

'MIB'

MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO E GEOCHIMICO DOLOMITI DI BRENTA 2007-09



PROVINCIA AUTONOMA
DI TRENTO

Servizio Geologico



INTRODUZIONE 1

- Nell'ambito delle competenze nel settore dell'idrogeologia del Servizio Geologico della P.A.T. è stato intrapreso un progetto pilota riguardante lo studio del massiccio del Brenta.
- La scelta dell'area si è basata sulle sue caratteristiche particolari quali l'**estensione**, l'**identità morfologica**, il forte **sviluppo di fenomeni carsici** che determina l'estrema vulnerabilità degli acquiferi e la presenza di **maggiori sorgenti carsiche** sfruttate da diversi decenni a scopo idropotabile, idroelettrico e irriguo.
- Durante gli anni 2006 e 2007 si sono impostate le basi strutturali del monitoraggio allestendo, in collaborazione con il Servizio Bacini Montani – P.A.T., una serie di stazioni idrometriche per implementare i punti di misura già in essere (stazioni Incarico Speciale Sicurezza Sistema Idraulico - P.A.T. e Museo Tridentino Scienze Naturali) per quanto riguarda sia le acque di sorgente che quelle superficiali.
- L'orizzonte temporale prefissato dal progetto ha riguardato il biennio 2008-2009 durante il quale si è pure realizzata una serie completa di analisi chimiche, batteriologiche e isotopiche.

INTRODUZIONE 2

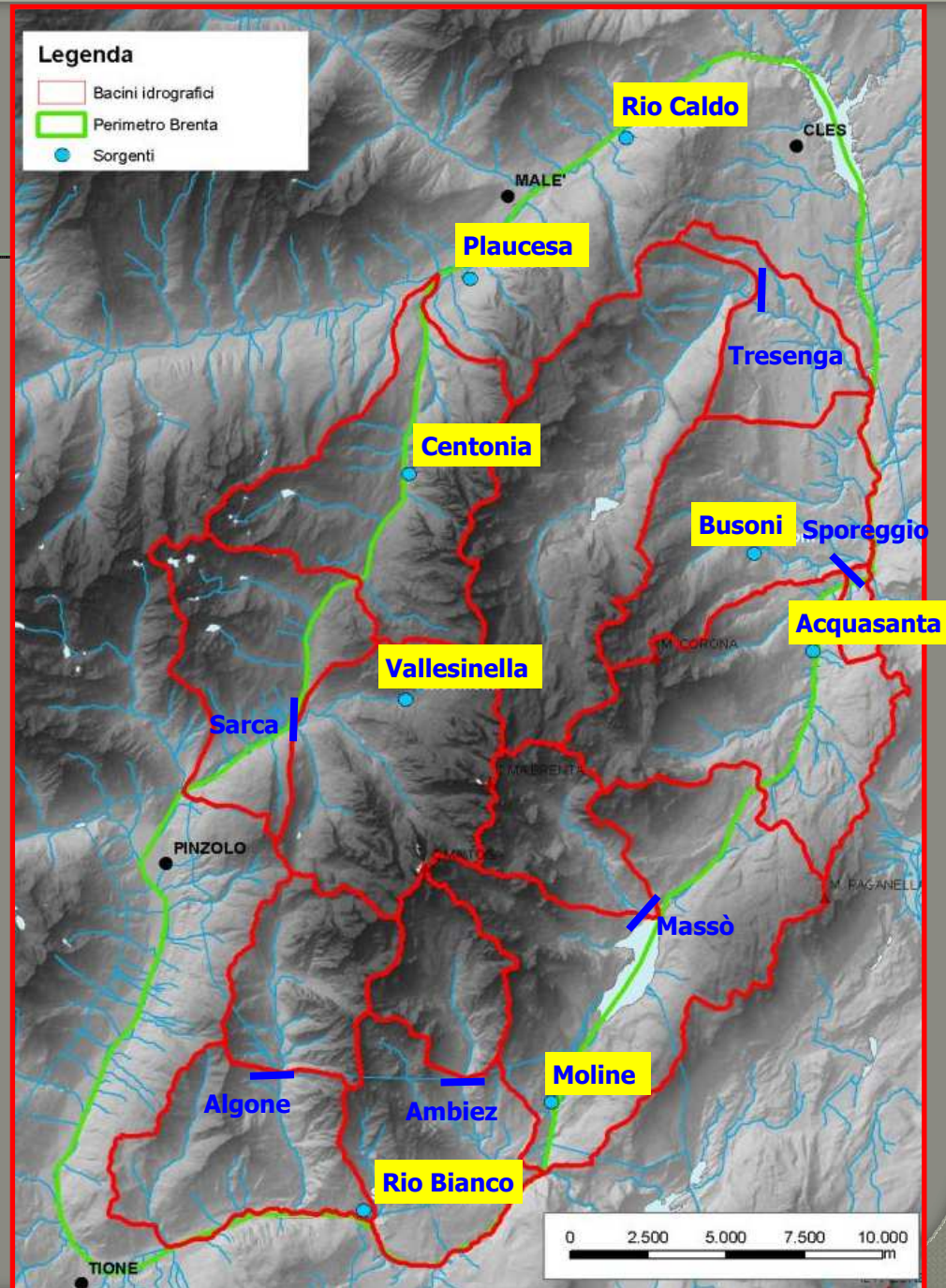
- Lo studio, coordinato dal Dr. Andrea Borsato, è da considerarsi come base di partenza che potrà essere in futuro implementata sia nella parte di acquisizione e validazione dei dati, sia nella parte modellistica con lo sviluppo di appropriati modelli di precipitazione, di infiltrazione efficace, e con l'interpretazione integrata dei dati idrometrici, chimico-fisici e isotopici per ciascuna delle sorgenti studiate.
- Questo approccio metodologico rappresenta un primo modello di riferimento che potrà essere applicato e perfezionato per lo studio di ulteriori situazioni e aree di particolare interesse idrogeologico presenti nel territorio provinciale.
- I punti di misura considerati riguardano le otto maggiori sorgenti carsiche (Vallesinella, Centonia, Plaucesa, Rio Caldo, Busoni, Acquasanta, Moline, e Rio Bianco) e i 6 principali corsi d'acqua del Gruppo del Brenta (Tresenga, Sporeggio, Massò, Ambiez, Algone e Sarca di Val Brenta, Vallesinella e Val d'Agola).

DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

- Progetto rete campionamento e misura. Individuazione dei punti di monitoraggio e misura in riferimento ai bacini idrografici superficiali e alle principali sorgenti.
- Monitoraggio in continuo sorgenti. Misura in continuo (cadenza oraria) di livello, temperatura e conducibilità elettrica delle sorgenti. Acquisizione dei dati di livello e/o portata delle principali derivazioni delle sorgenti considerate in collaborazione con il Servizio Utilizzazione delle Acque Pubbliche – P.A.T.
- Monitoraggio in continuo corsi d'acqua. Misure di livello in continuo dei corsi d'acqua Sporeggio, Ambiez e Algone. Acquisizione dei dati di livello e/o portata dei corsi d'acqua Tresenga, Massò e Sarca (in collaborazione con l'Incarico Speciale Sicurezza Sistema Idraulico e l'Ufficio Dighe - P.A.T.)
- Misure tarature stazioni idrometriche. (in collaborazione con il Servizio Utilizzazione delle Acque Pubbliche – P.A.T.).
- Database meteorologico e idrologico. Organizzazione di un database meteorologico relativo alle stazioni della rete dell'Ufficio Previsioni e Pianificazione – P.A.T. e dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige situate all'interno del Gruppo di Brenta e aree limitrofe e di un database idrologico di sorgenti e corsi d'acqua.
- Studio geochimico e isotopico. Analisi mensili delle acque di sorgente: cationi-anioni, elementi in traccia, analisi batteriologiche ed isotopiche ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, tritio). Analisi isotopiche mensili delle acque meteoriche in 5 stazioni (Rif. Graffer, Malè, Cles, Spormaggiore, S. Lorenzo).

RETE 'MIB'

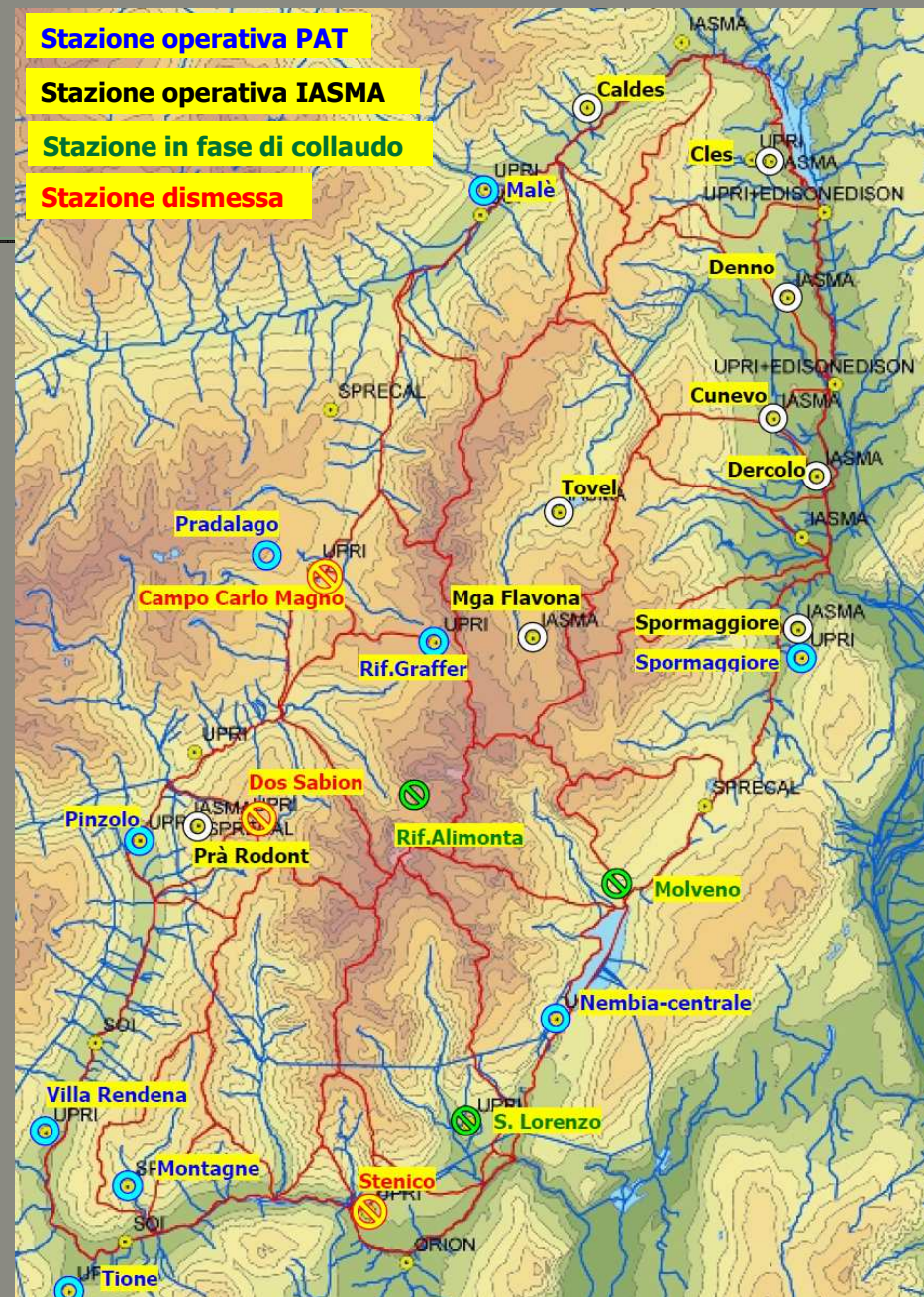
- Le Dolomiti di Brenta sono la più estesa idrostruttura della provincia di Trento (560 km²).
- Presentano il maggior dislivello idrogeologico esistente in Italia (2900 m) sviluppandosi tra le quote 3160 m s.l.m. di Cima Tosa fino a 260 m s.l.m. nella bassa Valle di Non.



STAZIONI METEO

STAZIONE PAT	Attiva	Cod.	quota m s.l.m.	Coord. EST	Coord. NORD	% dati validati			Note
						2007	2008	2009	
Campo C. Magno	NO	T0168	1681	1641753	5122655	Dismissa nel 2003			
Campodenno	SI	T0323	610	1656353	5124937	62%	66%	100%	dati validati
Cles	NO	T0083	665	1656283	5136296	Dismissa nel 2006			
Denno	NO	T0086	426	1658047	5126461	Dismissa nel 2001			
Dos Del Sabion	NO	T0174	2100	1639443	5114222	Dismissa nel 01/2007			
Rifugio Graffer	SI	T0169	2262	1645750	5120208	100%	64%	61%	dati validati
Madonna di Campiglio	NO	T0286	1510	1640942	5121318	Dismissa nel 1974			
Male'	SI	T0074	735	1647446	5135308	100%	98%	98%	dati validati
Molveno	SI	T0383	835	1651190	5111643	Non operativa			
Montagne	SI	T0182	955	1635520	5102130	98%	83%	47%	dati validati
Nembia (Centrale)	SI	T0186	810	1649806	5107699	100%	78%	93%	validati al 11-dic
Pinzolo	SI	T0175	755	1635752	5112986	80%	94%	66%	validati al 1-ott
Pradalago Rifugio Agostini	SI	T0167	2084	1639849	5123413	58%	79%	80%	dati validati
Rifugio Alimonta - Ragoli	SI	T0436	2560			0%	0%	0%	dati non validati
S. Lorenzo In Banale	SI	T0184	734	1646905	5104229	Non operativa			
Spormaggiore	SI	T0212	655	1657968	5119706	100%	88%	73%	validati al 11-dic
Stenico	NO	T0183	632	1643552	5101310	Dismissa nel 2001			
Tione	SI	T0179	575	1633578	5098605	100%	88%	100%	dati validati
Villa Rendena	SI	T0325	840	1633286	5102252	85%	88%	85%	validati al 10-dic

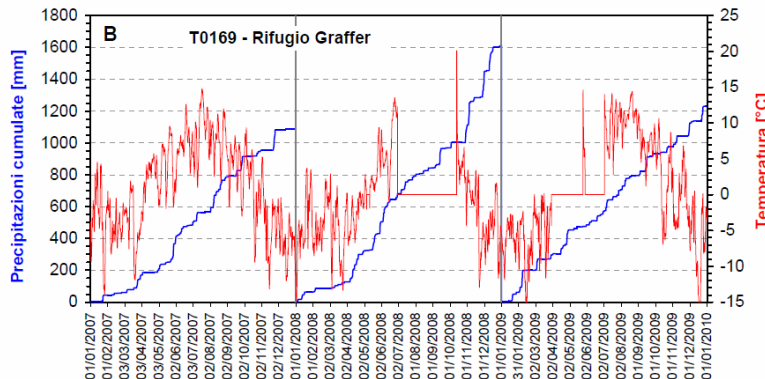
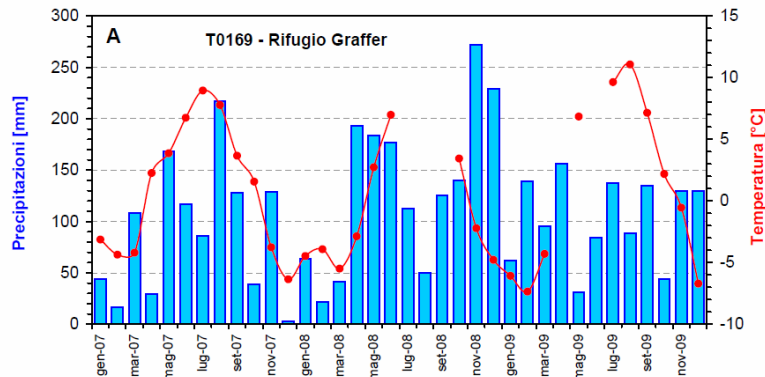
STAZIONE IASMA	Attiva	Cod.	quota m s.l.m.	Coord. EST	Coord. NORD	% dati validati			Note
						2007	2008	2009	
Caldes	SI	88	773	1650821	5138009	98%	100%	98%	
Cles	SI	31	652	1656954	5136223	100%	95%	97%	
Cunevo	SI	36	558	1657035	5127652	59%	83%	97%	
Denno	SI	25	321	1658464	5125761	99%	97%	97%	
Dercolo	SI	34	410	1657949	5123723	97%	98%	100%	
Malga Flavona	SI	89	2000	1648908	5120407	97%	86%	84%	dati non validati
Pinzolo Pra' Rodont	SI	11	1502	1637890	5114117	98%	74%	98%	
Spormaggiore	SI	35	548	1657830	5120665	100%	100%	100%	
Tovel	SI	7	1177	1649902	5124539	46%	11%	19%	dati non validati



DATABASE METEOROLOGICO

Rifugio Graffer - T0169														
Mese	Pioggia	Dati OK	Temp.	Dati OK	Mese	Pioggia	Dati OK	Temp.	Dati OK	Mese	Pioggia	Dati OK	Temp.	Dati OK
gen-07	44,4	100%	-3,1	100%	gen-08	64,0	100%	-4,5	100%	gen-09	62,2	100%	-6,1	100%
feb-07	16,4	100%	-4,4	100%	feb-08	21,6	100%	-3,9	100%	feb-09	139,0	25%	-7,3	83%
mar-07	108,4	100%	-4,2	100%	mar-08	41,8	100%	-5,5	100%	mar-09	95,8	0%	-4,3	95%
apr-07	29,6	100%	2,3	100%	apr-08	193,4	100%	-2,9	100%	apr-09	156,4	0%		0%
mag-07	168,4	100%	3,9	100%	mag-08	183,4	81%	2,7	81%	mag-09	31,6	9%	6,8	9%
giu-07	117,2	100%	6,8	100%	giu-08	177,2	97%	7,0	97%	giu-09	84,6	0%		0%
lug-07	85,6	100%	9,0	100%	lug-08	112,2	0%		0%	lug-09	137,2	92%	9,6	92%
ago-07	217,0	100%	7,8	100%	ago-08	49,8	0%		0%	ago-09	88,8	100%	11,1	100%
set-07	127,8	100%	3,7	100%	set-08	125,6	0%		0%	set-09	135,2	100%	7,2	100%
ott-07	39,2	100%	1,6	100%	ott-08	140,4	57%	3,4	57%	ott-09	44,0	100%	2,2	100%
nov-07	129,0	100%	-3,8	100%	nov-08	272,4	90%	-2,2	100%	nov-09	129,4	100%	-0,5	100%
dic-07	2,6	100%	-6,3	100%	dic-08	228,8	46%	-4,8	100%	dic-09	130	100%	-6,7	100%
2007	1085,6	100%	1,1	100%	2008	1610,6	64%	-0,9	69%	2009	1234,2	61%	1,1	73%

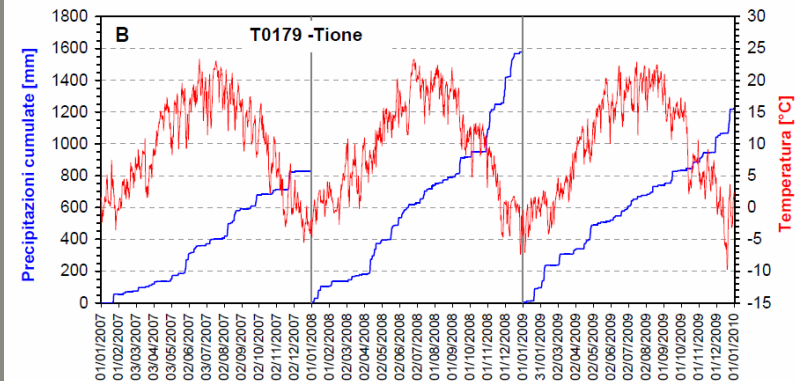
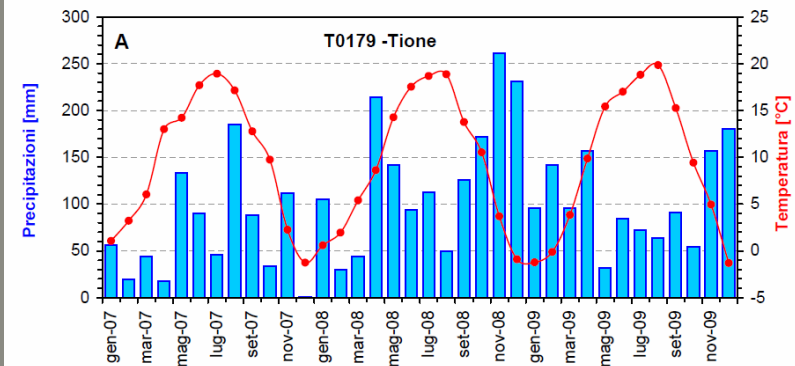
N.B.: i dati di precipitazione mancanti sono stati ricostruiti della stazione di Tione



A) Precipitazioni e temperature medie mensili; B) temperature medie giornaliere e precipitazioni cumulate.

