

# L'ATLANTE CLIMATOLOGICO

DELLA PROVINCIA  
DEL VERBANO CUSIO OSSOLA



# ● L'ATLANTE CLIMATOLOGICO DELLA PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA (VCO)

## COORDINAMENTO REDAZIONALE

Enrico Rivella - Ambiente e Natura, Arpa Piemonte

Cristina Converso, Pina Nappi - Area Tecnica, Arpa Piemonte

Con la collaborazione di

Clara Bertino

Elisa Bianchi, Roberta Meotto - Comunicazione istituzionale, Arpa Piemonte

## AUTORI

### Carte climatiche

Chiara De Luigi, Nicola Loglisci, Christian Ronchi - Arpa Piemonte

Valentina Lamorgia - Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università degli Studi di Torino

### Carta di durata della copertura nevosa

Gianluca Filippa, Michele Freppaz - DiVaPRA - Chimica Agraria e Pedologia, LNSA, NatRisk, Università degli Studi di Torino

Gabriele Garnero, Danilo Godone - DEIAFA - Topografia, Università degli Studi di Torino

### Carte ecologiche

Daniele Cane, Massimiliano Ferrarato, Enrico Rivella, Davide Vietti - Arpa Piemonte

Angelo Caimi, Michele Freppaz - DiVaPRA, Chimica Agraria e Pedologia, LNSA, NatRisk, Università degli Studi di Torino

Danilo Godone - DEIAFA - Topografia, Università degli Studi di Torino

Fabio Attorre, Fabio Francesconi - Dipartimento di Biologia Ambientale, Università degli Studi di Roma La Sapienza

Base topografica per la rappresentazione di temi geo-ambientali alla scala 1:250.000 prodotta da Arpa Piemonte - Sistema Informativo Ambientale - tramite elaborazioni di dati desunti dalla Carta Tecnica Regionale Numerica alla scala 1:50.000 della Regione Piemonte  
Ulteriori aggiornamenti sono stati effettuati sugli elementi della viabilità e dell'urbanizzato

Elaborazione cartografica a cura di: Università degli Studi di Torino, Facoltà di Agraria

DEIAFA - Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale

Danilo Godone, Gabriele Garnero

DiVaPRA - Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali

Michele Freppaz

Immagini MODIS ed elaborazioni realizzate con il supporto del Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte

Secondo Barbero, Alessio Salandin

Ideazione e progetto grafico: Tipografia Bolongaro snc

Finito di stampare nel mese di febbraio

presso la Tipografia Bolongaro snc - 28921 Baveno (VB) - [www.bolongaro.it](http://www.bolongaro.it)

ISBN 978-88-7479-107-1

© 2012, Arpa Piemonte

Via Pio VII, 9 - 10135 Torino - Italia

[www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it)

Pubblicazione realizzata nell'ambito del Programma Interreg di cooperazione transfrontaliera Italia-Svizzera 2007-2013.

Progetto *Biodiversità: una ricchezza da conservare.*

Responsabile progetto: Paola Balocco, Arpa Piemonte

# ● INTRODUZIONE

Il territorio piemontese presenta una variabilità climatica molto complessa, legata principalmente alla sua collocazione geografica e ad alla sua complessità geomorfologica.

La provincia del VCO è un esempio significativo di tale variabilità, proprio grazie alla sua varietà di territorio che presenta regioni montane, valli, uno tra i più grandi bacini fluviali della regione (il bacino del Toce), la presenza di uno dei laghi più vasti del territorio nazionale (il Lago Maggiore) e dalla presenza delle cime tra le più alte sul territorio regionale (il massiccio del Rosa).

Per questi motivi è utile comprendere e quantificare tale variabilità climatica sul territorio e tale valutazione passa attraverso lo studio delle principali variabili meteorologiche (temperatura e precipitazione) registrate sul territorio per un periodo continuativo.

Tuttavia, essendo dati derivanti da reti di monitoraggio differenti per strumentazione e gestione, si è presentata la necessità di integrarli fra loro e spaziarli in modo da preservare il più possibile la loro omogeneità temporale, minimizzano al contempo la perdita di informazione puntuale che qualsiasi metodo di interpolazione spaziale inevitabilmente provoca.

Il risultato è l'Atlante climatologico qui proposto, che presenta aggregazioni mensili, stagionali o annuali delle variabili meteorologiche sopra citate. Esso rappresenta la riproduzione grafica del dataset di valori termici e pluviometrici sulla provincia del Verbano Cusio Ossola che copre l'arco temporale compreso tra il 1 gennaio 1990 ed il 31 dicembre 2009, su un grigliato con risoluzione 7 km, risoluzione scelta in modo da garantire la massima informazione derivante dai punti di monitoraggio.

La metodologia statistica scelta per la creazione di tale dataset di precipitazioni e di temperature è una "Optimal Interpolation" (Kalnay, 2003). Questa tecnica, che utilizza un metodo statistico per interpolare i dati delle stazioni meteorologiche, dislocate arbitrariamente, in una griglia regolare predefinita tridimensionale, permette di raccordare fra loro le differenti serie storiche a disposizione. L'omogeneità temporale del segnale è quindi stata ottenuta attraverso una opportuna definizione variabile dei coefficienti tridimensionali di interpolazione che vanno a compensare la densità variabile di stazioni presenti sul territorio nell'arco dei 20 anni in esame. In pratica mascherando o amplificando opportunamente (sulla base di un criterio non selettivo a priori) il contributo totale delle stazioni presenti sul territorio in base ad un parametro oggettivo (Uboldi et al., 2008), fissato e costante nell'arco di tempo su cui si è effettuata l'integrazione dei dati di temperatura o precipitazione, si ottiene una stima migliore del valore di temperatura o di precipitazione in quelle porzioni di territorio in cui non sono presenti sensori di rilevazione e al contempo non si somma arbitrariamente un falso segnale laddove la densità di stazioni aumenta esponenzialmente nel tempo.

Per quanto riguarda solo la temperatura, una ulteriore garanzia di omogeneità temporale è stata ottenuta utilizzando, come campo d'appoggio su cui interpolare i dati reali, il dataset di reanalisi di dati meteorologici fornito su un grigliato regolare di ampiezza 1,25° realizzato dal ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecast) e denominato ERA40 e per gli ultimi anni, il campo di analisi fornito dal medesimo ente. Preventivamente si è verificato che i segnali climatologici principali (trend, etc.) forniti da ERA 40 per il territorio regionale, fossero congruenti con quelli derivanti da un sottoinsieme omogeneo in termini di tipologia di sensore e, laddove possibile, di densità spaziale, di stazioni presenti sul territorio piemontese nel periodo tra il 1990 e il 2009 (Ciccarelli et al., 2008).

## References

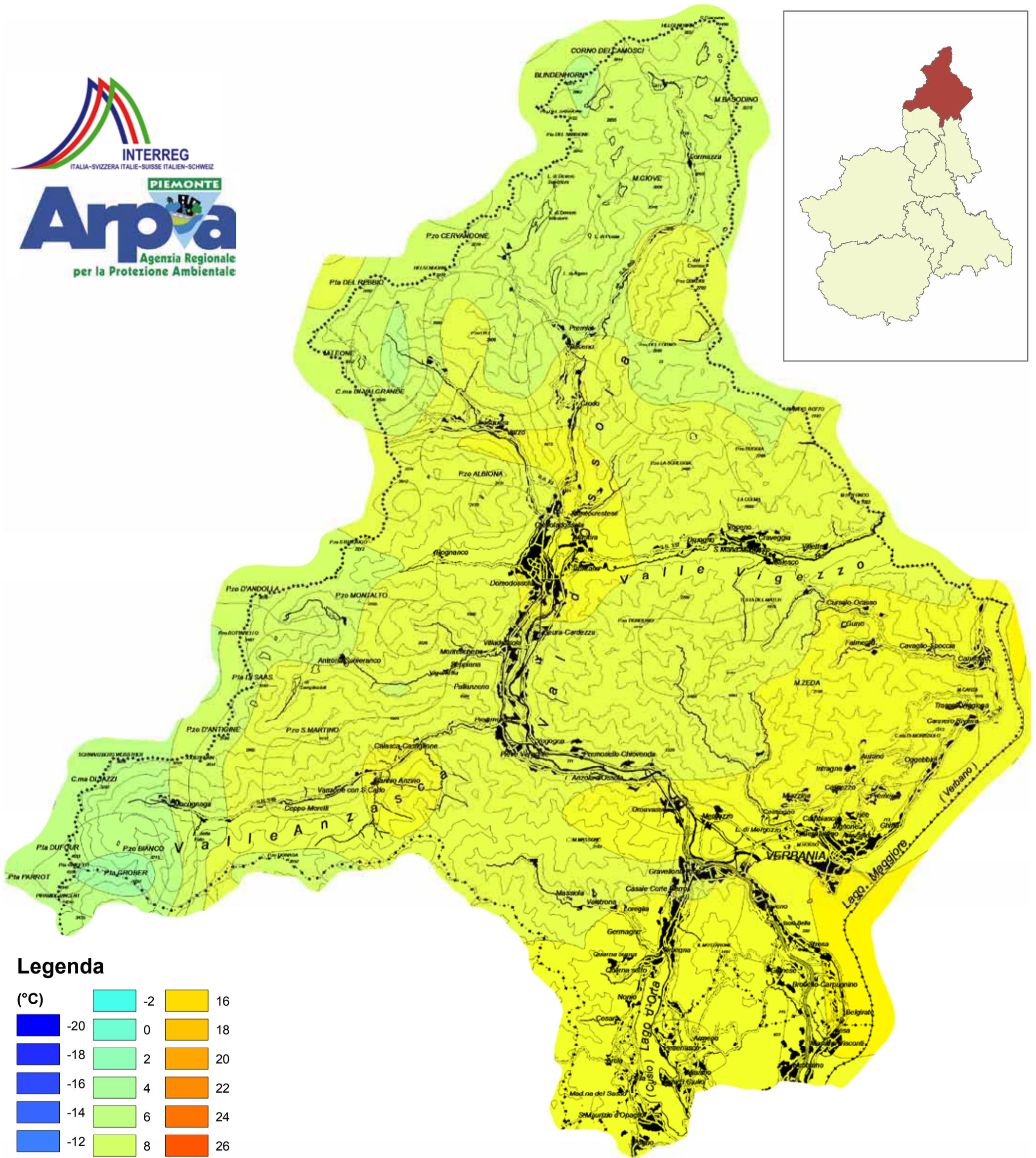
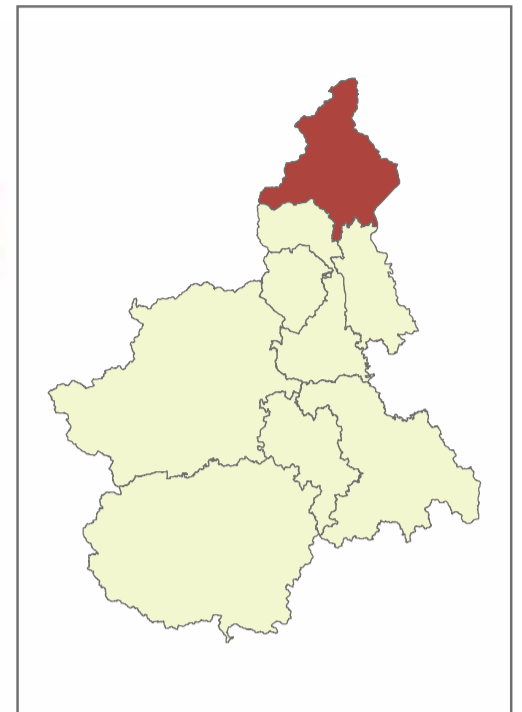
Kalnay, E., 2003: *Atmospheric modeling, data assimilation and predictability*. Cambridge Univ. Press, 341 pp.

