

ANNO IDROLOGICO 2005-2006:
LINEAMENTI METEOROLOGICI PER L'ARCO ALPINO
ITALIANO

HYDROLOGICAL YEAR 2005-2006:
METEOROLOGICAL FEATURES FOR THE ITALIAN ALPS

a cura di (eds.) FRANCO RAPETTI (*) & MARCO FALCINI (*)

L'analisi delle condizioni meteorologiche che hanno interessato il versante italiano dell'arco alpino nel corso dell'anno idrologico 2005-2006 è stata condotta sulla base dei dati rilevati in alcune stazioni significative per altitudine e posizione geografica (tab. 1, fig. 1). Gli elementi meteorologici considerati sono la temperatura dell'aria, le precipitazioni totali e l'altezza della neve caduta. In alcune stazioni gli andamenti meteorologici dell'anno in studio sono stati messi a confronto con quelli degli anni idrologici precedenti¹.

TABELLA 1 - Distribuzione geografica e altimetrica delle stazioni meteorologiche

Settore	Stazioni	Altitudine (m s.l.m.m.)	Valle o sistema montuoso
Alpi Occidentali	Chiotas Diga	1980	Valle del Gesso
	Goillet Diga	2529	Valtournenche
	Ceresole Reale Diga	1573	Val Locana
	Serrù Diga	2296	Val Locana
	Gressoney D'Ejola	1850	Valle di Gressoney
Alpi Centrali	Alpe Gera Diga	2090	Valmalenco
	Pantano d'Avio Diga	2328	Valcamònica
	S. Caterina Valfurva	1740	Valfurva
	Caresèr Diga	2600	Ortles-Cevedale
	S. Valentino alla Muta	1520	Val Venosta
Alpi Orientali	Riva di Tures	1600	Alpi Pusteresi
	Cortina d'Ampezzo	1275	Dolomiti Orientali

ANDAMENTI TERMICI

Temperatura dell'aria

Con una singolare concordanza in tutto l'arco alpino, sia pure con intensità diverse nei vari settori, le temperature medie da Novembre a Marzo sono risultate inferiori ai valori di periodo, mentre quelle da Aprile a Settembre, con l'eccezione di Agosto, sono state superiori. I mesi di Gennaio e di Luglio sono risultati rispettivamente tra i più freddi e tra i più caldi dell'ultimo trentennio.

A Goillet Diga le temperature invernali si sono avvicinate a quelle più basse registrate dal 1970, mentre i valori termici di Luglio sono stati superati solo nel 1990 (tab. 2, 3; fig. 2).

(*) Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria, 53 - 56126 Pisa - E-mail: rapetti@dst.unipi.it

¹ I dati inediti sono stati gentilmente concessi dall'ENEL Produzione di Cuneo, dalla Compagnia Valdostana delle Acque, dalle Aziende Elettriche Municipali di Torino e di Milano, da W. Monterin (stazione di Gressoney D'Ejola), dai Compartimenti ENEL di Torino, di Milano e di Venezia, dal Centro Nivometeorologico di Bormio, dagli ex Uffici Idrografici delle Province Autonome di Trento e di Bolzano e dall'Ufficio di Venezia, dal Centro Meteorologico di Teolo.

TABELLA 2 - Campo di variazione e valori medi della temperatura mensile dell'aria (°C) a Goillet Diga dal 1970 al 2006. Valori dell'anno idrologico 2005-2006

	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Tmin	-4.6	-5.1	-8.9	-10.2	-10.8	-8.2	-5.2	-1.0	3.0	6.2	6.1	2.4	-0.8
Data	1974	1993	1981	1985	2005	1971	1980	1984	1980	1980	1977/06	1972	1977/78
Tmax	5.5	1.5	-0.6	-1.0	-1.0	0.3	0.2	6.4	11.3	12.2	12.2	10.7	3.8
Data	1985	1994	1985	1989	1990	1989	1988	1990	2003	1990	2003	1987	1988/90
Tmed	2.4	-2.0	-4.7	-5.9	-5.9	-4.2	-2.0	2.6	6.4	9.3	9.1	6.0	0.9
2005-2006	2.6	-3.6	-8.3	-8.7	-7.3	-6.7	-0.7	2.9	7.3	12.0	6.1	7.5	0.3

Analogo regime termico ha riguardato Chiotas Diga, Serrù Diga, Alpe Gera Diga, Riva di Tures dove, dopo un inverno particolarmente freddo, si è toccato l'apice termico in Luglio.

Per la compensazione tra le temperature invernali e quelle estive le medie annue non si sono tuttavia discostate di molto dai valori normali, oppure sono state inferiori, come a Riva di Tures ($\Delta_{annua} = -1,3$ °C).

L'escursione termica annua, per le basse temperature invernali ma soprattutto per quelle eccezionalmente elevate di Luglio, è stata di forte intensità, fino a raggiungere 24,6 °C a Riva di Tures (tab. 3).

TABELLA 3 - Temperature medie delle minime, delle massime e medie mensili ed escursione termica annua (°C)

Stazioni		O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	A
Chiotas Diga	min	2.8	-3.1	-7.4	-7.8	-7.2	-6.0	-0.2	4.2	7.5	11.4	7.7	7.8	0.8	19.2
	max	7.7	2.5	-0.9	-1.0	1.5	2.6	7.2	10.7	14.1	18.7	14.8	13.7	7.6	19.7
	med	5.3	-0.3	-4.2	-4.4	-2.9	-1.7	3.5	7.5	10.8	15.0	11.2	10.8	4.2	19.4
Goillet Diga	min	-0.6	-6.7	-11.5	-11.9	-11.1	-10.9	-5.5	-1.4	2.7	7.4	2.2	4.2	-3.6	19.3
	max	5.8	-0.5	-5.0	-5.5	-3.5	-2.4	4.1	7.1	11.9	16.5	10.1	10.8	4.1	22.5
	med	2.6	-3.6	-8.3	-8.7	-7.3	-6.7	-0.7	2.9	7.3	12.0	6.1	7.5	0.3	20.7
Ceresole Reale D.	min	2.5	-2.9	-9.2	-11.6	-11.8	-7.6	-1.1	4.3	7.5	11.5	6.9	7.0	-0.4	23.3
	max	8.8	4.0	-0.9	-1.2	0.5	1.5	8.3	12.0	16.7	20.9	16.7	14.6	8.5	22.1
	med	5.6	0.6	-5.1	-6.4	-5.6	-3.1	3.6	8.2	12.1	16.2	11.8	10.8	4.1	22.6
Serrù Diga	min	1.5	-3.7	-9.0	-10.8	-9.3	-8.0	-2.5	1.0	5.0	10.0	4.8	6.4	-1.2	20.8
	max	7.3	1.6	-2.5	-4.4	-2.1	-0.5	3.8	7.4	12.8	17.4	10.9	11.9	5.3	21.8
	med	4.4	-1.1	-5.7	-7.6	-5.7	-4.3	0.7	4.2	8.9	13.7	7.9	9.2	2.0	21.3
Gressoney D'Ejola	min	2.4	-3.2	-8.0	-8.4	-7.5	-6.5	-0.7	3.7	6.8	10.5	5.6	7.2	0.2	18.9
	max	9.6	3.8	-1.4	-1.5	0.1	2.7	8.7	11.5	17.9	21.2	16.0	15.6	8.7	22.7
	med	6.0	0.3	-4.7	-5.0	-3.7	-1.9	4.0	7.6	12.4	15.8	10.8	11.4	4.4	20.8
Alpe Gera Diga	min	1.1	-5.5	-11.0	-11.5	-10.3	-11.2	-3.9	0.0	5.0	8.7	4.0	5.5	-2.4	20.2
	max	7.8	2.2	-2.3	-3.3	-1.1	0.1	6.0	9.1	14.4	17.6	11.9	13.9	6.4	20.9
	med	4.4	1.7	-6.6	-7.4	-5.7	-5.5	1.1	4.5	9.7	13.1	8.0	9.7	2.0	20.5
Pantano d'Avio D.	min	0.5	-6.0	-11.2	-11.7	-10.5	-9.6	-3.7	0.4	4.0	8.1	3.4	5.1	-2.6	19.8
	max	7.4	1.0	-4.6	-3.6	-1.6	0.5	5.4	8.0	12.7	16.9	10.2	12.8	5.4	21.4
	med	3.9	-2.5	-7.9	-7.7	-6.1	-4.6	0.8	4.2	8.4	12.5	6.8	9.0	1.4	20.5
S. Caterina Valfur.	min	0.5	-5.9	-13.0	-14.0	-11.5	-10.3	-2.9	1.7	5.2	8.8	4.1	3.0	-2.9	22.8
	max	11.6	3.9	-1.8	-1.6	0.5	2.6	8.2	12.3	18.2	22.2	14.6	10.7	8.4	24.0
	med	6.0	-1.0	-7.4	-7.8	-5.5	-3.9	2.7	7.0	11.7	15.5	9.3	6.9	2.8	23.3
S. Valentino alla M.	min	2.8	-3.7	-8.8	-12.7	-9.6	-8.6	-1.1	3.9	7.6	10.9	6.9	7.9	-0.4	23.6
	max	11.6	3.3	-2.5	-2.2	-0.1	2.5	9.2	13.9	19.1	23.1	14.9	17.2	9.2	25.6
	med	7.2	-0.2	-5.7	-7.5	-4.8	-3.1	4.0	8.9	13.3	17.0	10.9	12.5	4.4	24.5
Caresèr Diga	min	-0.1	-	-	-	-	-9.8	-5.7	-1.3	-2.8	7.0	-	-	-	-
	max	7.4	-	-	-	-	0.3	3.5	6.2	11.8	15.6	-	-	-	-
	med	3.7	-	-	-	-	-4.7	-1.1	2.4	7.3	11.3	-	-	-	-
Riva di Tures	min	0.0	-6.6	-12.8	-13.1	-10.9	-9.6	-2.4	1.6	4.2	7.8	4.9	4.6	-2.7	20.9
	max	10.0	0.3	-5.0	-5.3	-1.0	2.6	8.6	12.7	18.3	23.1	15.0	18.1	8.1	28.4
	med	5.0	-3.1	-8.9	-9.2	-6.0	-3.5	3.1	7.2	11.2	15.4	10.0	11.3	2.7	24.6
Cortina d'Ampezzo	min	3.3	-2.1	-7.3	-7.1	-6.0	-4.8	1.0	4.9	8.4	12.0	7.8	8.5	1.5	19.3
	max	12.1	5.2	1.0	2.5	2.5	4.8	10.5	14.8	20.0	24.4	16.6	19.2	11.1	23.4
	med	7.7	1.6	-3.2	-2.3	-1.7	0.0	5.7	9.8	14.2	18.2	12.2	13.9	6.3	21.4

A: escursione termica annua

Giorni senza gelo, con gelo e di gelo e cicli di gelo/disgelo

Il numero mensile e annuo dei giorni senza gelo ($T_{min} > 0$ °C), quello dei giorni con gelo ($T_{min} \leq 0$ °C) e di gelo ($T_{max} \leq 0$ °C) è un indicatore della distribuzione della temperatura dell'aria rispetto agli zero gradi nella scala Celsius. A Chiotas Diga i giorni senza

