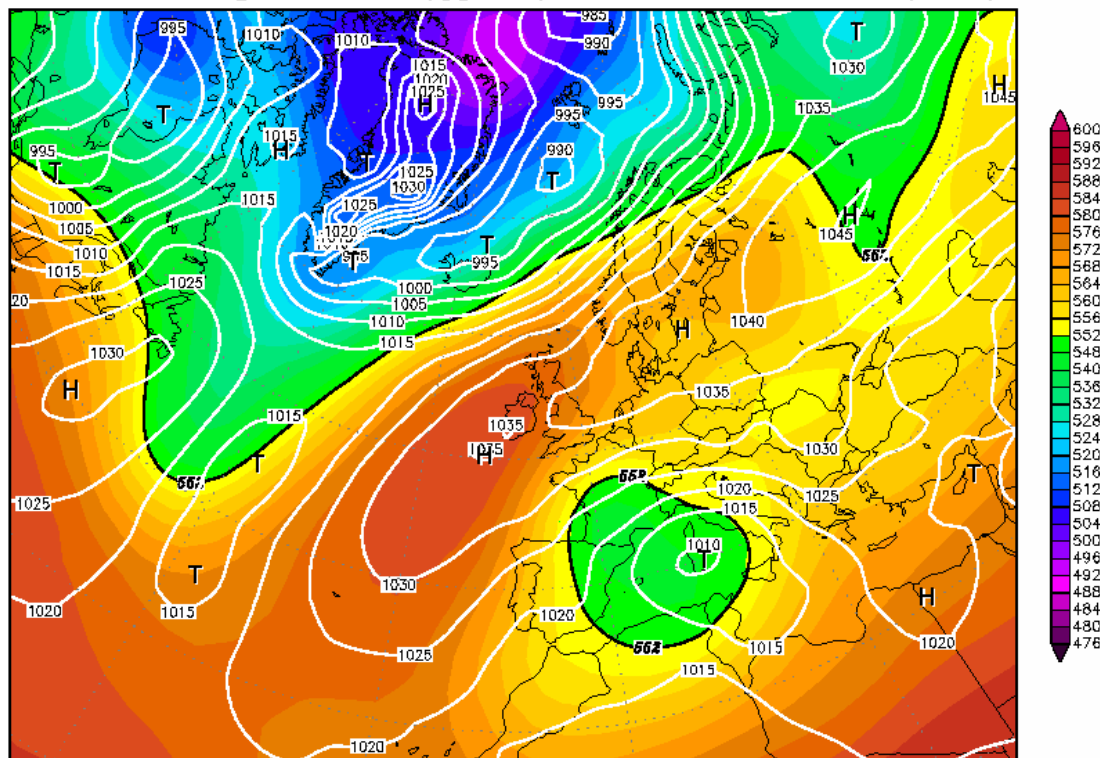
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

01DEC1998 00Z

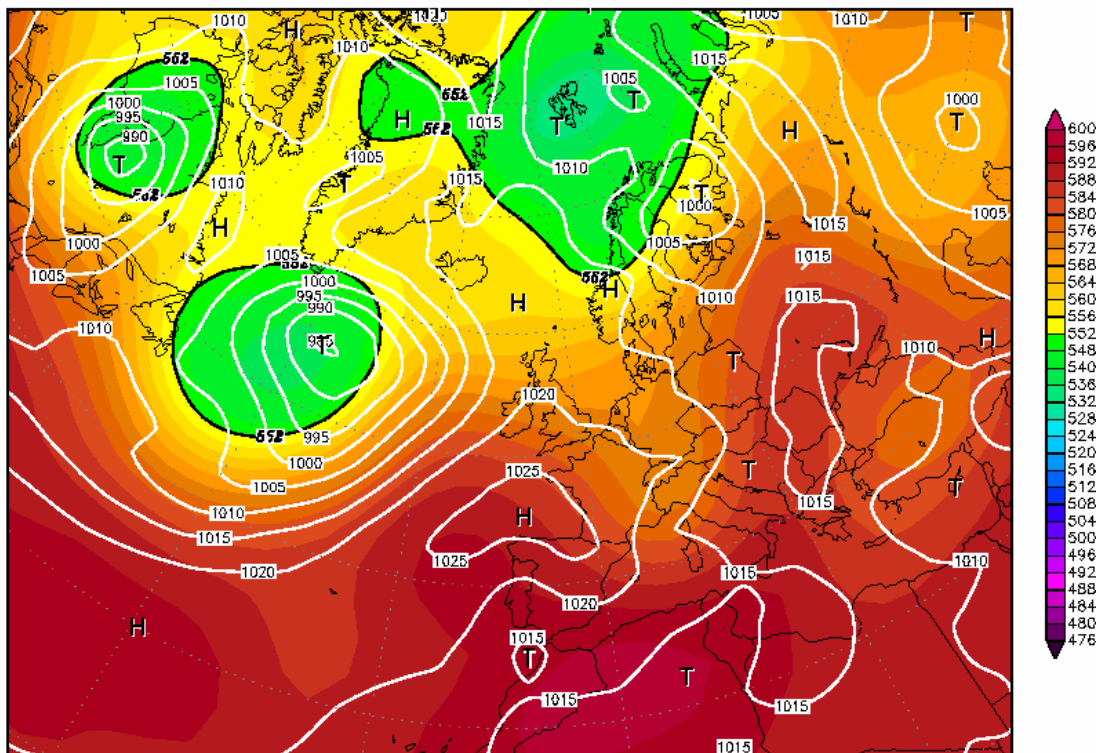
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

07JUL1999 00Z

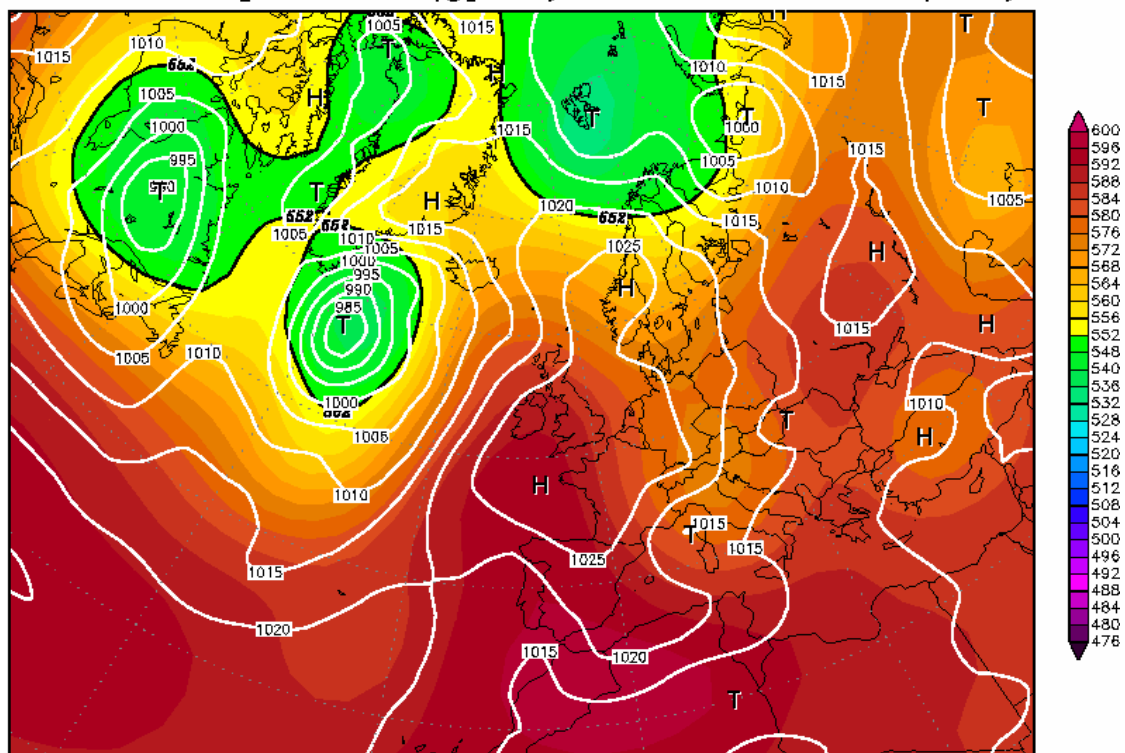
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