Tione - T0179														
Mese	Pioggia	Dati OK	Temp.	Dati OK	Mese	Pioggia	Dati OK	Temp.	Dati OK	Mese	Pioggia	Dati OK	Temp.	Dati OK
gen-07	56,0	100%	1,1	100%	gen-08	105,2	100%	0,6	100%	gen-09	96,0	100%	-1,2	100%
feb-07	19,8	100%	3,2	100%	feb-08	30,0	5%	2,0	100%	feb-09	141,4	100%	-0,1	100%
mar-07	44,4	100%	6,0	100%	mar-08	44,4	49%	5,4	100%	mar-09	95,8	100%	3,8	100%
apr-07	17,6	100%	13,0	100%	apr-08	214,4	100%	8,6	100%	apr-09	156,4	100%	9,9	100%
mag-07	133,2	100%	14,2	100%	mag-08	142,0	100%	14,3	100%	mag-09	31,6	100%	15,4	100%
giu-07	89,8	100%	17,7	100%	giu-08	93,6	100%	17,5	100%	giu-09	84,6	100%	17,0	100%
lug-07	45,6	100%	18,9	100%	lug-08	112,2	100%	18,7	100%	lug-09	71,8	100%	18,8	100%
ago-07	184,6	100%	17,1	100%	ago-08	49,8	100%	18,9	100%	ago-09	63,4	100%	19,8	100%
set-07	88,2	100%	12,8	100%	set-08	125,6	100%	13,8	100%	set-09	90,6	100%	15,3	100%
ott-07	33,8	100%	9,7	100%	ott-08	171,8	100%	10,5	100%	ott-09	54,0	100%	9,4	100%
nov-07	111,8	100%	2,3	100%	nov-08	260,8	100%	3,7	100%	nov-09	156,8	100%	5,0	100%
dic-07	0,8	100%	-1,2	100%	dic-08	230,6	100%	-0,9	100%	dic-09	180,2	100%	-1,3	100%
2007	825,6	100%	9,6	100%	2008	1580,4	88%	9,4	100%	2009	1222,6	100%	9,4	100%

N.B.: i dati di precipitazione mancanti sono stati ricostruiti della stazione di Montagne

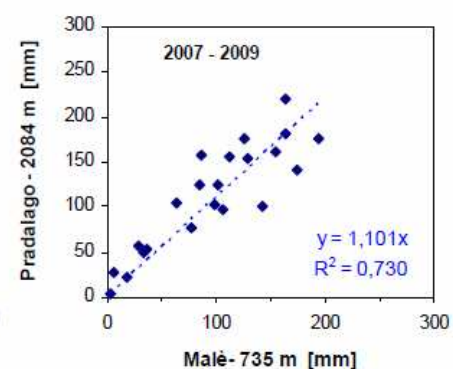
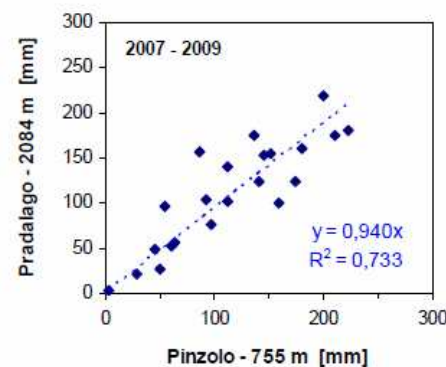
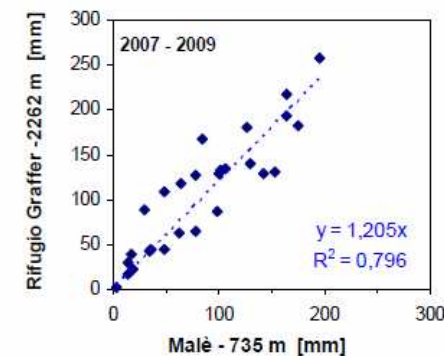
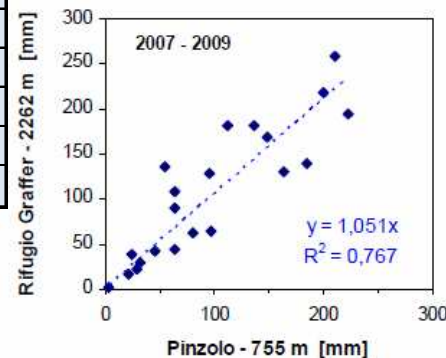
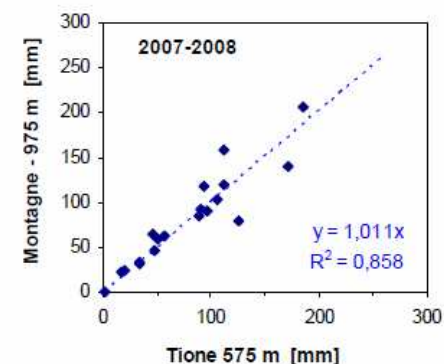
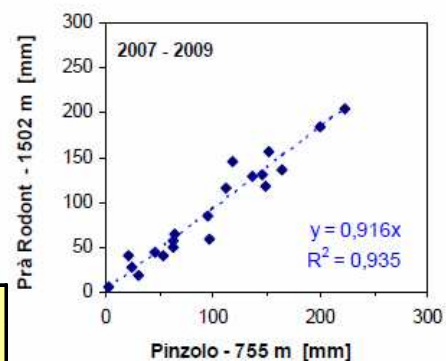


A) Precipitazioni e temperature medie mensili; B) temperature medie giornaliere e precipitazioni cumulate.

DATABASE METEOROLOGICO

Stazione	dislivello m	r^2	differenza %	gradiente %/km
Montagne - Tione	400	0,86	1,1%	2,8%
Prà Rodont - Pinzolo	747	0,94	-8,4%	-11,2%
Graffer - Pinzolo	1507	0,77	5,1%	3,4%
Graffer - Malè	1527	0,80	20,5%	13,4%
Graffer - Spormaggiore	1714	0,59	-5,0%	-2,9%
Pradalago - Malè	1349	0,73	10,1%	7,5%
Pradalago - Pinzolo	1329	0,73	-6,0%	-4,5%

Disomogeneità nei gradienti altitudinali tra -11% e +13%/km: effetti locali o problemi di misura?



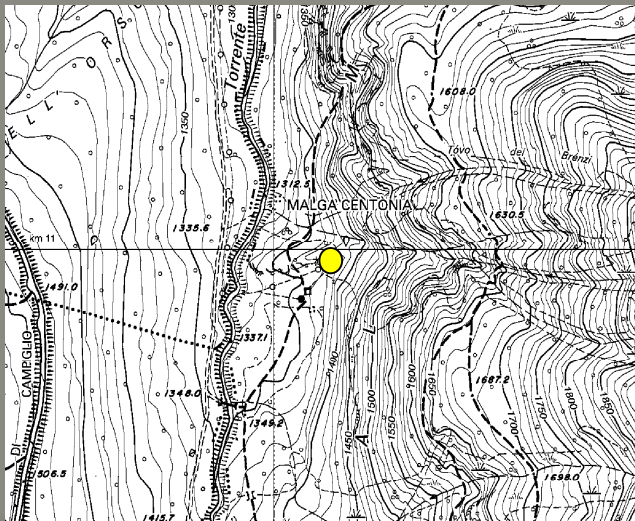
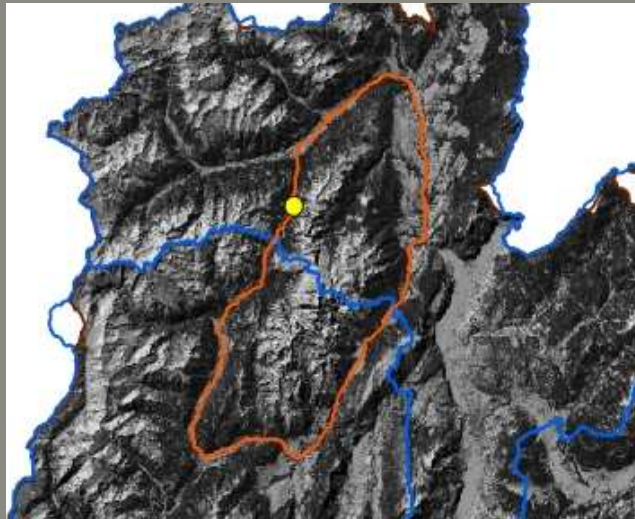
SCHEDA SORGENTI: Sorgente Centonia

Coordinate EST 1644112

Coordinate NORD 5125978

Quota (m slm) 1380

Bacino: NOCE



Stazione idrometrica sorgente Centonia

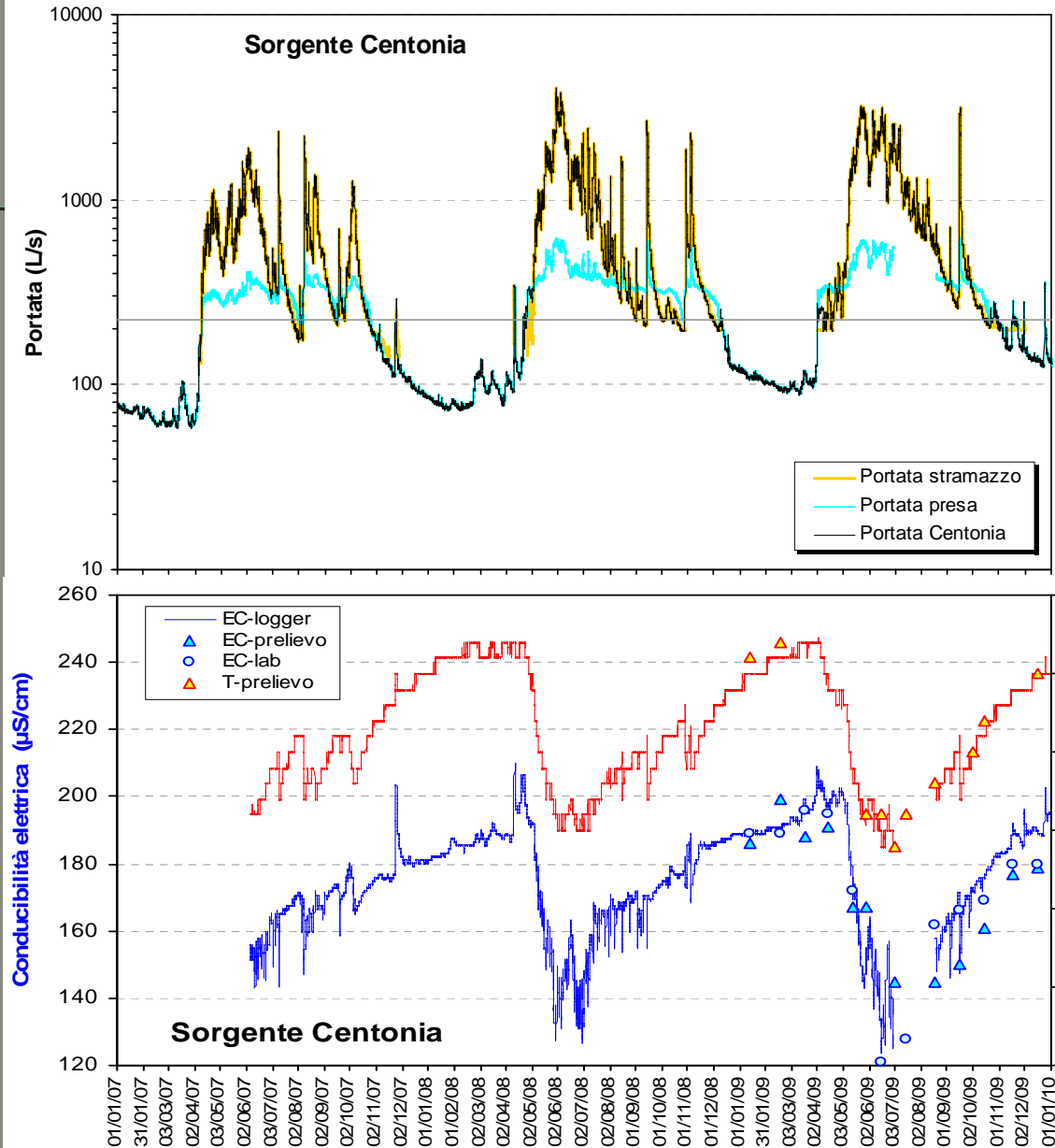
La misura delle portate totali della sorgente Centonia è stata effettuata all'interno dell'opera di presa per portate inferiori ai 300 L/s e a valle della sorgente presso la briglia con stramazzo di nuova costruzione per le portate più elevate.

A quest'ultimo valore si sono aggiunte le portate derivate misurate presso il partitore dell'acquedotto a Folgarida.

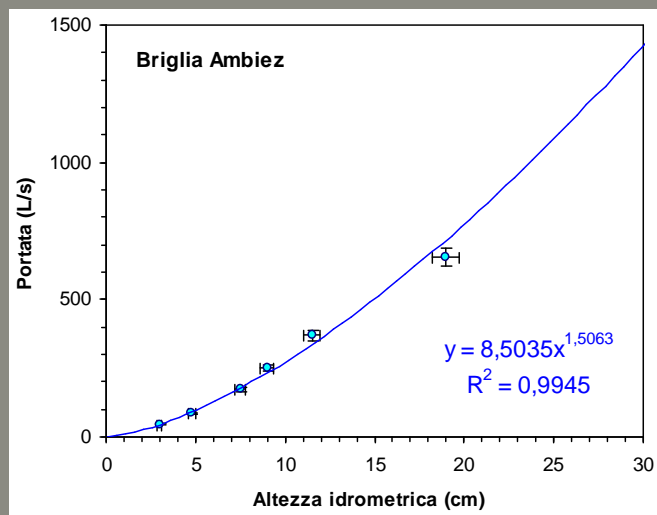
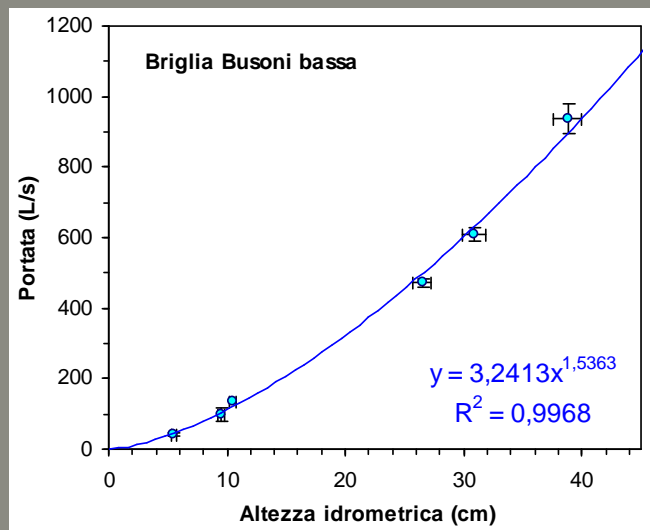
Sorgente Centonia

Portate sorgente Centonia (linea nera) costruite utilizzando le portate misurate nella presa della sorgente al di sotto del valore limite di 230 L/s (linea azzurra) e le misure allo stramazzo corrette con le perdite al di sopra del valore limite di 230 L/s (linea gialla).

