

RACCORDO TRA DATI METEO IN PIEMONTE

Raccordo tra le serie termo-pluviometriche delle stazioni manuali ed automatiche in Piemonte



**Fiorella Acquaotta, Adriana Albanese,
Simona Fratianni, Luciano Masciocco**

Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino,
Via Valperga Caluso, 35 - Torino

**Manuela Bassi, Barbara Cagnazzi,
Roberto Cremonini**

ARPA-Piemonte,
Via Pio VII, 9 - Torino

In questo studio si è valutata la possibilità di unire serie di dati di precipitazione e di temperatura acquisite da due differenti reti meteorologiche, attive sul territorio piemontese in tempi diversi. Tale esigenza nasce dalla necessità di disporre di serie lunghe a sufficienza per condurre studi sulle variazioni climatiche in Piemonte. Sono stati condotti test sui dati registrati da due reti durante il periodo di contemporaneo funzionamento in 26 località per le precipitazioni e in 15 località per le temperature.

Solo 11 località sono risultate idonee all'unione delle serie di dati di precipitazione, mentre in nessun caso si sono potute unire le serie di temperatura. Per ogni località idonea, tramite criteri statistici, sono stati individuati gli anni di unione delle serie di precipitazione, in modo da poter considerare l'intero periodo di misurazioni come privo di disomogeneità.



INTRODUZIONE

In Piemonte, le misure della temperatura e delle precipitazioni sono state rilevate sin dall'inizio del secolo scorso da stazioni meteorologiche, in parte automatiche in parte meccaniche, gestite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), costituito nel 1913; tali misure

sono state pubblicate negli Annali Idrologici. A partire dal 1988, sul territorio piemontese si comincia a realizzare una nuova rete meteorografica automatica, gestita dai Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte: i nuovi strumenti, in grado di fornire misure in tempo reale e con elevato dettaglio temporale, per la

loro tecnologia avanzata, sono destinati a sostituire progressivamente gli strumenti, ormai obsoleti, della rete SIMN.

La nuova rete automatica in telerilevamento, oggi costituita da circa 400 stazioni di misura, è gestita interamente da Arpa Piemonte.

Per lo studio climatologico della Regione Piemonte sono pertanto disponibili dati di pluviometria e termometria dagli inizi del secolo scorso, ma provenienti dalle due diverse reti di monitoraggio meteorologico: la rete SIMN, con dati rilevati fino al 2003 e la rete delle stazioni automatiche dell'Arpa Piemonte, che forniscono informazioni a partire dal 1989.

Si è posta così la questione, oggetto del presente studio, relativa alla valutazione della correttezza di unire serie di dati consecutive nel tempo ma provenienti da strumentazioni diverse. A tal fine, sono state ricercate e individuate località sul territorio regionale, nelle quali fossero presenti in contemporanea sia le stazioni meteorologiche manuali che quelle automatiche in modo da analizzare l'impatto, dovuto alla variazione di strumentazione e di sito, sulle misure acquisite.

LOCALITA' SCELTE PER IL CONFRONTO TRA LE MISURE DELLE DUE RETI METEOROLOGICHE

Per il confronto dei dati della rete SIMN con quelli della rete ARPA Piemonte sono state individuate 26 località, in cui hanno funzionato contemporaneamente stazioni meteorologiche di entrambe le reti e di cui si hanno periodi di sovrapposizione tra le misure (Fig.1). Tutte le stazioni risultano dotate di uno strumento per la registrazione delle precipitazioni, ma non tutte sono fornite di un termometro; il confronto tra le due serie è stato svolto, quindi, in tutte le località, per i dati di precipitazione e in 15 località, per le temperature (Fig. 2).

Confronto tra gli strumenti delle due reti meteorologiche

Prima di affrontare lo studio sul confronto tra i dati provenienti dalle stazioni del

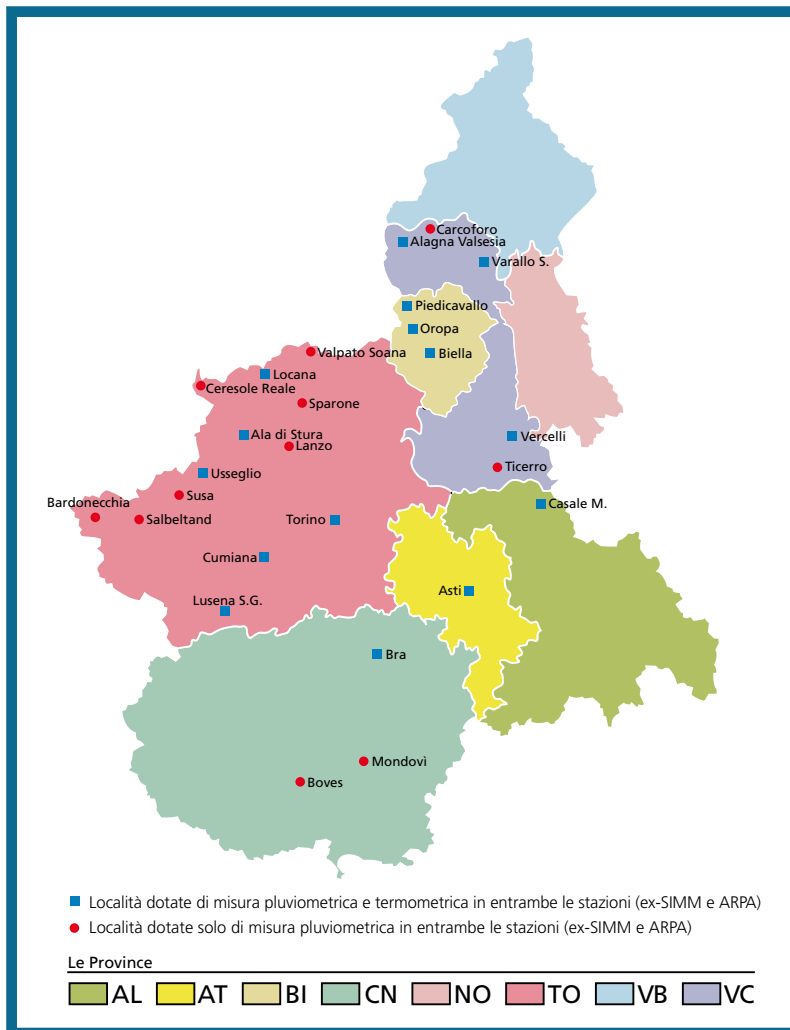
Stazione sulla diga di Ceresole Reale.