08JUL1999 00Z

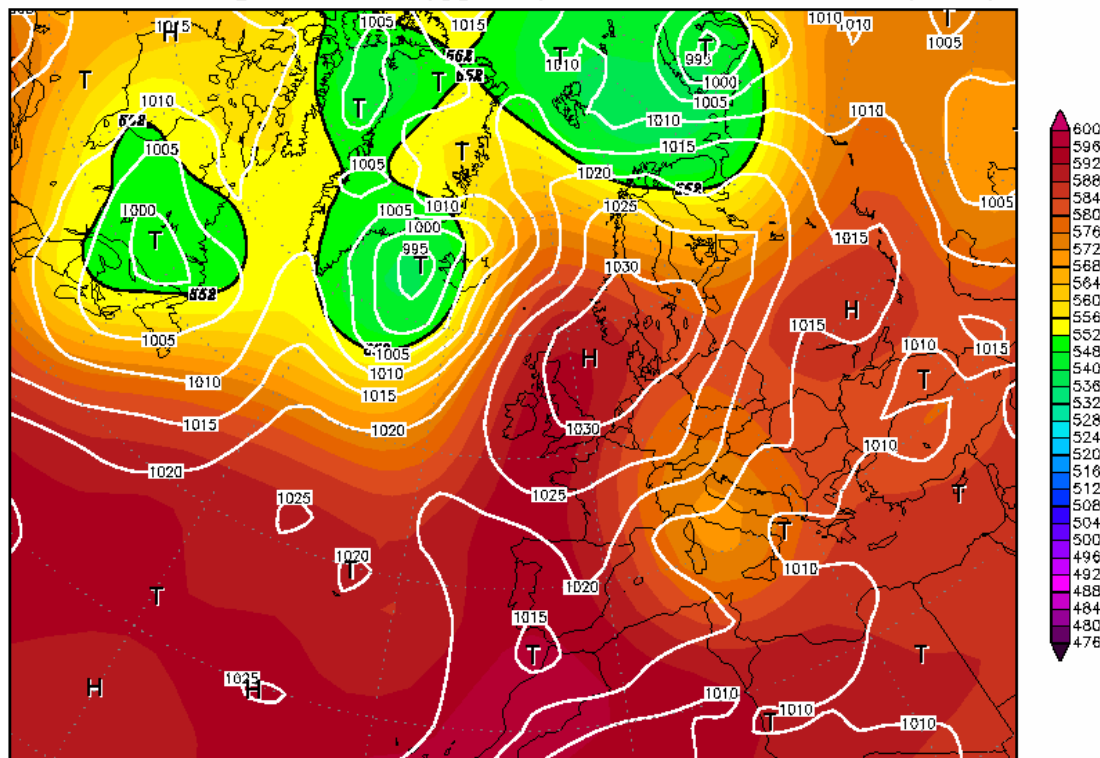
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

09JUL1999 00Z

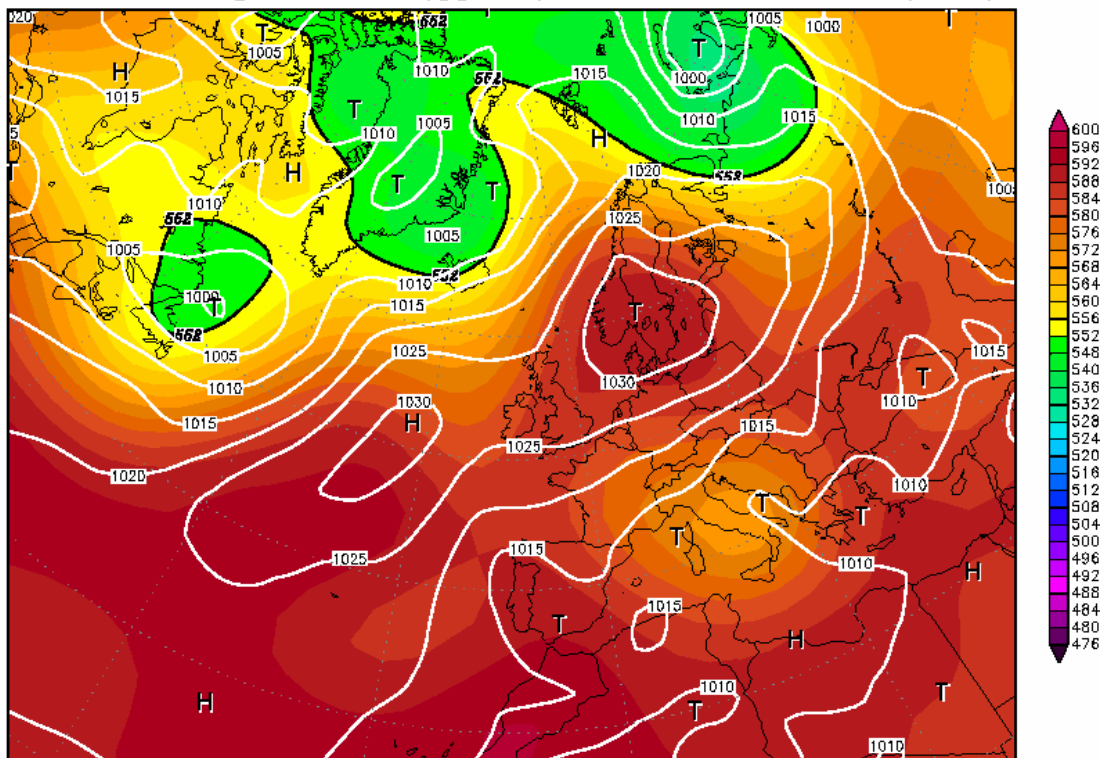
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

10JUL1999 00Z

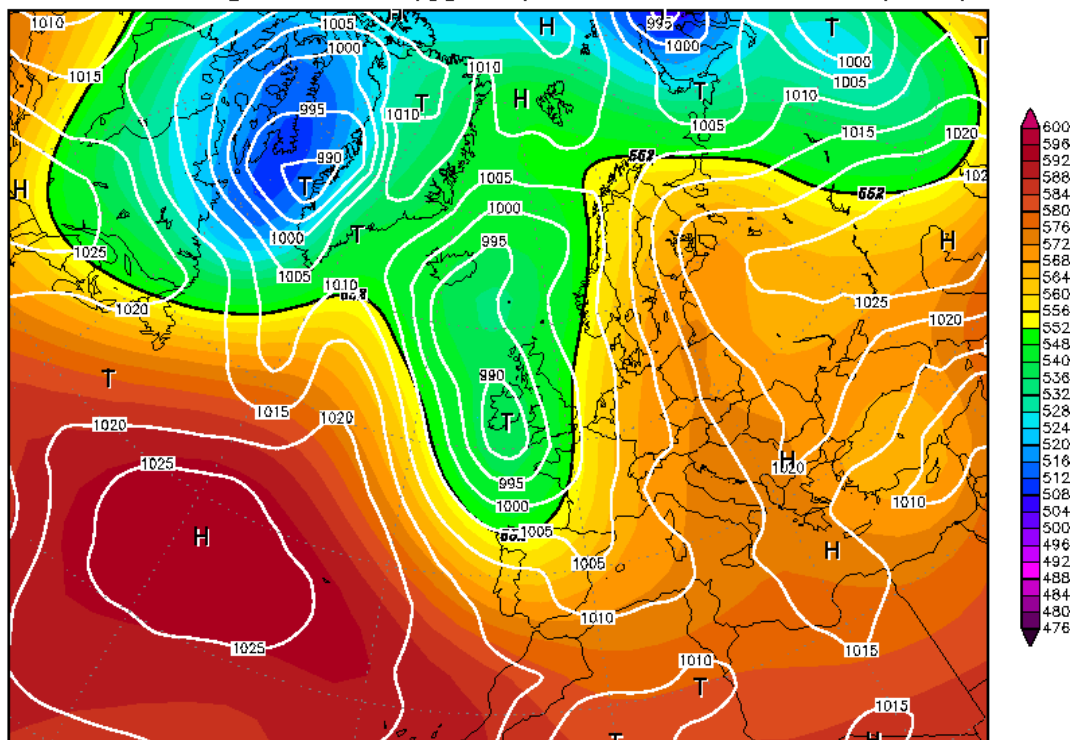
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