Uboldi F. et al.: *Three-dimensional spatial interpolation of surface meteorological observations from high-resolution local networks*, To appear in: *Meteorological Applications*, Royal Meteorological Society (2008).

N.Ciccarelli, J. von Hardenberg, A. Provenzale, C. Ronchi, A. Vargiu, R. Pelosini: *Climate variability in north-western Italy during the second half of the 20th century*, To appear in: *Global and Planetary Change* (2008).

# GENNAIO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



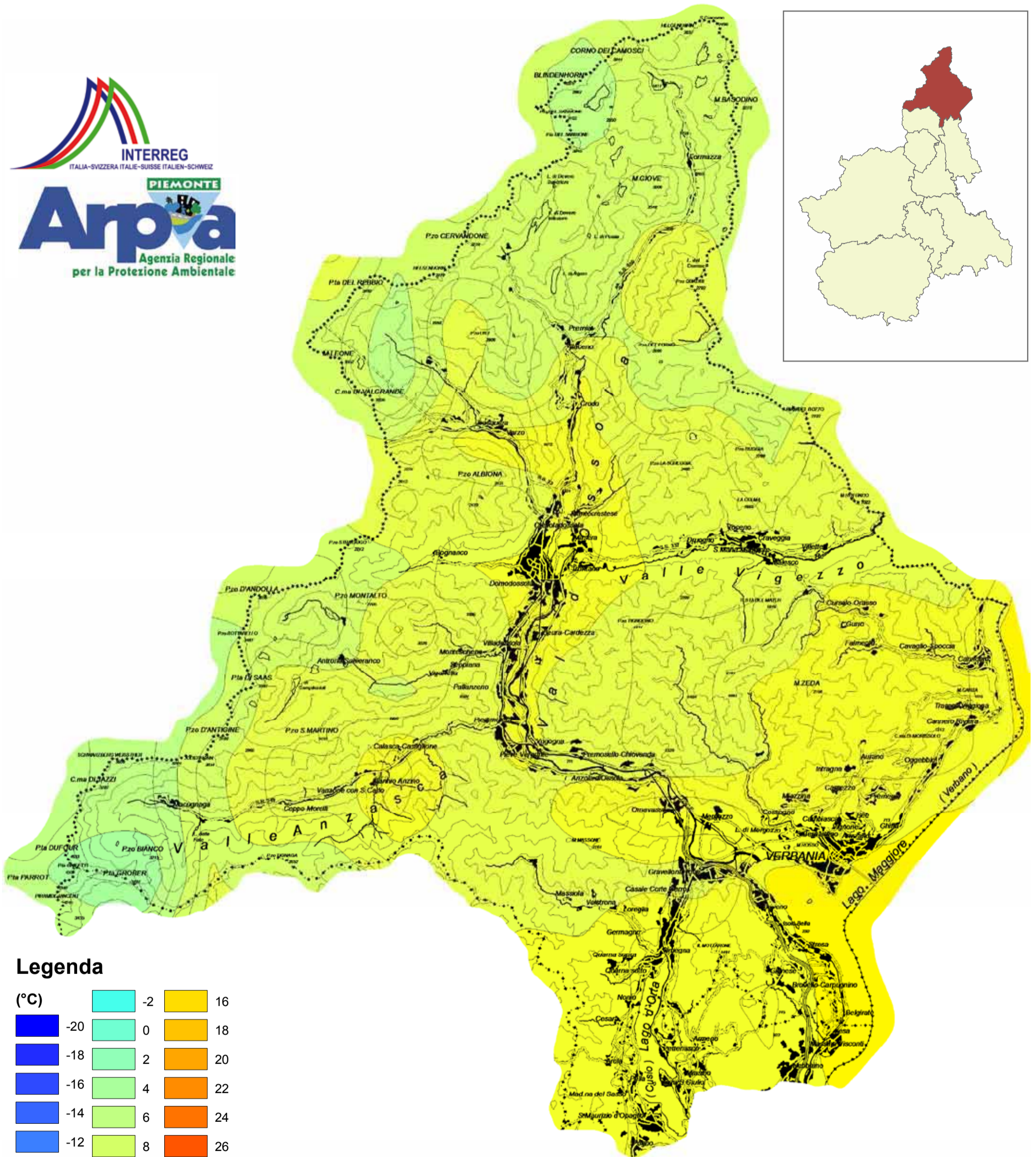
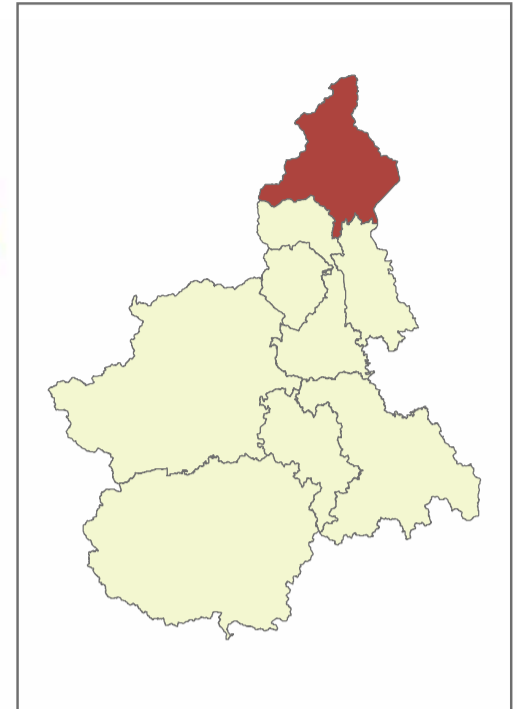
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# FEBBRAIO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



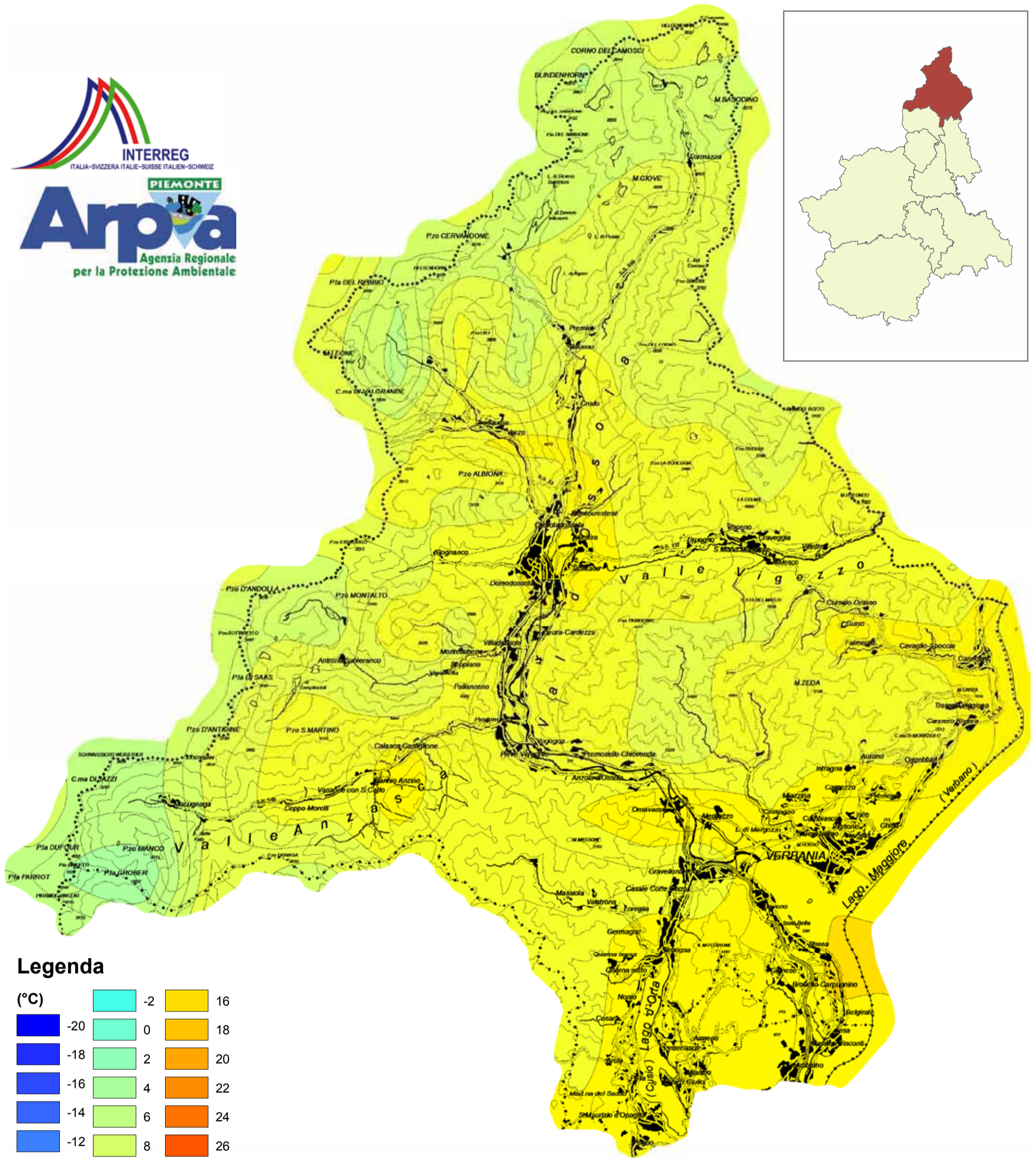
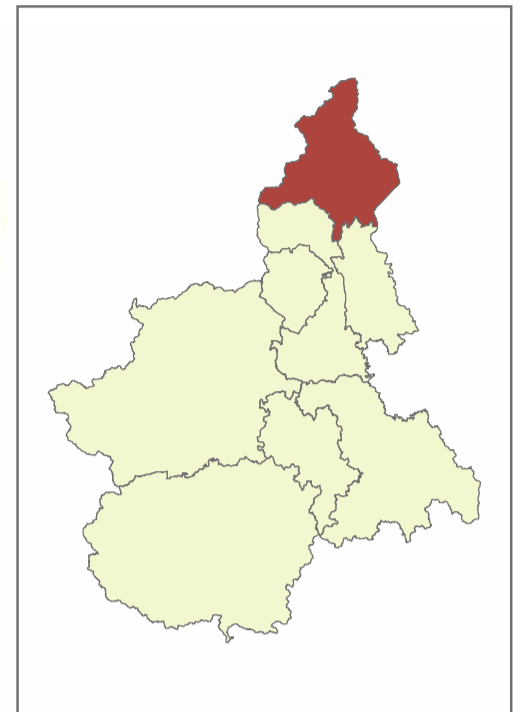
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# MARZO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