Foto pagina a fianco: Stazione di Oropa (sopra) e stazione di Ercavallo (sotto)



Fig. 1 - Tabella di pagina 20. Località in cui è stato svolto il confronto dei dati di precipitazione e/o di temperatura tra la stazione meteorologica SIMN e quella ARPA.

Fig. 2 - Elenco delle località dotate di una stazione meteorologica SIMN e una dell'ARPA Piemonte, per le quali è stato svolto il confronto tra le due serie di dati: informazioni riguardo la localizzazione delle stazioni (QUOTA e coordinate UTM X e Y), la distanza (D.) e la differenza di quota tra di esse (DFQ) e il periodo di sovrapposizione delle misure (PERIODO). Località dotate di misura pluviografica (*) e termometrica (°).



SIMN con quelli dell'ARPA Piemonte, l'attenzione è stata rivolta alla caratterizzazione degli strumenti utilizzati dalle due reti, mettendo in evidenza le differenze di strumentazione, di metodi di registrazione ed acquisizione del dato.

Le stazioni SIMN sono di tipo meccanico e richiedono la presenza di un rilevatore per la raccolta dei dati. In tredici stazioni termometriche, sono presenti termometri a mercurio a lettura diretta, per i quali sia la lettura sia la trascrizione dei dati avviene in modo manuale. In due stazioni (Asti e Vercelli) sono presenti termografi: la registrazione in questo caso avviene su diagrammi cartacei, ritirati a cadenza settimanale e letti per la trascrizione manuale dei valori. Per quanto riguarda la misura delle precipitazioni, in una stazione (Piedicavallo) è presente un pluviometro standard (misurazione manuale giornaliera), mentre nelle restanti centraline sono installati pluviografi registratori, che richiedono una manutenzione settimanale per il cambio della carta diagrammale.

Nel caso delle misure dell'ARPA Piemonte, il principio di funzionamento del pluviografo è il medesimo di quello delle stazioni SIMN (vaschette basculanti), mentre il funzionamento del termometro è completamente elettronico; l'acquisizione delle misure avviene per entrambi i sensori in teletrasmissione da stazioni automatiche.

I dati acquisiti dalle due reti di rilevamento possono essere affetti da errori di tipo diverso a causa delle differenze strumentali. Quelli della rete manuale possono contenere errori di acquisizione, legati alla strumentazione, errori nella fase di trascrizione manuale dei dati e nel successivo passaggio degli stessi dal formato cartaceo a quello digitale.

I dati dell'ARPA, invece, possono contenere errori di acquisizione, generalmente individuati tramite un controllo automatico che attribuisce un "flag di validazione" a ciascun valore.

Per ciascuna località sono state reperite informazioni dettagliate sulle stazioni appartenenti alle due reti; nella figura 3 è riportato un esempio relativo alle due