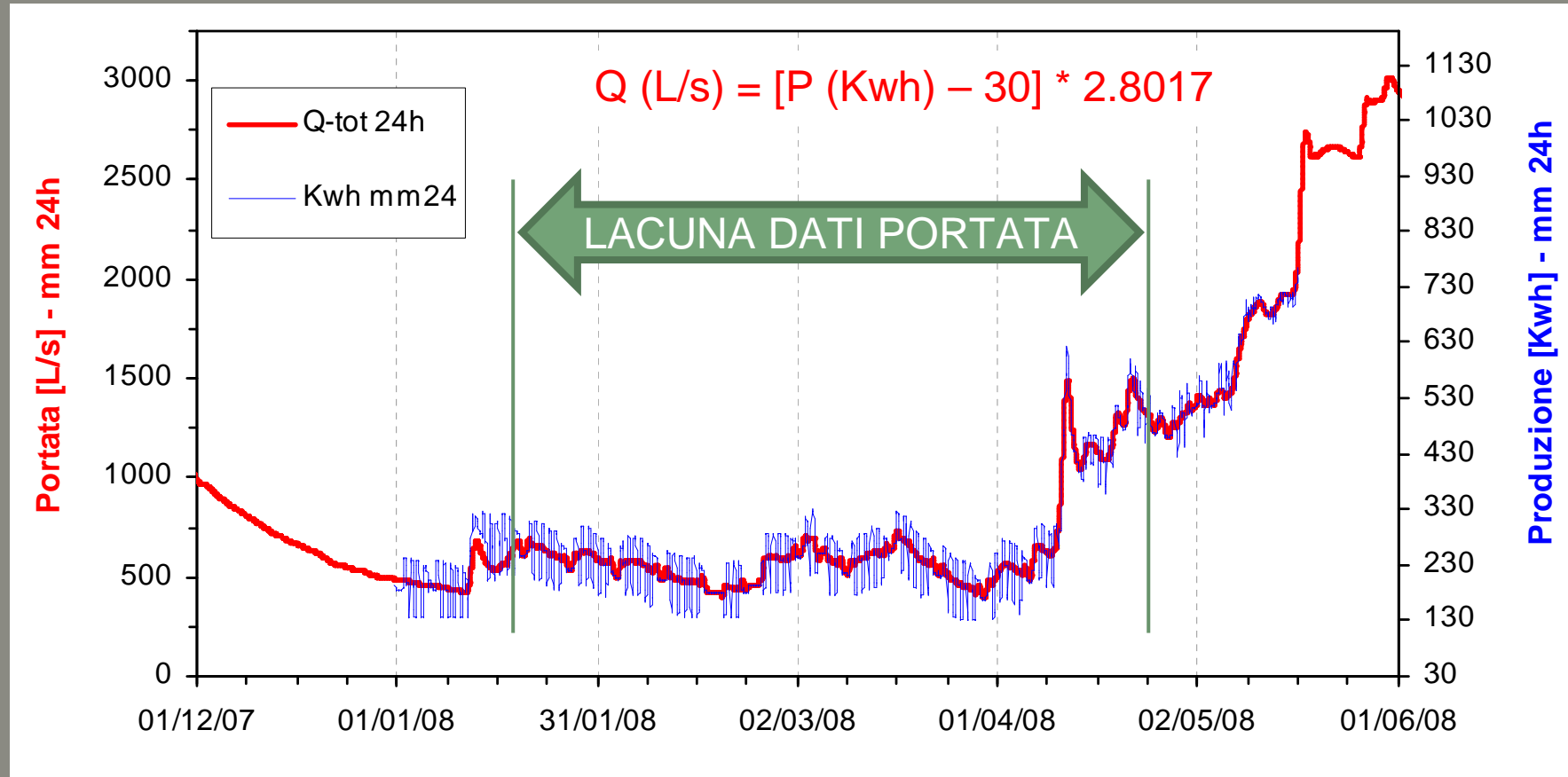
Misure di conducibilità elettrica e temperatura: Effetto diluizione per acque di fusione in primavera



MISURE CORRENTOMETRICHE E SCALE DI PORTATA



RICOSTRUZIONE PORTATE DA DATI DI PRODUZIONE



Correlazione portate - produzione sorgenti Rio Bianco 2008

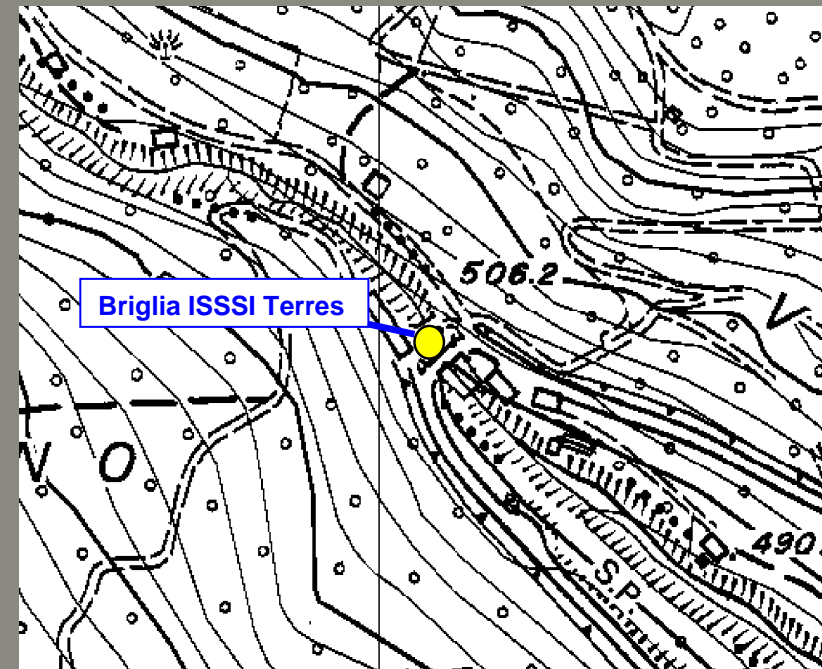
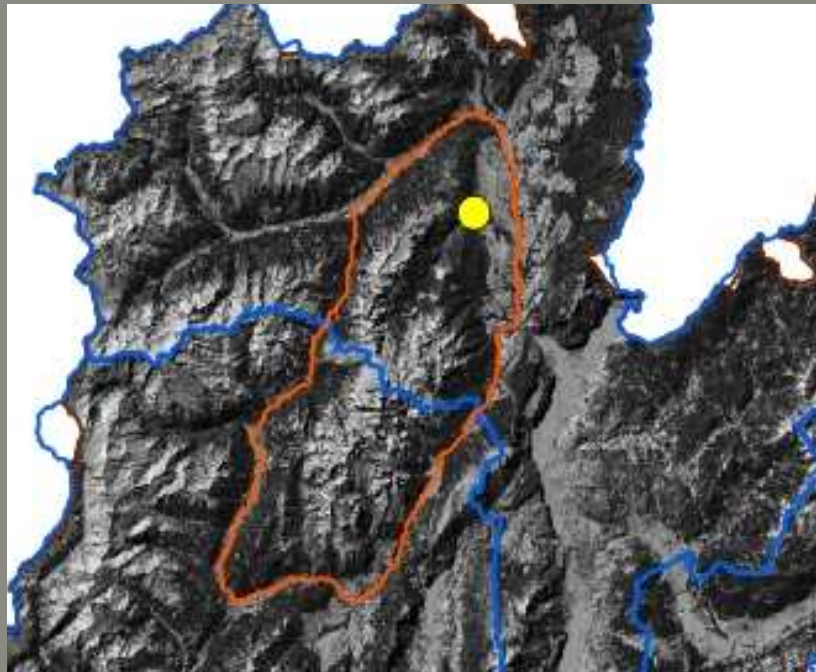
SCHEDA CORSO D'ACQUA: Torrente Tresenga

Coordinate EST 1655028

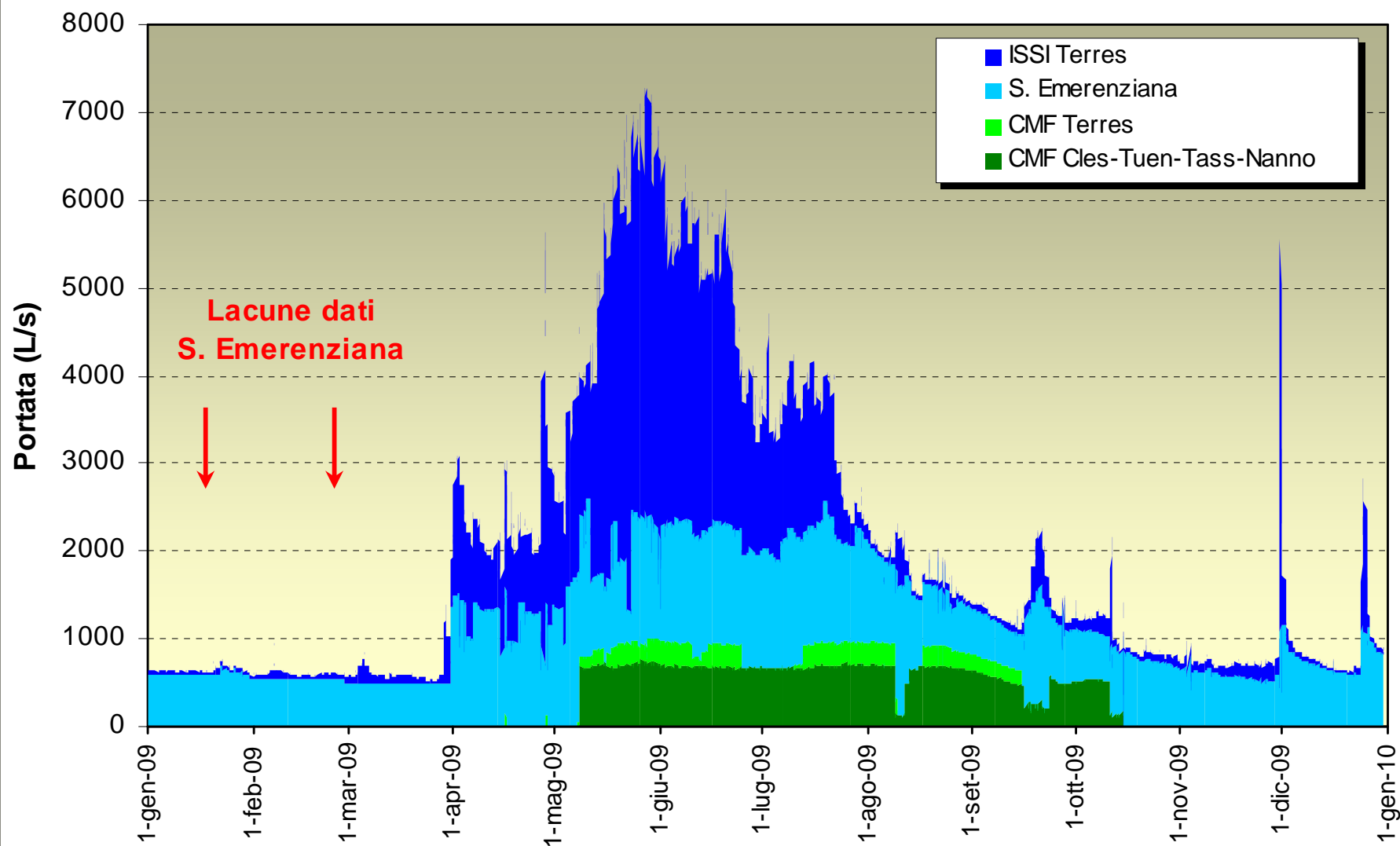
Coordinate NORD 5131658

Quota (m slm) 502

Bacino: NOCE

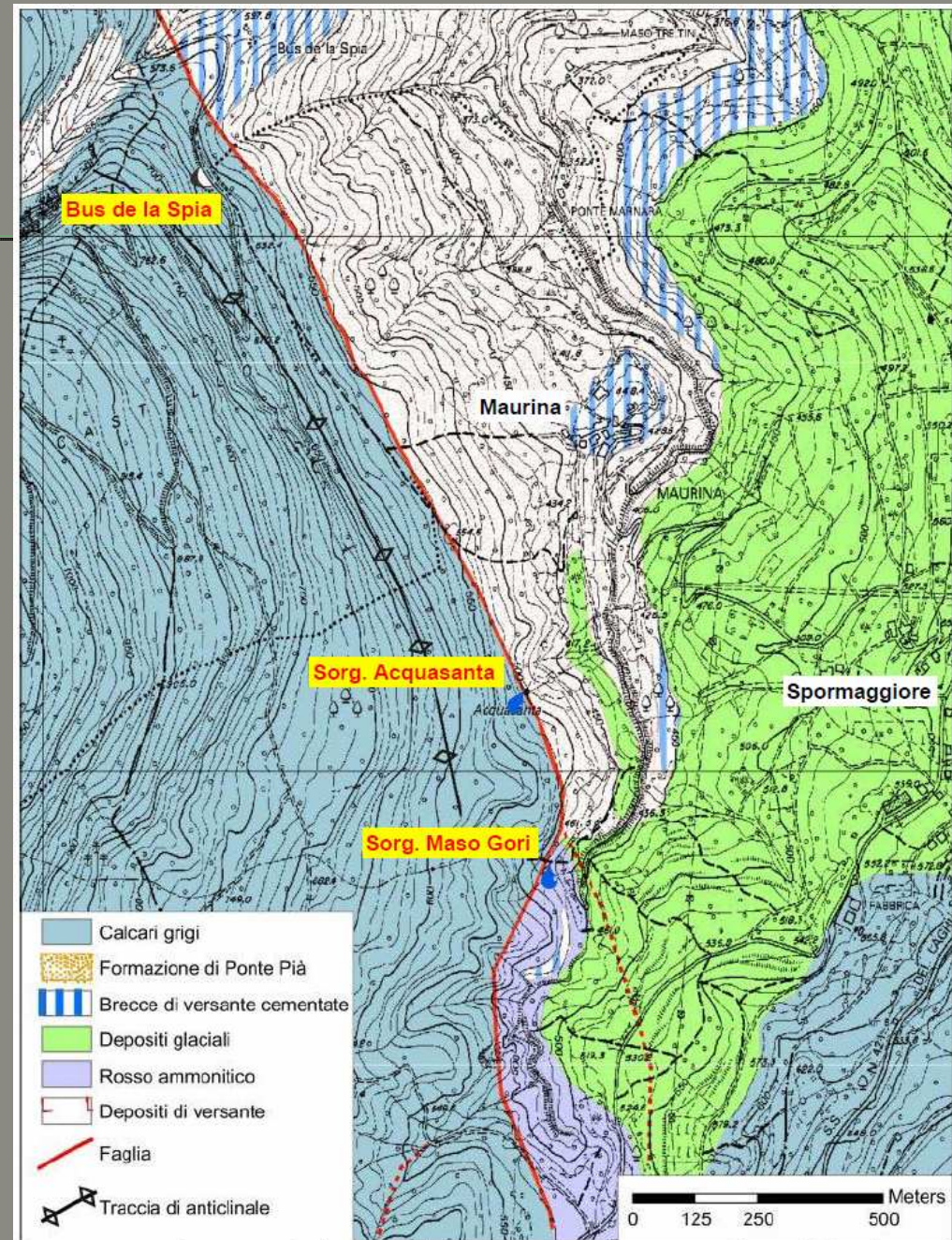


Torrente Tresenga

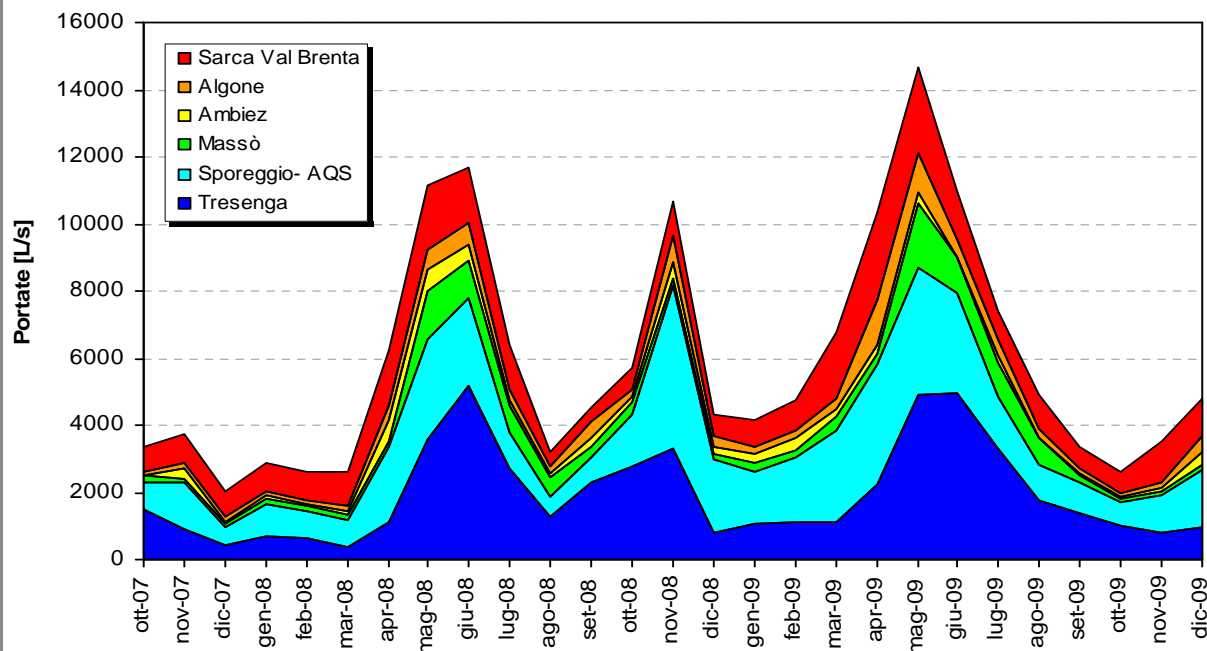
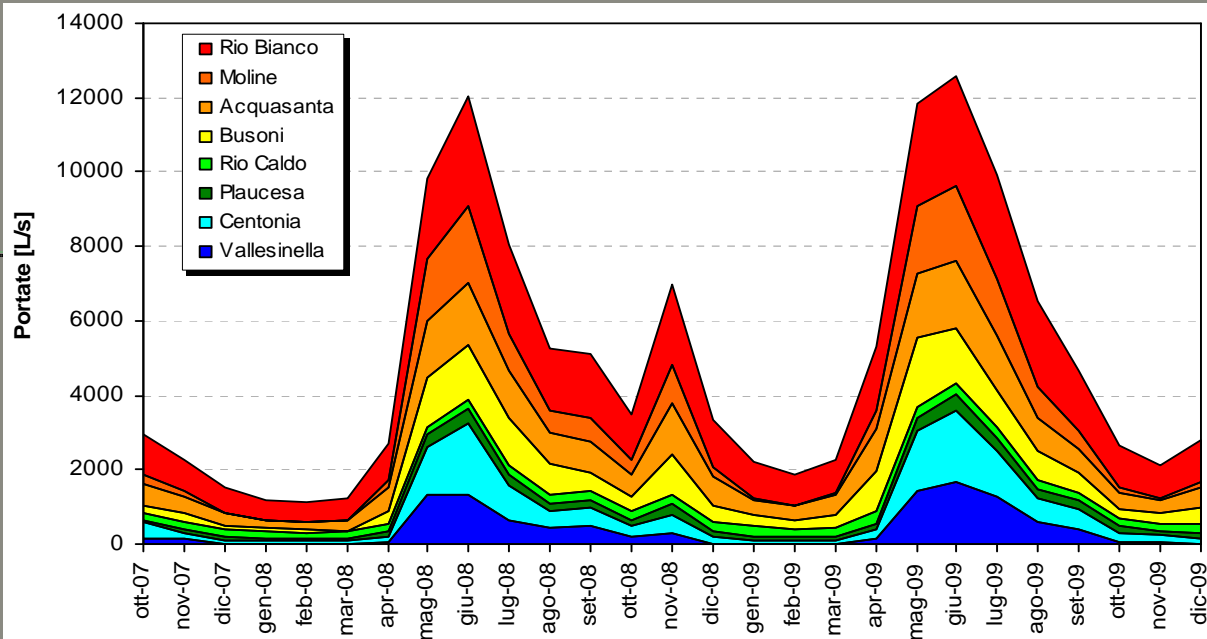