29SEP2000 00Z

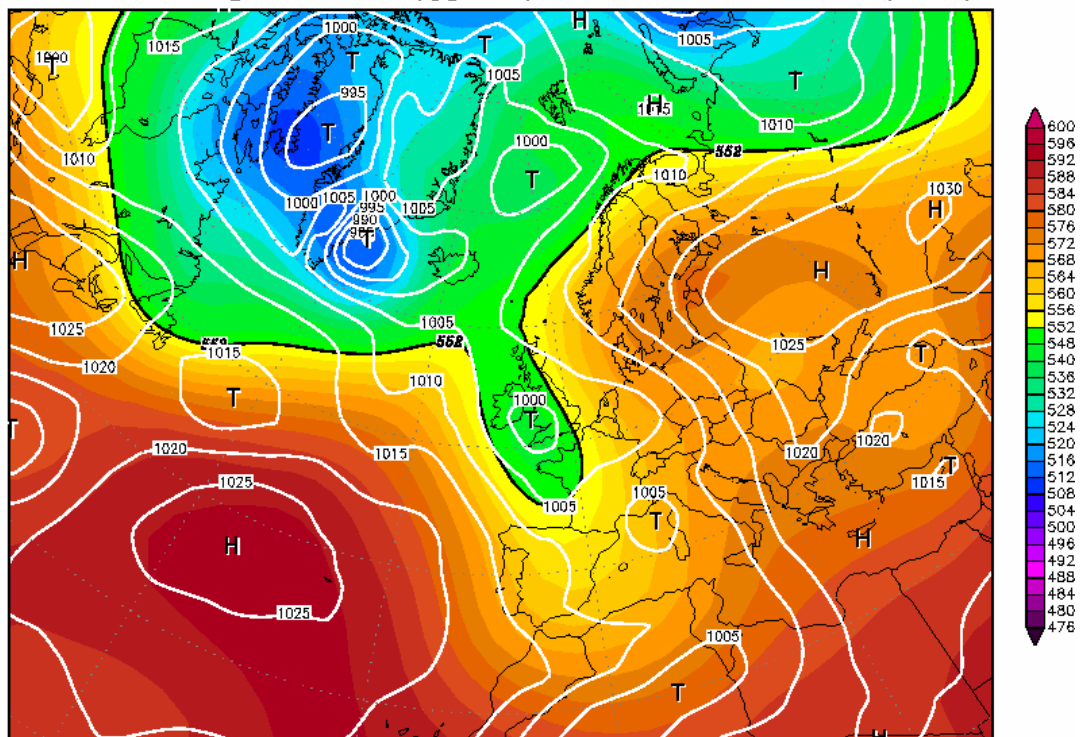
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

30SEP2000 00Z

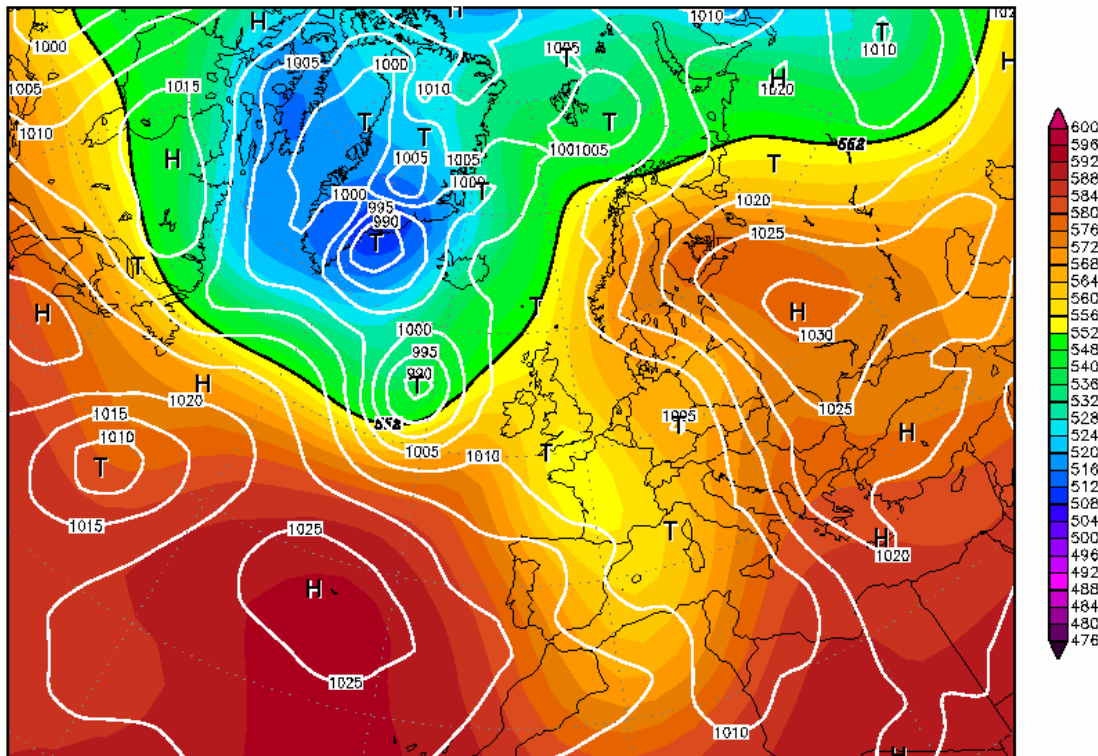
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

01OCT2000 00Z

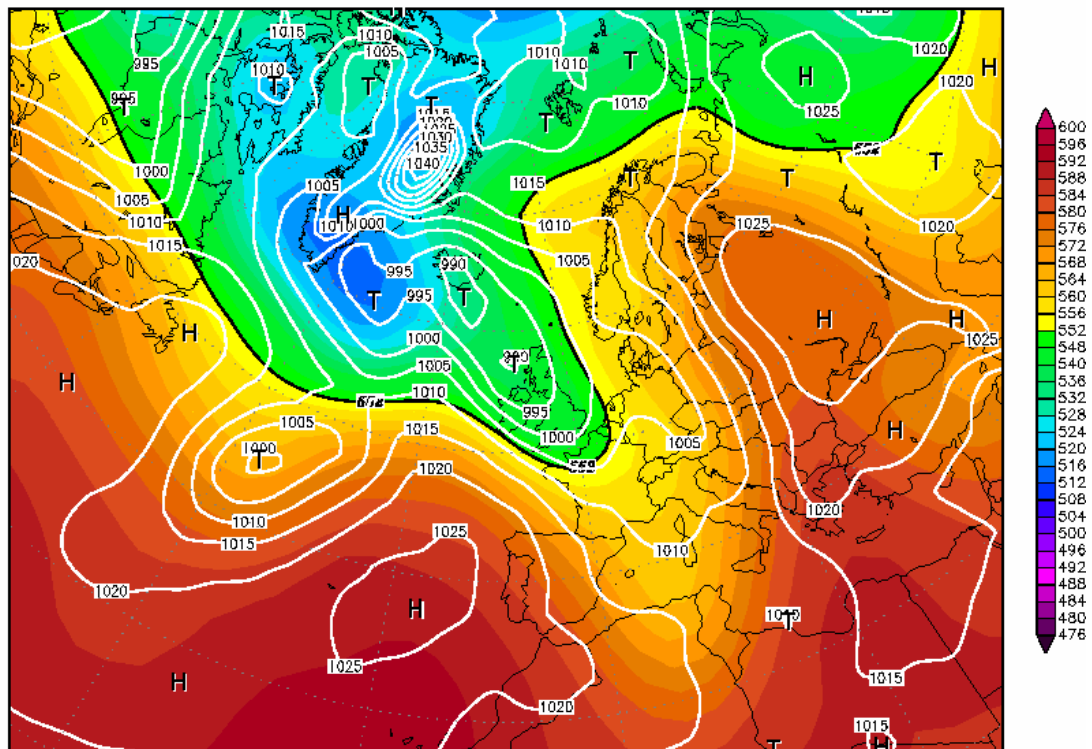
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