Località	Stazione SIMN			Stazione ARPA			D (m)	DFQ (m)	Periodo
	QUOTA m	UTM X	UTM Y	QUOTA m	UTM X	UTM Y			
Ala di Stura (TO) * °	1006	367642	5019242	1006	367642	5019242	70	0	1993-2003(*) 1993-2001(°)
Alagna Valsesia (VC) * °	1215	417460	5078372	1196	417511	5080844	2500	19	2001-2002(*) 2002(°)
Asti (AT) *	158	436824	4972772	117	437873	4970662	2350	41	1988-2003(*)
Asti (AT) °	158	438418	4973351	117	437873	4970662	2750	41	1998-2003(°)
Bardonecchia (TO) *	1250	319738	4994608	1353	320334	4994017	800	97	1991-2003(*)
Biella (BI) * °	412	426739	5045683	405	426445	5045652	300	7	2001-2003(*)
Boves (CN) *	590	384393	4909628	575	385442	4910296	1240	15	1988-2003(*)
Bra (CN) * °	290	409097	4950593	285	409096	4950597	15	5	1993-2003(*)
Carcoforo (VC) *	1150	427726	5082210	1290	426444	5084376	2500	140	1997-2003(*)
Casale M.to (AL) * °	113	461081	4997950	118	461092	4997958	20	5	1988-2000(*) 1988-2001(°)
Ceresole Reale-L.Serrù (TO)*	2260	354237	5035974	2304	354620	5036811	920	44	1996-2003(*)
Cumiana (TO) * °	289	374387	4977836	327	373174	4980375	2800	38	1988-2003(*)
Lanzo (TO) *	540	381242	5014181	580	381885	5016336	2200	40	1989-1999(*)
Locana-L. Valsoera (TO) * °	2410	374688	5038439	2365	374477	5038301	250	45	1987-2003(*) 1990-2003(°)
Luserna S. Giovanni (TO) * °	478	361760	4963903	475	361006	4963859	760	3	1988-2003(*)
Mondovì (CN) *	440	405721	4916811	422	405350	4916698	390	18	1993-2003(*)
Oropa (BI) * °	1180	420669	5053279	1186	420668	5053282	5	6	1991-2002(*) 1990-2002(°)
Piedicavallo (BI) * °	1050	418643	5060320	1040	418813	5060264	180	10	1996-2003(*)
Salbeltrand (TO) *	1031	335169	4994110	1010	334301	4993216	1250	21	1991-2002(*)
Sparone (TO) *	635	385988	5031068	550	386141	5029706	1400	85	2001-2003(*)
Susa (TO) *	510	346442	5000250	520	347088	5000758	820	10	1991-2003(*)
Torino (TO) * °	270	395249	4992056	240	395608	4992819	850	30	1990-2003(*)
Tricerro (VC) *	140	447348	5009424	139	447480	5009461	140	1	2001-2003(*)
Usseglio - Malciaussia (TO) * °	1813	354308	5007748	1800	354672	5007898	395	13	2000-2003(*)
Valprato Soana-Piamprato (TO)*	1550	388914	5045582	1555	388706	5045997	465	5	1993-1999(*)
Varallo Sesia (VC) * °	453	441708	5073912	470	443670	5074457	2040	17	1989-2003(*)
Vercelli (VC) * °	135	319738	4994608	132	452237	5019386	1360	3	1994-2003(*)

Fig. 2

centraline site ad Ala di Stura. L'ubicazione delle stazioni meteorologiche di ciascun sito è visualizzabile anche su cartografie a diverso dettaglio (Fig. 4). La documentazione fotografica di ogni stazione meteorologica completa il quadro delle informazioni raccolte (Figg. 5 e 6).

Metodologia di confronto tra le serie di dati delle due reti meteorologiche

Per quanto riguarda i dati di temperatura, sono state prese in considerazione le serie dei dati giornalieri delle minime e delle massime. Per ciascuna coppia di stazioni si è proceduto al calcolo delle differenze tra i valori delle due serie, nel seguente modo:

(1)

$$TSIMN - TARPA = \text{serie delle differenze delle } T$$

Dalle serie delle differenze, al fine di eliminare l'influenza dei valori estremi, sono stati rimossi i valori esterni all'intervallo tra il valore medio della distribuzione ± 2 deviazioni standard (Acquaotta, ined.).



Fig. 3 - A titolo di esempio sono riportate le caratteristiche e l'ubicazione delle due stazioni meteorologiche installate ad Ala di Stura.

Ala di Stura	Stazione SIMN	Stazione ARPA
Nome e codice stazione	Ala di Stura	Ala di Stura (cod. 205)
Comune	Ala di Stura (TO)	Ala di Stura (TO)
Località	Centro Piansoletti	Vivaio Forestale la Fabbrica
Bacino	Stura di Lanzo	Stura di Lanzo
Quota	970 m s.l.m.	1006 m s.l.m.
Latitudine	45° 18' N	45° 18' 48" N
Longitudine	5° 09' W M.M.	07° 18' 41" E
Coordinata UTM X	367576	367642
Coordinata UTM Y	5019226	5019242
Misura precipitazioni (inizio - tipo sensore)	1985 - pluviografo	22/07/1993 - pluviografo
Misura precipitazioni (fine funzionamento)	2004	Attiva
Misura temperature (inizio - tipo sensore)	1933 - termometro	22/07/1993 - termografo
Misura temperature (fine funzionamento)	2001	Attiva
Distanza tra le due stazioni	70 m	
Differenza di quota tra le due stazioni	36 m	
Periodo di sovrapposizione P	Fine 1993 - 2003	
Periodo di sovrapposizione T	Fine 1993 - 2001	

Tabelle di pagina 23

Fig. 7 - Risultati del confronto tra le due serie giornaliere delle temperature massime. In scuro sono evidenziate le località in cui la misura di temperatura del SIMN è risultata superiore a quella dell'ARPA, in chiaro i casi contrari. I valori in rosso costituiscono la minima e la massima differenze ottenute.

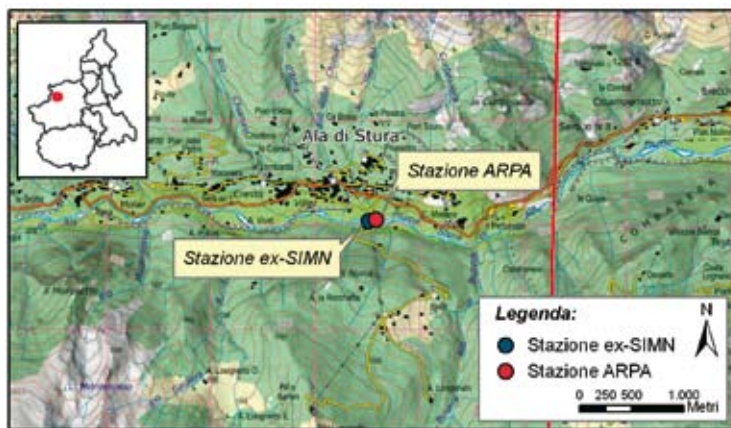
Fig. 8 - Risultati del confronto tra le due serie giornaliere delle temperature minime. In scuro sono evidenziate le località in cui la misura di temperatura del SIMN è risultata superiore a quella dell'ARPA, in chiaro i casi contrari. I valori in rosso costituiscono la minima e la massima differenze ottenute.