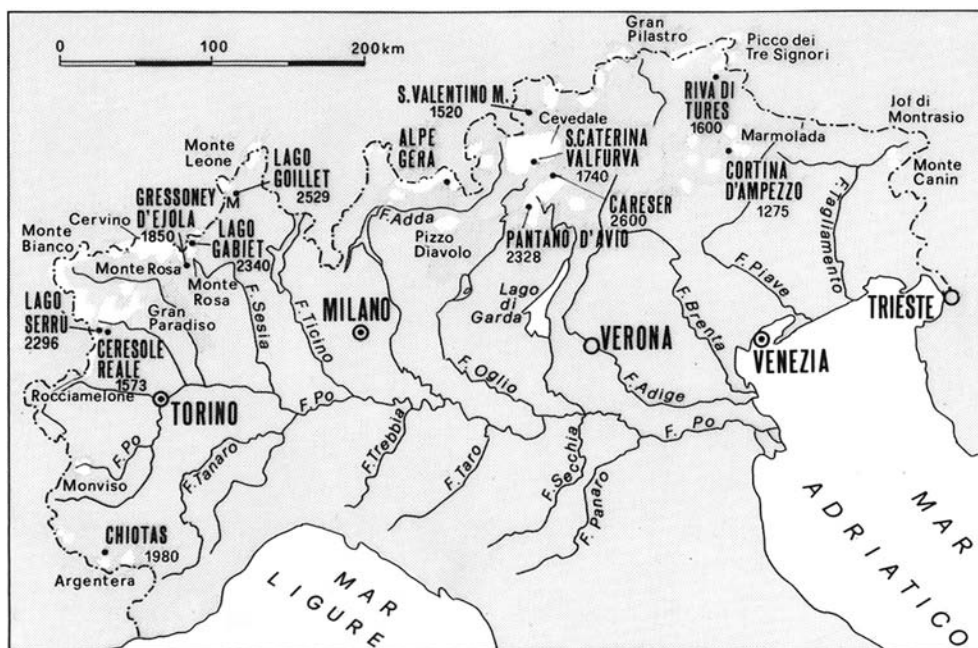


FIG. 1 - Distribuzione geografica delle stazioni meteorologiche. Locations of meteorological stations.

gelo sono stati assenti solo in Febbraio e il loro numero annuo è stato inferiore di una unità rispetto alla media del quinquennio precedente; i giorni con gelo e di gelo sono variati rispettivamente di -12 e +13 unità. A Goillet Diga i giorni senza gelo, che sono stati assenti da Dicembre e Aprile, hanno avuto una flessione rispetto ai valori medi del quinquennio precedente di 17 giorni, che si sono distribuiti nell'aumento di 8 unità per quelli con gelo e di 9 unità per quelli di gelo. A Serrù Diga i giorni senza gelo sono stati assenti da Dicembre a Febbraio, segnando un aumento di 4 unità rispetto al periodo di riferimento; quelli con gelo sono diminuiti di 12 unità e quelli di gelo aumentati di 8 unità. A S. Caterina Valfurva i giorni senza gelo, assenti da Dicembre a Marzo, sono passati da 140 del quinquennio precedente a 164; quelli con gelo e di gelo sono diminuiti rispettivamente di 23 e di 1 unità. In tali stazioni il numero dei cicli di gelo/disgelo è diminuito sensibilmente, salvo che a Goillet Diga dove è invece aumentato di 16 unità. (tab. 4).

TABELLA 4 - Regime mensile dei giorni senza gelo ($T_{min} > 0^\circ$), con gelo ($T_{min} \leq 0^\circ$) e di gelo ($T_{max} \leq 0^\circ$). Numero di cicli di gelo/disgelo. Variazioni rispetto al quinquennio precedente (Δ)

Stazioni		O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	Δ
Chiotas Diga	N° dd. senza gelo	24	9	1	1	0	3	12	22	26	31	31	30	190	-1
	N° dd. con gelo	4	10	8	8	14	15	18	9	3	0	0	0	89	-12
	N° dd. di gelo	3	11	22	22	14	13	0	1	0	0	0	0	86	13
	N° cicli gelo/disgelo	8	19	17	14	23	31	36	12	6	0	0	0	166	-37
Goillet Diga	N° dd. senza gelo	11	2	0	0	0	0	6	20	31	22	29	121	-17	
	N° dd. con gelo	19	15	4	3	5	10	26	23	8	0	9	1	123	8
	N° dd. di gelo	1	13	27	28	23	21	4	2	2	0	0	0	121	9
	N° cicli gelo/disgelo	38	29	8	7	9	21	52	45	17	0	18	2	246	16
Serrù Diga	N° dd. senza gelo	21	8	0	0	0	1	4	18	24	31	30	30	167	4
	N° dd. con gelo	10	12	11	2	4	16	23	12	6	0	1	0	97	-12
	N° dd. di gelo	0	10	20	29	24	14	3	1	0	0	0	0	101	8
	N° cicli gelo/disgelo	20	23	22	5	7	33	46	24	12	0	2	0	194	-23
S. Caterina Val.	N° dd. senza gelo	13	4	0	0	0	0	6	23	26	31	31	30	164	32
	N° dd. con gelo	18	15	9	7	17	23	23	8	4	0	0	0	124	-25
	N° dd. di gelo	0	11	22	24	11	8	1	0	0	0	0	0	77	-7
	N° cicli gelo/disgelo	36	29	18	15	33	47	46	16	8	0	0	0	248	-40

Distribuzione delle temperature massime diurne

Considerata l'importanza delle temperature massime diurne nei processi di ablazione della neve, sono state analizzate le loro frequenze mensili e annue, secondo le seguenti cinque classi di intensità: I^a $\Rightarrow 0^\circ \leq T_{max} < 5^\circ$; II^a $\Rightarrow 5^\circ \leq T_{max} < 10^\circ$; III^a $\Rightarrow 10^\circ \leq T_{max} < 15^\circ$; IV^a $\Rightarrow 15^\circ \leq T_{max} < 20^\circ$; V^a $\Rightarrow T_{max} \geq 20^\circ$.

A Chiotas Diga si sono verificati 20 giorni con $T_{max} \geq 20^\circ$ e 39 giorni con T_{max} compresa tra 15 e 20° . A Goillet Diga i giorni con $T_{max} \geq 20^\circ$, che in questa stazione costituiscono una eccezionalità meteorologica, sono stati assenti, come nell'anno precedente, mentre nell'Estate del 2003, la più calda dall'inizio delle osservazioni, se ne era verificato uno. A Serrù Diga sono stati registrati 41 giorni nella IV^a classe e 4 nella V^a mentre a S. Caterina Valfurva rispettivamente 43 e 47 giorni (fig. 3a).

A Goillet Diga si registra un forte incremento tendenziale sia dei giorni con T_{max} compresa tra 10 e 15° sia di quelli con T_{max} compresa tra 15 e 20° , stimabile rispettivamente in 2,6 giorni/10 anni e in 5,8 giorni/10 anni (fig. 3b).

«Gradi-giorno»

I «gradi-giorno», che forniscono una stima indiretta dell'energia termica disponibile per l'ablazione della neve, risultano dalla sommatoria degli scostamenti giornalieri positivi tra due livelli termici prefissati. Per gli scopi di questa indagine, i «gradi-giorno» sono stati calcolati con le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} \text{«gradi-giorno»} &= \sum (T_{max} - T_{10^\circ}) T_{max} > T_{10^\circ} \\ \text{«gradi-giorno»} &= \sum (T_{min} - T_{0^\circ}) T_{min} > T_{0^\circ} \end{aligned}$$

A Chiotas Diga i «gradi-giorno» relativi alla $\Sigma_{(t)} > 0^\circ$ e alla $\Sigma_{(t)} > 10^\circ$ hanno raggiunto il valore massimo in Luglio, rispettivamente con 353 e 269 gradi; i totali annui, che sono stati di 1325 e 785 gradi, hanno subito incrementi di 193 e 203 unità

rispetto alle medie del periodo 1980-2005. In Estate sono stati registrati 818 ($\Sigma_{(t)} > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e 564 gradi ($\Sigma_{(t)} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), che rappresentano il 61,7 e il 71,8% dei rispettivi totali annui. Anche a Goillet Diga i valori più elevati ($\Sigma_{(t)} > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Sigma_{(t)} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) si sono verificati in Luglio, rispettivamente con 230 e 202 «gradi-giorno»; i totali annui, che hanno raggiunto rispettivamente di 591 e di 413 gradi, sono risultati più elevati di 19 e di 84 unità rispetto alle medie del periodo 1970-2005. In Estate i «gradi-giorno» hanno raggiunto 416 ($\Sigma_{(t)} > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e 276 unità ($\Sigma_{(t)} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), che rappresentano il 70,4 e il 66,8% dei rispettivi totali annui (tab. 5; fig. 4a, 4b; 5a, 5b).

TABELLA 5 - Regime mensile e valore annuo dei «gradi-giorno» relativi alle temperature minime ($\Sigma_{(t)} > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e massime giornaliere ($\Sigma_{(t)} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Stazioni	ΣT	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	Medie
Chiotas Diga	ΣT_{min}	94	21	1	1	0	5	25	125	226	353	239	235	1325	1140
	ΣT_{max}	26	2	0	0	0	1	9	63	147	269	148	120	785	590
Goillet Diga	ΣT_{min}	26	2	0	0	0	0	0	18	114	230	74	127	591	573
	ΣT_{max}	0	0	0	0	0	0	0	9	104	202	38	60	413	352
Serrù Diga	ΣT_{min}	54	16	0	0	0	2	6	55	166	311	150	193	953	-
	ΣT_{max}	17	0	0	0	0	0	0	17	115	228	57	83	517	-
S. Caterina Val.	ΣT_{min}	35	8	0	0	0	0	11	67	164	273	128	90	776	-
	ΣT_{max}	72	3	0	0	0	2	16	100	253	377	143	133	1099	-
Caresèr Diga	ΣT_{min}	36	-	-	-	-	0	24	24	120	216	-	-	-	-
	ΣT_{max}	17	-	-	-	-	0	5	110	175	5	-	-	-	-

Temperature minime e massime assolute

Le temperature diurne minime e massime assolute hanno avuto la frequenza più elevata in Dicembre e in Luglio mentre le temperature negative sono state presenti in nove mesi a Chiotas Diga, in undici a Goillet Diga e in dieci mesi a S. Caterina Valfurva. A Chiotas Diga i giorni più precoci e più tardivi con gelo e di gelo si sono verificati rispettivamente il 3 e il 4 Ottobre e il 3 e il 1 Giugno. A Serrù Diga tali valori si sono presentati il 4 Ottobre, il 19 Novembre, l'8 Giugno e il 31 Maggio; nella stazione di S. Caterina Valfurva il 30 Settembre, il 18 Novembre, l'11 Aprile e il 2 Giugno (tab. 6).