02OCT2000 00Z

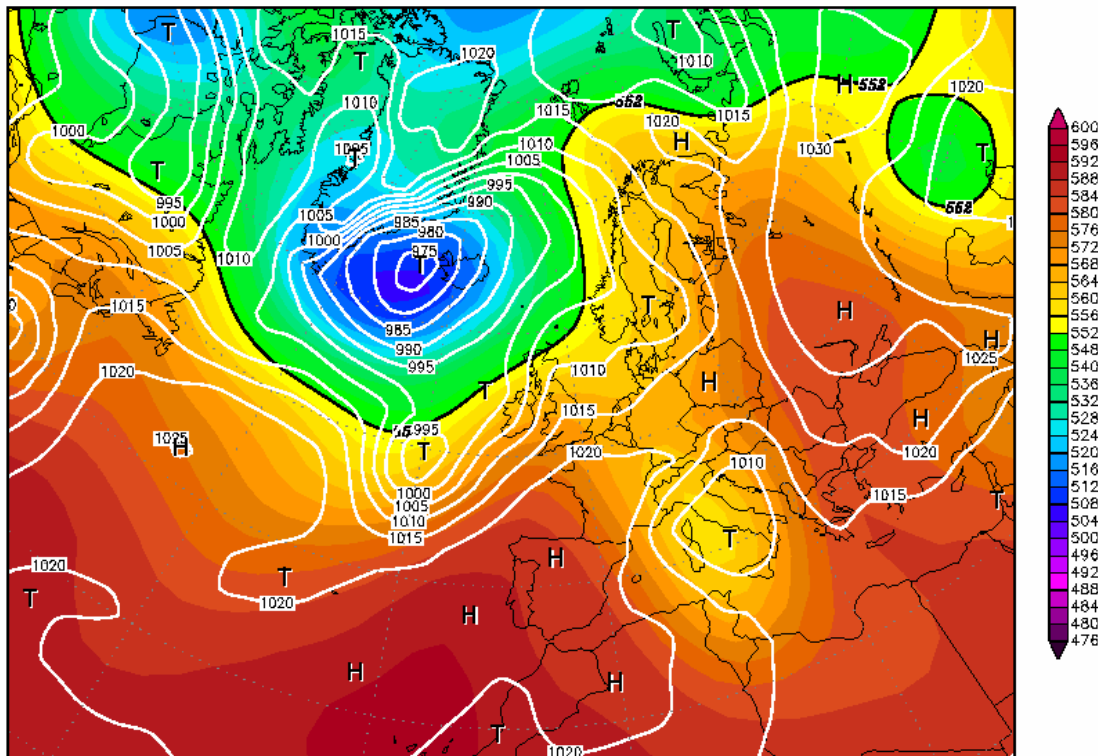
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

03OCT2000 00Z

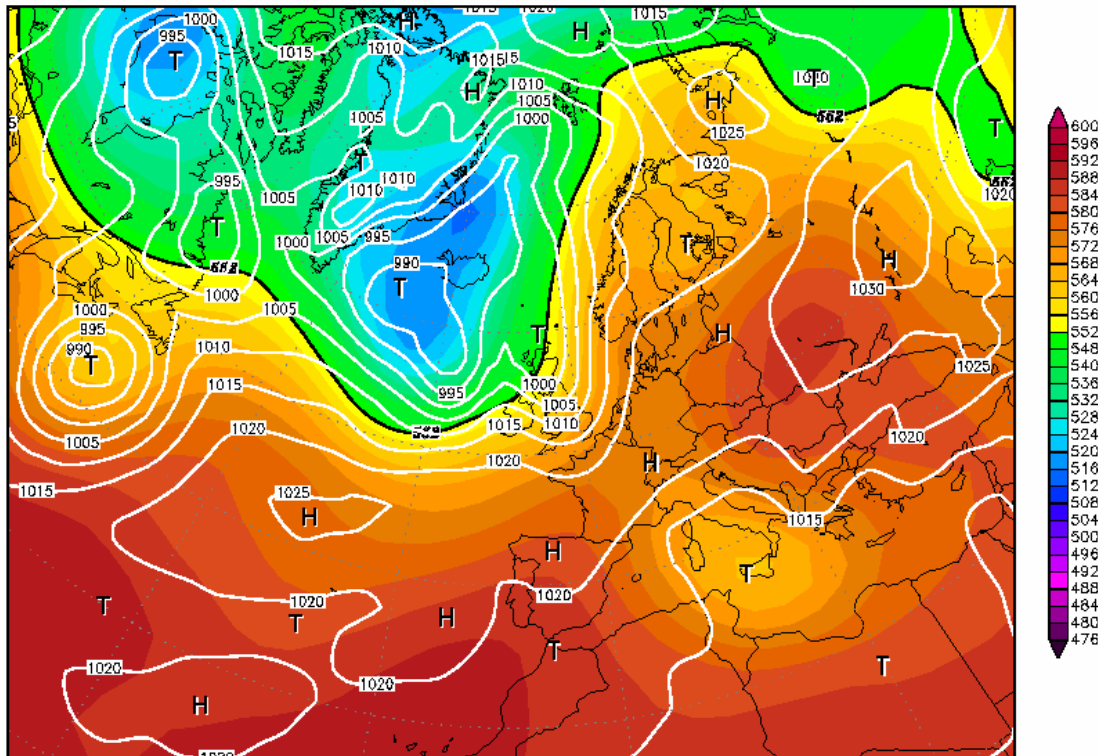
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

04OCT2000 00Z

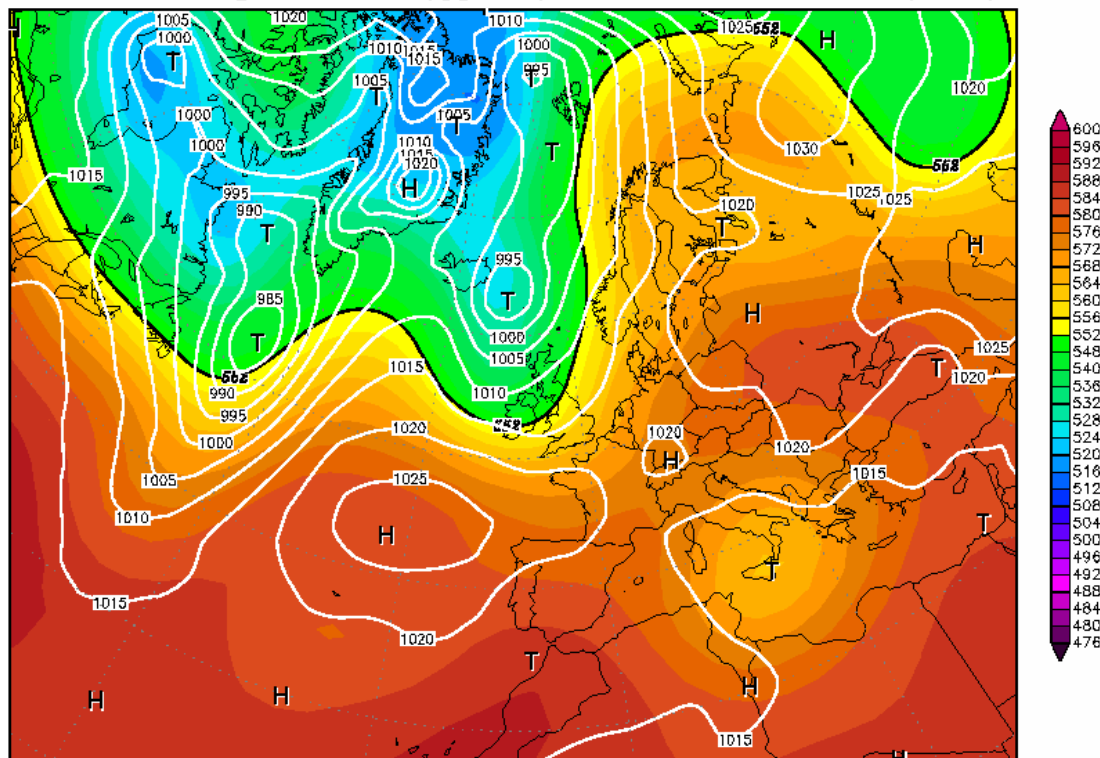
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