Fig. 4 - Carta della localizzazione delle due stazioni meteorologiche di Ala di Stura.

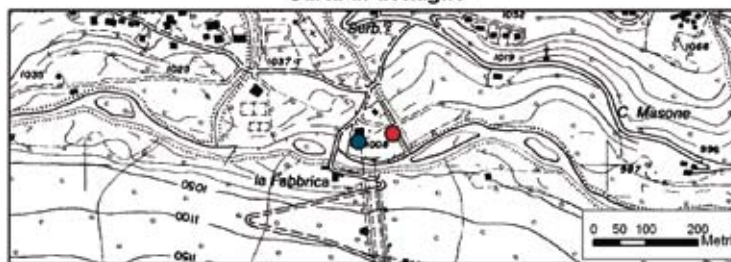
Fig. 5 - Stazione meteorologica SIMN di Ala di Stura (foto: ARPA Piemonte).



Stazioni Meteorologiche di Ala di Stura (TO)



Carta di dettaglio



la distribuzione del campione; esso valuta l'omogeneità di due campioni, ossia individua se i due campioni provengono dalla stessa popolazione. Conclusa l'analisi sui dati giornalieri si è proceduto al calcolo dei valori mensili, annuali e stagionali; l'aggregazione dei dati mensili è avvenuta in presenza di almeno l'80% dei dati giornalieri (Klein Tank et al., 2002).

Per quanto riguarda le precipitazioni, in accordo con la letteratura scientifica nazionale (Biancotti & Mercalli, 1990) e internazionale (Wijngaard et al., 2003), il confronto tra le serie dei dati è stato svolto sui totali mensili, per ovviare al fatto che la pioggia è una grandezza discontinua, che a livello giornaliero assume spesso valore nullo.

Anche in questo caso, nel calcolo dei valori mensili sono stati considerati solo i mesi con almeno l'80% dei dati giornalieri (Klein Tank et al., 2002).

I valori di precipitazione mensile sono stati confrontati tra loro, calcolandone il rapporto:

$$R = \frac{\text{Pioggia [SIMN]}(\text{mensile})}{\text{Pioggia [ARPA]}(\text{mensile})}$$

Dalla serie dei rapporti sono state eliminate le code della distribuzione, individuando come soglie i valori dei quantili 0,02 e 0,98. In seguito, sono stati applicati i test statistici, citati precedentemente, che, richiedendo la presenza di un minimo di 36 valori nella serie, hanno ridotto a 21 i siti studiati.

I dati sono quindi stati aggregati e confrontati a livello annuale e stagionale.

RISULTATI OTTENUTI DAL CONFRONTO DEI DATI DI TEMPERATURA

I risultati sono riportati in tabelle riassuntive (Figg 7 e 8). Il coefficiente di correlazione risulta sempre elevato, superiore a 0,85, in quanto, nonostante le eventuali differenze tra i valori, entrambe le serie registrano contemporaneamente aumenti o diminuzioni di temperatura. Al contrario, le applicazioni dei test statistici forniscono in tutti i casi valori inferiori a 0,50,

Sulle nuove serie di dati così ottenute, sono stati applicati il test di Student (T-test) e di Kolmogorov-Smirnov (KS-test). Il primo è un test parametrico sul valor medio che si applica a campioni con distribuzione normale; l'ipotesi che si vuole dimostrare è che i due campioni derivino da popolazioni aventi la stessa media. Il secondo è un test non parametrico, che si applica anche in casi in cui non è nota

rivelando che in tutte le località esistono differenze statisticamente significative tra i valori delle due serie, sia per temperature massime, che per quelle minime.

Per quanto riguarda le temperature massime, si sono verificati 7 casi su 15 in cui la temperatura media massima delle stazioni SIMN è risultata maggiore rispetto a quella calcolata sui dati delle stazioni dell'ARPA (evidenziato in figura 7); viceversa nelle altre 8 località; anche per le temperature minime si è osservata una situazione di equilibrio (figura 8).

Questi risultati portano ad escludere la presenza di errori costanti di tipo strumentale nelle stazioni dei due differenti Enti, scartando dunque l'ipotesi che gli strumenti di uno stesso Ente sovrastimino o sottostimino costantemente le misure

rispetto a quelli dell'altro.

Per le temperature massime, la differenza più elevata ottenuta dal confronto è stata riscontrata nella località di Piedicavallo, con un valore medio di circa 2 °C, ben visibile graficamente (Fig. 9).