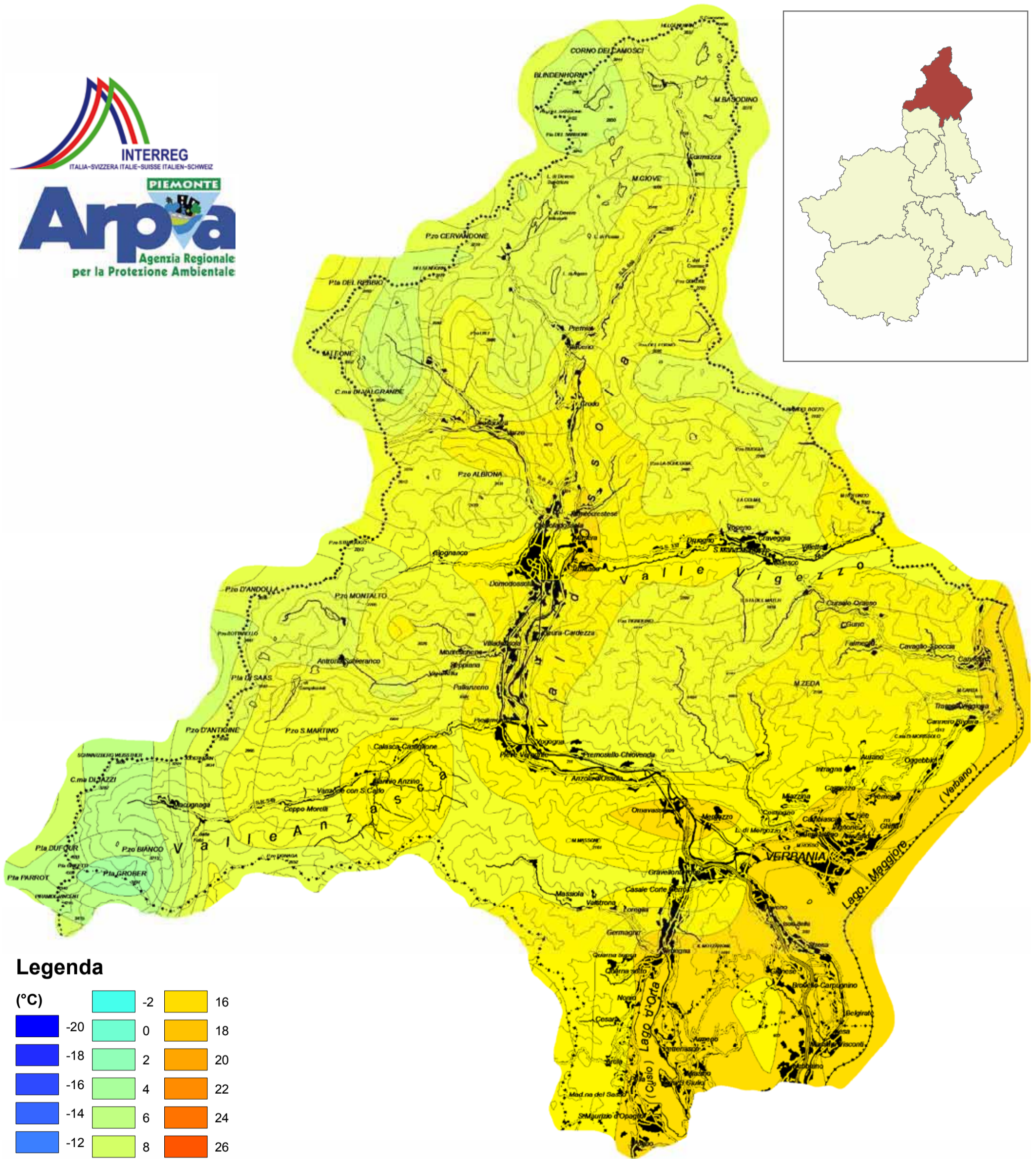
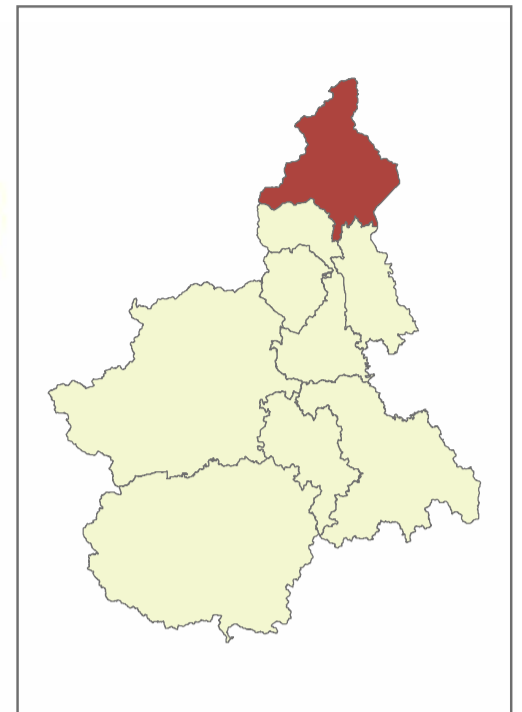
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# APRILE

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



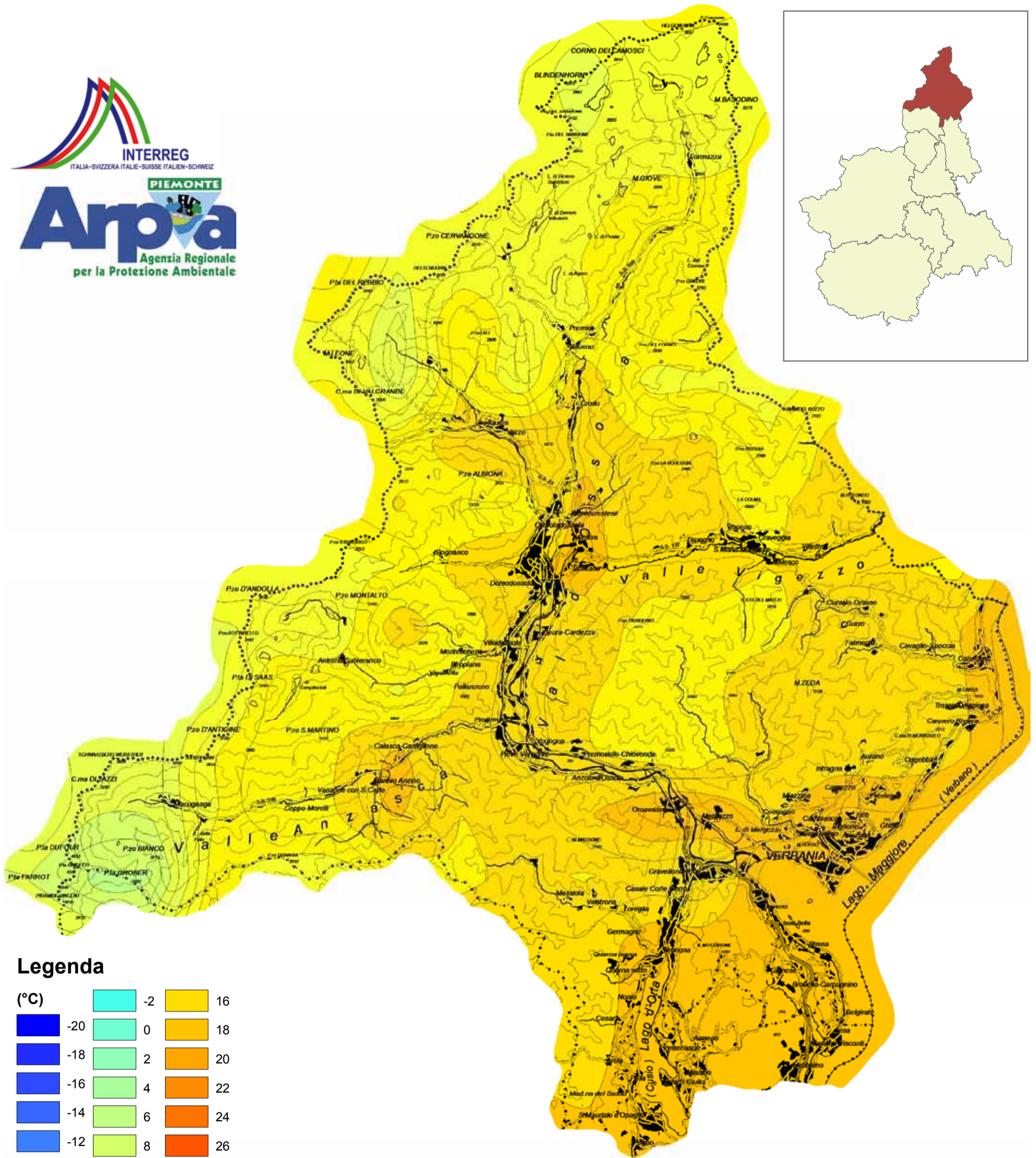
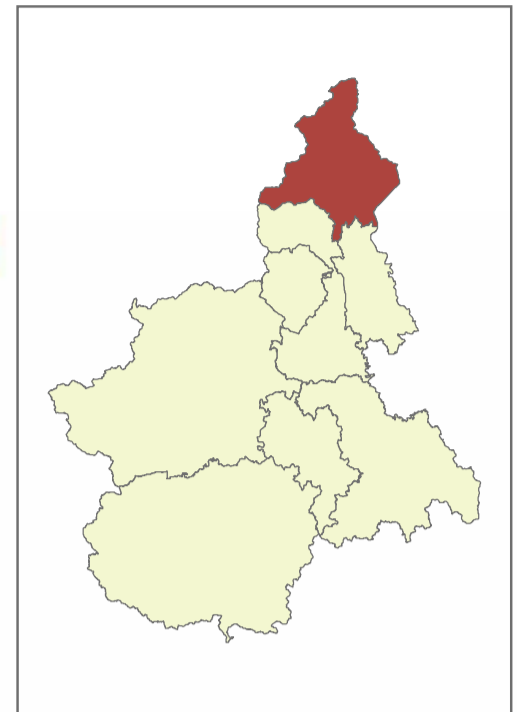
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# MAGGIO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