05OCT2000 00Z

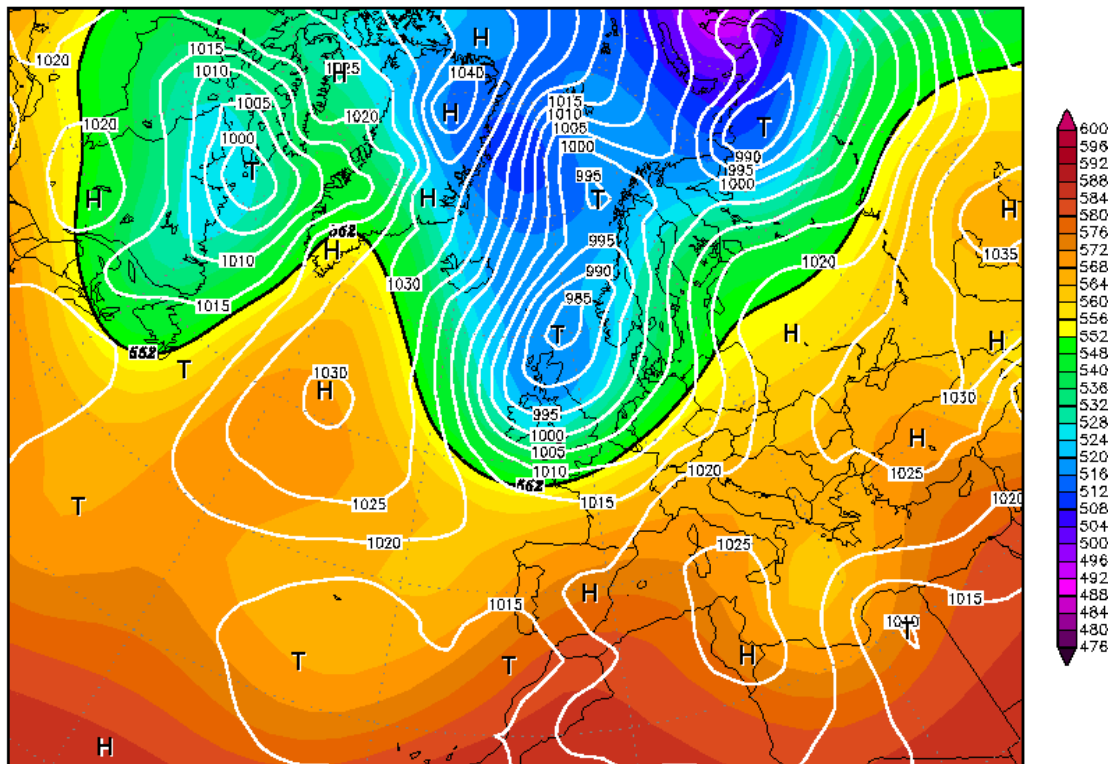
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

07APR2005 00Z

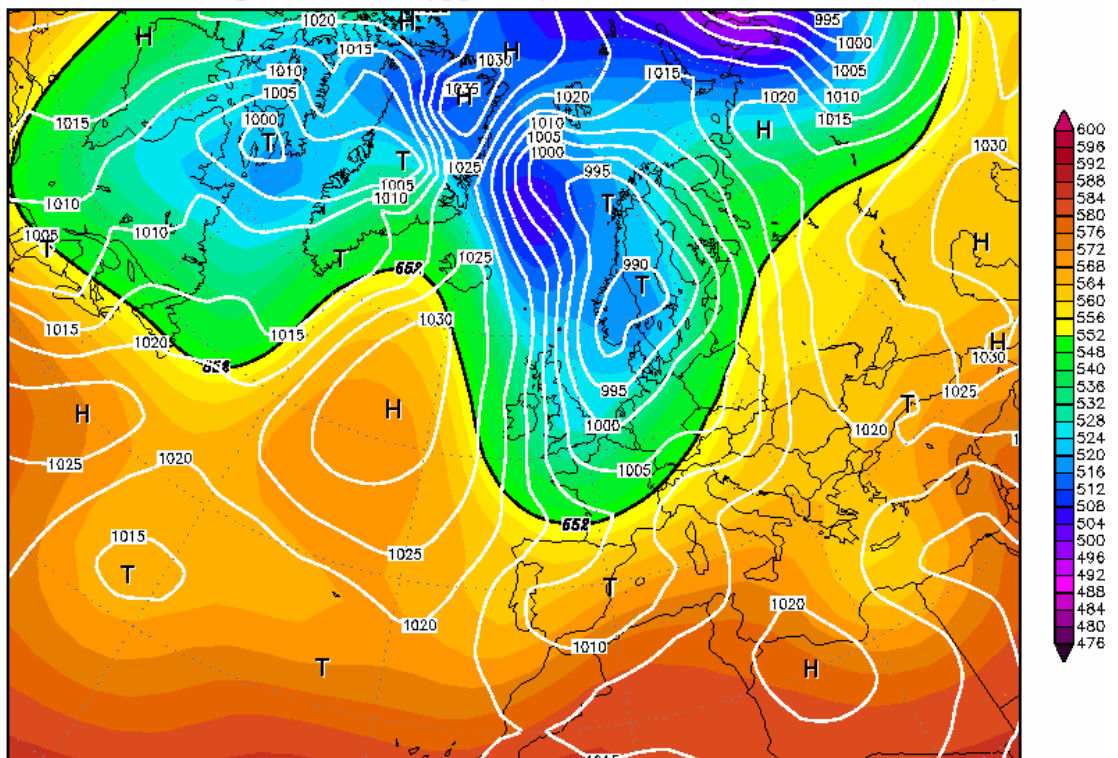
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

08APR2005 00Z

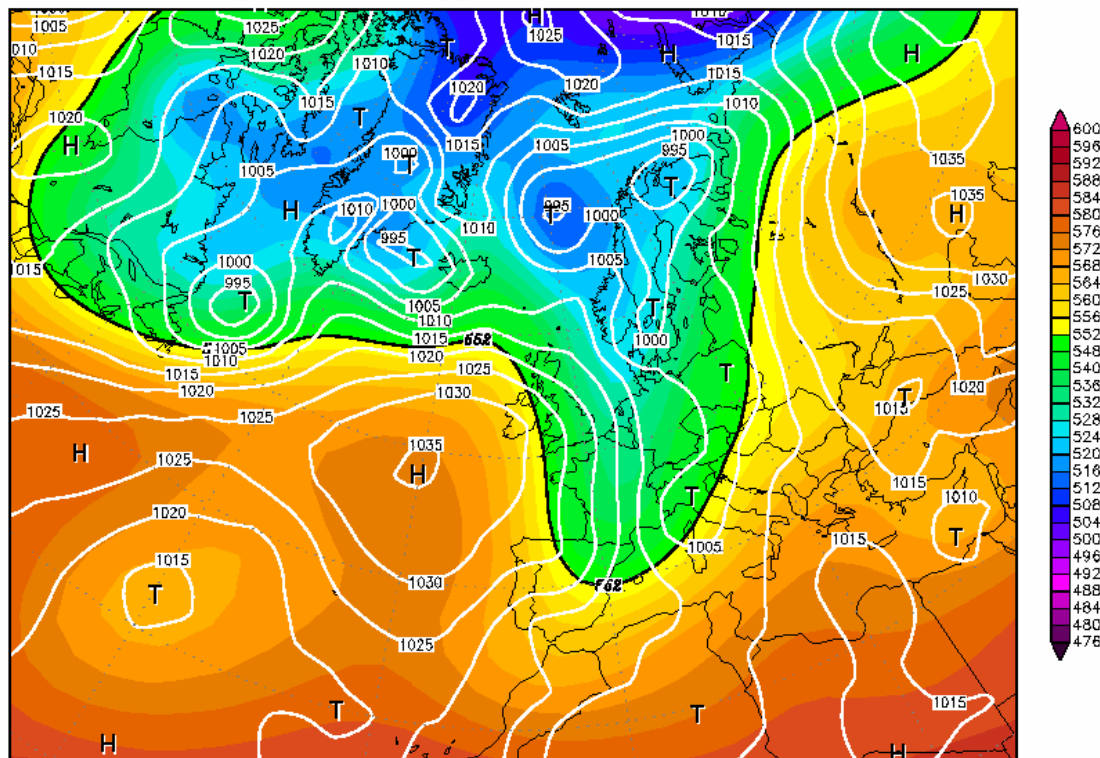
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