La differenza minima (di 0,03 °C) è stata registrata tra le stazioni di Alagna Valsesia; nonostante il valore medio sia molto prossimo allo zero, l'uguaglianza tra i dati è stata riscontrata solo nel 2% dei casi, mentre la percentuale più elevata (68%) si riferisce ai casi in cui la stazione SIMN ha misurato un valore più elevato della stazione ARPA e il restante 30% rappresenta la situazione inversa. Un risultato molto simile è stato ottenuto nella località di Locana, in cui la differenza media su tutto il periodo è di 0,05 °C e si riferisce a



Fig. 6 - Stazione meteorologica ARPA di Ala di Stura (foto: ARPA Piemonte, Banca Dati Meteorologica 1990-2003, cd).

Fig. 9 - Temperature medie massime annuali di Piedicavallo, dove si è ottenuta la massima differenza tra le temperature massime giornaliere dei due strumenti.

Fig. 10 - Temperature medie massime annuali di Locana in cui è stata riscontrata la differenza minima tra le temperature massime giornaliere dei due strumenti.

Località	Temperature massime			
	Diff [(SIMN)-ARPA] (°C)	T-test	K-test	Coeff corr
Ala di Stura (TO)	0,28	<0,01	<0,01	0,91
Alagna Valsesia (VC)	0,03	0,01	0,03	0,88
Asti (AT)	-0,41	<0,01	0,05	0,99
Biella (BI)	-0,33	<0,01	0,53	0,98
Bra (CN)	0,60	<0,01	0,12	0,99
Casale Monferrato (AL)	0,51	<0,01	<0,01	0,99
Cumiana (TO)	-1,21	<0,01	<0,01	0,98
Locana - L. Valsoera (TO)	0,05	0,40	<0,01	0,80
Luserna S. G. (TO)	-0,70	<0,01	<0,01	0,96
Oropa (BI)	-0,52	<0,01	0,02	0,87
Piedicavallo (VC)	1,95	<0,01	<0,01	0,97
Torino (TO)	-0,67	<0,01	<0,01	0,99
Usseglio -Malciaussia (TO)	-0,09	0,39	0,00	0,88
Varallo Sesia (VC)	0,50	<0,01	<0,01	0,97
Vercelli (VC)	-1,01	<0,01	<0,01	0,99

Fig. 7

Località	Temperature minime			
	Diff [(SIMN)-ARPA] (°C)	T-test	KS-test	Coeff corr
Ala di Stura (TO)	1,80	<0,01	<0,01	0,95
Alagna Valsesia (VC)	0,54	<0,01	0,03	0,95
Asti (AT)	0,35	<0,01	0,03	0,99
Biella (BI)	-1,08	<0,01	0,06	0,98
Bra (CN)	-0,30	<0,01	0,45	0,99
Casale Monferrato (AL)	-1,23	<0,01	<0,01	0,99
Cumiana (TO)	-0,29	<0,01	<0,01	0,97
Locana - L. Valsoera (TO)	-0,02	0,30	<0,01	0,95
Luserna S. G. (TO)	3,95	<0,01	<0,01	0,96
Oropa (BI)	0,60	<0,01	<0,01	0,59
Piedicavallo (VC)	-0,19	<0,01	<0,01	0,98
Torino (TO)	0,89	<0,01	<0,01	0,99
Usseglio -Malciaussia (TO)	-1,80	<0,01	<0,01	0,95
Varallo Sesia (VC)	2,44	<0,01	<0,01	0,97
Vercelli (VC)	0,52	<0,01	<0,01	0,99

Fig. 8

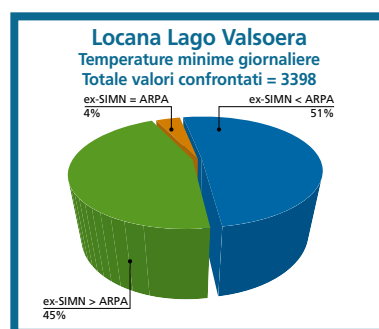
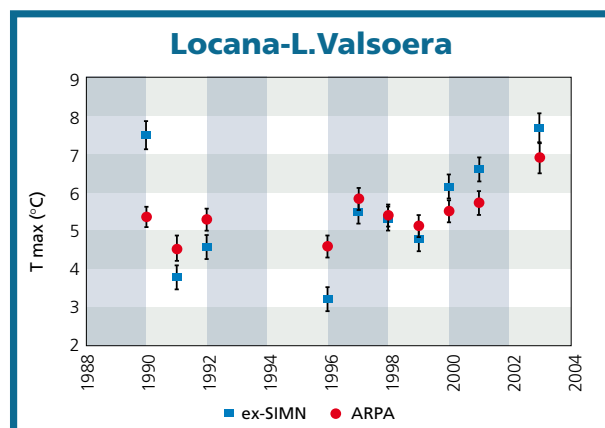
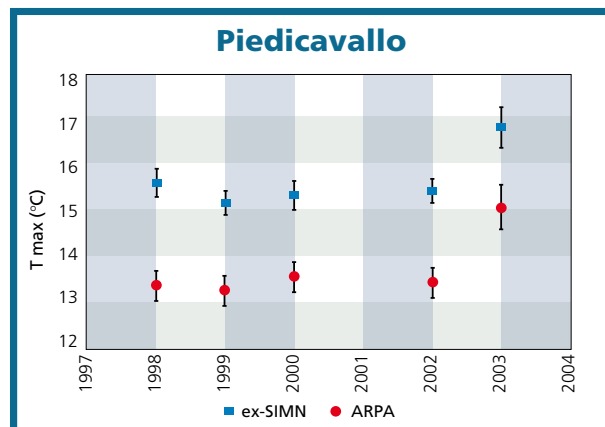