INQUADRAMENTO GEOLOGICO: Sistema Bus de la Spia – Acquasanta – Maso Gori

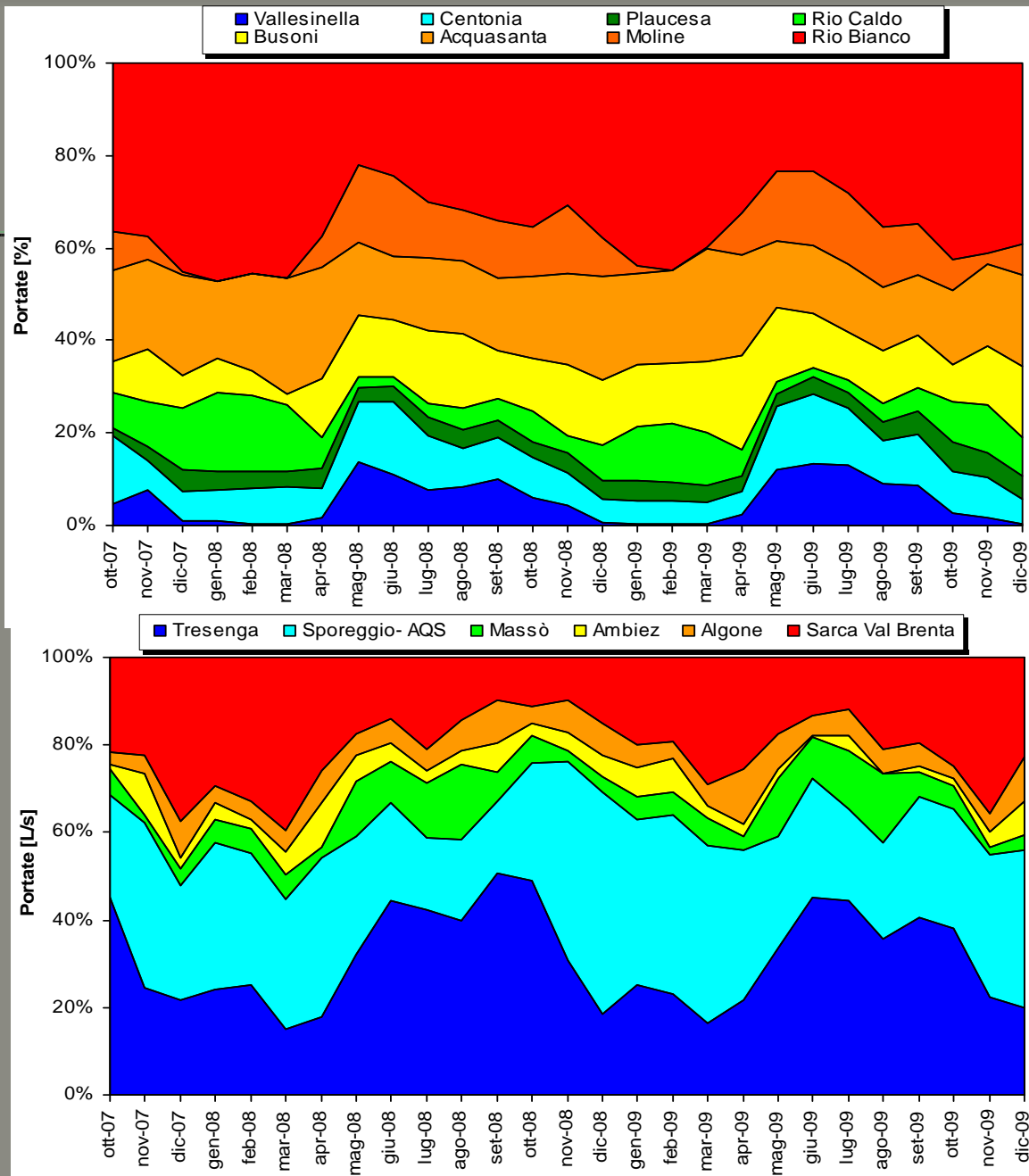
- **Bus de la Spia** (quota 610 m slm): grotta carsica in fase matura e troppo pieno dell'idrostruttura (*overflow system*) in caso di eventi eccezionali.
- **Sorgente Acquasanta** (quota 477 m slm): emergenza perenne principale dell'idrostruttura.
- **Sorgenti Maso Gori** (quote 460-480 m slm): scaturigini di base dell'intero sistema (*underflow system*) caratterizzate da una portata modesta e piuttosto costante.



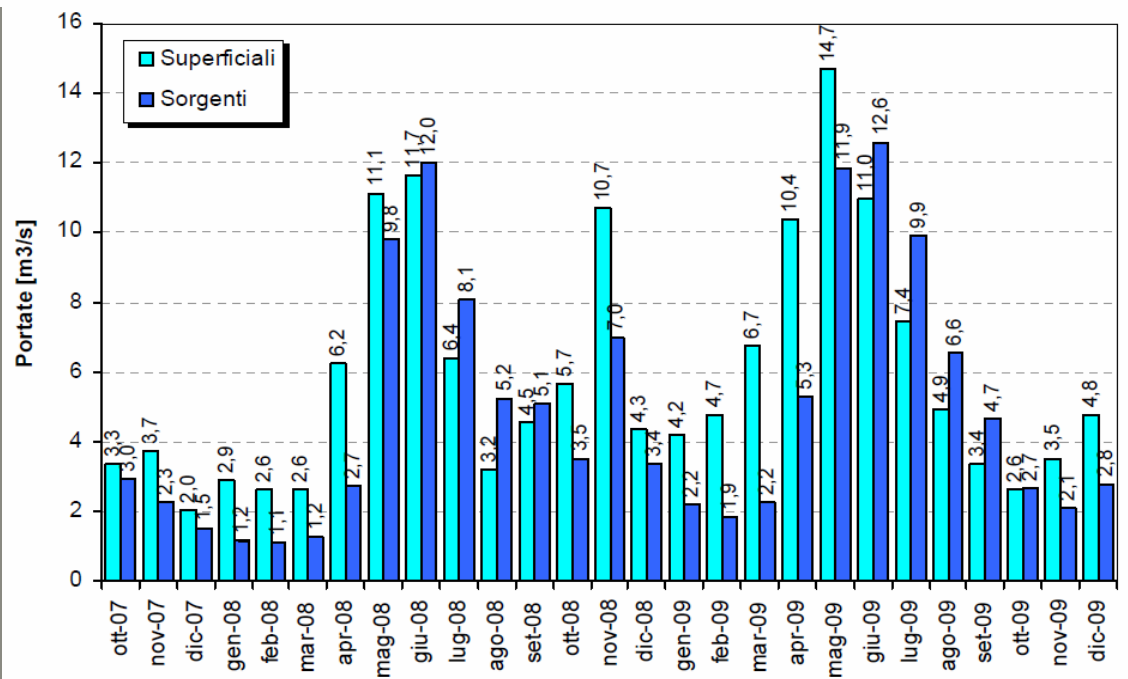
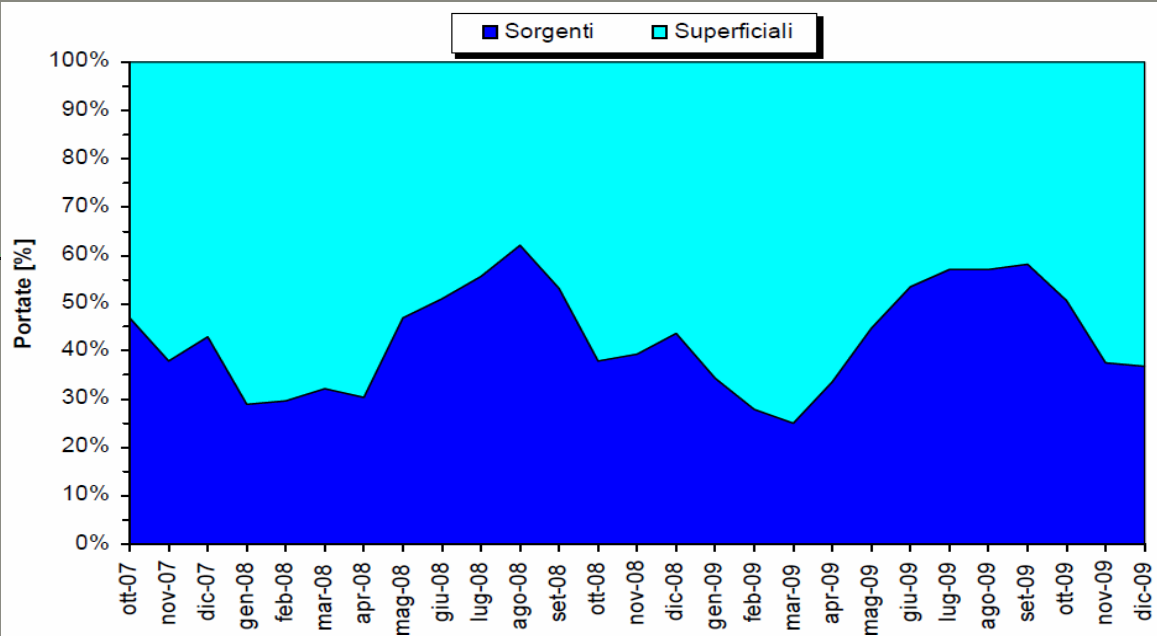
PORTATE MEDIE MENSILI



PORTATE MEDIE MENSILI



PORTATE MEDIE MENSILI

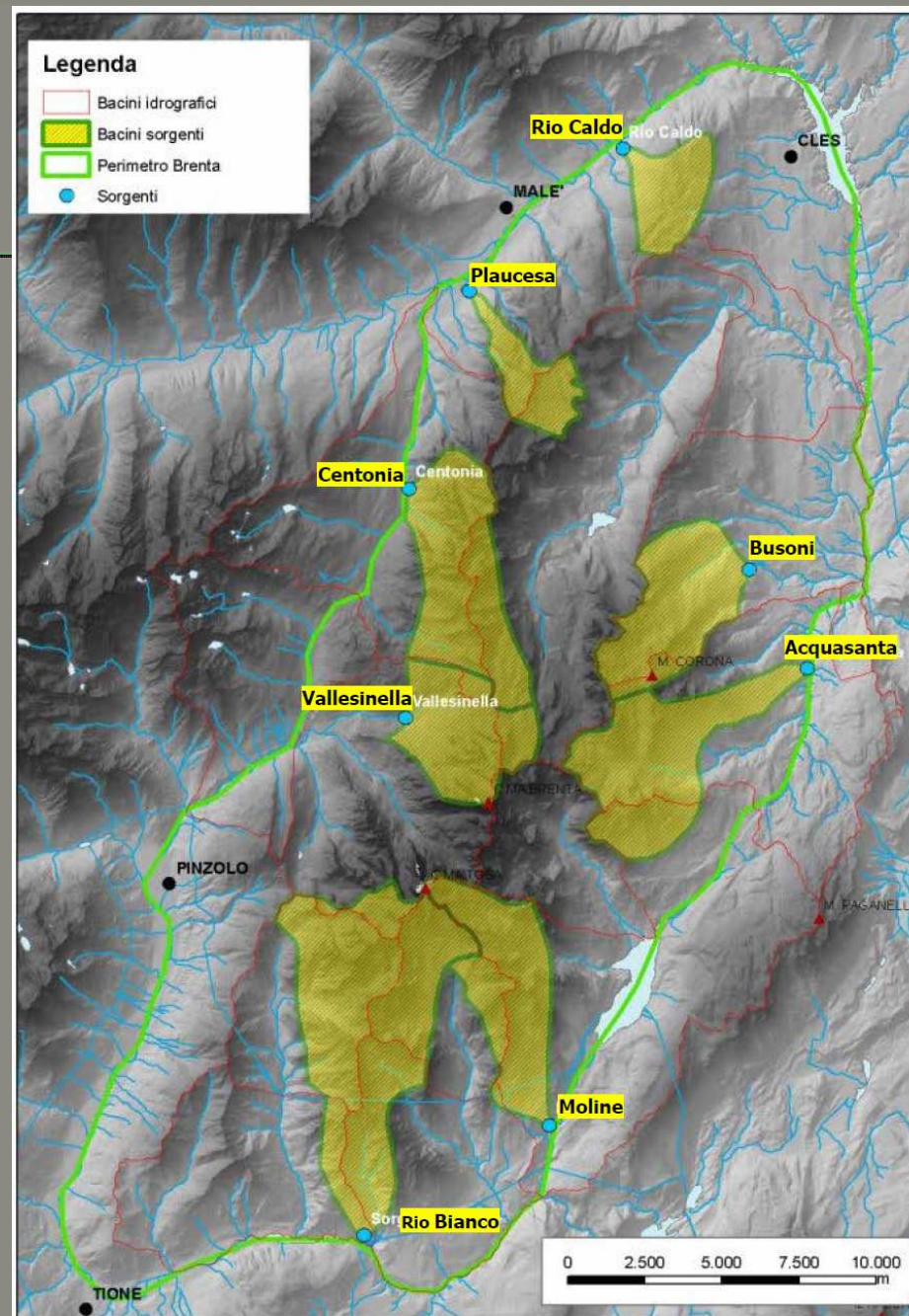


BILANCIO IDROGEOLOGICO: condizioni al contorno

- Per ciascun bacino idrogeologico si è utilizzata una quota media di 2000 m s.l.m. per il calcolo di precipitazioni, evapotraspirazione e dell'infiltrazione efficace.
- Per il modello delle precipitazioni si è utilizzato un gradiente altimetrico di +20% ogni 1000 m di dislivello a partire dalle stazioni sui fondovalle (valore dedotto da un precedente studio idrogeologico sui massicci del Brenta e della Paganella , cfr. Borsato et al., 2000).
- Il calcolo dell'evapotraspirazione reale e dell'infiltrazione efficace sono stati impostati utilizzando la formula di Thornthwaite sui valori medi mensili.
- Il bilancio è stato effettuato sulle due annate idrogeologiche Ottobre 2007 – Settembre 2008 e Ottobre 2008 – Settembre 2009 per ovviare alle interferenze delle precipitazioni nevose e della fusione nivale. Nei mesi in cui i dati sono lacunosi o dubbi i valori medi sono stati ricostruiti da stazioni limitrofe.
- Dai valori dell'infiltrazione efficace media annua si sono calcolate le superfici equivalenti dei rispettivi bacini idrogeologici.

BILANCIO IDROGEOLOGICO bacini sorgenti

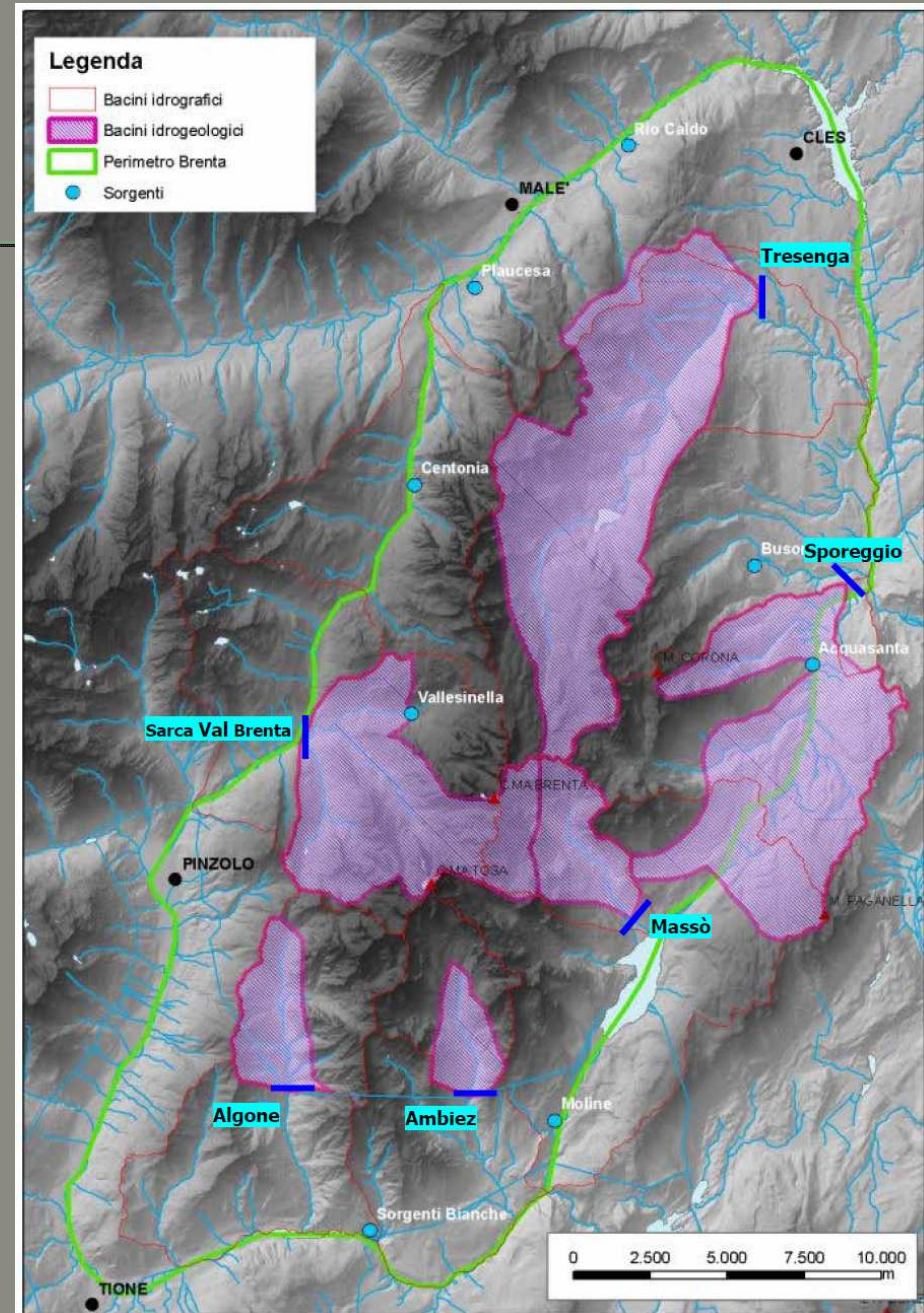
La distribuzione areale dei singoli bacini è stata effettuata in base a considerazioni idrografiche, geologiche, idrogeologiche (Borsato 2002, 2004, 2006, 2007; Borsato et al., 2000; 2001, 2002, 2004, 2005; Borsato e Ferretti, 2006; Ferretti e Borsato 2005a, 2006b), e tenendo conto della distribuzione delle principali aree carsiche di alta quota.