09APR2005 00Z

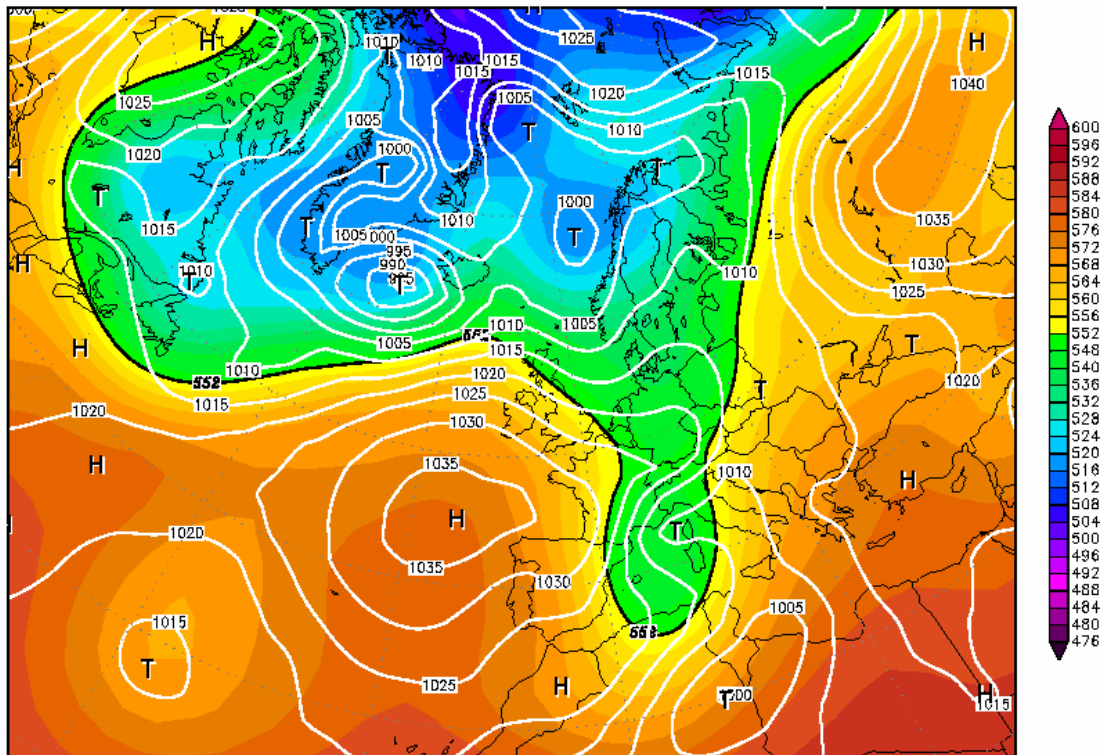
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

10APR2005 00Z

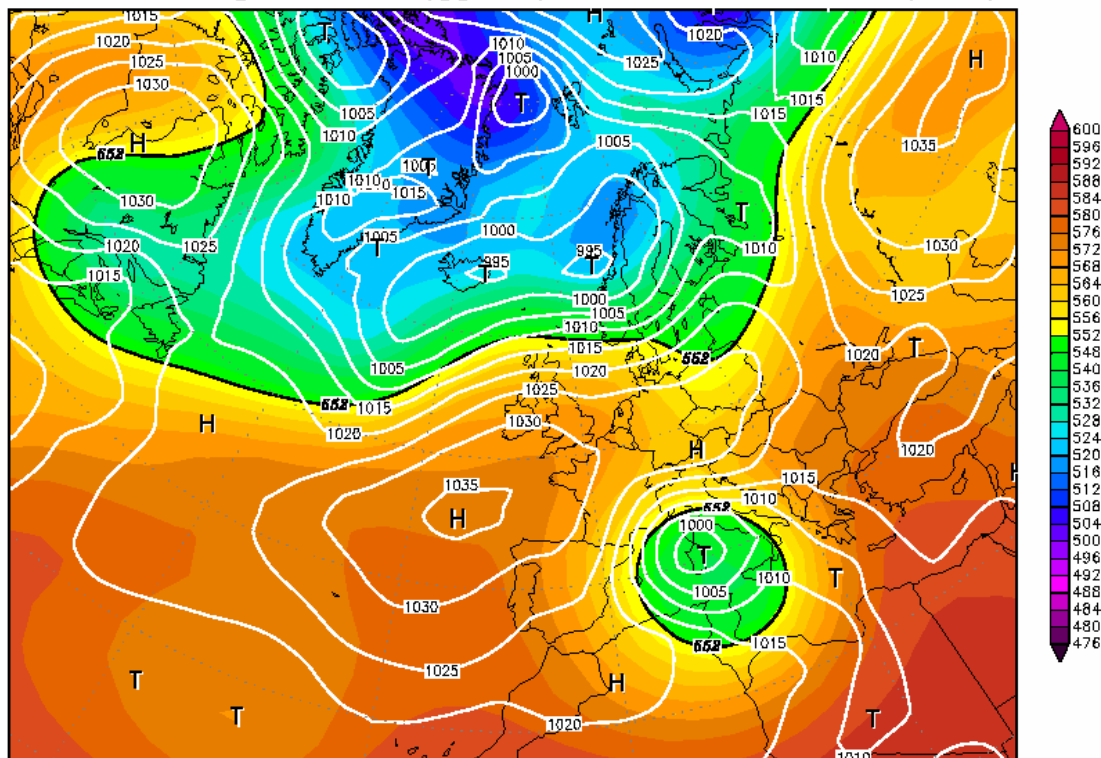
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

11APR2005 00Z

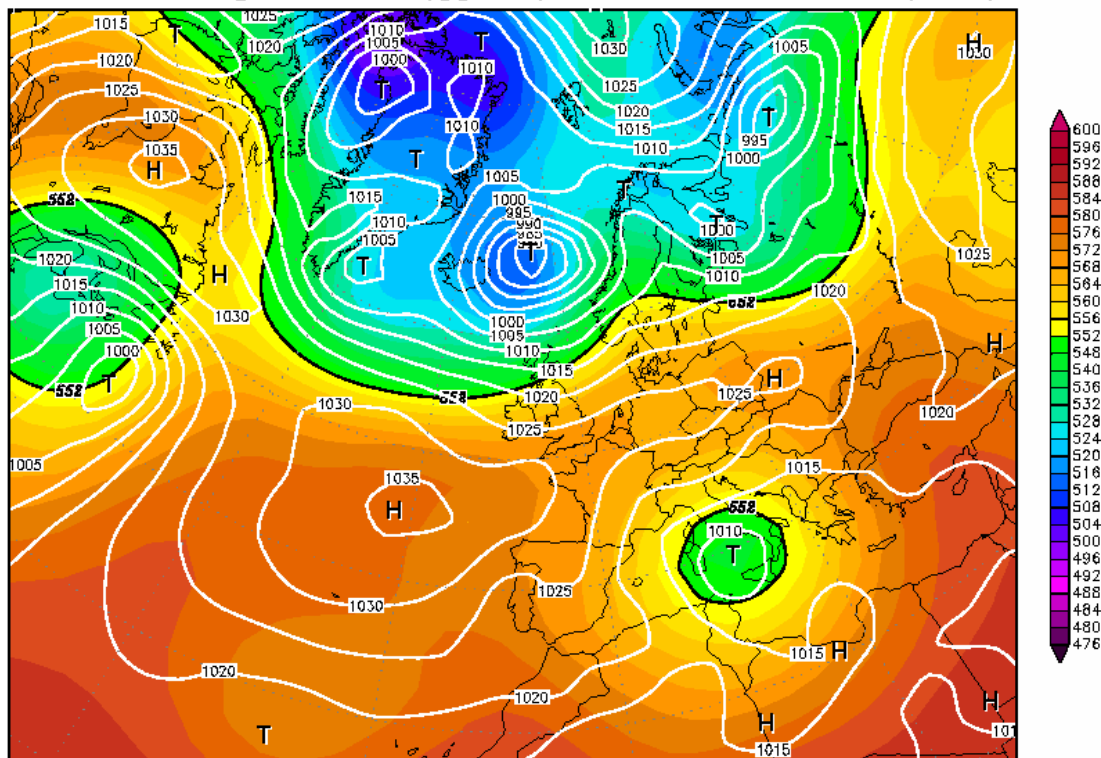
# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

12APR2005 00Z

# 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

Osservando la tabella di pag.71 è possibile notare che gli episodi di precipitazioni intense sono stati caratterizzati, come già detto, prevalentemente dalla presenza di condizioni meteorologiche, dedotte da situazioni bariche, denominate tipi di tempo B e D.