### Legenda

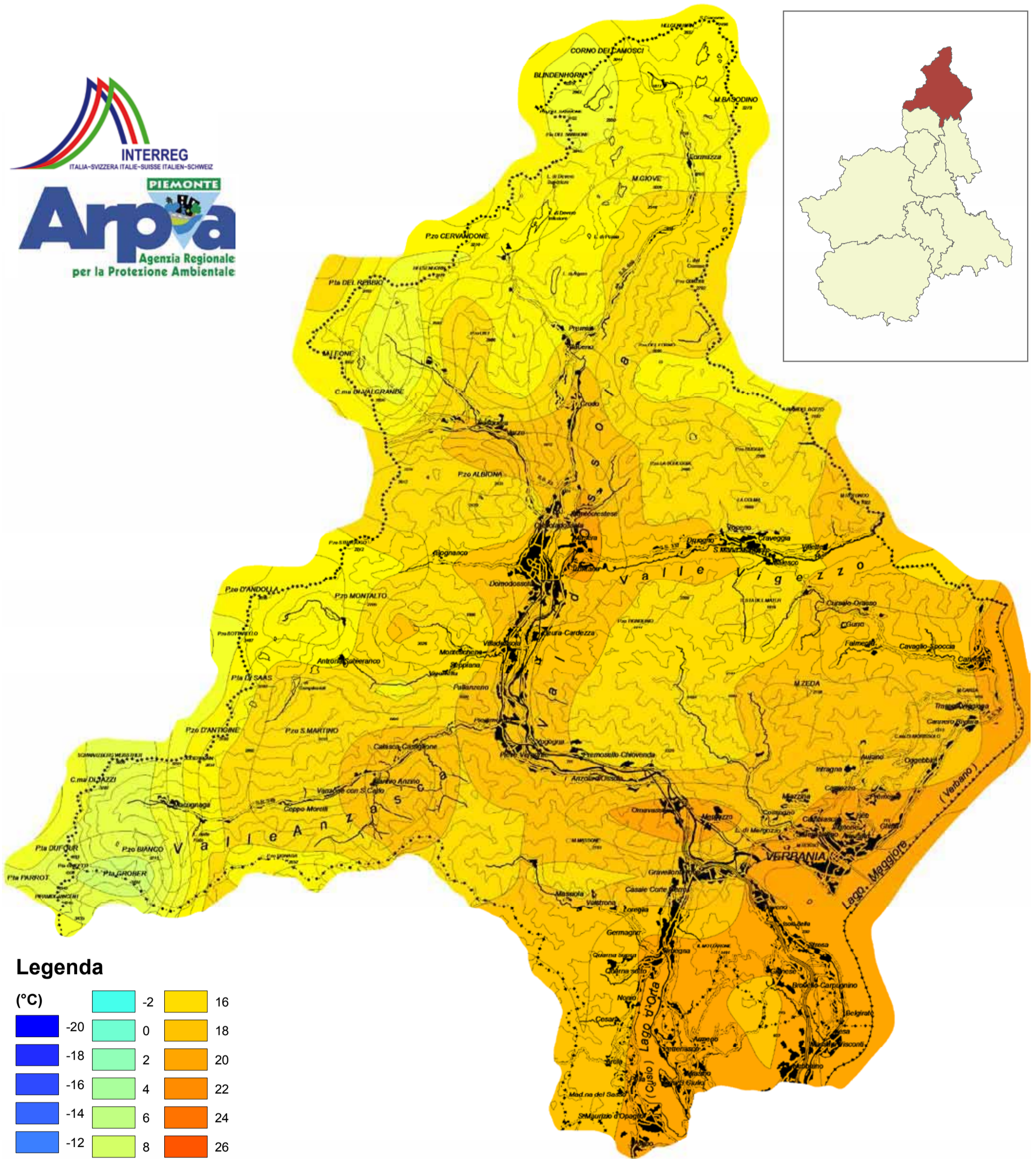
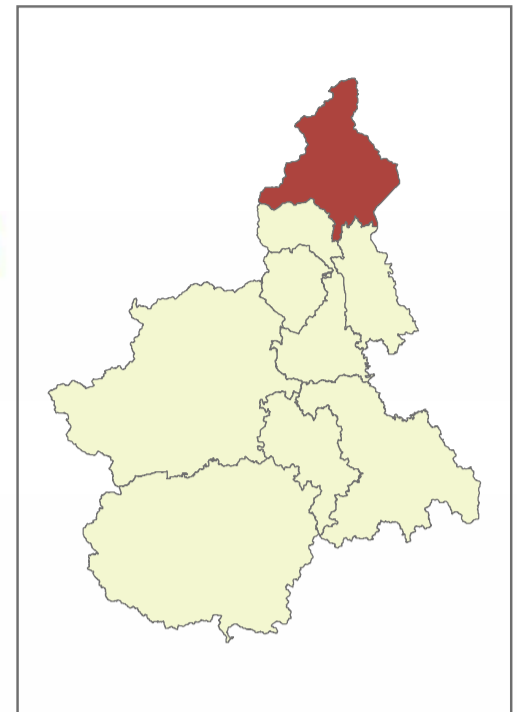
(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		





# GIUGNO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



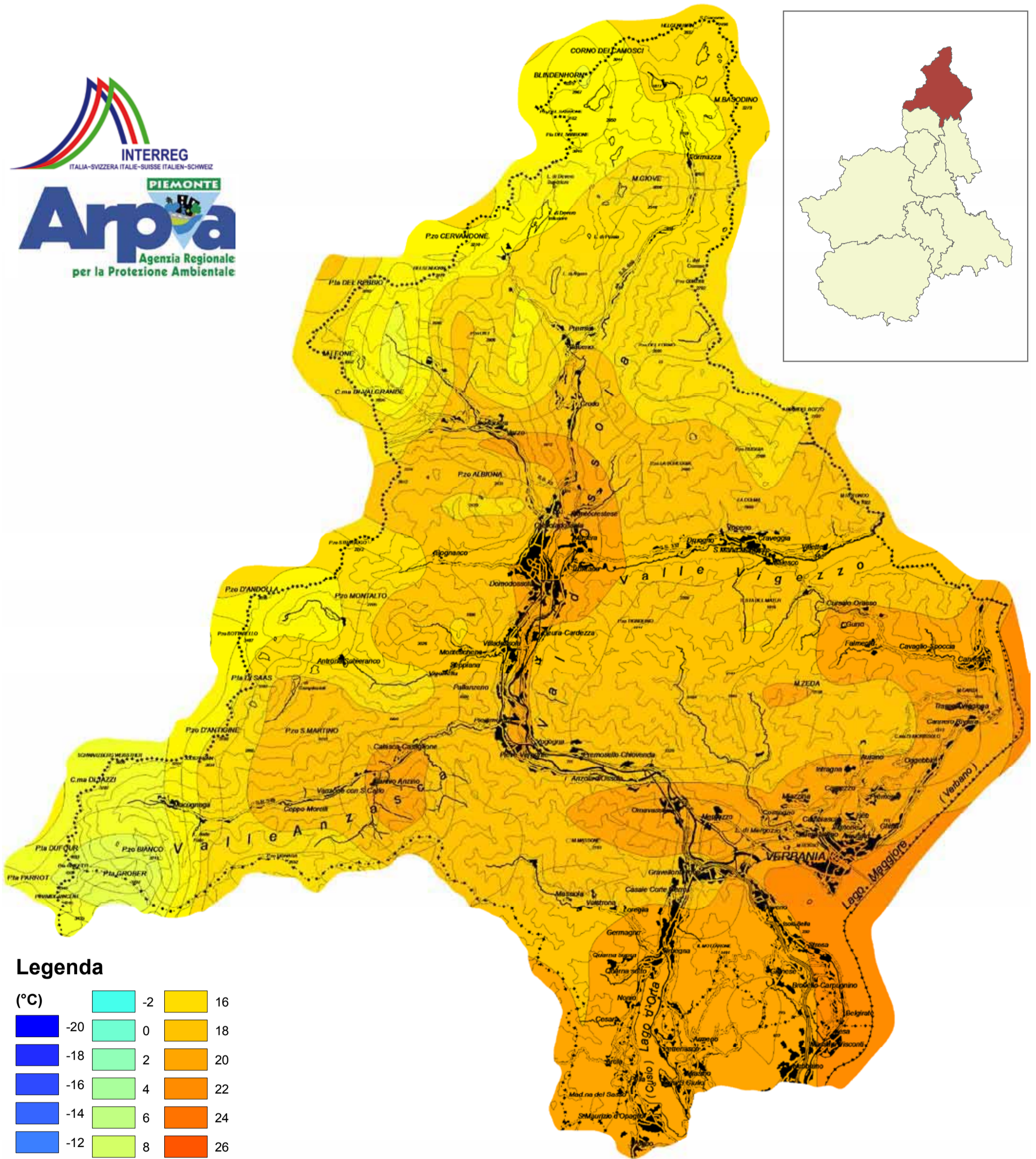
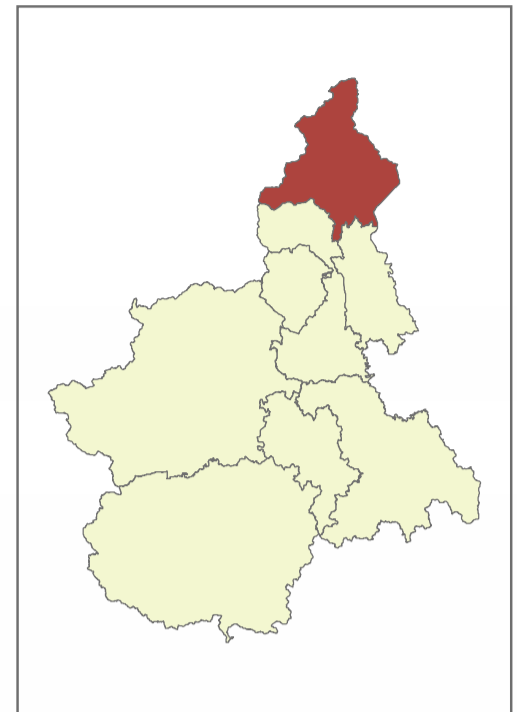
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# LUGLIO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



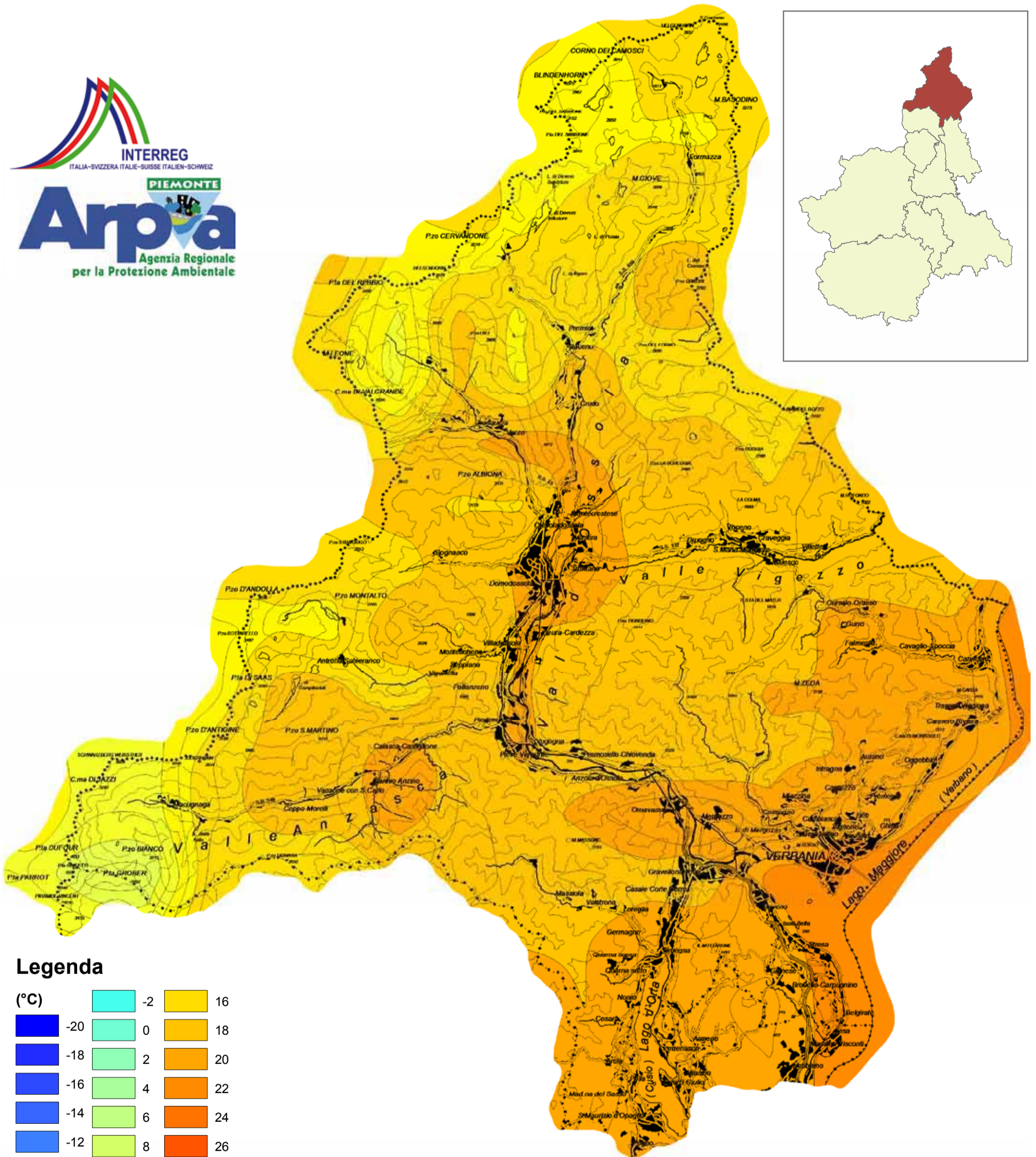
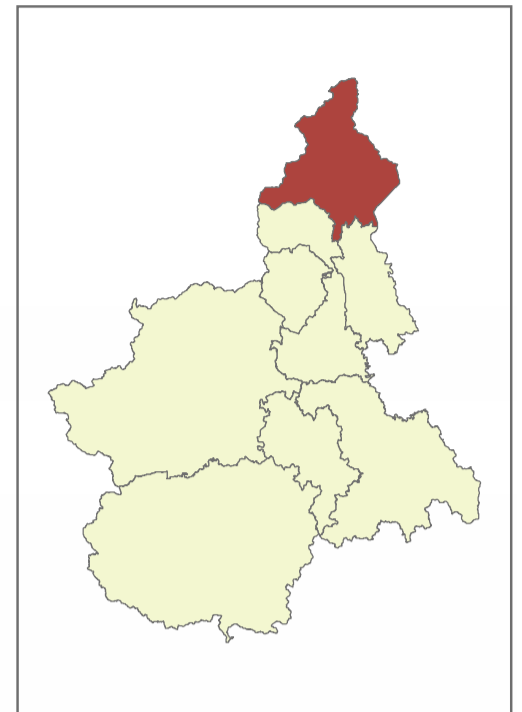
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# AGOSTO