TABELLA 6 - Campo di variazione delle temperature minime e massime giornaliere ($^{\circ}\text{C}$)

Stazioni	T	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	T_{min}	-2.0	-13.0	-14.0	-15.0	-12.0	-15.0	-5.0	-3.0	-3.0	8.0	4.0	4.0	-15.0
	T_{max}	14.0	11.0	8.0	8.0	8.0	11.0	15.0	19.0	21.0	25.0	24.0	22.0	25.0
Goillet Diga	T_{min}	-5.0	-16.0	-21.0	-20.0	-16.0	-21.0	-10.0	-6.0	-8.0	4.0	-2.0	-1.0	-21.0
	T_{max}	10.0	8.0	3.0	3.0	2.0	7.0	10.0	14.0	18.0	19.0	16.0	19.0	19.0
Serrù Diga	T_{min}	-3.0	-13.0	-19.0	-18.0	-15.0	-17.0	-8.0	-5.0	-5.0	5.0	0.0	1.0	-19.0
	T_{max}	13.0	9.0	4.0	6.0	3.0	8.0	8.0	14.0	19.0	21.0	18.0	21.0	21.0
Pant. d'Avio Diga	T_{min}	-4.0	-16.0	-20.0	-18.0	-17.0	-18.8	-10.5	-6.0	-6.0	5.0	-1.0	0.0	-20.0
	T_{max}	14.0	12.0	2.0	4.0	6.0	10.3	8.9	16.0	19.0	20.0	17.0	22.0	20.0
S. Caterina Val.	T_{min}	-4.0	-15.0	-22.0	-19.9	-17.8	-19.5	-11.2	-4.3	-3.4	6.0	0.1	0.0	-22.0
	T_{max}	19.0	12.0	3.0	5.3	7.2	12.3	13.7	18.7	23.8	25.6	19.2	24.1	25.6
Caresèr Diga	T_{min}	-5.6	-	-	-	-	-20.3	-12.7	-7.5	-7.2	4.3	-	-	-
	T_{max}	13.3	-	-	-	-	7.8	9.7	11.6	18.2	19.5	-	-	19.5

Nella stazione di Goillet Diga le temperature medie stagionali sono state molto vicine a quelle medie del periodo, ad eccezione di quelle invernali che hanno raggiunto i valori più bassi dal 1970 (tab. 7; fig. 8).

TABELLA 7 - Campo di variazione e valori medi delle temperature medie stagionali e annue dell'aria ($^{\circ}\text{C}$) a Goillet Diga (1970-2000). Valori dell'anno idrologico 2005-2006

	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Anno
T_{min}	-1.3	-7.6	-3.8	5.5	0.0
Data	1974/75	2004/05	1983/84	1976/77	1980/81
T_{max}	5.7	-1.2	2.0	11.4	3.8
Data	1986/87	1988/89	1989/1990	2002/03	1988/89
T_{med}	2.1	-5.4	-1.2	8.3	0.9
$T_{2005-2006}$	2.1	-8.1	-1.5	8.5	0.3

PRECIPITAZIONI TOTALI

Le precipitazioni totali annue sono state nel complesso della stessa entità rispetto all'anno precedente, anche se con qualche significativo aumento, come a Ceresole Diga e a Serrù Diga, e qualche sensibile riduzione, come a Gressoney D'Ejola. La piovosità più elevata ha interessato la fine dell'Estate e il mese di Settembre, quando a Ceresole Diga e Serrù Diga sono caduti rispettivamente 428,8 e 287,1 mm. La siccità meteorologica più accentuata è stata invece presente tra la fine dell'Inverno e l'inizio della Primavera (tab. 8; fig. 6).

TABELLA 8 - Precipitazioni totali mensili e annue (mm)

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	204.8	54.4	54.0	80.2	11.5	28.4	58.6	39.9	50.0	91.1	102.6	174.7	950.2
Ceresole Diga	52.4	15.2	21.6	47.0	34.6	69.0	52.2	97.2	28.2	152.5	83.3	428.8	1082.0
Serrù Diga	51.6	19.6	27.2	59.6	49.6	96.4	62.8	122.8	62.0	34.4	142.8	287.1	1015.9
Gressoney D'Ejola	77.2	10.7	23.9	17.5	58.4	86.3	72.9	94.5	58.9	138.9	68.6	152.3	860.1
Alpe Gera Diga	71.4	43.0	102.0	19.0	38.0	58.5	62.0	66.6	42.0	97.0	144.5	91.5	835.5
Pant. d'Avio Diga	154.0	57.0	48.0	15.0	6.0	21.0	35.0	58.0	39.0	147.0	263.0	48.0	891.0
S. Caterina Valf.	95.0	26.2	19.8	0.6	13.2	39.8	45.2	62.4	57.8	100.6	140.2	1.4	602.2
S. Valentino alla M.	73.4	18.4	45.1	13.2	29.8	46.0	35.0	52.8	54.8	47.0	84.4	29.8	529.7
Caresèr Diga	111.0	-	-	-	-	19.0	52.4	56.0	38.8	124.2	-	-	-
Riva di Tures	61.8	50.4	46.4	20.4	32.2	64.0	56.4	142.2	87.8	122.2	203.4	30.0	917.1

Gli afflussi idrometeorici stagionali totali sono stati nel complesso ben distribuiti, salvo che nel settore centro-orientale della catena alpina, dove nell'Estate sono state raggiunte punte tra il 40 e il 50% dei totali annui, come a S. Caterina Valfurva (45,9%) e a Riva di Tures (43,8%) (tab. 9).

TABELLA 9 - Regimi pluviometrici stagionali (mm)

Stazioni	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Regime				
Chiotas Diga	314.2	37.9%	145.7	17.5%	126.9	15.3%	243.7	29.3%	<i>AEIP</i>
Ceresole R. Diga	80.6	12.1%	103.2	15.5%	218.4	32.8%	260.0	39.6%	<i>EPIA</i>
Serrù Diga	97.6	12.9%	136.4	18.1%	282.0	37.3%	239.2	31.7%	<i>PEIA</i>
Alpe Gera Diga	151.8	19.4%	159.0	20.3%	187.1	23.9%	283.5	36.3%	<i>EPIA</i>
S. Caterina Valfurva	170.2	26.2%	33.6	5.2%	147.5	22.7%	298.6	45.9%	<i>EAPI</i>
S. Valentino M.	139.8	25.5%	88.1	16.1%	133.8	24.4%	186.2	34.0%	<i>EAPI</i>
Riva di Tures	168.2	17.8%	99.0	10.5%	262.6	27.8%	413.2	43.8%	<i>EPAI</i>

A Chiotas Diga e Riva di Tures le precipitazioni totali dell'anno idrologico in studio, messe a confronto con quelle dei decenni trascorsi, si discostano di poco dai valori medi. Il regime mensile di Chiotas Diga mostra una consistente riduzione dei valori tra la fine dell'Inverno e l'inizio dell'Estate, mentre gli afflussi idrometeorici dell'Autunno sono stati moderatamente più elevati (tab. 10).

TABELLA 10 - Campo di variazione e valori medi delle precipitazioni totali (mm) a Chiotas Diga (1980-2006) e a Riva di Tures 1966-2006). Valori dell'anno idrologico 2005-2006

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	
Chiotas Diga	P _{min}	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	57.8	29.2	8.6	23.0	21.5	6 4 7	
	Data	1986/1987	1981/1982	vari	vari	vari	1997/1998	2000/2001	1991/1992	2000/2001	1983/1984	1999/2000	1996/1997	1989/1990
	P _{max}	411.4	461.2	139.9	275.2	110.2	247.4	295.0	213.5	193.2	233.2	200.9	352.4	1502
	Data	1993/1994	2002/2003	2003/2004	1995/1996	2003/2004	1990/1991	1980/1981	2001/2002	1991/1992	2001/2002	1982/1983	1993/1994	1992/1993
	P _{med}	156.0	112.0	60.0	52.0	31.0	54.0	119.0	116.0	92.0	68.0	75.0	124.0	1057.0
	P ₂₀₀₅₋₂₀₀₆	204.8	54.4	54.0	80.2	11.5	28.4	58.6	39.9	50.0	91.1	102.6	174.7	950.2
	P _{min}	4.6	13.8	5.0	3.8	2.1	1.4	6.4	29.0	46.4	21.4	35.1	31.5	679
	Data	1969/1970	1988/1989	1969/1970	1991/1992	1974/1975	2002/2003	1981/1982	1968/1969	2004/2005	1979/1980	1972/1973	1979/1980	2004/2005
	P _{max}	231.8	230.8	135.8	109.4	103.4	136.6	151.2	171.3	317.0	265.0	223.4	204.4	1254
	Data	1993/1994	2000/2001	1991/1992	2000/2001	1989/1990	1999/2000	1988/1989	1982/1983	1971/1972	1984/1985	1993/1994	1993/1994	1971/1972
P _{med}	76.7	69.7	44.9	38.5	31.3	43.4	63.3	97.9	137.6	131.3	114.9	82.0	931.0	
P ₂₀₀₅₋₂₀₀₆	61.8	50.4	46.4	20.4	32.2	64.0	56.4	142.2	87.8	122.2	203.4	30.0	917.1	

INNEVAMENTO

L'anno idrologico si è caratterizzato per accumuli di neve al suolo inferiori a quelli misurati nell'anno idrologico precedente, soprattutto nel settore occidentale delle Alpi: a Ceresole Reale Diga il decremento è stato di 202 cm; a Serrù Diga, con 324 cm, è stato raggiunto appena il 45% del valore precedente (tab. 11). A Chiotas Diga, dove gli afflussi nevosi più abbondanti si sono verificati in Inverno e all'inizio della Primavera, lo spessore annuo ha invece superato di 93 cm la media normale (tab. 11. 12; fig. 7).

TABELLA 11 - Altezza mensile e annua di neve caduta (cm)

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	S	Anno
Chiotas Diga	50	41	79	245	218	27	4	6	19	0	689
Ceresole Reale Diga	3	1	28	83	60	113	2	1	0	0	291
Serrù Diga	10	14	15	85	65	90	10	35	0	0	324
Gressoney D'Ejola	15	3	27	20	65	66	28	25	0	0	249
Pantano d'Avio Diga	65	49	93	29	-	-	-	-	0	3	-
Alpe Gera Diga	12	34	55	46	67	66	61	4	0	0	345
S. Valentino alla Muta	0	7	60	21	43	46	11	0	0	0	188
Riva di Tures	0	41	43	24	44	49	36	0	1	0	238

TABELLA 12 - Campo di variazione e valori medi dell'altezza di neve caduta (cm) a Chiotas Diga (1979-2005). Valori dell'anno idrologico 2005-2006

	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Anno
H _{min}	0	74	27	0	317
Data	vari	1988/89	2000-01	vari	1994/95
H _{max}	381	483	370	10	881
Data	2003/04	1995/06	1990/91	1987/88	1983/84
H _{med}	197	238	159	1	596
H ₂₀₀₅₋₂₀₀₆	170	490	29	0	689

Generalmente il massimo principale dello spessore di neve caduta ha riguardato l'Inverno, fino al 78,6% del totale annuo a Chiotas Diga. Le precipitazioni nevose dell'Autunno sono state molto scarse, mentre la Primavera è stata relativamente nevosa, soprattutto nel settore centro-occidentale dell'arco alpino (tab. 13).

TABELLA 13 - Regimi stagionali dell'altezza di neve caduta (cm)

Stazione	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Chiotas Diga	91 13.2%	542 78.6%	37 5.4%	19 2.8%
Serrù Diga	24 7.4%	165 50.9%	135 41.7%	0 0.0%
Gressoney D'Ejola	18 7.3%	112 45.2%	119 48.0%	0 0.0%
Alpe Gera Diga	46 13.3	168 48.7%	131 38.0%	0 0.0%
Riva di Tures	41 17.2%	111 46.6%	85 35.7%	1 0.5%

Sulle Alpi le prime nevicate si sono verificate all'inizio di Ottobre, per gli effetti di una depressione presente sul golfo di Genova che ha determinato una diffusa nuvolosità e precipitazioni piovose alle basse quote dei rilievi e nevose verso i 1500 m s.l.m.; le ultime nevicate, di modesta entità, hanno interessato la prima decade di Maggio. Il suolo è rimasto sotto la copertura della neve generalmente tra la fine di Ottobre ed Aprile, ad eccezione di quanto osservato a Goillet Diga dove la copertura ha resistito fino al 28 Maggio. Nel complesso la durata del manto nevoso è stata sensibilmente inferiore a quella dell'anno idrologico precedente, fino a 65 giorni in meno a Chiotas Diga e 76 giorni a Gressoney D'Ejola (tab. 14).