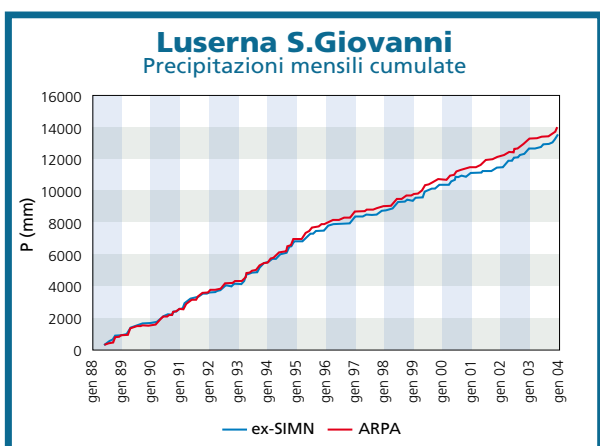
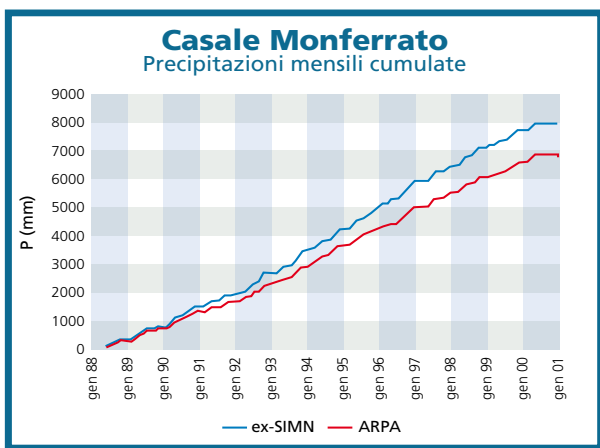
Fig. 11 - Percentuali dei casi in cui gli strumenti del SIMN e quelli dell'ARPA hanno misurato gli stessi valori di temperatura massima o minima (in arancione) e casi in cui le misure dello strumento dell'-SIMN sono risultate inferiori o superiori rispetto agli strumenti dell'ARPA.

Località	Rapp [Ex-SIMN/ARPA] (mm)	K-S test	Coeff. Corr.
Ala di Stura (TO)	1,14	0,93	0,94
Alagna Valsesia (VC)	*	*	*
Asti (AT)	*	*	*
Bardonecchia (TO)	1,04	0,99	0,95
Biella (BI)	*	*	*
Boves (CN)	1,27	0,07	0,91
Bra (CN)	1,28	0,45	0,95
Carcoforo (VC)	1,21	0,44	0,97
Casale Monf. (AL)	1,31	0,35	0,95
Ceresole Reale (TO)	1,03	1,00	0,93
Cumiana (TO)	1,06	0,86	0,92
Lanzo (TO)	0,80	0,70	0,95
Locana – L. Valsoera (TO)	1,37	0,12	0,91
Luserna S.G. (TO)	1,02	0,78	0,93
Mondovì (CN)	1,15	0,48	0,94
Oropa (BI)	1,22	0,62	0,99
Piedicavallo (VC)	1,02	1,00	0,98
Salbertrand (TO)	1,06	0,69	0,92
Sparone (TO)	*	*	*
Susa (TO)	1,03	0,99	0,97
Torino (TO)	0,96	0,85	0,98
Tricerro (VC)	*	*	*
Usseglio – Malciaussia (TO)	0,97	0,91	0,97
Valprato Soana (TO)	1,05	0,84	0,86
Varallo Sesia (VC)	1,09	0,96	0,95
Vercelli (VC)	1,06	0,97	0,95

Fig. 12 - Risultati del confronto tra le serie delle precipitazioni mensili. Sono evidenziate in chiaro le località nelle quali si è ottenuto un buon andamento tra le precipitazioni (differenza minore del 10% e K-S test maggiore di 0,50). * Dati non presenti, perché il periodo di confronto è inferiore a 3 anni, ossia inferiore a 36 valori.

Fig. 13 - Precipitazioni mensili cumulate di Casale Monferrato, in cui il confronto tra le due serie di dati non ha fornito buoni risultati.

Fig. 14 - Precipitazioni mensili cumulate di Luserna S. Giovanni, in cui il confronto tra le due serie di dati ha fornito buoni risultati.



un periodo di confronto più lungo rispetto al caso precedente; la differenza non è costante e raggiunge elevate differenze a livello mensile (Fig. 10, ad esempio l'anno 1990) e ancora di più scendendo nel dettaglio giornaliero, in cui solo il 4% dei dati rivelano eguaglianza tra il valore del SIMN e quello dell'ARPA (Fig. 11). Ciò spiega il motivo per cui i test statistici indicano che in tutte le località le due serie di valori di temperatura sono statisticamente differenti tra di loro.

Per le temperature minime la differenza più elevata è stata riscontrata a Luserna S. G. e raggiunge un valore ancora più elevato (pari a 4 °C) rispetto a quello delle temperature massime; la minima differenza si riferisce ancora alla località di Locana, con un valore prossimo allo zero, che a livello giornaliero corrisponde però a un'uguaglianza tra le due serie di valori pari solo all'1%.