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



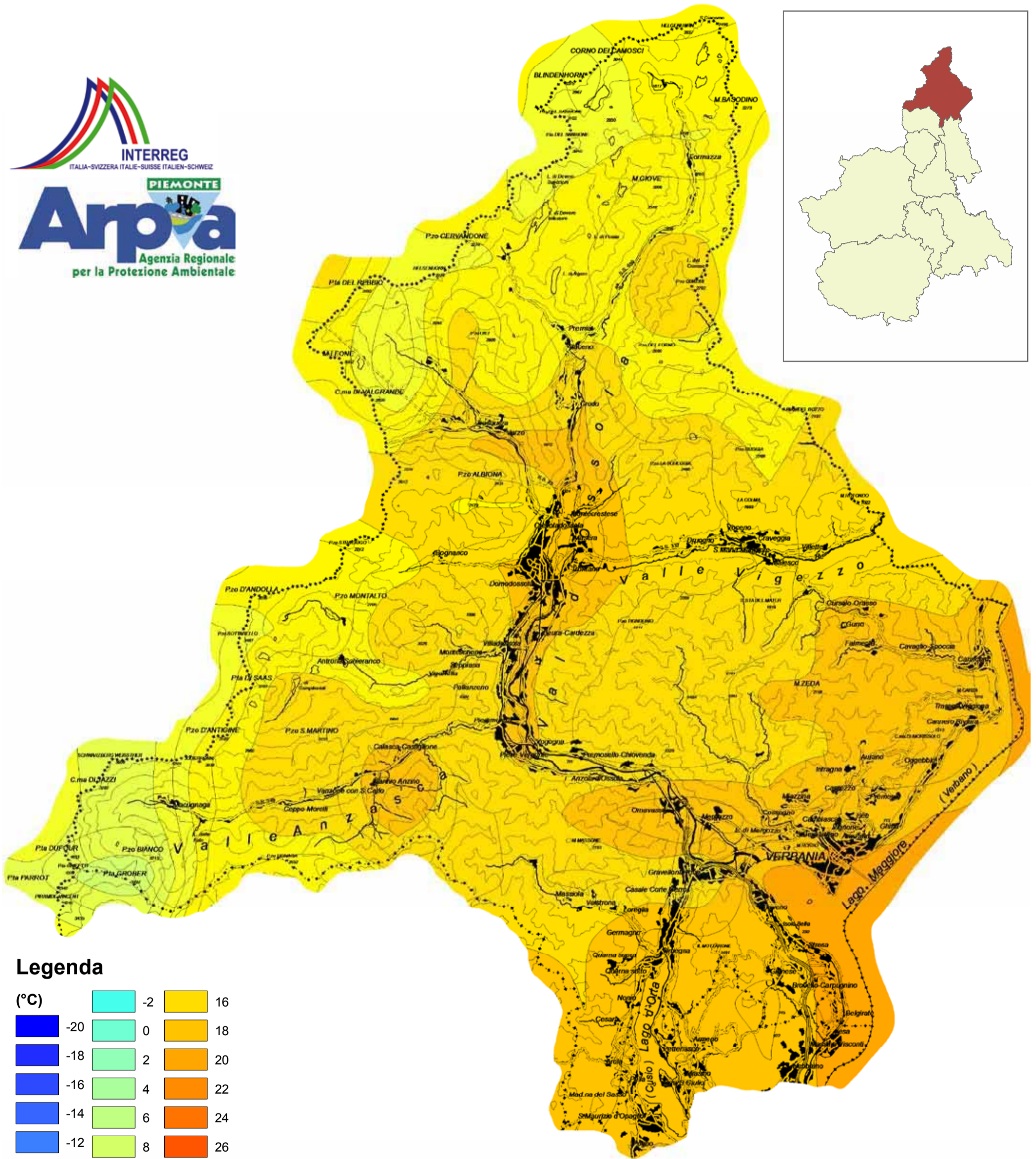
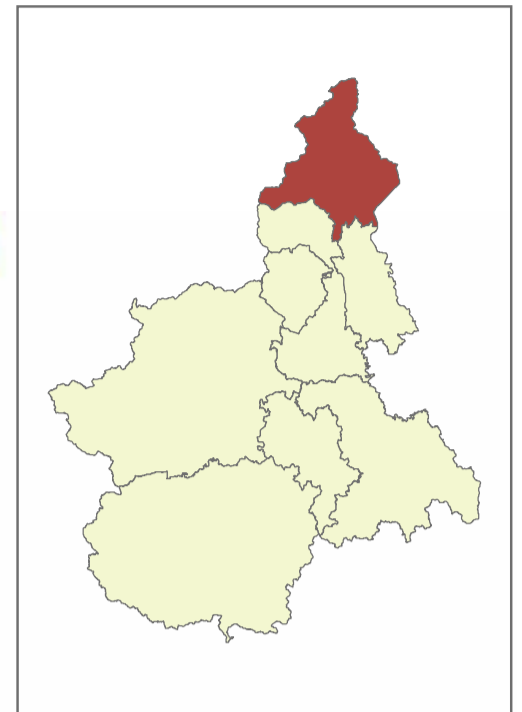
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# SETTEMBRE

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



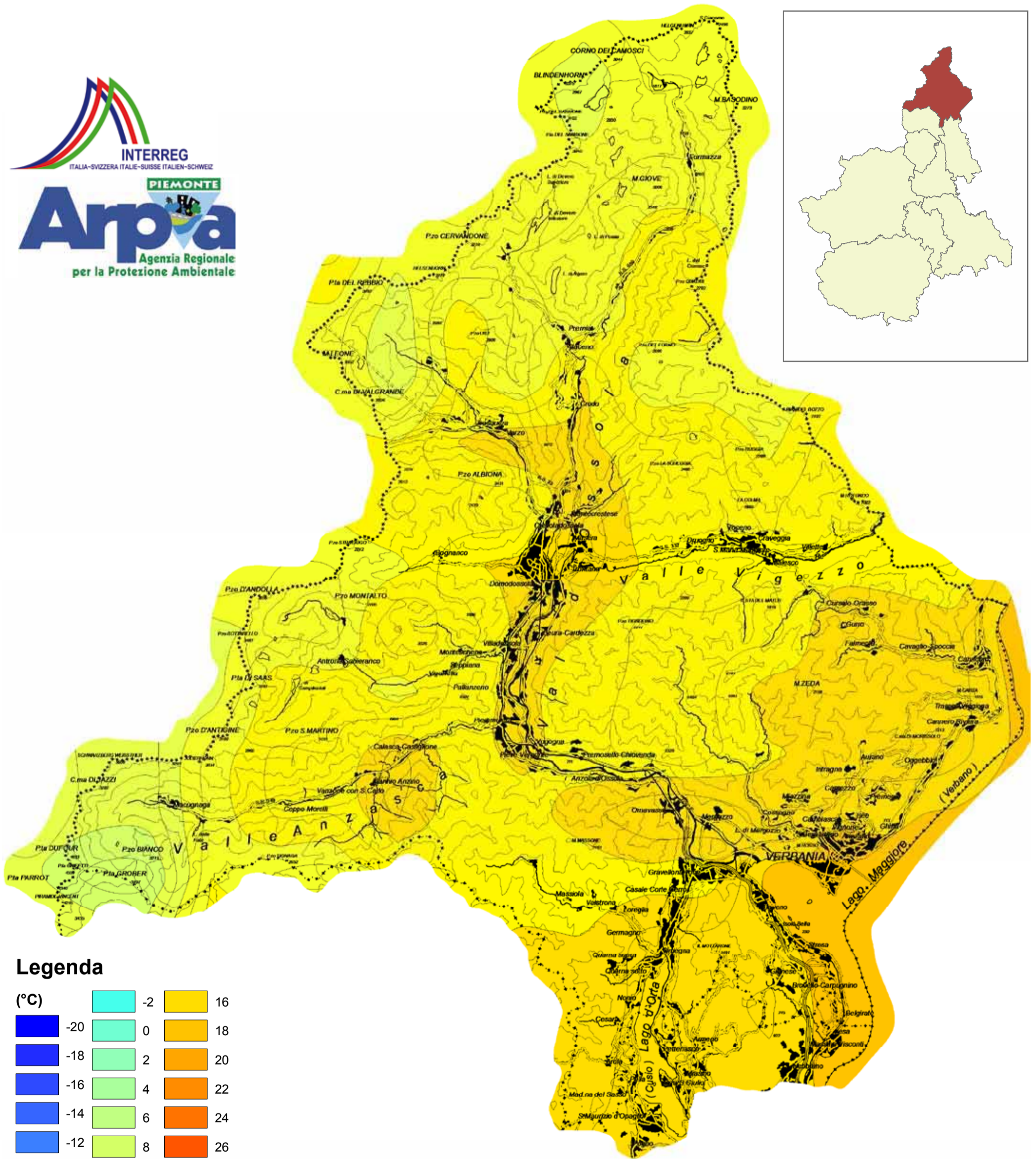
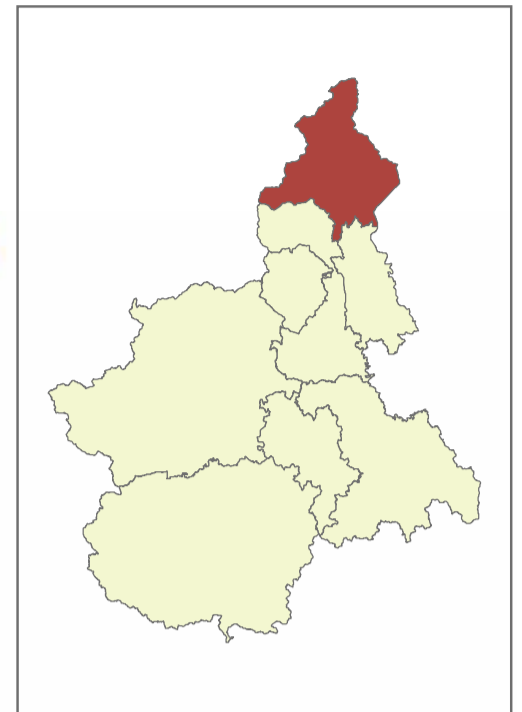
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# OTTOBRE