BILANCIO IDROGEOLOGICO

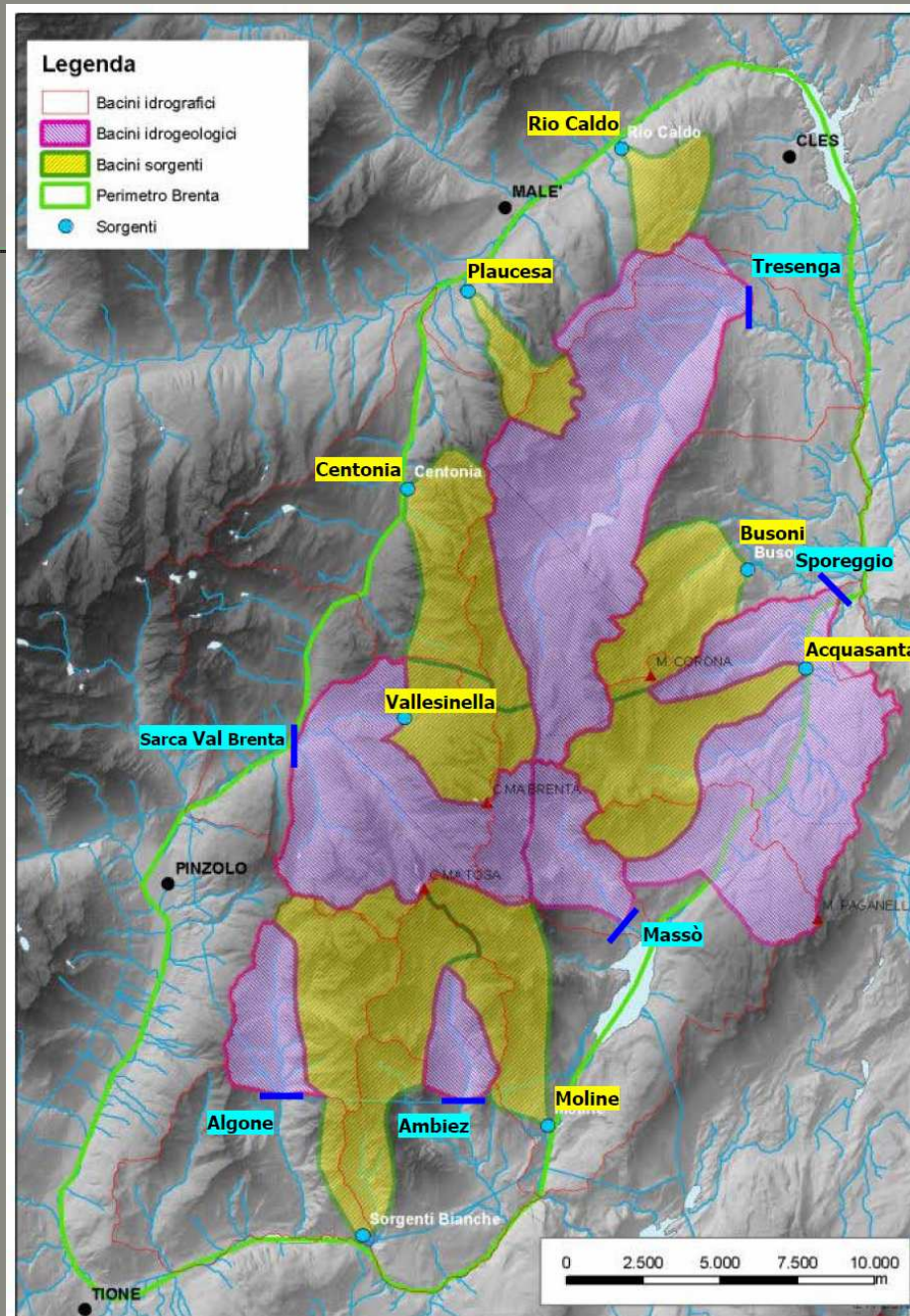
bacini acque superficiali

La ricostruzione è proceduta in modo interattivo affiancando le aree assegnate a ciascuna sorgente e corso superficiale in funzione dell'estensione del bacino idrogeologico calcolato e raffinando per tentativi successivi lo schema in modo da coprire completamente le presunte aree di alimentazione centrali e periferiche.



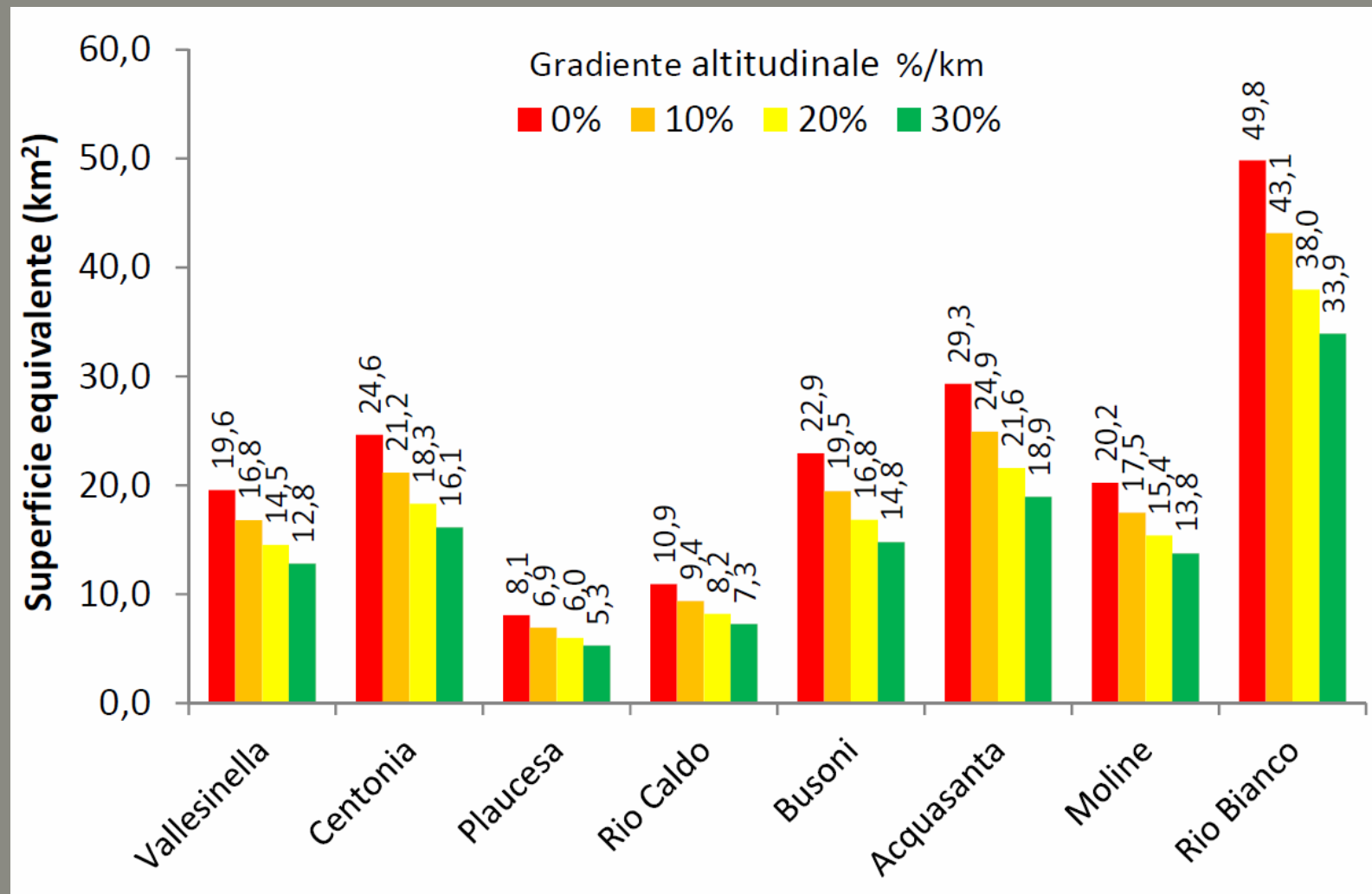
BILANCIO IDROGEOLOGICO bacini idrogeologici

Ricostruzione areale dei bacini idrogeologici delle 8 sorgenti e dei 6 corsi superficiali monitorati in base alle misure di portata e alle condizioni al contorno sopra espresse. I bacini delle sorgenti Acquasanta e Vallesinella sebbene interni ai bacini dello Sporeggio e del Sarca sono stati da questi scorporati.



BILANCIO IDROGEOLOGICO

incertezza nel gradiente pluviometrico



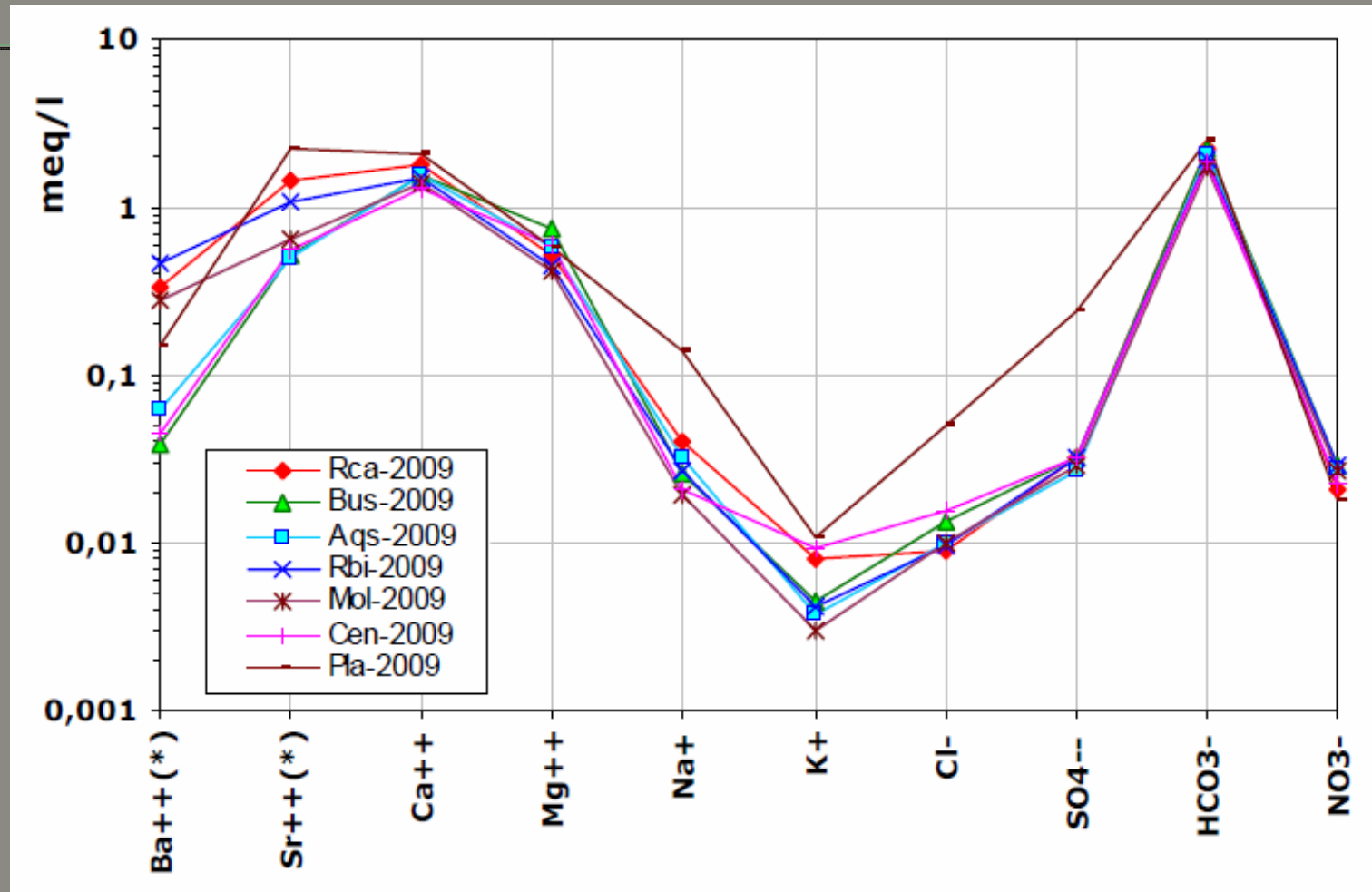
STUDIO IDROCHIMICO

Analisi mensili delle
acque delle 7 sorgenti per
un periodo biennale (24
mesi).

Parametri
analisi chimiche
acque sorgive

Parametro	Unità misura	Limite rilevabilità	Dec. Leg. 152/06 All 5 Tab 2	Metodo
pH	unità pH	0.01	-	EPA 9040C 2002
Ossigeno disciolto	mg/L	0.1	-	APAT CNR IRSA 4120 Man 29 2003
Conducibilità elettrica a 20 °C	µS/cm	5	-	EPA 9050A 1996
Alcalinità (come CaCO3)	mg/L	0.5	-	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003
Residuo fisso a 180 °C	mg/L	0.5	-	APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003
Carbonio organico (TOC)	mg/L	0.5	-	EPA 9060A 2004
Durezza totale (°F)	°F	0.1	-	APAT CNR IRSA 2040 A Man 29 2003
Ortofosfati (ione fosfato)	mg/L	0.15	-	POM 793 Rev. 0 1997
Cloruri (ione cloruro)	mg/L	0.04	-	UNI EN ISO 10304-1:1997
Solfati (ione solfato)	mg/L	0.1	<u>250</u>	UNI EN ISO 10304-1:1997
Calcio	mg/L	0.01	-	EPA 200.8 1994
Magnesio	mg/L	0.01	-	EPA 200.8 1994
Nitrati (ione nitrato)	mg/L	0.1	-	UNI EN ISO 10304-1:1997
Nitriti (ione nitrito)	mg/L	0.02	<u>500</u>	APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003
Anidride carbonica libera	mg/L	0.2	-	APAT CNR IRSA 4010 Man 29 2003
Anidride carbonica aggressiva (CO2)	mg/L	0.2	-	APAT CNR IRSA 4010 Man 29 2003 + APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003
Ammoniaca (ione ammonio)	mg/L	0.02	-	POM 021 Rev. 11 2007
Fluoruri (ione fluoruro)	mg/L	0.05	<u>1500</u>	UNI EN ISO 13407-1:1997
Sodio	mg/L	0.01	-	EPA 200.8 1994
Potassio	mg/L	0.01	-	EPA 200.8 1994
Silice (come SiO2)	mg/L	0.03	-	APAT CNR IRSA 4130 Man 29 2003
Argento	µg/L	0.1	<u>10</u>	EPA 200.9 1994
Arsenico	µg/L	0.1	<u>10</u>	EPA 200.8 1994
Alluminio	µg/L	0.1	<u>200</u>	EPA 200.8 1994
Boro	µg/L	0.1	<u>1000</u>	EPA 200.8 1994
Bario	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Berillio	µg/L	0.1	<u>4</u>	EPA 200.8 1994
Cadmio	µg/L	0.1	<u>5</u>	EPA 200.8 1994
Cobalto	µg/L	0.1	<u>50</u>	EPA 200.8 1994
Cromo totale	µg/L	0.1	<u>50</u>	EPA 200.8 1994
Rame	µg/L	0.1	<u>1000</u>	EPA 200.8 1994
Ferro	µg/L	5	<u>200</u>	EPA 200.8 1994
Litio	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Manganese	µg/L	0.1	<u>50</u>	EPA 200.8 1994
Mercurio	µg/L	0.05	<u>1</u>	EPA 7473 2007
Molibdeno	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Nichel	µg/L	0.1	<u>20</u>	EPA 200.8 1994
Piombo	µg/L	0.1	<u>10</u>	EPA 200.8 1994
Rubidio	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Antimonio	µg/L	0.1	<u>5</u>	EPA 200.8 1994
Selenio	µg/L	0.1	<u>10</u>	EPA 200.8 1994
Stagno	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Stronzio	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Titanio	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Tallio	µg/L	0.1	<u>2</u>	EPA 200.8 1994
Vanadio	µg/L	0.1	-	EPA 200.8 1994
Zinco	µg/L	0.1	<u>3000</u>	EPA 200.8 1994
Coliformi totali	UFC/100 mL	0	-	M.U. 952/1:02
Escherichia coli	UFC/100 mL	0	-	APAT CNR IRSA 7030 B Man 29 2003
Coliformi fecali	UFC/100 mL	0	-	APAT CNR IRSA 7020 A Man 29 2003