Tabella 14 - Nevicate precoci e tardive e massima durata della copertura nevosa al suolo

Stazioni	prima nevicata	ultima nevicata	durata manto nevoso	n° giorni
Chiotas Diga	3 Ottobre	2 Giugno	13 Novembre/11 Aprile	150
Goillet Diga	3 Ottobre	11 Maggio	25 Ottobre/28 Maggio	186
Ceresole Reale Diga	4 Ottobre	11 Maggio	4 Dicembre/19 Aprile	137
Gressoney D'Ejola	3 Ottobre	10 Maggio	2 Dicembre/19 Aprile	139
Riva di Tures	17 Novembre	3 Giugno	26 Novembre/21 Aprile	147

A Chiotas Diga prosegue la debole tendenza all'aumento dello spessore annuo della neve caduta, che si protrae dall'anno idrologico 1999-2000. Nel corso dell'anno in studio sono caduti infatti 689 cm di neve, che negli ultimi venti anni rappresentano l'ottavo valore in ordine decrescente (fig. 9).

CRONACA METEOROLOGICA

Dopo un Ottobre relativamente mite nella seconda metà di Novembre le condizioni atmosferiche hanno subito un drastico cambiamento per l'afflusso di aria polare sull'area del Mediterraneo settentrionale. Tale condizione sinottica ha determinato una repentina diminuzione delle temperature, l'aumento della nuvolosità e precipitazioni nevose sui rilievi alpini e appenninici, anche alle quote basse dei rilievi. Alla fine di Novembre in gran parte dell'arco alpino, e più marcatamente in Alto Adige, vengono raggiunte temperature negative prossime ai record del mese. Le basse temperature, sia pure interrotte per brevi intervalli dal passaggio di qualche debole fronte caldo, si sono prolungate fino all'inizio della Primavera. Ne è risultato uno degli Inverni più freddi degli ultimi decenni. La fine della Primavera e l'inizio dell'Estate si sono caratterizzate per andamenti termici nella norma; al contrario Luglio, rimasto sotto la persistente influenza di masse di aria subtropicale, è stato uno dei più caldi mai registrati, soprattutto nella terza e in parte della quarta settimana del mese. Il contrasto termico tra Luglio ed Agosto è stato molto elevato poiché sulle Alpi, già dal primo giorno di Agosto, si è verificato il passaggio di un fronte freddo, che ha determinato un forte ab-

bassamento delle temperature, accompagnato da piogge che in alcuni settori della catena hanno assunto la consistenza di temporali di forte intensità. L'anno idrologico si è chiuso in Settembre con valori termici lievemente superiori alle medie di periodo.

Le precipitazioni totali sono state di poco inferiori ai valori normali; si osserva tuttavia una loro stabilizzazione o una lieve ripresa, dopo il forte decremento che era seguito alla fase di elevata piovosità del periodo 1999-2001.

La nevosità è stata piuttosto bassa, soprattutto nel settore centro-occidentale, pur nel quadro di una sostanziale stabilizzazione o un lieve incremento degli afflussi, che ha seguito la forte riduzione successiva ai primi anni Ottanta.

Analysis of meteorological conditions on the Italian side of the Alps during the hydrological year 2005-2006 was based on data from some stations significant from the viewpoints of altitude and location (see tab. 1, fig. 1). Meteorological parameters were air temperature, total precipitation and snowfall. In some stations, the meteorological features of the current hydrological year were compared with those of previous years (1).

TABLE 1 - Locations and altitudes of meteorological stations

Sector	Station	Altitude (m a.s.l.)	Valley or mountain system
Western Alps	Chiotas Diga	1980	Valle del Gesso
	Goillet Diga	2529	Valtournenche
	Ceresole Reale Diga	1573	Val Locana
	Serrù Diga	2296	Val Locana
	Gressoney D'Ejola	1850	Valle di Gressoney
Central Alps	Alpe Gera Diga	2090	Valmalenco
	Pantano d'Avio Diga	2328	Valcamonica
	S. Caterina Valfurva	1740	Valfurva
	Caresèr Diga	2600	Ortles-Cevedale
Eastern Alps	S. Valentino alla Muta	1520	Val Venosta
	Riva di Tures	1600	Pustertal Alps
	Cortina d'Ampezzo	1275	Eastern Dolomites

TEMPERATURE TRENDS

Air temperature

With a striking agreement throughout the Alpine range, although with varying intensity in the different sectors, the mean temperatures from November to March were lower than the seasonal average, whilst those from April to September, with the exception of August, were higher. The months of January and July were among the coldest and warmest respectively in the last thirty years.

At Goillet Diga the winter temperatures reached their lowest values since 1970, whereas the July temperatures were higher only in 1990 (tab. 2, 3; fig. 2).

TABLE 2 - Annual range and mean monthly air temperature (°C) at Goillet Diga from 1970 to 2006. Values of hydrological year 2005-2006

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Tmin	-4.6	-5.1	-8.9	-10.2	-10.8	-8.2	-5.2	-1.0	3.0	6.2	6.1	2.4	-0.8
Data	1974	1993	1981	1985	2005	1971	1980	1984	1980	1980	1977/06	1972	1977/78
Tmax	5.5	1.5	-0.6	-1.0	-1.0	0.3	0.2	6.4	11.3	12.2	12.2	10.7	3.8
Data	1985	1994	1985	1989	1990	1989	1988	1990	2003	1990	2003	1987	1988/90
Tmed	2.4	-2.0	-4.7	-5.9	-5.9	-4.2	-2.0	2.6	6.4	9.3	9.1	6.0	0.9
2005-2006	2.6	-3.6	-8.3	-8.7	-7.3	-6.7	-0.7	2.9	7.3	12.0	6.1	7.5	0.3

There was a similar thermal regime at Chiotas Diga, Serrù Diga, Alpe Gera Diga and Riva di Tures where, after a particularly cold winter, the maximum temperature was reached in July.

For the compensation between winter and summer temperatures the annual means did not vary much from seasonal values, or they were lower, as at Riva di Tures ($\Delta_{\text{yearly}} = -1.3$ °C).

Annual thermal range, for the low winter temperatures but above all for the exceptionally high July values, was very marked, up to a value of 24.6 °C at Riva di Tures (tab. 3).

TABLE 3 - Mean temperatures of monthly minima, maxima and annual thermal range (°C)

Stations		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year	A
Chiotas Diga	min	2.8	-3.1	-7.4	-7.8	-7.2	-6.0	-0.2	4.2	7.5	11.4	7.7	7.8	0.8	19.2
	max	7.7	2.5	-0.9	-1.0	1.5	2.6	7.2	10.7	14.1	18.7	14.8	13.7	7.6	19.7
	med	5.3	-0.3	-4.2	-4.4	-2.9	-1.7	3.5	7.5	10.8	15.0	11.2	10.8	4.2	19.4
Goillet Diga	min	-0.6	-6.7	-11.5	-11.9	-11.1	-10.9	-5.5	-1.4	2.7	7.4	2.2	4.2	-3.6	19.3
	max	5.8	-0.5	-5.0	-5.5	-3.5	-2.4	4.1	7.1	11.9	16.5	10.1	10.8	4.1	22.5
	med	2.6	-3.6	-8.3	-8.7	-7.3	-6.7	-0.7	2.9	7.3	12.0	6.1	7.5	0.3	20.7
Ceresole Reale D.	min	2.5	-2.9	-9.2	-11.6	-11.8	-7.6	-1.1	4.3	7.5	11.5	6.9	7.0	-0.4	23.3
	max	8.8	4.0	-0.9	-1.2	0.5	1.5	8.3	12.0	16.7	20.9	16.7	14.6	8.5	22.1
	med	5.6	0.6	-5.1	-6.4	-5.6	-3.1	3.6	8.2	12.1	16.2	11.8	10.8	4.1	22.6
Serrù Diga	min	1.5	-3.7	-9.0	-10.8	-9.3	-8.0	-2.5	1.0	5.0	10.0	4.8	6.4	-1.2	20.8
	max	7.3	1.6	-2.5	-4.4	-2.1	-0.5	3.8	7.4	12.8	17.4	10.9	11.9	5.3	21.8
	med	4.4	-1.1	-5.7	-7.6	-5.7	-4.3	0.7	4.2	8.9	13.7	7.9	9.2	2.0	21.3
Gressoney D'Ejola	min	2.4	-3.2	-8.0	-8.4	-7.5	-6.5	-0.7	3.7	6.8	10.5	5.6	7.2	0.2	18.9
	max	9.6	3.8	-1.4	-1.5	0.1	2.7	8.7	11.5	17.9	21.2	16.0	15.6	8.7	22.7
	med	6.0	0.3	-4.7	-5.0	-3.7	-1.9	4.0	7.6	12.4	15.8	10.8	11.4	4.4	20.8
Alpe Gera Diga	min	1.1	-5.5	-11.0	-11.5	-10.3	-11.2	-3.9	0.0	5.0	8.7	4.0	5.5	-2.4	20.2
	max	7.8	2.2	-2.3	-3.3	-1.1	0.1	6.0	9.1	14.4	17.6	11.9	13.9	6.4	20.9
	med	4.4	1.7	-6.6	-7.4	-5.7	-5.5	1.1	4.5	9.7	13.1	8.0	9.7	2.0	20.5
Pantano d'Avio D.	min	0.5	-6.0	-11.2	-11.7	-10.5	-9.6	-3.7	0.4	4.0	8.1	3.4	5.1	-2.6	19.8
	max	7.4	1.0	-4.6	-3.6	-1.6	0.5	5.4	8.0	12.7	16.9	10.2	12.8	5.4	21.4
	med	3.9	-2.5	-7.9	-7.7	-6.1	-4.6	0.8	4.2	8.4	12.5	6.8	9.0	1.4	20.5
S. Caterina Valfur.	min	0.5	-5.9	-13.0	-14.0	-11.5	-10.3	-2.9	1.7	5.2	8.8	4.1	3.0	-2.9	22.8
	max	11.6	3.9	-1.8	-1.6	0.5	2.6	8.2	12.3	18.2	22.2	14.6	10.7	8.4	24.0
	med	6.0	-1.0	-7.4	-7.8	-5.5	-3.9	2.7	7.0	11.7	15.5	9.3	6.9	2.8	23.3
S. Valentino alla M.	min	2.8	-3.7	-8.8	-12.7	-9.6	-8.6	-1.1	3.9	7.6	10.9	6.9	7.9	-0.4	23.6
	max	11.6	3.3	-2.5	-2.2	-0.1	2.5	9.2	13.9	19.1	23.1	14.9	17.2	9.2	25.6
	med	7.2	-0.2	-5.7	-7.5	-4.8	-3.1	4.0	8.9	13.3	17.0	10.9	12.5	4.4	24.5
Caresèr Diga	min	-0.1	-	-	-	-	-9.8	-5.7	-1.3	-2.8	7.0	-	-	-	
	max	7.4	-	-	-	-	0.3	3.5	6.2	11.8	15.6	-	-	-	
	med	3.7	-	-	-	-	-4.7	-1.1	2.4	7.3	11.3	-	-	-	
Riva di Tures	min	0.0	-6.6	-12.8	-13.1	-10.9	-9.6	-2.4	1.6	4.2	7.8	4.9	4.6	-2.7	20.9
	max	10.0	0.3	-5.0	-5.3	-1.0	2.6	8.6	12.7	18.3	23.1	15.0	18.1	8.1	28.4
	med	5.0	-3.1	-8.9	-9.2	-6.0	-3.5	3.1	7.2	11.2	15.4	10.0	11.3	2.7	24.6
Cortina d'Ampezzo	min	3.3	-2.1	-7.3	-7.1	-6.0	-4.8	1.0	4.9	8.4	12.0	7.8	8.5	1.5	19.3
	max	12.1	5.2	1.0	2.5	2.5	4.8	10.5	14.8	20.0	24.4	16.6	19.2	11.1	23.4
	med	7.7	1.6	-3.2	-2.3	-1.7	0.0	5.7	9.8	14.2	18.2	12.2	13.9	6.3	21.4