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



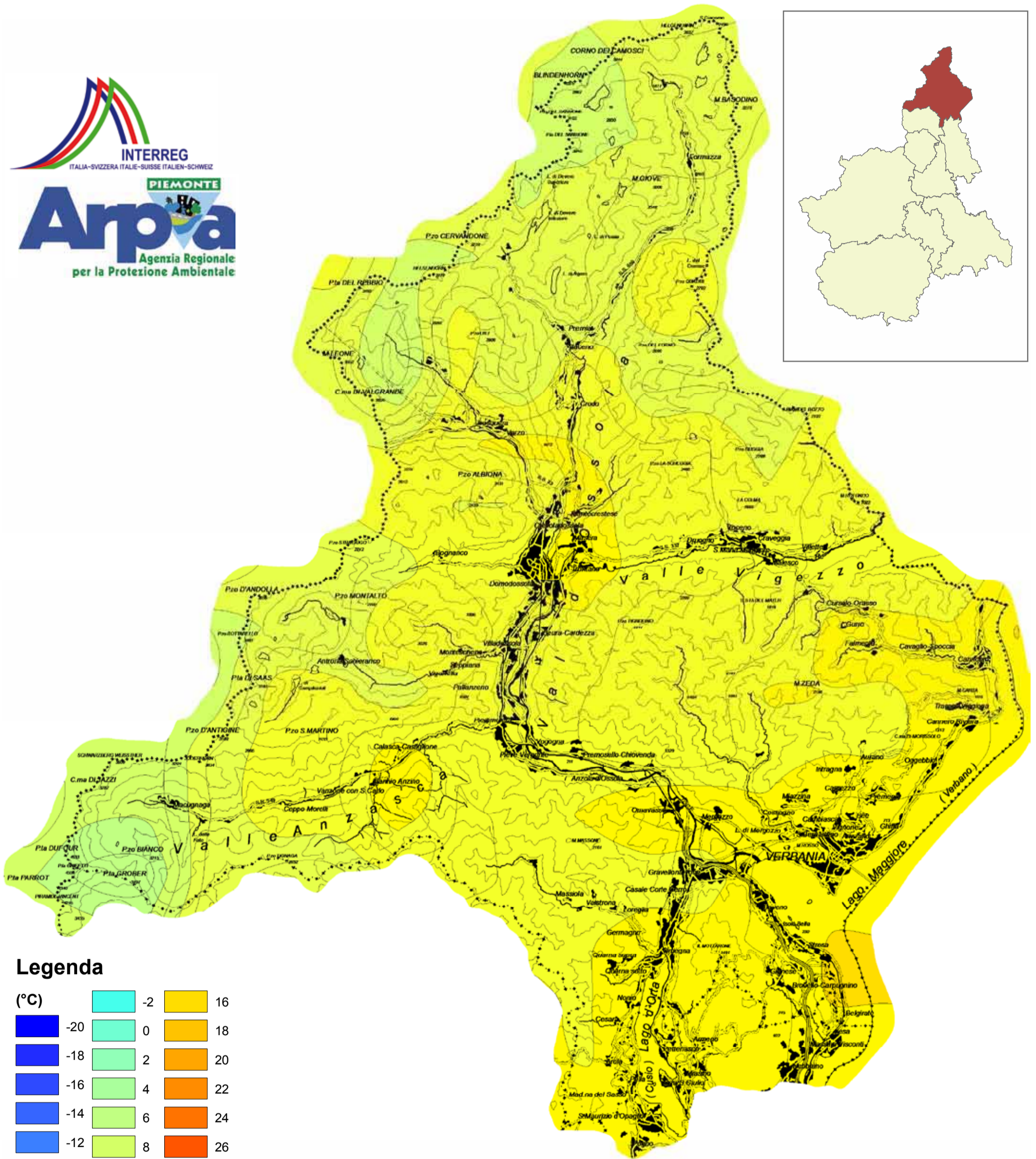
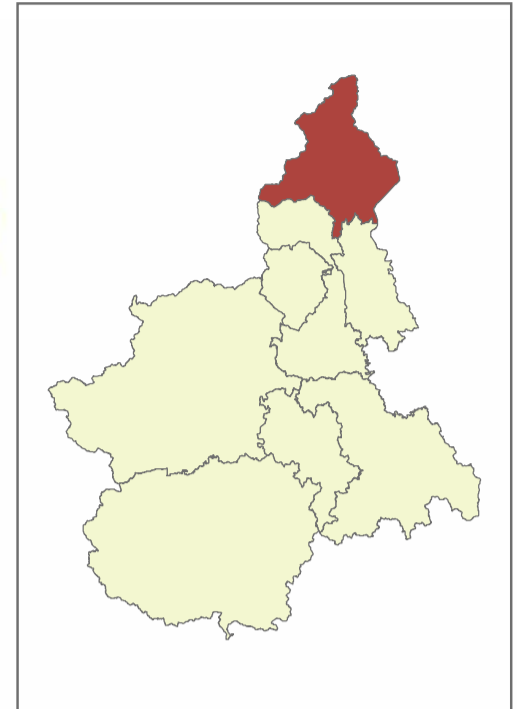
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# NOVEMBRE

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



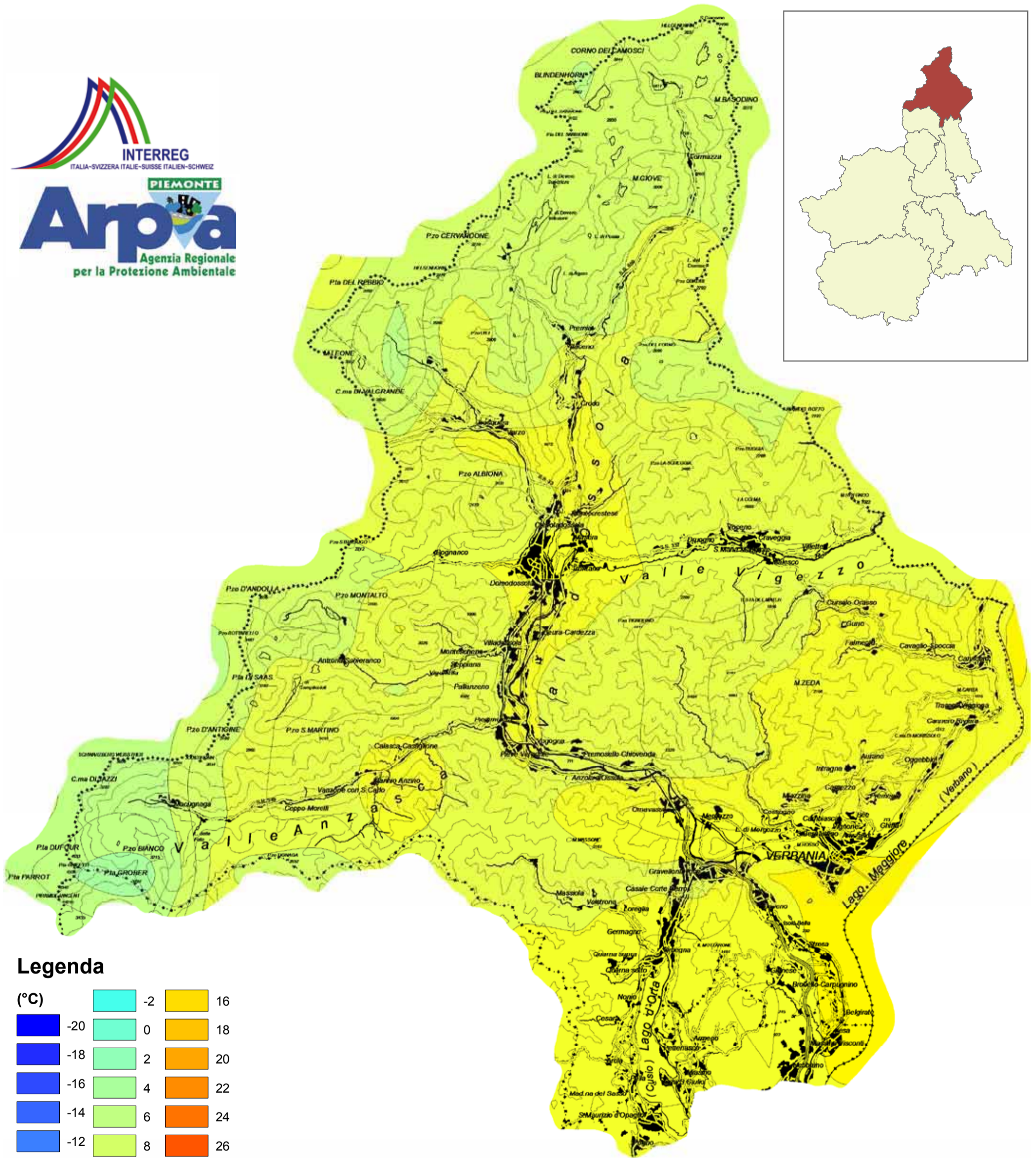
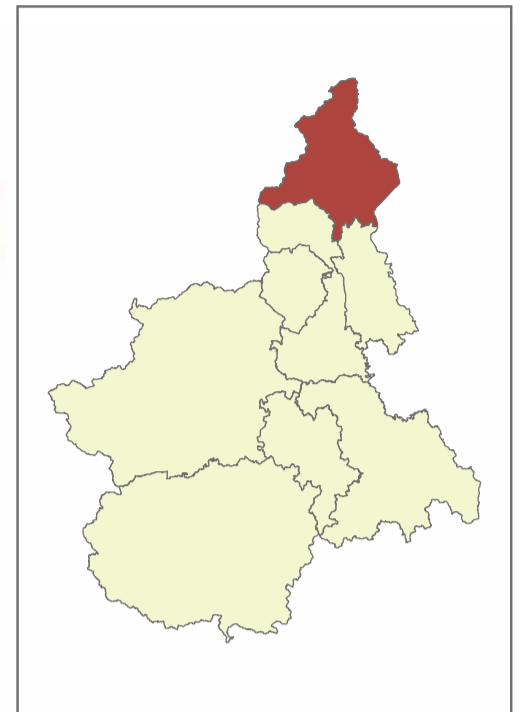
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# DICEMBRE