STUDIO IDROCHIMICO

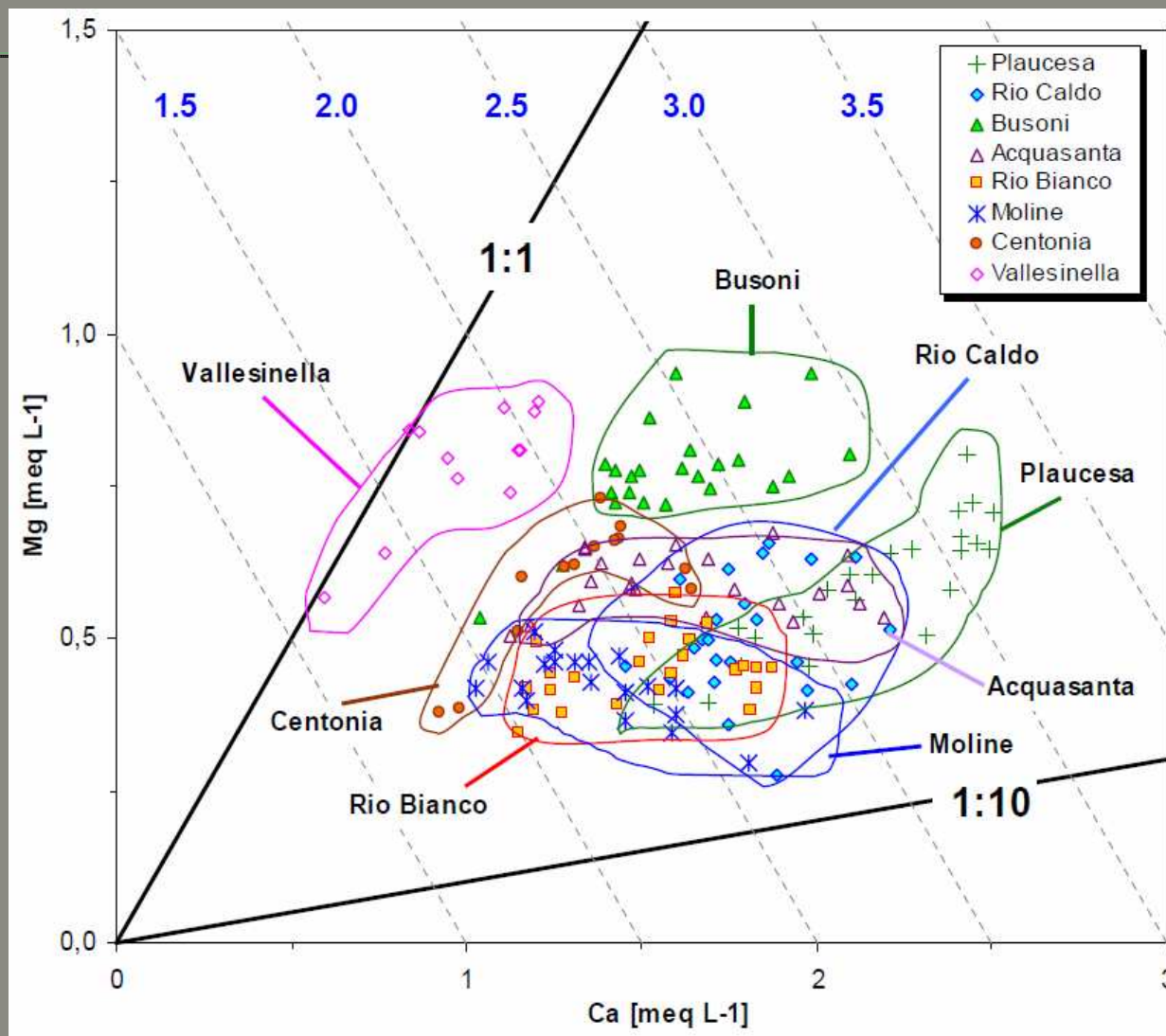


Elaborazione dati idrochimici: diagrammi di Shoeller modificati con l'aggiunto di Sr e Ba (* = in $\mu\text{eq/l}$) dei valori medi 2009 delle sorgenti

STUDIO IDROCHIMICO

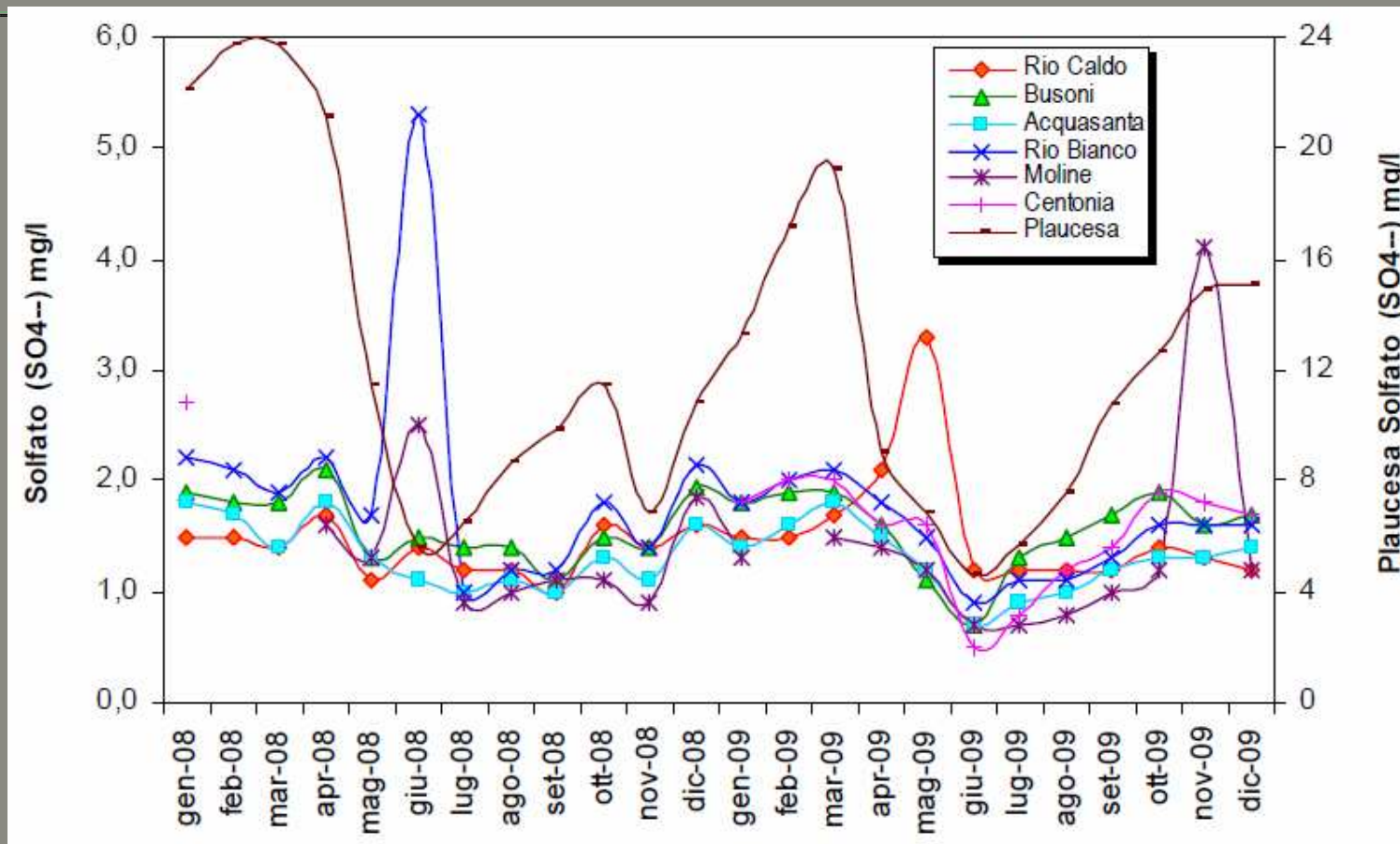
Diagramma Ca-Mg con evidenziati i campi di distribuzione delle singole sorgenti.

Sono riportate le linee a rapporto costante 1:1 corrispondente alla dissoluzione stechiometrica di una dolomia ideale (es. Dolomia Principale) e di 1:10 al si sotto della quale vi è il campo dei calcari puri a basso (<5%) contenuto di magnesio (es. Calcari Grigi).



STUDIO IDROCHIMICO

Serie temporali elementi maggiori



Contenuto in solfati sorgenti: effetto diluizione più evidente in primavera-estate 2009 e per la sorgente Plaucesa (scala a destra)

STUDIO IDROCHIMICO

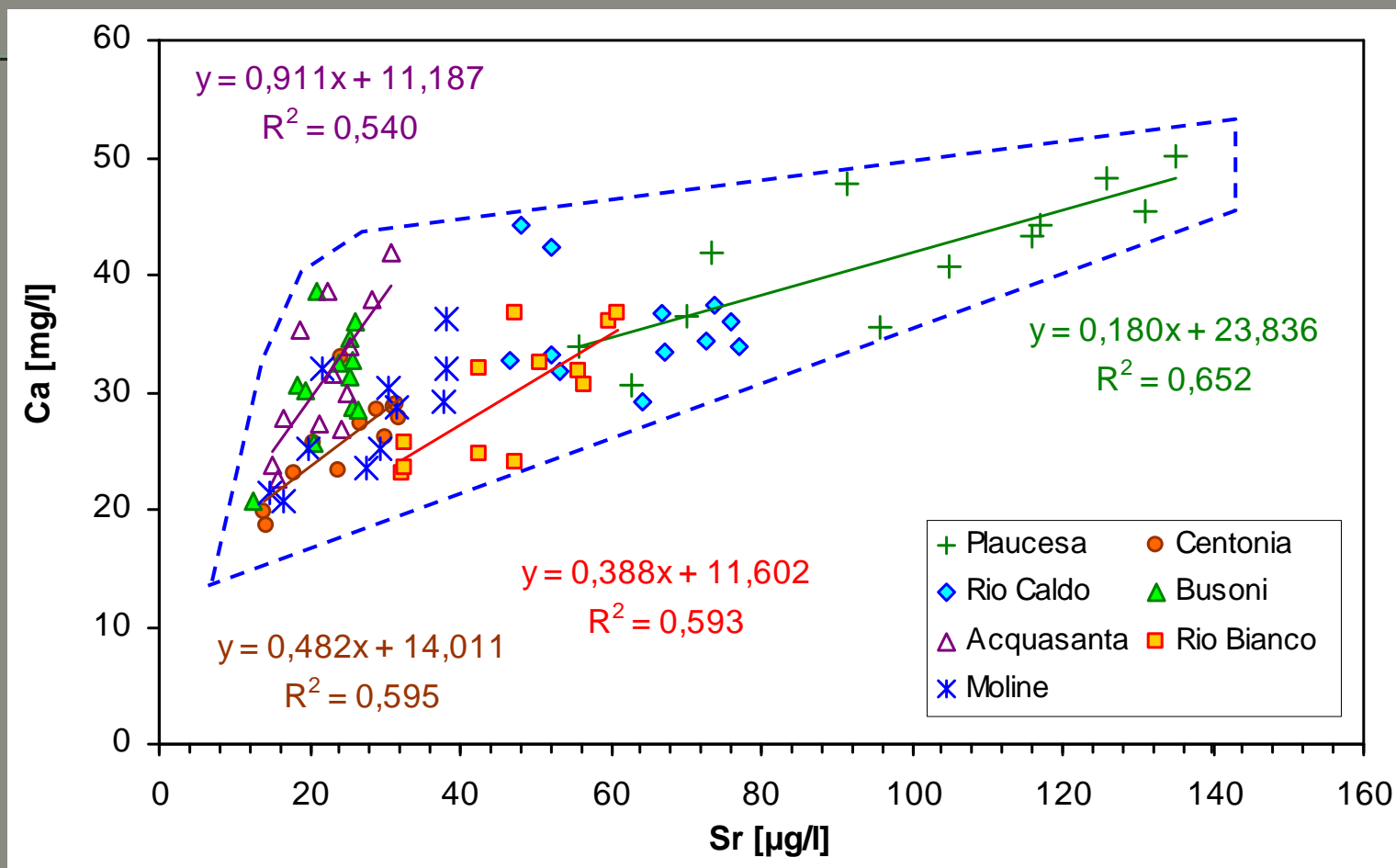
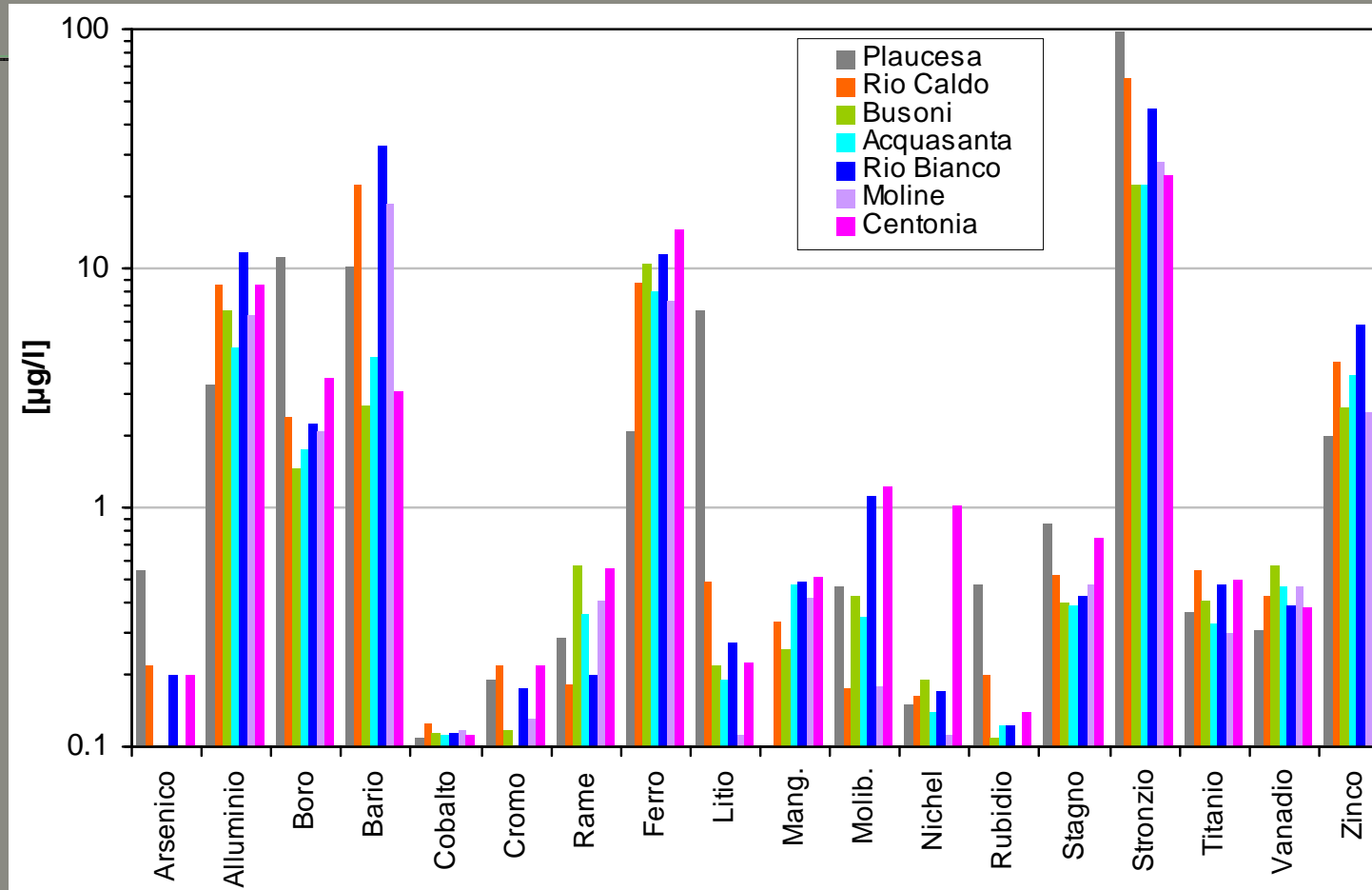


Diagramma Ca-Sr delle acque analizzate con evidenziate le rette con coefficienti di correlazione significativi ($r^2 > 0,5$) per ciascuna sorgente. In tratteggio blu il campo di distribuzione dell'intera serie analitica.

STUDIO IDROCHIMICO



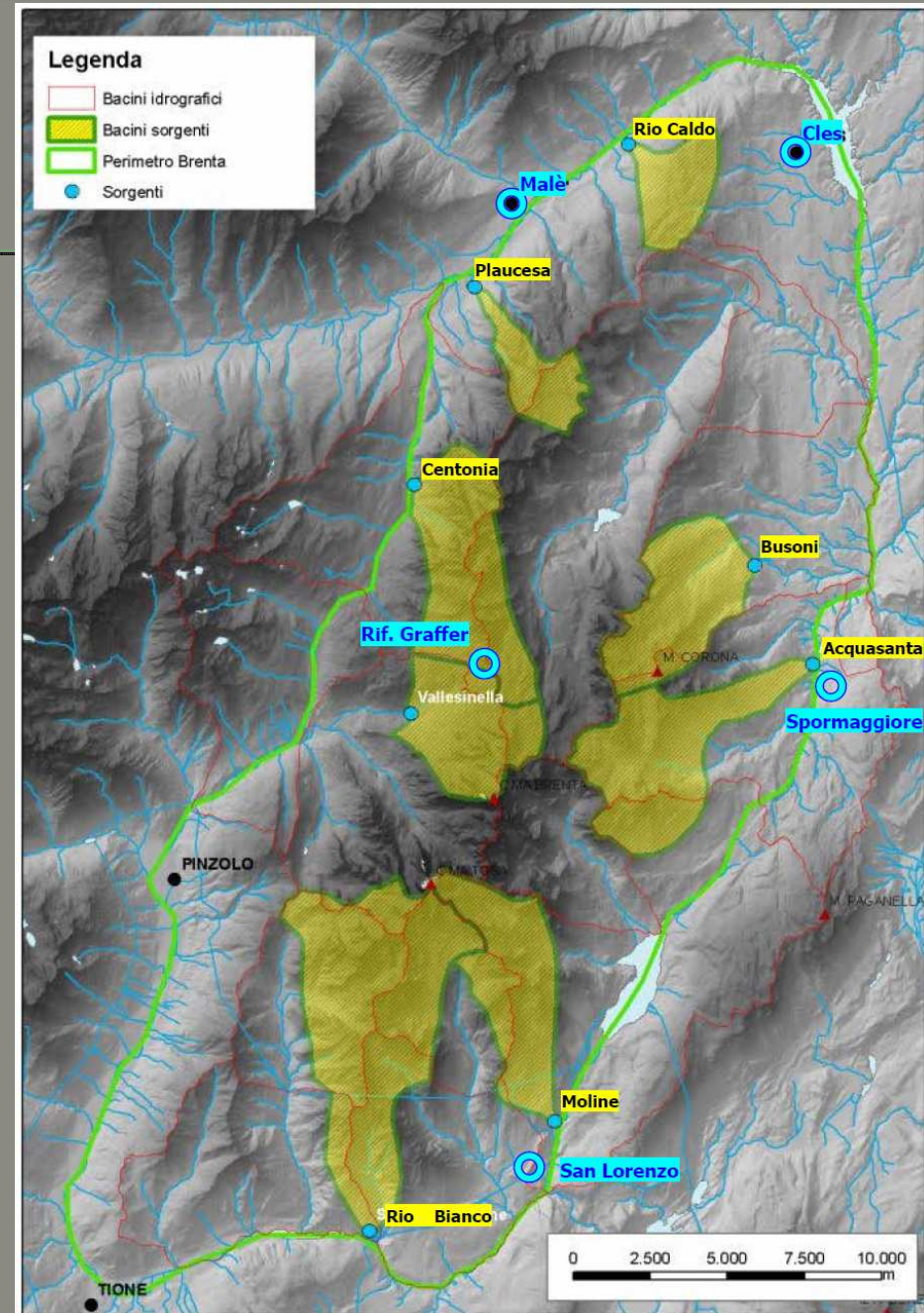
Concentrazione media in elementi in traccia nelle sorgenti per l'annata 2009. Ag, Be, Cd, Hg, Ta sono risultati sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità. Sb, Se e Pb si sono rilevati occasionalmente e in concentrazioni molto basse.