A: annual thermal range

Days without frost, days with frost, days of frost, and freeze-thaw cycles

The monthly and annual number of days without frost ($T_{\text{min}} > 0$ °C), that of days with frost ($T_{\text{min}} \leq 0$ °C) and of frost ($T_{\text{max}} \leq 0$ °C) is a good index of the distribution of air temperature with

¹ Unpublished data kindly supplied by ENEL Produzione of Cuneo, Compagnia Valdostana delle Acque, Electricity Boards of Turin and Milan, W. Monterin (station of Gressoney D'Ejola), ENEL Departments of Turin, Milan and Venice, Centro Nivometeorologico of Bormio, ex-Uffici Idrografici of the Provinces of Trento, Bolzano and Venice, and Centro Meteorologico of Teolo.

respect to zero Celsius. At Chiotas Diga the days without frost were absent only in February and their annual number was one less than the mean of the previous 15-year period; the days with frost and of frost were -12 and +13 units respectively. At Goillet Diga the days without frost, which were absent from December to April, were lower than the mean values of the previous 15-year period by 17 days, distributed between an increase of 8 days with frost and 9 days of frost. At Serrù Diga there were no days without frost from December to February, indicating an increase of 4 days compared with the reference period; days with frost decreased by 12 and those of frost increased by 8 days. At St. Caterina Valfurva the days without frost, absent from December to March, went from 140 of the previous 15-year period to 164; those with frost and of frost decreased respectively by 23 and 1. In these stations the number of freeze-thaw cycles had a marked decrease, with the exception of Goillet Diga where there was an increase of 16 (tab. 4).

TABLE 4 - Monthly regime of days without frost ($T_{min} > 0^\circ$), with frost ($T_{min} \leq 0^\circ$) and of frost ($T_{max} \leq 0^\circ$ C). Number of freeze-thaw cycles. Variations compared with previous 15-year period (Δ)

Stations		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year	Δ
Chiotas Diga	N° days w/o frost	24	9	1	1	0	3	12	22	26	31	31	30	190	-1
	N° days with frost	4	10	8	8	14	15	18	9	3	0	0	0	89	-12
	N° f/t cycles	3	11	22	22	14	13	0	0	1	0	0	0	86	13
	N° days w/o frost	8	19	17	14	23	31	36	12	6	0	0	0	166	-37
Goillet Diga	N° days w/o frost	11	2	0	0	0	0	6	20	31	22	29	121	-17	
	N° days with frost	19	15	4	3	5	10	26	23	8	0	9	1	123	8
	N° f/t cycles	1	13	27	28	23	21	4	2	2	0	0	0	121	9
	N° days w/o frost	38	29	8	7	9	21	52	45	17	0	18	2	246	16
Serrù Diga	N° days w/o frost	21	8	0	0	0	1	4	18	24	31	30	167	4	
	N° days with frost	10	12	11	2	4	16	23	12	6	0	1	0	97	-12
	N° f/t cycles	0	10	20	29	24	14	3	1	0	0	0	0	101	8
	N° days w/o frost	20	23	22	5	7	33	46	24	12	0	2	0	194	-23
S. Caterina Val.	N° days w/o frost	13	4	0	0	0	0	6	23	26	31	31	30	164	32
	N° days with frost	18	15	9	7	17	23	23	8	4	0	0	0	124	-25
	N° f/t cycles	0	11	22	24	11	8	1	0	0	0	0	0	77	-7
	N° days w/o frost	36	29	18	15	33	47	46	16	8	0	0	0	248	-40

Distribution of maximum daytime temperatures

Given the importance of the maximum daytime temperatures in snow ablation processes, their monthly and annual frequency distributions were analyzed, according to the following five intensity classes: I^a $\Rightarrow 0^\circ \text{C} \leq T_{max} < 5^\circ$; II^a $\Rightarrow 5^\circ \leq T_{max} < 10^\circ \text{C}$; III^a $\Rightarrow 10^\circ \leq T_{max} < 15^\circ \text{C}$; IV^a $\Rightarrow 15^\circ \leq T_{max} < 20^\circ \text{C}$; V^a $\Rightarrow T_{max} \geq 20^\circ \text{C}$. At Chiotas Diga there were 20 days with $T_{max} \geq 20^\circ \text{C}$ and 39 days with T_{max} of between 15 and 20 °C. At Goillet Diga the days with $T_{max} \geq 20^\circ \text{C}$, which are exceptional at this weather station, were absent, as in the previous year, whereas in the summer of 2003, the warmest since observation began, there had been one. At Serrù Diga 41 days were recorded in the IV^a class and 4 in the V^a whilst at St. Caterina Valfurva 43 and 47 days respectively (fig. 3a).

At Goillet Diga there is a strong trend towards an increase both in days with T_{max} of between 10 and 15 °C and also of days with T_{max} ranging from 15 to 20 °C, estimable respectively in 2.6 days/10 years and in 5.8 days/10 years (fig. 3b).

«Degrees per day»

The «degrees per day», which give a direct estimate of the thermal energy available for ablation of the snow, result from the summation of positive daily deviations between two prefixed thermal

levels. For the aims of this survey, the «degrees per day» were calculated with the following relations:

$$\begin{aligned} \text{«degrees per day»} &= \sum (T_{max} - T_{10^\circ}) T_{max} > T_{10^\circ} \\ \text{«degrees per day»} &= \sum (T_{min} - T_{0^\circ}) T_{min} > T_{0^\circ} \end{aligned}$$

At Chiotas Diga the «degrees per day» relative to the $\Sigma_{(t)} > 0^\circ \text{C}$ and to the $\Sigma_{(t)} > 10^\circ \text{C}$ reached their maximum in July, with 353 and 269 degrees respectively; the annual totals, which were 1325 and 785 degrees, showed increases of 193 and 203 compared with the means of the period 1980-2005. In summer 818 ($\Sigma_{(t)} > 0^\circ \text{C}$) and 564 degrees ($\Sigma_{(t)} > 10^\circ \text{C}$) were recorded, which represent 61.7 and 71.8% of the respective annual totals. Also at Goillet Diga the highest values ($\Sigma_{(t)} > 0^\circ \text{C}$; $\Sigma_{(t)} > 10^\circ \text{C}$) occurred in July, with 230 and 202 «degrees per day» respectively; the annual totals, which reached respectively 591 and 413 degrees, were higher by 19 and 84 units with respect to the means of the period 1970-2005. In summer the «degrees per day» reached 416 ($\Sigma_{(t)} > 0^\circ \text{C}$) and 276 units ($\Sigma_{(t)} > 10^\circ \text{C}$), which represent 70.4 and 66.8% of the respective annual totals (tab. 5; fig. 4a, 4b; 5a, 5b).

TABLE 5 - Monthly regime and annual value of «degrees per day» relative to minimum ($\Sigma_{(t)} > 0^\circ \text{C}$) and maximum daily temperatures ($\Sigma_{(t)} > 10^\circ \text{C}$)

Stations	ΣT	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year	Means
Chiotas Diga	ΣT_{min}	94	21	1	1	0	5	25	125	226	353	239	235	1325	1140
	ΣT_{max}	26	2	0	0	0	1	9	63	147	269	148	120	785	590
Goillet Diga	ΣT_{min}	26	2	0	0	0	0	0	18	114	230	74	127	591	573
	ΣT_{max}	0	0	0	0	0	0	0	9	104	202	38	60	413	352
Serrù Diga	ΣT_{min}	54	16	0	0	0	2	6	55	166	311	150	193	953	-
	ΣT_{max}	17	0	0	0	0	0	0	17	115	228	57	83	517	-
S. Caterina Val.	ΣT_{min}	35	8	0	0	0	0	11	67	164	273	128	90	776	-
	ΣT_{max}	72	3	0	0	0	2	16	100	253	377	143	133	1099	-
Caresèr Diga	ΣT_{min}	36	-	-	-	-	0	24	24	120	216	-	-	-	-
	ΣT_{max}	17	-	-	-	-	0	5	110	175	5	-	-	-	-

Absolute minimum and maximum temperatures

The daytime absolute minimum and maximum temperatures had their highest frequency in December and July, whilst the negative temperatures were present in nine months at Chiotas Diga, in eleven at Goillet Diga and in ten months at St. Caterina Valfurva. At Chiotas Diga the earliest and latest days with frost and of frost were respectively on 3rd and 4th October and on 3rd and 1st June. At Serrù Diga these values occurred on 4th October, 19th November and 8th June and 31st May; in the station of S. Caterina Valfurva on 30th September, 18th November and on 11th April and 2nd June (tab. 6).

TABLE 6 - Variations in minimum and maximum daytime temperatures (°C)

Stations	T	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	T_{min}	-2.0	-13.0	-14.0	-15.0	-12.0	-15.0	-5.0	-3.0	-3.0	8.0	4.0	4.0	-15.0
	T_{max}	14.0	11.0	8.0	8.0	8.0	11.0	15.0	19.0	21.0	25.0	24.0	22.0	25.0
Goillet Diga	T_{min}	-5.0	-16.0	-21.0	-20.0	-16.0	-21.0	-10.0	-6.0	-8.0	4.0	-2.0	-1.0	-21.0
	T_{max}	10.0	8.0	3.0	3.0	2.0	7.0	10.0	14.0	18.0	19.0	16.0	19.0	19.0
Serrù Diga	T_{min}	-3.0	-13.0	-19.0	-18.0	-15.0	-17.0	-8.0	-5.0	-5.0	5.0	0.0	1.0	-19.0
	T_{max}	13.0	9.0	4.0	6.0	3.0	8.0	8.0	14.0	19.0	21.0	18.0	21.0	21.0
Pant. d'Avio Diga	T_{min}	-4.0	-16.0	-20.0	-18.0	-17.0	-18.8	-10.5	-6.0	-6.0	5.0	-1.0	0.0	-20.0
	T_{max}	14.0	12.0	2.0	4.0	6.0	10.3	8.9	16.0	19.0	20.0	17.0	22.0	20.0
S. Caterina Val.	T_{min}	-4.0	-15.0	-22.0	-19.9	-17.8	-19.5	-11.2	-4.3	-3.4	6.0	0.1	0.0	-22.0
	T_{max}	19.0	12.0	3.0	5.3	7.2	12.3	13.7	18.7	23.8	25.6	19.2	24.1	25.6
Caresèr Diga	T_{min}	-5.6	-	-	-	-	-20.3	-12.7	-7.5	-7.2	4.3	-	-	-
	T_{max}	13.3	-	-	-	-	7.8	9.7	11.6	18.2	19.5	-	-	19.5

At the station of Goillet Diga the mean seasonal temperatures were very close to the means for the period, except for the winter values which were the lowest since 1970 (tab. 7; fig. 8).