## Temperatura minima media mensile (1990 – 2009)



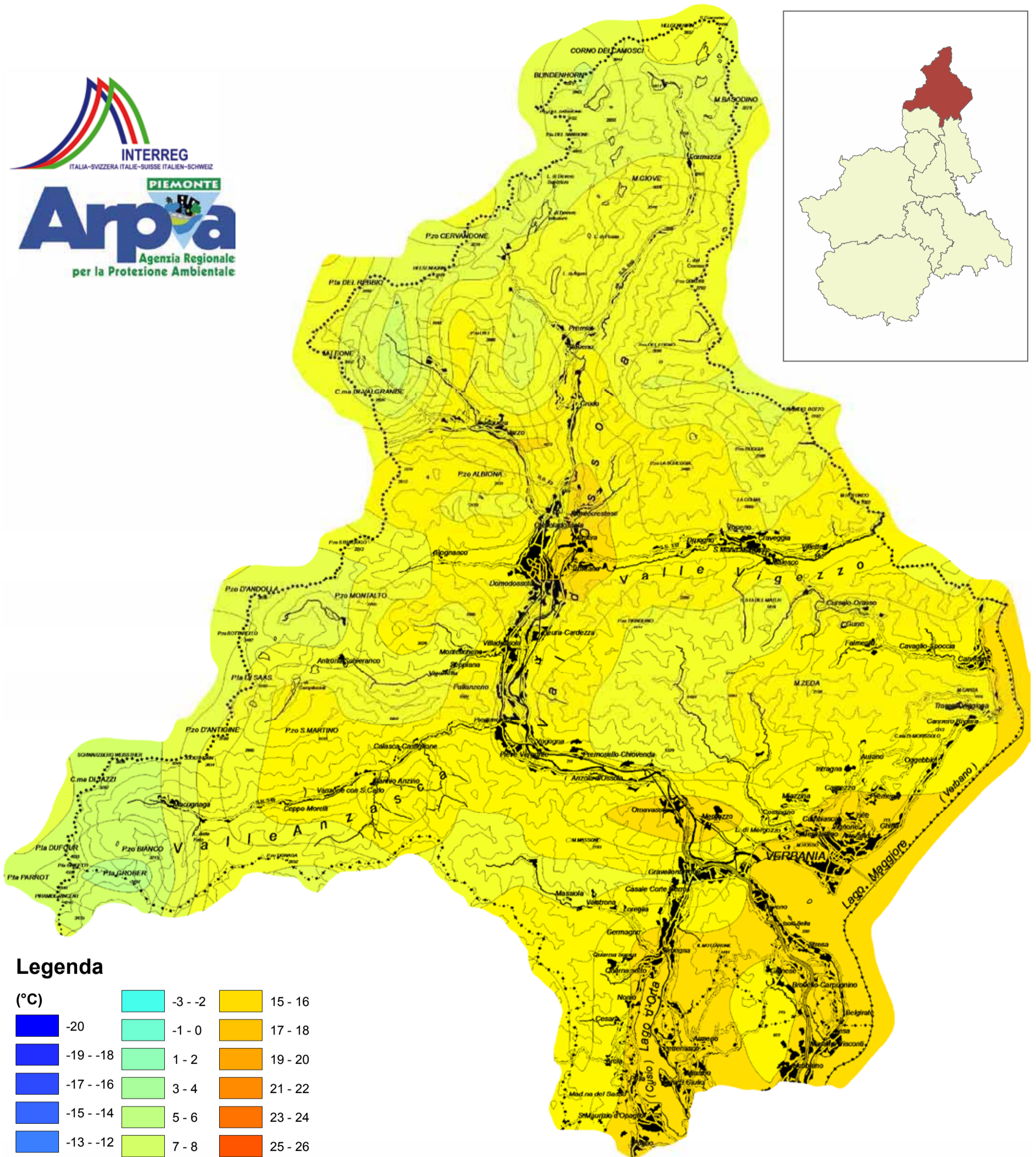
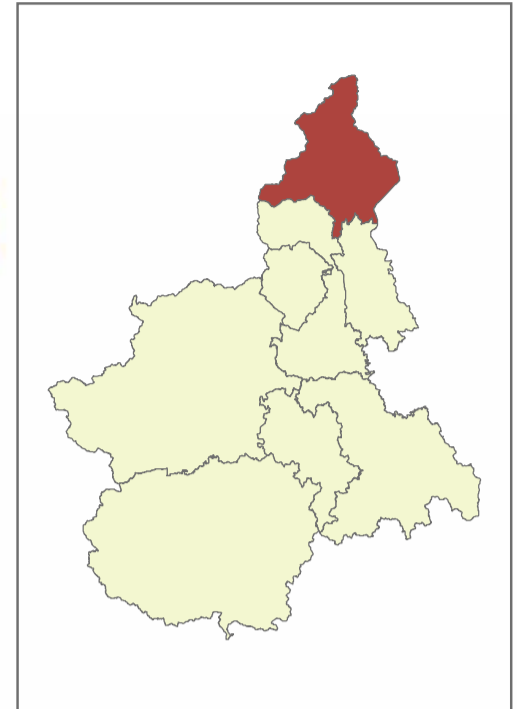
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# GENNAIO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



### Legenda

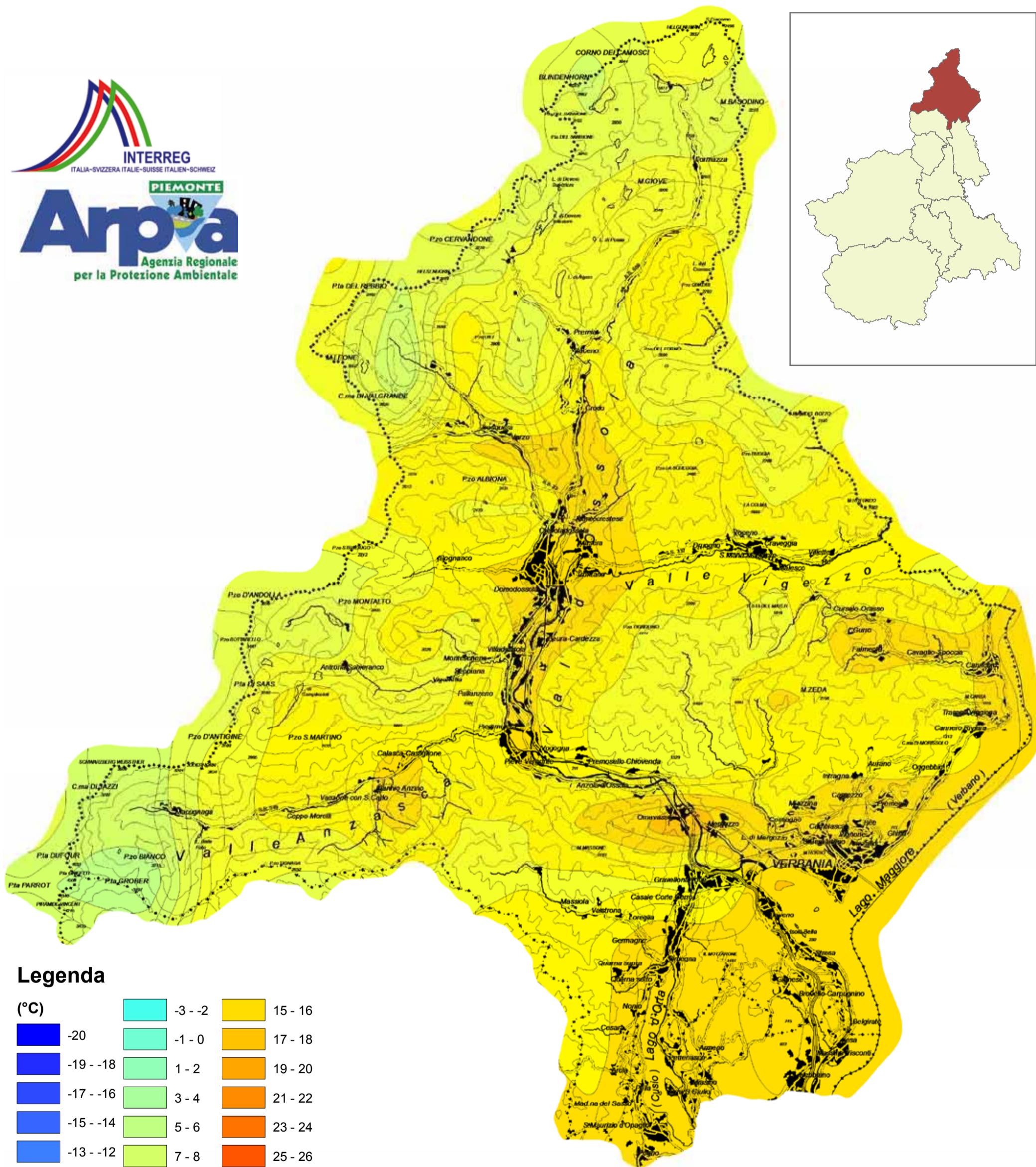
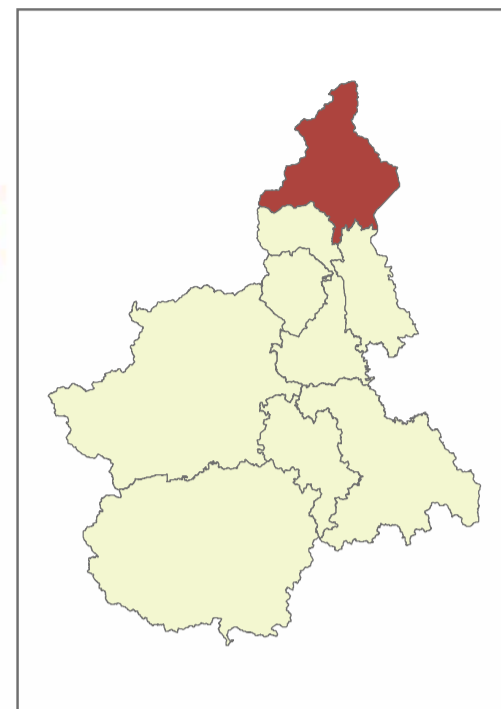
(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		