STUDIO ISOTOPICO

Lo studio isotopico ha preso in considerazione le acque meteoriche in 5 stazioni:

- San Lorenzo (734m),
- Spormaggiore (655 m),
- Cles (652 m),
- Malè (735 m),
- **Rif. Graffer (2263 m),**

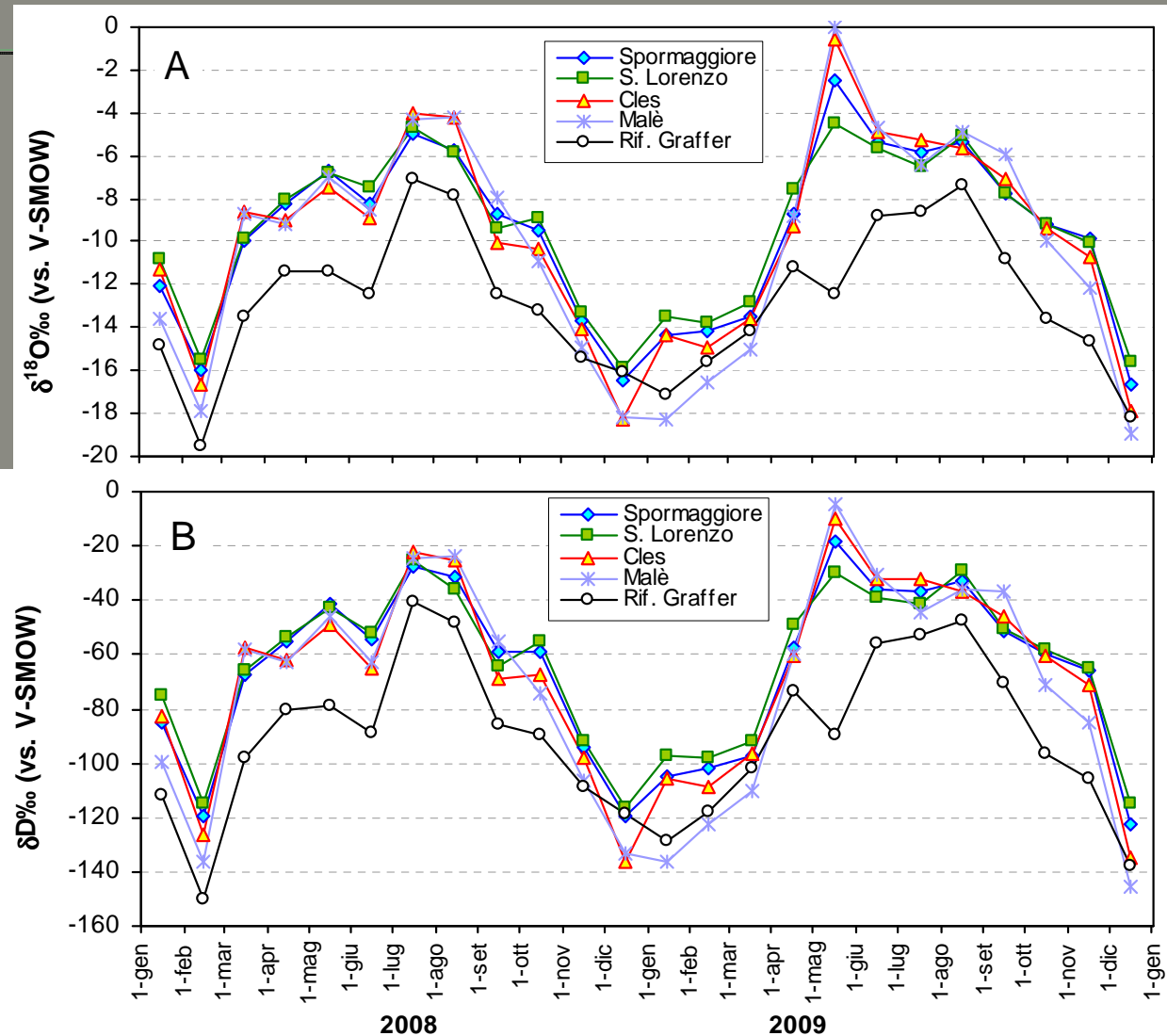
e le acque delle 7 sorgenti per un periodo biennale (24 mesi).



STUDIO ISOTOPICO - acque meteoriche

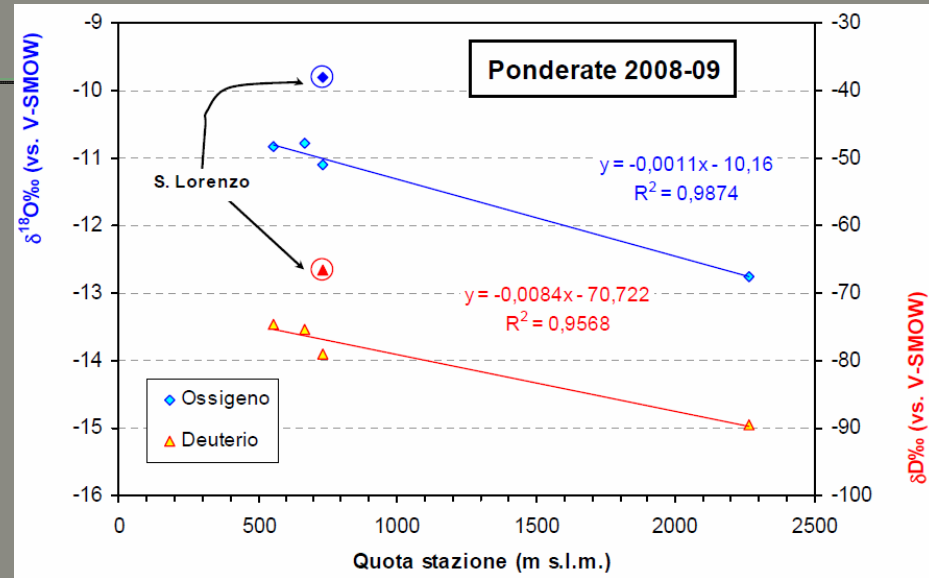
Composizione isotopica mensile ossigeno e deuterio acque meteoriche

Evidente stagionalità con valori massimi estivi e minimi invernali

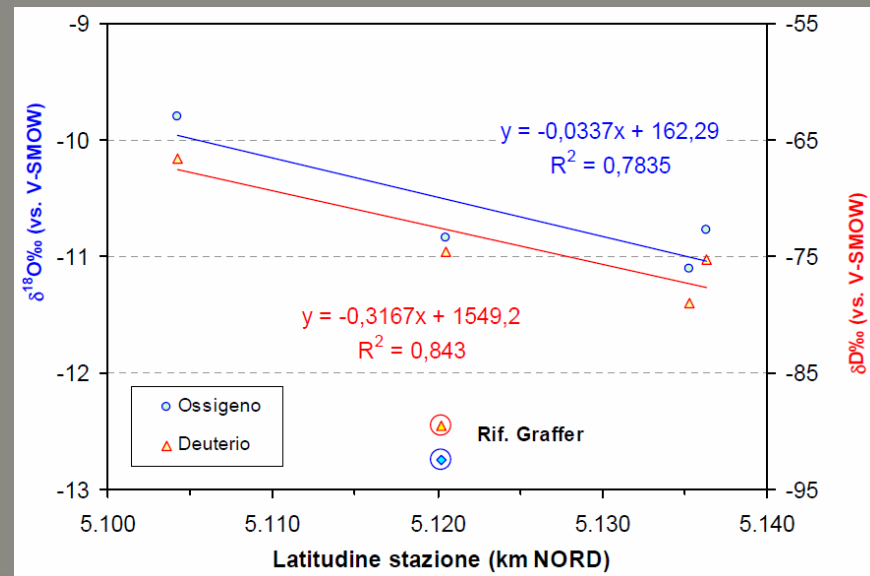


STUDIO ISOTOPICO - acque meteoriche

Composizione media ponderata di ossigeno e deuterio in funzione della quota delle stazioni. Le rette di regressione sono state calcolate escludendo la stazione di S. Lorenzo in Banale

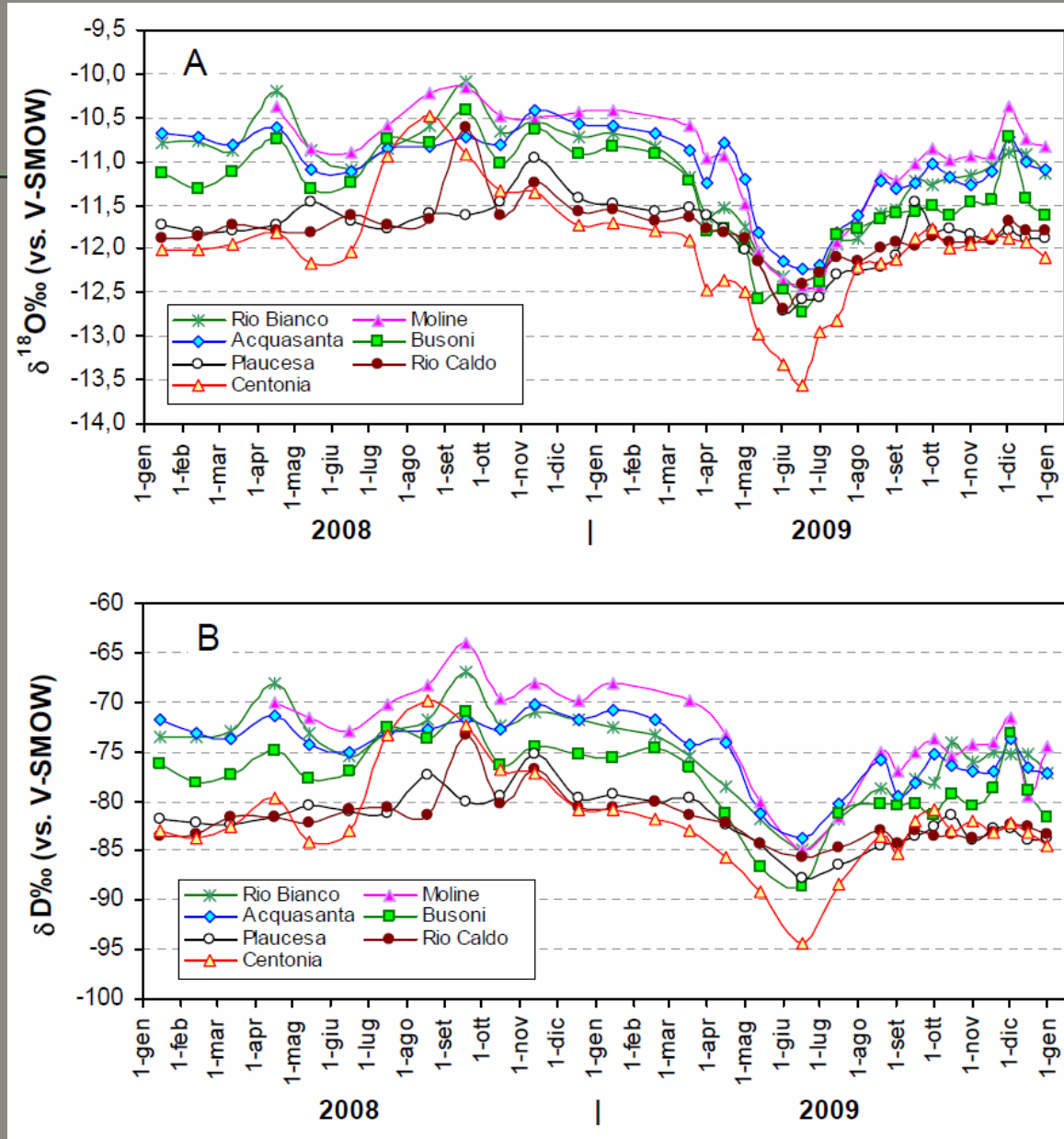


Composizione media ponderata di ossigeno e deuterio in funzione della latitudine delle stazioni. Le rette di regressione sono state calcolate escludendo la stazione del Rif. Graffer



STUDIO ISOTOPICO: acque sorgive

Differente andamento tra annate 2008 (modesta influenza della fusione nivale) e 2009 (forte segnale nivale in primavera)

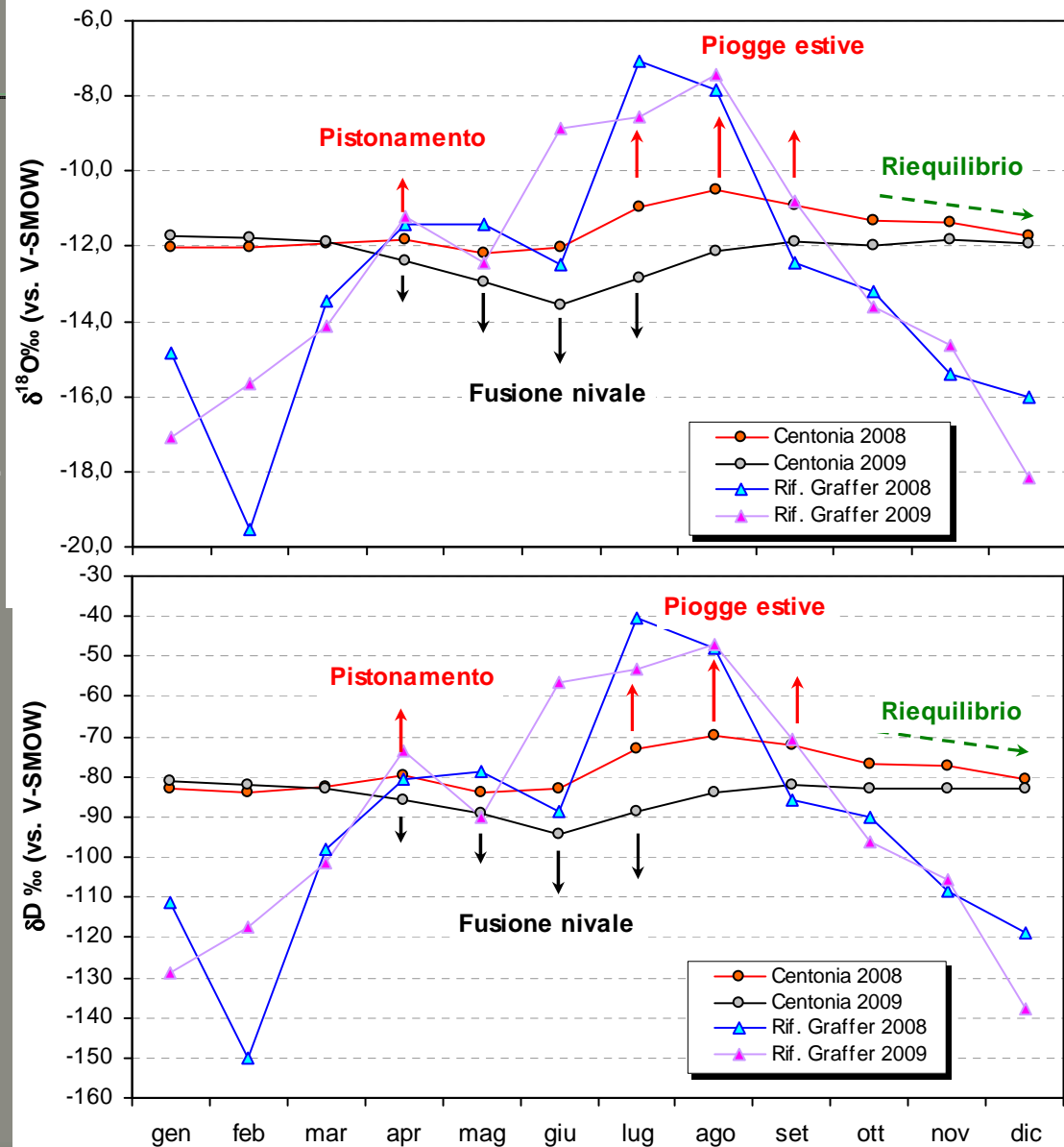


STUDIO ISOTOPICO - acque sorgive

Valori mensili $\delta^{18}\text{O}$ e δD sorgente Centonia confrontati ai valori delle acque meteoriche del Rif. Graffer.