TABLE 7 - Variations and mean values of the seasonal and annual mean air temperatures (°C) at Goillet Diga (1970-2000). Values for the hydrological year 2005-2006

Stations	Autumn	Winter	Spring	Year
T_{min}	-1.3	-7.6	-3.8	5.5
Data	1974/75	2004/05	1983/84	1976/77
T_{max}	5.7	-1.2	2.0	11.4
Data	1986/87	1988/89	1989/1990	2002/03
T_{med}	2.1	-5.4	-1.2	8.3
$T_{2005-2006}$	2.1	-8.1	-1.5	8.5

TOTAL PRECIPITATION

Total annual precipitation values were similar to those of the previous year, despite a few significant increases, such as at Ceresole Diga and at Serrù Diga, and some marked decreases, for example at Gressoney D'Ejola. Highest rainfall was recorded at the end of the summer and in September when at Ceresole Diga and Serrù Diga there were respectively 428.8 and 287.1 mm. The driest period was between the end of winter and the beginning of the spring (tab. 8; fig. 6).

TABLE 8 - Total monthly and annual precipitation (mm)

Stations	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	204.8	54.4	54.0	80.2	11.5	28.4	58.6	39.9	50.0	91.1	102.6	174.7	950.2
Ceresole Diga	52.4	15.2	21.6	47.0	34.6	69.0	52.2	97.2	28.2	152.5	83.3	428.8	1082.0
Serrù Diga	51.6	19.6	27.2	59.6	49.6	96.4	62.8	122.8	62.0	34.4	142.8	287.1	1015.9
Gressoney D'Ejola	77.2	10.7	23.9	17.5	58.4	86.3	72.9	94.5	58.9	138.9	68.6	152.3	860.1
Alpe Gera Diga	71.4	43.0	102.0	19.0	38.0	58.5	62.0	66.6	42.0	97.0	144.5	91.5	835.5
Pant. d'Avio Diga	154.0	57.0	48.0	15.0	6.0	21.0	35.0	58.0	39.0	147.0	263.0	48.0	891.0
S. Caterina Valf.	95.0	26.2	19.8	0.6	13.2	39.8	45.2	62.4	57.8	100.6	140.2	1.4	602.2
S. Valentino alla M.	73.4	18.4	45.1	13.2	29.8	46.0	35.0	52.8	54.8	47.0	84.4	29.8	529.7
Caresèr Diga	111.0	-	-	-	-	19.0	52.4	56.0	38.8	124.2	-	-	-
Riva di Tures	61.8	50.4	46.4	20.4	32.2	64.0	56.4	142.2	87.8	122.2	203.4	30.0	917.1

The seasonal total precipitation trends were essentially well distributed, apart from in the central-eastern sector of the Alpine range, where in the summer there were peaks of between 40 and 50% of the annual totals, such as at St. Caterina Valfurva (45.9%) and at Riva di Tures (43.8%) (tab. 9).

TABLE 9 - Seasonal precipitation regimes (mm)

Stations	Autumn	Winter	Spring	Summer	Regime				
Chiotas Diga	314.2	37.9%	145.7	17.5%	126.9	15.3%	243.7	29.3%	AEIP
Ceresole R. Diga	80.6	12.1%	103.2	15.5%	218.4	32.8%	260.0	39.6%	EPIA
Serrù Diga	97.6	12.9%	136.4	18.1%	282.0	37.3%	239.2	31.7%	PELA
Alpe Gera Diga	151.8	19.4%	159.0	20.3%	187.1	23.9%	283.5	36.3%	EPIA
S. Caterina Valfurva	170.2	26.2%	33.6	5.2%	147.5	22.7%	298.6	45.9%	EAPI
S. Valentino M.	139.8	25.5%	88.1	16.1%	133.8	24.4%	186.2	34.0%	EAPI
Riva di Tures	168.2	17.8%	99.0	10.5%	262.6	27.8%	413.2	43.8%	EPAI

At Chiotas Diga and Riva di Tures total precipitation values of the hydrological year being studied, compared with those of previous years, vary little from the mean values. The monthly regime at Chiotas Diga shows a marked decrease in values between the

end of winter and beginning of summer, whilst autumn precipitation values were slightly higher (tab. 10).

TABLE 10 - Variations and mean total precipitation (mm) at Chiotas Diga (1980-2006) and at Riva di Tures 1966-2006). Values of the hydrological year 2005-2006

Stations	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
P_{min}	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	57.8	29.2	8.6	23.0	21.5	6.4
Data	1986/1987	1981/1982	vari	vari	vari	1997/1998	2000/2001	1991/1992	2000/2001	1983/1984	1999/2000	1996/1997	1989/1990
Chiotas Diga	411.4	461.2	139.9	275.2	110.2	247.4	295.0	213.5	193.2	233.2	200.9	352.4	1502
Data	1993/1994	2002/2003	2003/2004	1995/1996	2003/2004	1990/1991	1980/1981	2001/2002	1991/1992	2001/2002	1982/1983	1993/1994	1992/1993
P_{med}	156.0	112.0	60.0	52.0	31.0	54.0	119.0	116.0	92.0	68.0	75.0	124.0	1057.0
$P_{2005-2006}$	204.8	54.4	54.0	80.2	11.5	28.4	58.6	39.9	50.0	91.1	102.6	174.7	950.2
P_{min}	4.6	13.8	5.0	3.8	2.1	1.4	6.4	29.0	46.4	21.4	35.1	31.5	679
Data	1969/1970	1988/1989	1969/1970	1991/1992	1974/1975	2002/2003	1981/1982	1968/1969	2004/2005	1979/1980	1972/1973	1979/1980	2004/2005
Riva di Tures	231.8	230.8	135.8	109.4	103.4	136.6	151.2	171.3	317.0	265.0	223.4	204.4	1254
Data	1993/1994	2000/2001	1991/1992	2000/2001	1989/1990	1999/2000	1988/1989	1982/1983	1971/1972	1971/1972	1984/1985	1993/1994	1971/1972
P_{med}	76.7	69.7	44.9	38.5	31.3	43.4	63.3	97.9	137.6	131.3	114.9	82.0	931.0
$P_{2005-2006}$	61.8	50.4	46.4	20.4	32.2	64.0	56.4	142.2	87.8	122.2	203.4	30.0	917.1

SNOWFALL

Snowfall this year was lower than that measured in the previous hydrological year, above all in the western sector of the Alps: at Ceresole Reale Diga the decrease was 202 cm; at Serrù Diga, with 324 cm, the value was only 45% of the previous recording (tab. 11). At Chiotas Diga annual thickness, however, was 93 cm above the seasonal average. The heaviest snowfalls were in winter and at the beginning of spring (tab. 11, 12; fig. 7).

TABLE 11 - Mean and annual thickness of snowfall (cm)

Stations	O	N	D	J	F	M	A	M	J	S	Year
Chiotas Diga	50	41	79	245	218	27	4	6	19	0	689
Ceresole Reale Diga	3	1	28	83	60	113	2	1	0	0	291
Serrù Diga	10	14	15	85	65	90	10	35	0	0	324
Gressoney D'Ejola	15	3	27	20	65	66	28	25	0	0	249
Pantano d'Avio Diga	65	49	93	29	-	-	-	-	0	3	-
Alpe Gera Diga	12	34	55	46	67	66	61	4	0	0	345
S. Valentino alla Muta	0	7	60	21	43	46	11	0	0	0	188
Riva di Tures	0	41	43	24	44	49	36	0	1	0	238

TABLE 12 - Variations and mean values of snowfall thickness (cm) at Chiotas Diga (1979-2005). Values for the hydrological year 2005-2006

Stations	Autumn	Winter	Spring	Summer	Year
H_{min}	0	74	27	0	317
Data	vari	1988/89	2000-01	vari	1994/95
H_{max}	381	483	370	10	881
Data	2003/04	1995/06	1990/91	1987/88	1983/84
H_{med}	197	238	159	1	596
$H_{2005-2006}$	170	490	29	0	689

The main maximum of snowfall depth was in winter, the greatest being 78.6% of the annual total at Chiotas Diga. Snowfall precipitation in autumn was very scarce, whilst spring was relatively snowy, particularly in the central-western sector of the Alps (tab. 13).

TABLE 13 - Seasonal regimes of snowfall thickness (cm)

Stations	Autumn		Winter		Spring		Summer	
Chiotas Diga	91	13.2%	542	78.6%	37	5.4%	19	2.8%
Serrù Diga	24	7.4%	165	50.9%	135	41.7%	0	0.0%
Gressoney D'Ejola	18	7.3%	112	45.2%	119	48.0%	0	0.0%
Alpe Gera Diga	46	13.3	168	48.7%	131	38.0%	0	0.0%
Riva di Tures	41	17.2%	111	46.6%	85	35.7%	1	0.5%

In the Alps the first snowfalls were at the beginning of October, due to a depression over the Gulf of Genoa which produced widespread cloud cover and rainfall at low altitudes and snow at around 1500 m a.s.l.; the last, very light snowfalls, occurred in the first ten days of May. The ground was snow covered generally from the end of October until April, with the exception of Goillet Diga where the snowcover resisted until 28th May. On the whole, the duration of snowcover was markedly shorter than that of the previous hydrological year, by as much as 65 days less at Chiotas Diga and 76 days at Gressoney D'Ejola (tab. 14).

Table 14 - Early and late snowfall and maximum duration of snowcover at the ground

Stations	first snowfall	last snowfall	duration of snow cover	n° days
Chiotas Diga	3 October	2 June	13 November/11 April	150
Goillet Diga	3 October	11 May	25 October/28 May	186
Ceresole Reale Diga	4 October	11 May	4 December/19 April	137
Gressoney D'Ejola	3 October	10 May	2 December/19 April	139
Riva di Tures	17 November	3 June	26 November/21 April	147

At Chiotas Diga the weak trend towards an increase in annual thickness of snowcover continues, which has lasted since the hydrological year 1999-2000. During the year under study in fact there

was snowfall of 689 cm, which in the last twenty years represents the eighth highest thickness (fig. 9).

CONCLUSIONS

After a relatively mild October and first half of November there was an abrupt change in atmospheric conditions due to the arrival in the northern Mediterranean of polar air. This synoptic condition brought about a rapid drop in temperatures, increase in cloud cover and snowfalls in the Alpine and Apennine ranges, also at low altitudes. At the end of November in most of the Alps, and particularly in Alto Adige, there were negative temperature values close to the seasonal record low. The low temperatures, although interrupted by the passage of an occasional warm front, persisted until the beginning of spring. This resulted in one of the coldest winters in recent decades. The final part of spring and beginning of summer registered thermal trends within the norm; on the contrary, while remaining under the influence of a sub-tropical air mass, July was one of the warmest on record, above all in the third and part of the fourth week of the month. The thermal contrast between July and August was high because in the Alps, already from the first day of August, there was passage of a cold front, which brought about an abrupt drop in temperatures, together with rainfall which in some sectors were characterized by heavy rainstorm activity. The hydrological year ended in September with temperatures slightly higher than the seasonal mean.