Frequentemente, le configurazioni della pressione in quota che precedono depressioni sul Mediterraneo (tipo di tempo B) individuano saccature che da nord-ovest si approfondiscono portandosi sui nostri mari, determinando, di conseguenza, vortici depressionari al suolo dovuti al contrasto fra le masse d'aria fredda nord atlantica e quella caldo-umida generata dalle acque del Mediterraneo.

Nel caso del tipo di tempo D, sono sempre saccature che portano masse d'aria di origine polare, o addirittura artica, verso l'Europa centrale, in successivo spostamento ad oriente, con frequenti traslazioni dell'asse della saccatura da nord/nord-est verso sud/sud-ovest. Questo determina l'arrivo di venti molto freddi (bora) che da nord-est investono il versante adriatico dell'Italia, con conseguente maltempo sulle Marche.

In effetti ciascuna situazione rappresenta un caso a sé stante, per cui una catalogazione troppo rigida non risponde sempre ai criteri semplificati che fanno da base per le nostre interpretazioni. Svariati problemi sono stati riscontrati poi nell'esame di condizioni che sono risultate essere di transizione o a caratteri indefiniti.

### Conclusioni:

Il presente lavoro di tesi ha quindi permesso di ribadire l'importanza di una corretta gestione ed interpretazione dei dati meteorologici per la definizione delle condizioni di pericolosità connessa con il verificarsi di fenomeni alluvionali ed eventi estremi. Una previsione del tempo a breve e a media scadenza (sia per eventi calamitosi come appunto le esondazioni, sia per settori specializzati come l'agricoltura ed il turismo) fornisce inoltre anche un supporto indispensabile per definire le condizioni meteorologiche che a più grande scala (temporale e spaziale), influenzano il tempo su aree differenti.

Riassumendo, il lavoro è stato realizzato utilizzando i seguenti parametri:

- Massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi (1,2,3,4 e 5 giorni).
- Precipitazioni orarie (1,3,6,12 e 24 ore) annuali di massima intensità.

L'insieme di dati si riferisce a 66 stazioni pluviografiche situate nel territorio marchigiano, relativamente ad un periodo di 14 anni (1992-2005). Tali informazioni sono reperibili negli Annali Idrologici del Centro Funzionale per la Meteorologia, l'Idrologia e la Sismologia del Sistema di Protezione Civile e Sicurezza Locale della Regione Marche.

In sintesi i risultati ottenuti sono i seguenti:

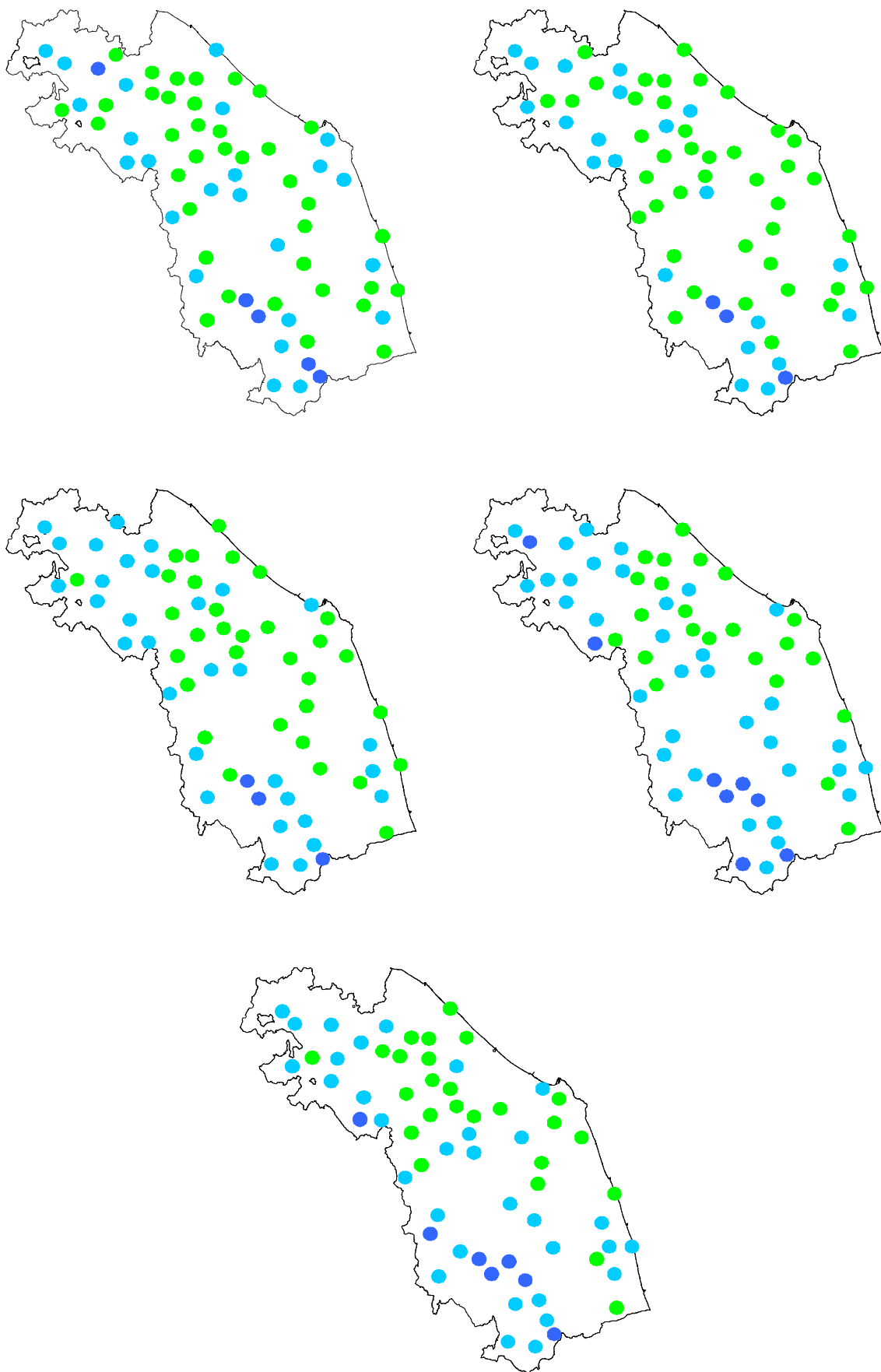
- Determinazione delle Curve di Inviluppo attraverso l'analisi dei dati pluviometrici giornalieri, al fine di ottenere per ogni località in esame un'equazione del tipo:  $H=at^n$ , (**H**=altezza di precipitazione in mm nella durata **t**; **a**=altezza di precipitazione nell'unità di durata; **t**=durata del fenomeno pluviometrico, pari a 1,2,3,4 o 5 giorni; **n**=costante<1), con la quale ricavare i massimi valori di precipitazione per 1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi. L'intensità di precipitazione è derivabile dalla corrispondente altezza di acqua precipitata dividendola per la durata di tempo in cui si è verificata secondo l'equazione:  $i=at^{(n-1)}$ . In tabella2 (pag.11-12) sono elencati i dati sperimentali degli eventi piovosi massimi assoluti per i periodi 1-5 giorni consecutivi registratisi nell'intervallo in

studio. Da questa si deduce che le precipitazioni massime assolute oscillano da 65.6 e 170.8 mm in 1 giorno, da 89.4 a 224.2 mm in 2 giorni, da 91 a 256.8 mm in 3 giorni, da 100.4 a 293.6 mm in 4 giorni, da 102.8 a 336.2 mm in 5 giorni. Le elaborazioni grafiche delle suddette curve vengono mostrate in figura2 (pag.13-23). Le costanti **a** ed **n** delle 66 Curve di Inviluppo sono riportate in tabella3 (pag.24-25).