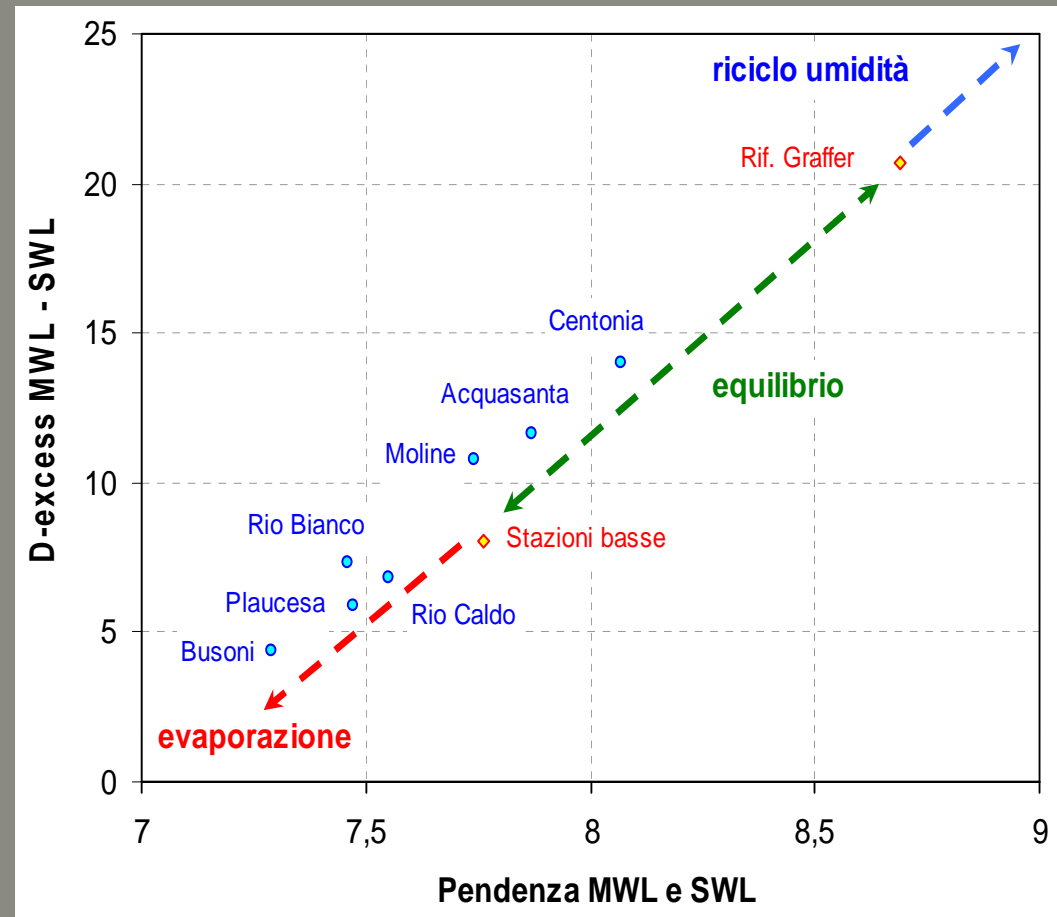
Le frecce indicano i principali meccanismi di *mixing* riconosciuti.

- **Freccie rosse:** arricchimento isotopico (pistonamento di acque vecchie e piogge estive)
- **Freccie nere:** negativizzazione causata dalla fusione del manto nivale
- **Freccia verde:** riequilibrio autunnale



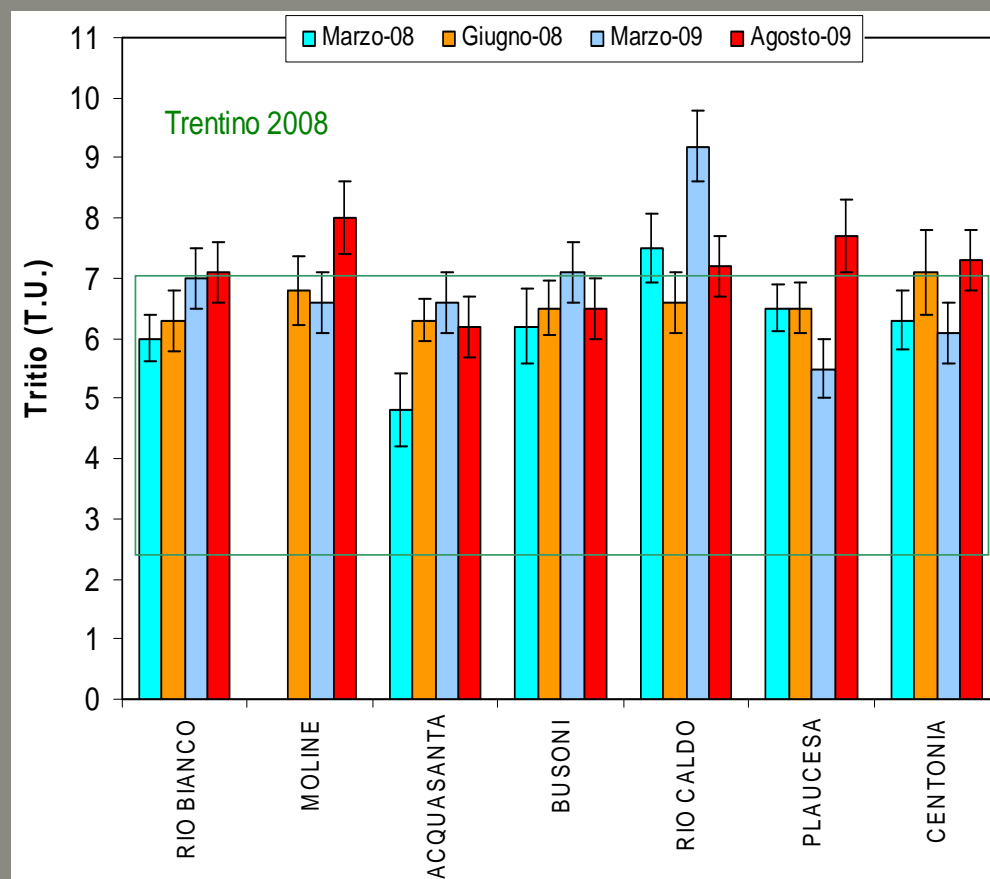
Studio isotopico: eccesso in deuterio

Correlazione tra eccesso in deuterio e coefficiente angolare delle linee delle acque sorgive (SWL) confrontate alle Meteoric Water Line (MWL) del Rifugio Graffer e delle altre 4 stazioni ubicate alle basse quote. La coincidenza tra SWL e MWL locale indica un sostanziale equilibrio (**linea verde**), uno scostamento negativo il progressivo aumento dell'evaporazione e traspirazione nel bacino della sorgente (**linea rossa**), mentre uno scostamento positivo indica il riciclo di aria umida per condensazione (**linea azzurra**).



Studio isotopico: concentrazione in Tritio

- Quasi tutte le analisi ricadono nel **campo di variabilità delle acque meteoriche recenti**. Ciò significa che l'età media delle acque considerate può andare da 0 a 25 anni.
- Soltanto le **analisi invernali della sorgente Rio Caldo** suggeriscono che, durante la fase di magra invernale, le acque di alimentazione della sorgente abbiano un'età media intorno ai 30 anni o, comunque, contengano una percentuale apprezzabile (>20%) di acqua "vecchia" risalente agli anni 1960' e/o 1970'.



Conclusioni: 1. Monitoraggio in continuo

- Il monitoraggio multiparametrico (livello, temperatura e conducibilità elettrica) delle 8 sorgenti ha avuto risultati diversi in funzione della morfologia di emergenze e opere di presa e della complessità delle derivazioni che insistono sulle stesse.
- Per molte sorgenti (Centonia, Plaucesa, Rio Caldo, Busoni) si è trattato delle prime misure di portata in continuo mai realizzate.
- Alcune sorgenti hanno manifestato problemi di misura legati a difficoltà tecniche nel realizzare una stazione idrometrica funzionale (Centonia e Busoni), alla complessità delle derivazioni in essere (Plaucesa e Busoni) e alla scala delle portate non ottimale (Centonia presa, Plaucesa, Moline, Busoni sorgente alta).
- Le misure idrometriche di livello dei corsi d'acqua hanno riguardato: Sporeggio, Ambiez e Algone oltre a Tresenga, Massò e Sarca già monitorati dall'ISSSI. I maggiori problemi si sono avuti nelle stazioni Ambiez e Massò a causa del ripetuto inghiaiamento della sezione di misura che ha comportato lunghi periodi di dati incerti o lacunosi e ha costretto a ripetute operazioni di pulizia della briglia.

Conclusioni: 2. Dati meteorologici e modelli di precipitazione-infiltrazione

- Si sono considerate 20 stazioni meteorologiche della rete PAT e IASMA. Mentre le stazioni sul fondovalle e alle medie quote non hanno dato particolari problemi se non in singoli casi, le stazioni in quota (Tovel e Malga Flavona dell'IASMA, Rif. Graffer e Rif. Alimonta della PAT) hanno dato grossi problemi con lacune di molti mesi e malfunzionamenti ripetuti.
- Pertanto, è auspicabile che in futuro le stazioni in quota siano presidiate con particolare attenzione al fine di permettere l'elaborazione di un modello di precipitazioni in funzione della quota altimetrica.
- Le stazioni in quota, inoltre, hanno da sempre manifestato problemi legati alla velocità del vento (Yang et al., 1994) che comporta delle sottostime delle precipitazioni soprattutto quelle nevose. Anche questo aspetto andrebbe affrontato in maniera organica per non dover ricorrere a correzioni empiriche o arbitrarie dei dati di precipitazione registrati.

Conclusioni: 3. Bilancio idrogeologico e distribuzione areale dei bacini

- Si è impostato **un primo bilancio idrologico dell'intero massiccio del Brenta**. Nei mesi in cui i dati sono lacunosi o dubbi i valori medi sono stati ricostruiti caso per caso. Per ciascun bacino idrogeologico si sono quindi calcolati i valori dell'infiltrazione efficace media annua che ha permesso di calcolare le superfici equivalenti dei rispettivi bacini in base alle portate medie.
- In base alle superfici calcolate si è **ricostruita la distribuzione areale dei singoli bacini idrogeologici** procedendo in modo interattivo raffinando per tentativi successivi lo schema.
- E' importante sottolineare il fatto che i bacini superficiali così delimitati siano comunque parzialmente o prevalentemente carsici come i bacini dello Sporeggio, del Sarca di Vallesinella e di Val Brenta, le porzioni alte dell'Algone dell'Ambiez e del Massò, ma anche il bacino del Tresenga.

Conclusioni: 4. Cartografia idrogeologica e prove con traccianti

- Le informazioni fin qui raccolte e il completamento dei rilievi geologici a scala 1:10.000 recentemente realizzati all'interno del progetto CARG - PAT permettono la realizzazione di una cartografia idrogeologica di estremo dettaglio e interesse.
- A tal fine, per migliorare la definizione dei bacini idrogeologici delle singole sorgenti sarebbero di grande utilità **prove con traccianti da realizzarsi soprattutto nelle aree carsiche di confine tra bacini adiacenti** quali la zona dei XII Apostoli, l'alta Val d'Ambiez, i Massodi, l'alta Val Flavona, l'Alpe Nana e l'Alpe Campa. In queste aree, infatti, la situazione strutturale e idrogeologica è particolarmente complessa e la direzione del drenaggio profondo è fortemente imprevedibile.

Conclusioni: 5. Analisi chimico-fisiche acque sorgive

- Il chimismo delle sorgenti analizzate permette la definizione di tre cluster:
- **i) Sorgenti a forte stagionalità** (Plaucesa) rivelata soprattutto da solfati, quindi Ca, Na e Cl che mostrano concentrazioni massime nei mesi invernali (acquifero di base profondo) e valori minimi durante la primavera estate (diluizione da parte di acque di fusione e di neoinfiltrazione), e confermano, pertanto, la disomogeneità litologica dell'acquifero.
- **ii) Sorgenti a media stagionalità** (Rio Bianco, Moline, Acquasanta, Busoni e Centonia): gli elementi più sensibili sono ancora una volta Ca, Na e Cl. L'andamento stagionale dei solfati è evidente soprattutto nelle sorgenti Acquasanta, Rio Bianco e Busoni. Tutti gli elementi mostrano concentrazioni massime nei mesi invernali (acquifero di base profondo) e valori minimi durante la primavera-estate dovute alla diluizione da parte di acque di fusione e di neoinfiltrazione.
- **iii) Sorgenti a debole stagionalità** (Rio Caldo) con valori più stabili, ad indicare tempi di residenza sensibilmente maggiori rispetto alle altre sorgenti analizzate.

Conclusioni: 6. Analisi isotopiche

- Le analisi isotopiche delle acque di sorgente confrontate con quelle delle acque meteoriche hanno rivelato la **forte stagionalità delle sorgenti Moline, Centonia, Busoni, Acquasanta** caratterizzate durante i mesi primaverili-estivi (soprattutto per l'annata 2009) da una vistosa e prolungata anomalia negativa con valori minimi registrati tra fine maggio e fine giugno legati alla fusione del manto nevoso. Le **sorgenti Plaucesa e Rio Caldo denotano invece una stagionalità meno accentuata**.
- L'annata 2008, viceversa, è stata contraddistinta da una blanda anomalia negativa in primavera-estate preceduta da brevi anomalie positive legate al pistonamento delle acque vecchie (sorgenti Centonia, Rio Bianco, Moline, Busoni e Acquasanta).
- **Anomalie positive legate alle precipitazioni estive e autunnali** nel corso del 2008 sono evidenti e prolungati per le sorgenti Centonia, Rio Bianco, Moline, Busoni, mentre sono deboli e ritardate di un mese per le sorgenti Acquasanta e Plaucesa.

BIBLIOGRAFIA

- Borsato, A. (2001). Characterisation of a high-altitude alpine karst aquifer by means of temperature, conductivity and discharge monitoring (Centonia spring, Brenta Dolomites, N-Italy). In: J.Mudry and F.Zwahlen (ed.): Proceedings of 7th Conference on Limestone Hydrology and Fissured Media 20th – 22nd September 2001 - Besançon (France), 51-54.
- Borsato A., (2002). Le sorgenti carsiche di Vallesinella. Rapporto interno, Museo Tridentino di Scienze Naturali, 98 pp.
- Borsato A., (2004). Monitoraggio idrologico del sistema Bus de la Spia - sorgente Acquasanta (Gruppo di Brenta): primi risultati. Atti XII° Conv. Reg. di Spel. Trent.-A. Adige, Selva di Grigno, 2002. Quaderni della Biblioteca della Montagna, 7: 33-42.
- Borsato A., (2006). Karst infiltration zone in a nivo-glacial setting: hydrological aspects and dissolution rates (Ventennale cave, Italian Alps). European Geosciences Union General Assembly 2006, Vienna, Austria, April 2006, Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 04808, 2006.
- Borsato A., (2007). Gli acquiferi carsici delle Dolomiti di Brenta: risorse idriche e funzionamento idrogeologico. Memorie Istituto Italiano di Speleologia, Serie II, vol. XIX: 49-56.
- Borsato A. & Ferretti P., (2006). Monitoraggio idrometrico del Lago di Tovel e del suo bacino. Studi Trent. Sc. Nat., Acta Biol., 81 (2004), Suppl. 2: 205-223.
- Borsato, A., Ferretti, R. & Tomasoni, R., (2002). Studio idrogeologico e prove sperimentali in campo sugli scarchi di alcuni rifugi alpini. Provincia Autonoma di Trento, Dipartimento Ambiente - Rapporto interno, 108 pp.
- Borsato A., Ferretti P., Zandonati M., (2004). Studio idrogeologico e monitoraggio delle portate della sorgente Acquasanta. Azienda Intercomunale Rotaliana, Rapporto interno. 68 pp.
- Borsato A., Ferretti P., Zandonati M., (2005). Monitoraggio delle portate della sorgente Acquasanta 2004-05. Azienda Intercomunale Rotaliana, Rapporto interno. 32 pp.
- Borsato A., Frisia, S., Corradini, F., Longinelli, A., Artioli, G., Santuliana, E., Gialanella, S., Selmo, E., Angeli, P., Lutterotti, L., Lauro, C. & Avanzini, M. (2000). Acquiferi carsici in Trentino: caratteristiche chimico-fisiche, vulnerabilità e inquinamento. Rapporto interno, Provincia Autonoma di Trento, 270 pp.
- Borsato, A., Frisia, S., Longinelli, A., Selmo, E.M. (2003). Stable isotope monitoring of Alpine karstic springs in the Trentino province (NE-Italy). Proceedings 1st Conference on Applied Environmental Geology in Central and Eastern Europe, Vienna, 7-10 October 2003, 24-25.
- Borsato, A., Frisia, S., Tomasoni, R., Artioli F., Longinelli, A., Selmo, E.M., Santuliana, E., Angeli, P., Gialanella, S., & Lutterotti, L., (2001). Acquiferi carsici in Trentino: caratteristiche chimico-fisiche, vulnerabilità e inquinamento. Estensione per l'anno 2000. Rapporto interno, Provincia Autonoma di Trento, 170 pp.
- Borsato A., Miorandi R., Frisia S. & Corradini F., (2007). Idrochimica delle acque ipogee in Trentino: specie, variabilità stagionale, gradiente altitudinale e implicazioni per gli studi climatico-ambientali da speleotemi. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica 82 (2005): 123-150.
- Ferretti P., & Borsato A., (2006). Studio idrogeologico della Valle e del Lago di Tovel. Studi Trent. Sc. Nat., Acta Biol., 81 (2004), Suppl. 2: 189-203.
- Fuganti A. (1969). Le sorgenti dell'Acqua Santa (Val di Non, Trento). Studi Trent. Scienze Naturali – Sez. A, v. 46, n.2: 432-444.
- Longinelli, A. & Selmo, E. (2003). Isotopic composition of precipitation in Italy: a first overall map. Journal of Hydrology 270 (1-2), 75-88.
- Majone B., Bellin A., Borsato A., (2004). Runoff generation and contaminant transport in karst catchments". Journal of Hydrology, 294, Issues 1-3: 176-195.
- Marcazzan G., (2009). Sperimentazione di bilanci idrici sui bacini del Chiese, Noce, Sarca. Rapporto interno – Provincia Autonoma di Trento, Dipartimento Urbanistica ed Ambiente 2009.
- Yang D., Sevruk B., Elomaa E., Golubev V., Goodison B. & Gunther Th., (1994). Wind induced error on snow measurements: WMO intercomparison results. – Annalen der Meteorologie, 30: 61-64, Offenbach am Main.