Total precipitation values were slightly lower than the seasonal norm; however there is a certain stabilization or slight tendency to increase after the strong decrease that followed the phase of heavy rainfall conditions of the period 1999-2001.

Snowfall was relatively low, above all in the central-western sector, although this is within the context of a relative stabilization or slight increase, which follows the strong decrease after the first years of the 1980s.

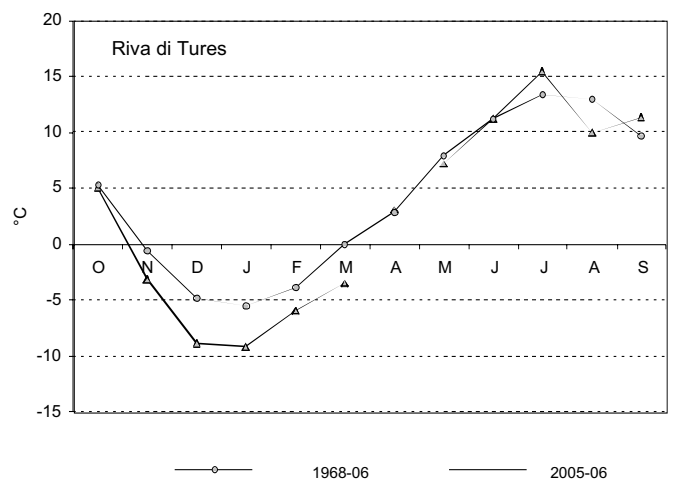
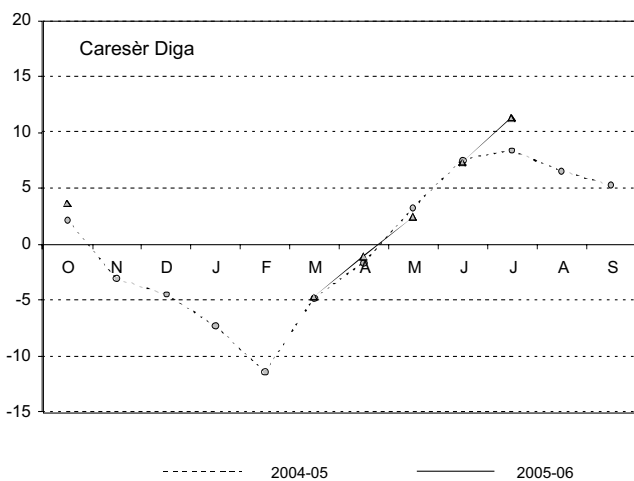
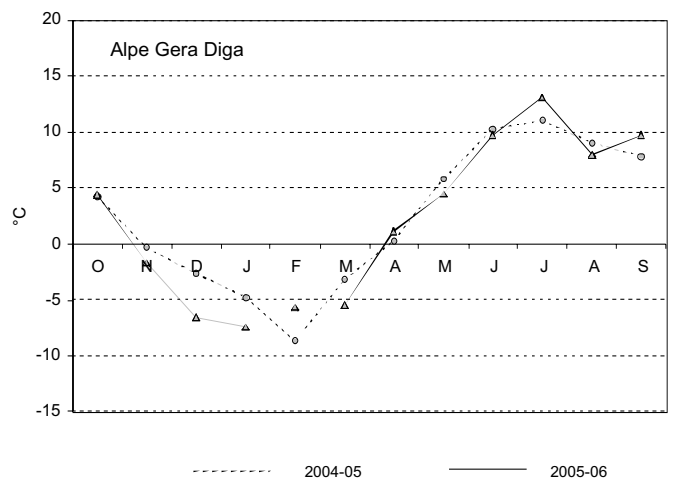
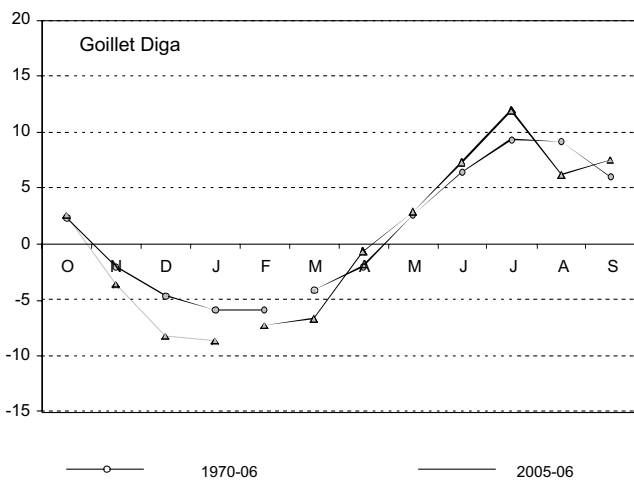
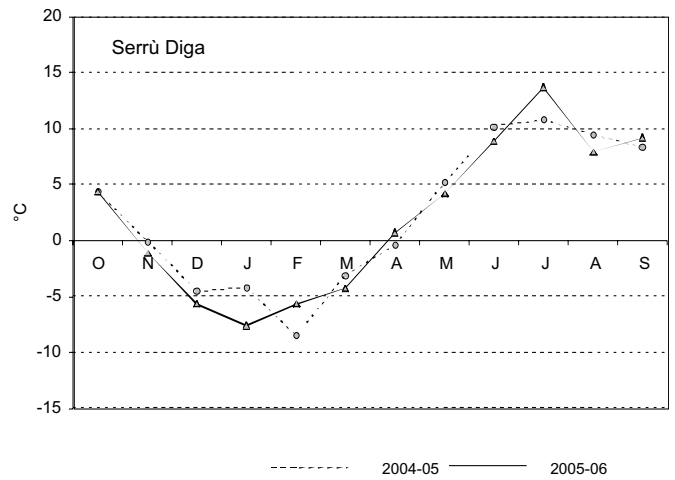
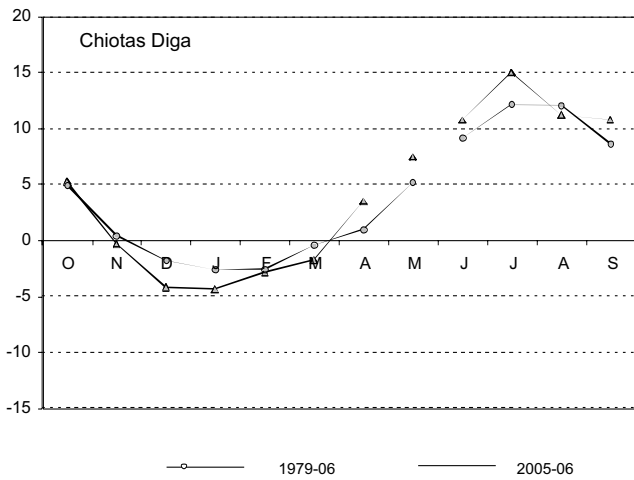


FIG. 2 - Regime mensile delle temperature dell'aria.
 Monthly regime of air temperature.

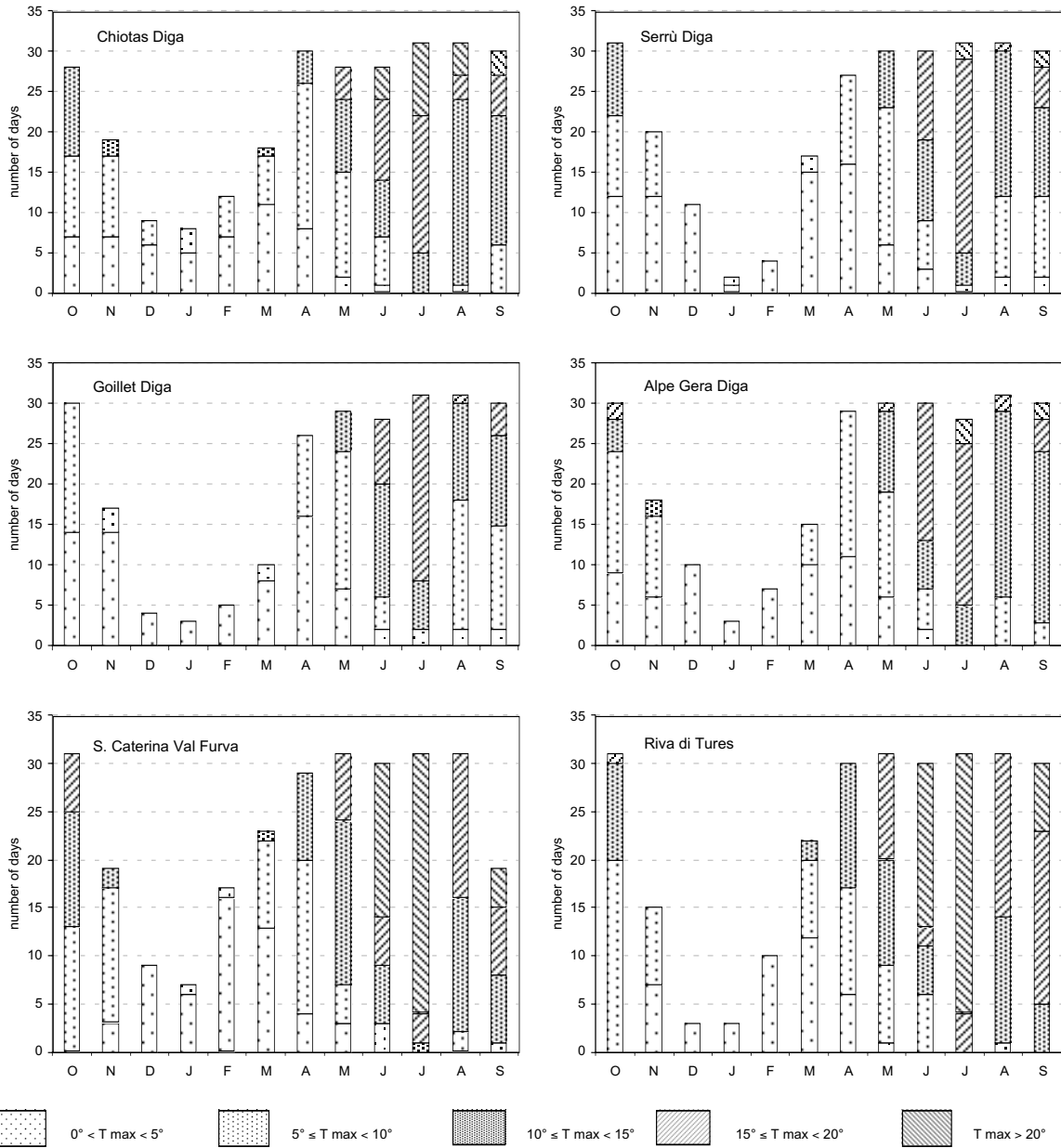


FIG. 3a - Distribuzione della frequenza mensile delle classi di temperatura.
Distribution of the monthly frequency of the temperature classes.