Sono state ricercate le cause di discordanza tra le misurazioni termometriche; tal-

volta è risultata imputabile alla loro diversa ubicazione geografica. Infatti, in alcune località (Alagna Valsesia, Asti, Luserna S. G. e Varallo Sesia) uno strumento è posto nei pressi del centro abitato del paese e l'altro invece risulta posizionato in un luogo più aperto. Questo giustifica l'elevata differenza tra le misure delle temperature minime e il minor valore riscontrato tra le temperature massime nella stagione invernale. Un altro esempio, legato a fattori geografici di tipo naturale, è quello riferito alla località di Usseglio: la stazione del SIMN è posta vicino al Lago di Malciaussia e misura temperature minime e massime inferiori rispetto alla stazione ARPA, posta a maggiore distanza dal lago. In altri casi, invece, la discordanza tra i valori è dovuta esclusivamente alla diversa strumentazione, poiché i sensori sono posti a pochi metri di distanza uno dall'altro (Ala di Stura, Biella, Bra, Casale M.to, Oropa, Piedicavallo, Torino e Vercelli).

RISULTATI OTTENUTI DAL CONFRONTO DEI DATI DI PRECIPITAZIONE

Nella maggior parte delle località confrontate, esattamente in 18 di esse, è risultato essere lo strumento SIMN a misurare una quantità di pioggia più elevata; soltanto in 3 località (Asti, Lanzo e Torino) si è verificata la situazione opposta (Fig. 12).

Il confronto tra le serie ha consentito di individuare 12 località in cui si è riscontrata una differenza tra i dati non significativa dal punto di vista statistico.

Il rapporto medio tra le precipitazioni dei due strumenti risulta essere compreso tra 0,90 e 1,10, indicando che tra i totali di precipitazione mensile esiste una differenza inferiore al 10%.

L'applicazione del test statistico di Kolmogorov-Smirnov conferma che per queste 12 località le due serie di dati possono essere considerate omogenee, derivanti dalla stessa popolazione. A titolo di esempio, si riportano due grafici che illustrano e confrontano tra loro le due diverse situazioni ottenute: il caso in cui il confronto tra i dati non ha fornito buoni risultati, come a Casale Monferrato, in cui

i valori di precipitazione differiscono per più del 30% (Fig. 13) e il caso di una delle località, quella di Luserna S. Giovanni, la cui differenza tra le due serie è minore del 10% (Fig. 14). Per quest'ultima località si è infatti ottenuto un rapporto medio di 1,02; anche i singoli rapporti annuali sono prossimi al valore 1, ad eccezione di un solo valore, riferito all'anno 2001, che se ne discosta molto e raggiunge il valore di 0,50 (Fig. 15). In casi come questo, si è cercato di indagare sulla causa, prendendo in considerazione i dati giornalieri di pioggia e confrontandoli con quelli delle stazioni limitrofe. Per Luserna S. G. sono stati quindi utilizzati i dati della stazione di Pinerolo e si è constatato il malfunzionamento dello strumento del SIMN, per un lungo periodo del 2001 (Fig. 16).

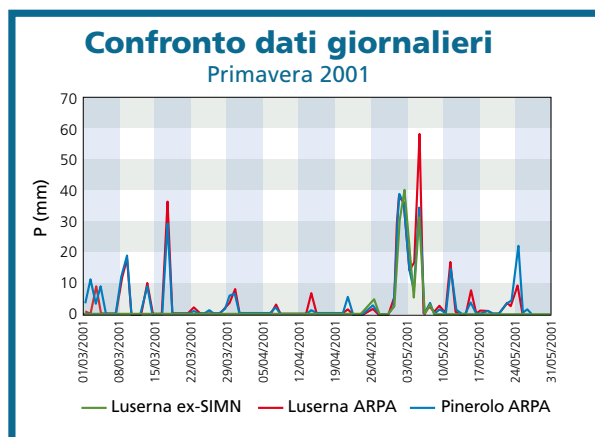
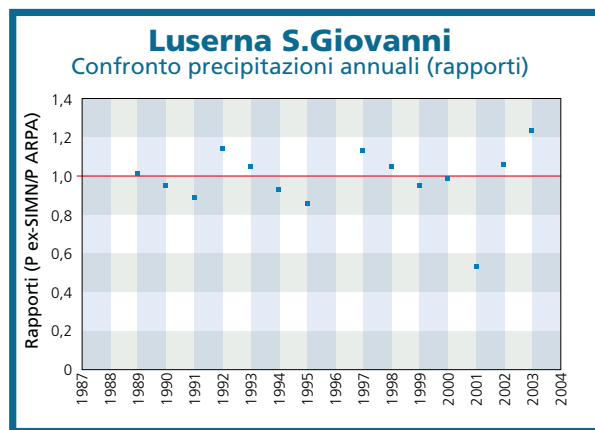
CONCLUSIONI

Al termine di questo studio di confronto tra le serie meteorologiche delle stazioni del SIMN con quelle dell'ARPA, si conclude che in tutte le località la differenza tra le serie delle temperature è significativa. Per quanto riguarda le precipitazioni, invece, 12 delle 26 località assumono differenze non statisticamente significative. Per tali siti è stata valutata la possibilità di raccordare le serie di valori, creando una continuità tra le serie di dati provenienti

dalle due differenti reti di monitoraggio. È stato quindi individuato un possibile "anno di unione" tra le due serie (Fig. 17), che permetta di avere a disposizione un periodo più lungo e completo. A titolo di esempio, si illustra graficamente un caso di raccordo tra le due serie di dati di precipitazione, riferito alla località di Cumiana (Fig. 18).