- Individuazione di 3 raggruppamenti del compartimento marchigiano attraverso l'applicazione della Clusters Analysis relativamente ai quantitativi massimi assoluti (tabella2) di acqua precipitata in 1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi nel periodo considerato. Tali gruppi scaturiscono dall'analisi dei 5 dendrogrammi delle figure3-7 (pag.28-32), per i quali si è scelto un punto di rottura che ha previsto l'identificazione di 3 classi, contraddistinte come **range1**, **range2** e **range3**, mostrate nelle cartine a pagina seguente. Il **range1** comprende i più bassi quantitativi di pioggia, il **range3** le maggiori quantità di acqua precipitata, mentre il **range2** è caratterizzato da valori intermedi di piovosità. Nella tabella sottostante sono riportati i valori numerici propri delle 3 classi.

Classe / Giorni	1	2	3	4	5
<b>Range1</b>	65.6-93.6	89.4-125	91-130.4	100.4-132.8	102.8-150.6
<b>Range2</b>	95.2-132.8	129.8-182.8	132.8-208.4	138-198.2	155.8-217.8
<b>Range3</b>	143.2-170.8	202.6-224.2	249-256.8	211.6-293.6	243.2-336.2

Range delle precipitazioni massime assolute in mm su 1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi per classi



Cartine dei clusters (**range1**; **range2**; **range3**) di massime precipitazioni in 1,2,3,4 e 5 giorni

Pur non avendo individuato una dipendenza lineare semplice tra le massime precipitazioni per periodi da 1 a 5 giorni consecutivi e l'altitudine sui dati osservati, da un esame sui valori medi della precipitazione e della quota relativamente a ciascun range si evince che aumentando il valore dell'altimetria media anche il corrispondente dato medio in mm cresce, (tabella4, pag.34).

- Determinazione delle Curve Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica attraverso l'analisi dei dati pluviometrici orari, al fine di ottenere per ogni località in esame un'equazione del tipo:  $H=a'Tr^mt^n$ , (**H**=altezza di precipitazione in mm nella durata **t** e per un tempo di ritorno pari a **Tr** anni; **a'**=altezza di precipitazione nell'unità di durata e per tempo di ritorno pari ad 1; **Tr**=tempo di ritorno di 2,4,8,10 e 14 anni; **m**=costante<1; **t**=durata del fenomeno pluviometrico pari a 1,3,6,12 e 24 ore; **n**=costante<1), con la quale ricavare i massimi valori di precipitazione per 1,3,6,12 e 24 ore consecutive con un tempo di ritorno scelto. I coefficienti **a'**, **m** ed **n** validi per ogni singola stazione sono riportati in tabella5 (pag.37-38). Le elaborazioni grafiche delle suddette curve vengono mostrate in figura9 (pag.39-49). In tabella6 (pag.51-52) sono elencati i dati sperimentali delle precipitazioni di intensità massima assoluta per le durate 1-24 ore consecutive registratisi nell'intervallo in studio. Da questa si deduce che le precipitazioni massime assolute oscillano da 24.4 a 78.6 mm in 1 ora, da 34.6 a 92.6 mm in 3 ore, da 42.4 a 127.6 mm in 6 ore, da 54.6 a 161.6 mm in 12 ore e da 68.4 a 178.6 mm in 24 ore. Per una più rapida consultazione delle CSPP con tempo di ritorno pari a 14 anni, sono state realizzate le tabelle7-11 (pag.53-54), riportanti le massime intensità di precipitazione, suddivise in soglie di 10 mm di ampiezza per le varie durate orarie con a fianco le stazioni corrispondenti.

- Rappresentazione grafica tramite i Boxplots delle figure10-14 (pag.57-61) della distribuzione dei dati pluviometrici orari a partire, per ciascuna durata 1,3,6,12 e 24 ore, dai 14 valori massimi annuali delle precipitazioni di ogni singolo sito di misura. Nelle suddette figure i Boxplots sono mostrati in base all'appartenenza della relativa stazione ad una delle tre fasce altimetriche:  $\leq 250$ ,  $250 < 450$  e  $\geq 450$  m. Non vi è una dipendenza lineare semplice tra le massime

precipitazioni per i periodi da 1 a 24 ore consecutive e la quota, ma è stata osservata una variabilità degli episodi piovosi nelle fasce sopra riportate. Per le stazioni ad altezze  $\geq 450$  m è stata eseguita un'ulteriore ripartizione delle stesse in tre sottoclassi altimetriche (450÷650, 650÷750 e 900÷1100 m). Nonostante la scarsità di stazioni pluviografiche esaminate in quota, si può notare come le massime precipitazioni orarie risultano generalmente più elevate al di sopra dei 900 m, vedasi tabella 13 di pag. 62.

- introduzione dei “tipi di tempo” che ha permesso infine di individuare condizioni bariche caratteristiche che determinano i fenomeni atmosferici e climatici della regione marchigiana

.Il tentativo di associare il verificarsi di alcuni eventi alluvionali alla ricorrenza di particolari “tipi di tempo” ha invece evidenziato che tale correlazione è possibile solamente nelle ore (al massimo un giorno) antecedenti l'evento, mentre sono da considerare con estrema cautela i dati e le informazioni dei giorni precedenti.

### Bibliografia:

- [1] *Appunti di statistica* – Università di Firenze Facoltà di Psicologia Corso di laurea in Scienze e Tecniche di Psicologia del Lavoro e delle Organizzazioni – A.A. 2002-2003, 1/05/2003. Pag. tot 46
- [2] *Campo Medio della Precipitazione Annuale e Stagionale sulle Marche per il periodo 1950-2000* – Regione Marche, Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata, M.Amici, R.Spina – Macerata 2002. Pag.tot103
- [3] *Elementi di idrologia* – Materiale didattico del corso di "Ingegneria Forestale" – A.A.2003-2004, prima edizione, 03/03/2004. Il documento consultato va da 60 a 72, estratto da un più ampio lavoro
- [4] *Il Clima d'Italia*. Volume I – C.Mennella – Editrice E.D.A.R.T.Napoli – 1967. Pag.tot718
- [5] *Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometriche*. Analisi delle precipitazioni intense delle stazioni del Compartimento di Pisa – collaborazione scientifica fra Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa, PIN Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze e Regione Toscana – Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998. Pag.tot 229
- [6] *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* – D.S.Wilks – Academic Press – 1995. Pag.tot467
- [7] *Tipi di tempo in grande e condizioni meteorologiche sulle Marche* – A.Murri, R.Fusari – Centro di Ecologia e Climatologia Macerata – 1987. Pag.tot15
- [8] *Distribuzione ed evoluzione delle temperature e delle precipitazioni in Italia in relazione alle situazioni meteorologiche* – Volume I - Adriano Gazzola-Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Fisica dell'Atmosfera- ROMA 1978. Pag.tot220
- [9] *Il rischio idrogeologico nella Provincia di Macerata* – a cura di Torquato Nanni

## RINGRAZIAMENTI

I miei ringraziamenti più sentiti vanno innanzi tutto ai miei genitori che mi hanno permesso, con il loro sostegno, di intraprendere questa strada; a mio fratello che mi ha sempre incoraggiata; a Lele che mi ha sopportato e mi è stato sempre vicino e ad Erika con la quale mi sono aiutata e sostenuta.

Ringrazio il professor Materazzi per la sua grande gentilezza e disponibilità.

Ringrazio l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata per avermi dato la possibilità di svolgere, al suo interno, un interessantissimo stage; un ringraziamento particolare va a Romina per il suo grande aiuto, senza la quale lo svolgimento di questa tesi sarebbe risultata sicuramente più ardua per me.

Ringrazio tutti i miei amici che studiano a Camerino con i quali ho condiviso gioie ed ansie; ed infine ringrazio i miei amici di sempre i quali si sono sempre interessati all'andamento della mia carriera universitaria.

Grazie!