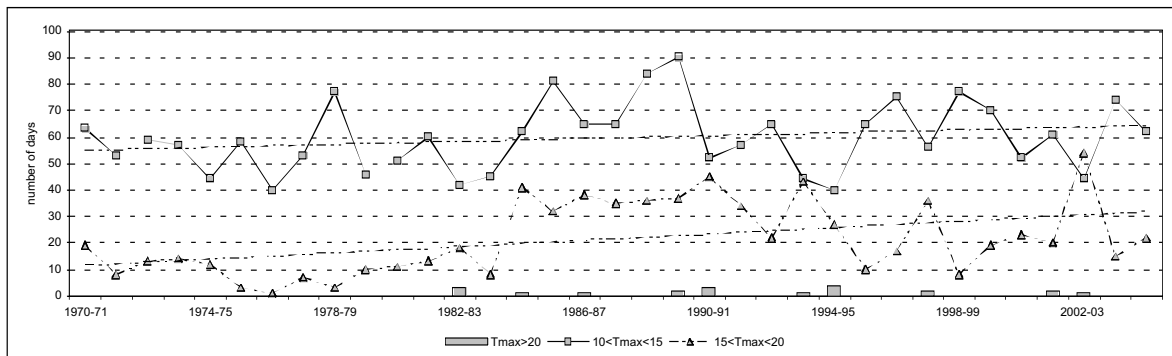


FIG. 3b - Andamento interannuale delle classi di temperatura a Goillet Diga.
Interannual trend of the temperature classes at Goillet Diga.

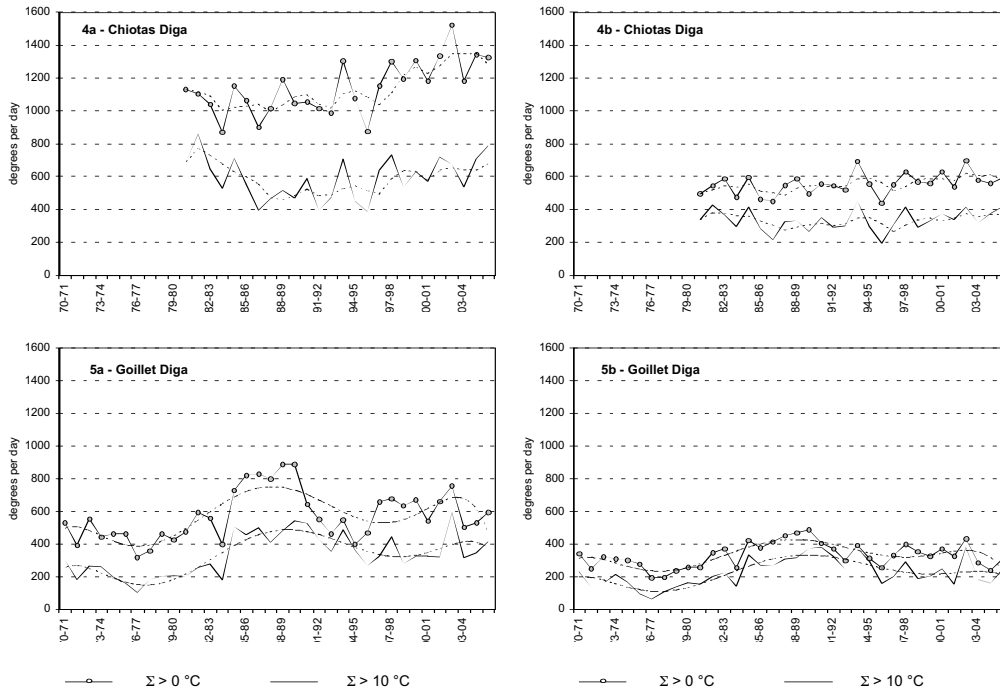


FIG. 4a e 5a - Andamento dei «gradi-giorno» annui.
Degrees per day Annual trend.

FIG. 4b e 5b - Andamento dei «gradi-giorno» di Luglio e Agosto.
Degrees per day trend of June and July.

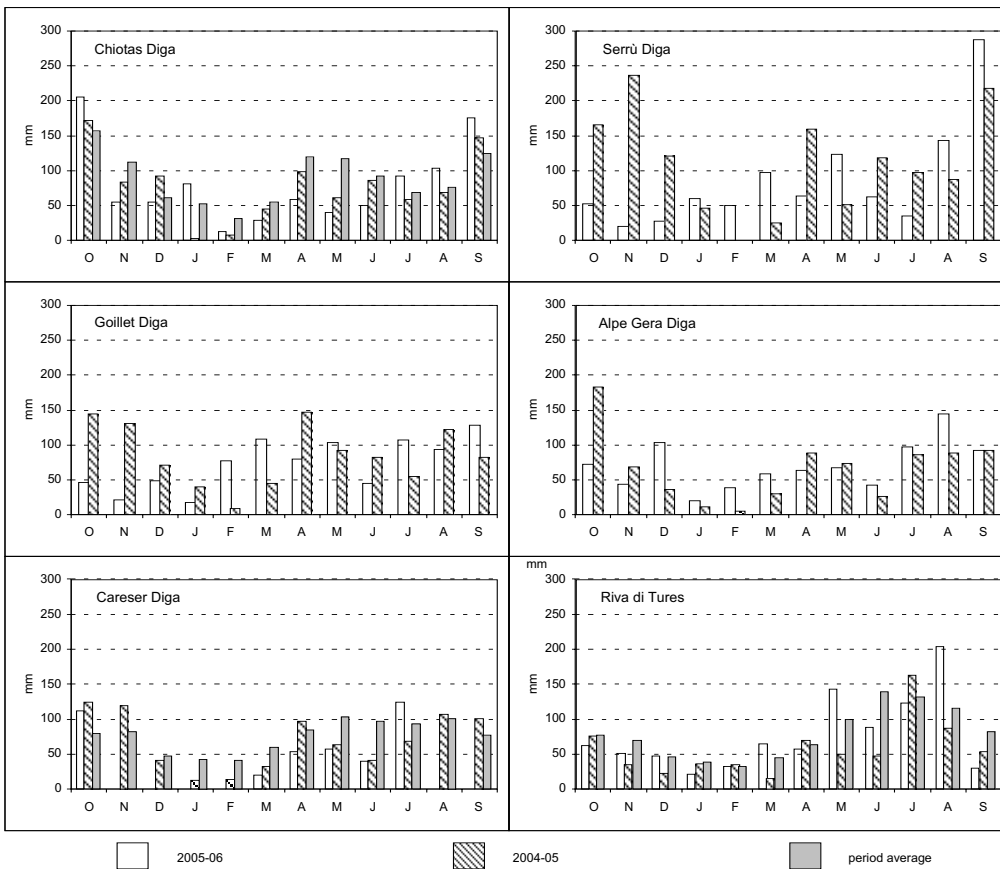


FIG. 6 - Regime mensile delle precipitazioni totali.
Monthly regime of the total precipitation.

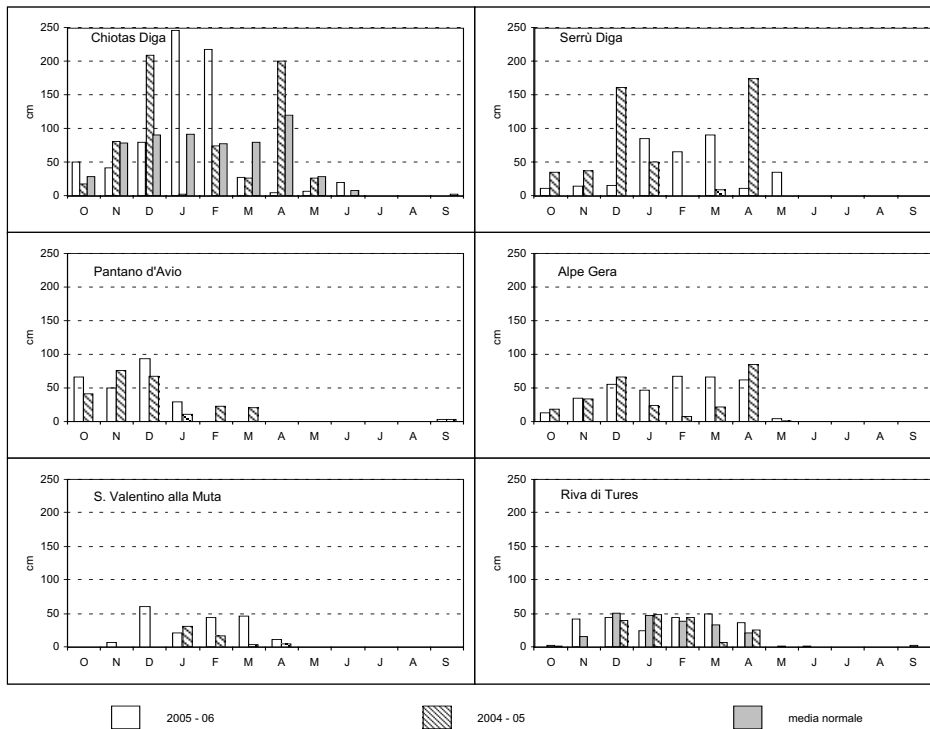


FIG. 7 - Regime mensile dell'altezza di neve caduta.
Monthly regime of thickness of snowfall.

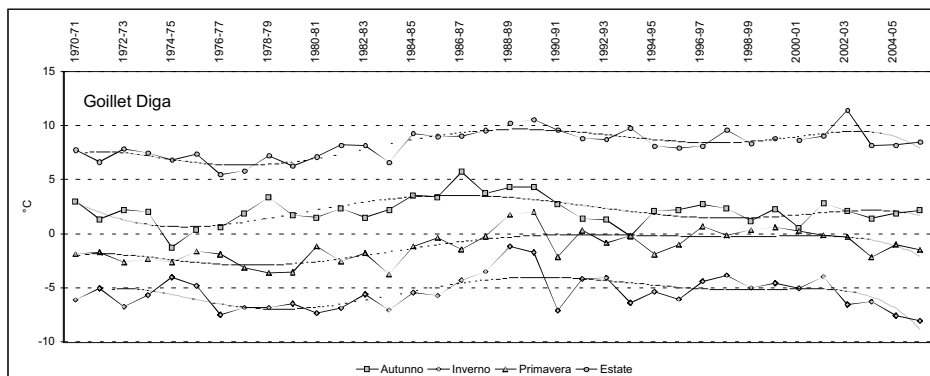


FIG. 8 - Andamento termico stagionale.
Seasonal temperature trend.

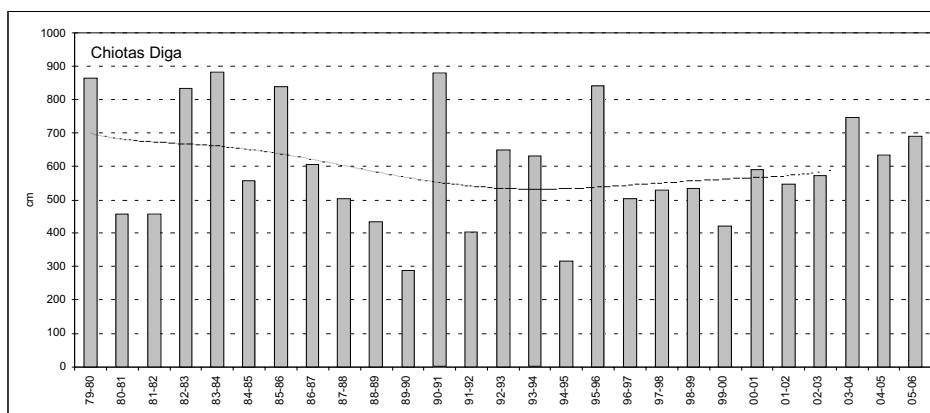


FIG. 9 - Andamento interannuale delle altezze di neve caduta.
Interannual trend of thickness of snowfall.