Il possibile punto di unione è stato valutato analizzando, per il periodo di sovrapposizione, le lacune dei dati di entrambe le stazioni e selezionando la serie con le minori interruzioni. Grazie ai risultati ottenuti dal confronto, è stato possibile anche individuare dei casi di malfunzionamento delle stazioni.

Questo lavoro mette in luce la difficoltà effettiva di paragonare serie di dati misurate da stazioni meteorologiche appartenenti a differenti reti di monitoraggio e l'errore che si verrebbe a commettere se si unissero semplicemente le due serie, senza prima aver effettuato adeguati confronti nei periodi di sovrapposizione di funzionamento. Tali errori si ripercuoterebbero sull'analisi climatica e in particolare modo sull'individuazione dei trend che, anche se calcolati su serie di lunga durata, indicherebbero valori non corretti. Il dato esatto verrebbe infatti nascosto da variazioni di natura non climatica.



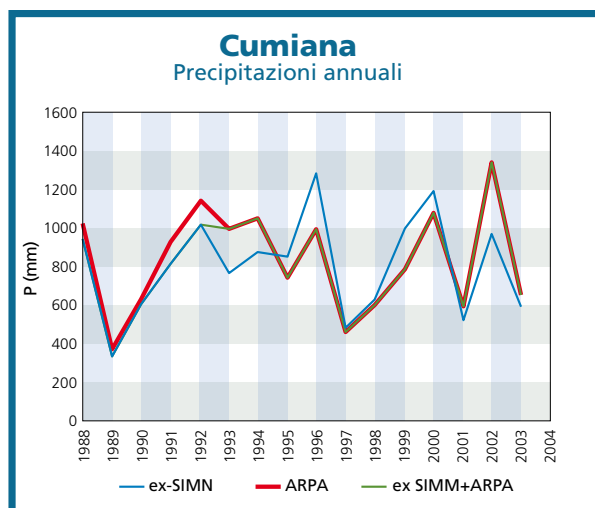
Località	Anno
Bardonecchia (TO)	2002
Ceresole Reale (TO)	1999
Cumiana (TO)	1993
Luserna S.G. (TO)	1988
Salbertrand (TO)	1995
Susa (TO)	1997
Torino (TO)	2004
Usseglio-Malciaussia (TO)	2002
Valprato Soana (TO)	1999
Piedicavallo (VC)	2003
Varallo Sesia (VC)	1998
Vercelli (VC)	2003

Fig. 15 - Risultati ottenuti nel calcolo dei rapporti annuali tra i dati di precipitazione di Luserna S. Giovanni.

Fig. 16 - Confronto tra i dati giornalieri di pioggia di Luserna S. Giovanni e di Pinerolo.

Fig. 17 - Anno di possibile unione tra le serie appartenenti ai due Enti e situate nella stessa località.

Fig. 18 - Le due serie di precipitazioni annuali di Cumiana e la serie che ne rappresenta la loro unione.



Bibliografia

- Acquavota F. (ined.) - Analisi statistica e climatica delle stazioni meteorologiche termo-pluviometriche di Torino, Asti, Vercelli e Oropa. Tesi di laurea in Fisica Ambientale e Biomedica, Università degli Studi di Torino, a.a. 2005/2006, pp. 185.
- ARPA PIEMONTE - Banca Dati Meteorologica 1990-2003, cd.
- Biancotti A., Mercalli L. (1990) -Variazioni climatiche nell'Italia nord-occidentale. Memorie della Società Geografica Italiana, volume XLVI.
- Galeotti P. (1984) - Elementi di probabilità e statistica. Editrice Universitaria Levrotto & Bella Torino, pp. 359.
- Klein Tank A. M., Wijngaard J. B., Konnen G. P., Bohm R., Demaree G., Gocheva A., Miletta M., Pashiardis S., Hejrlilik L., Kern-Hansen C., Heinno R., Bessemoulin P., Muller-Westermeier G., Tzanakou M., Szalai S., Palsdottir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., Van Engelen A. F. V., Forland E., Mietus M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Nieplova E., Cegnar T., Antonio Lopez J., Dahlstrom B., Moberg A., Kircho-

fer W., Ceylan A., Pachaliuk O., Alexander L. V. And Petrovic P. (2002) - Daily dataset of 20TH-century surface air temperature and precipitation series for the European climate assessment. Int. J. Climatol., 22, 1441-1453.

■ MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI CONSIGLIO SUPERIORE, SERVIZIO IDROGRAFICO (1976) - Elenco delle stazioni termopluviometriche del Servizio Idrografico Italiano (situazione al 1970). Pubblicazione n. 27, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato Libreria.

■ PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI - SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE (1997) - Norme tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici. Parte I - Dati meteorologici a fini idrologici. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

■ SIMI (SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO ITALIANO) - UFFICIO COMPARTIMENTALE DI PARMA (1990) - Bacino Idrografico del Fiume Po: Inventario delle stazioni di misura.

■ WIJNGAARD J. B., KLEIN TANK A. M. G., KONNEN G. P. (2003) - Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. Int. J. Climatol., 23, 679-692.