# FEBBRAIO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



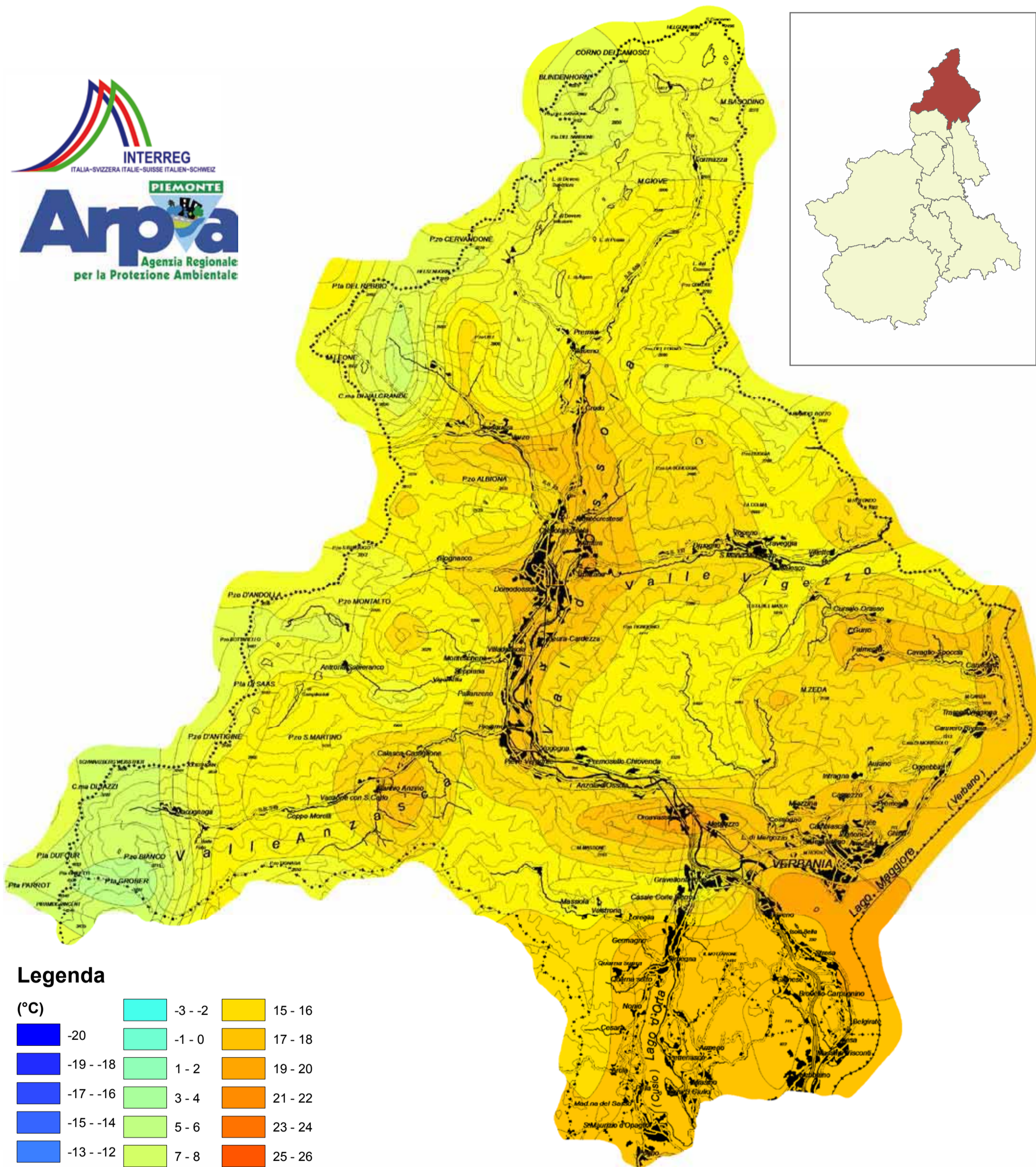
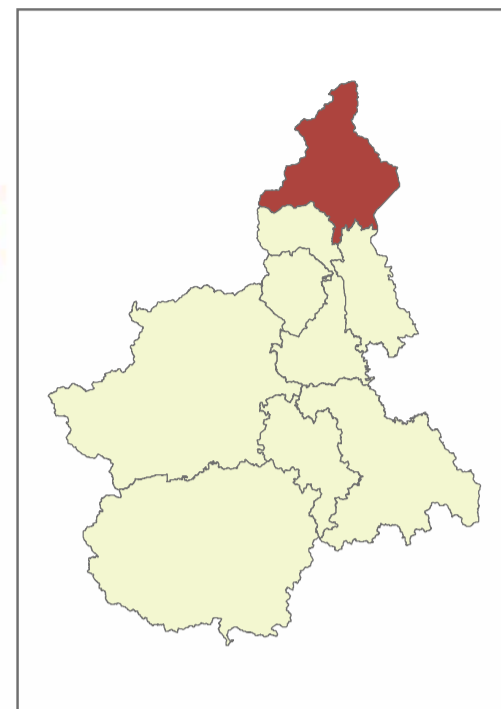
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# MARZO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



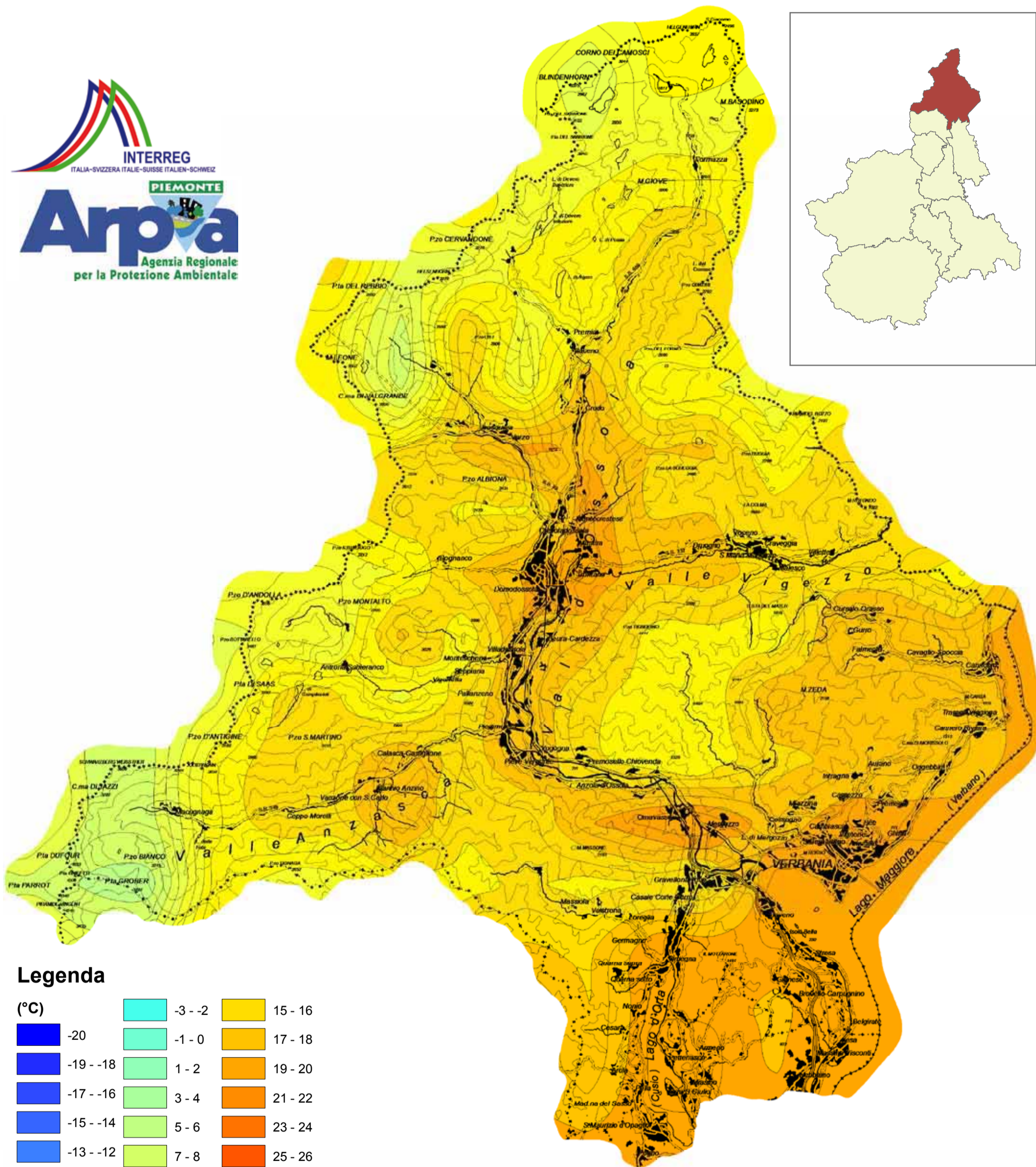
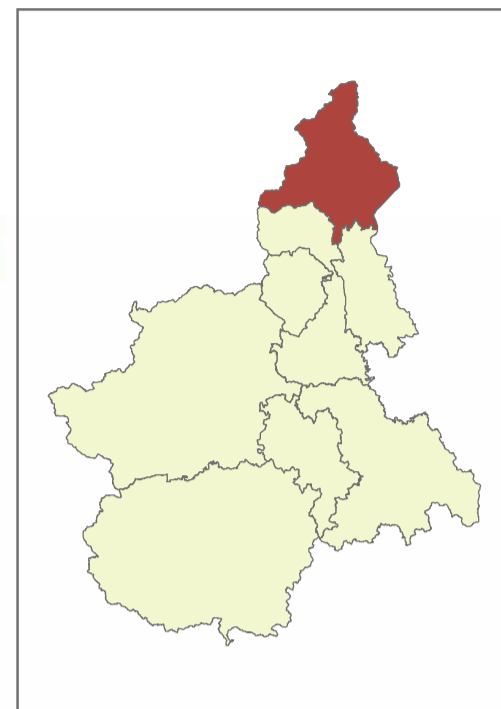
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# APRILE

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



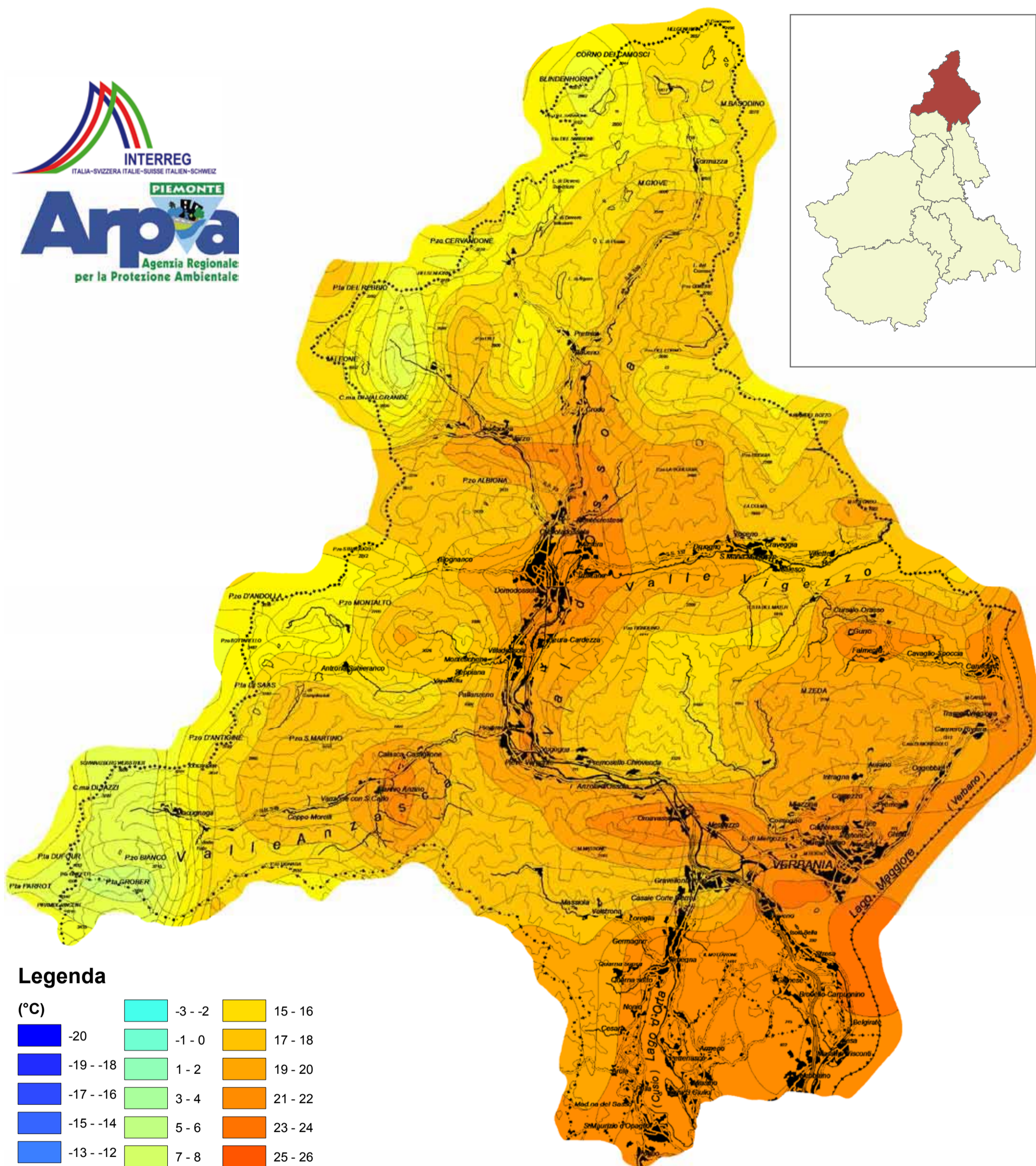
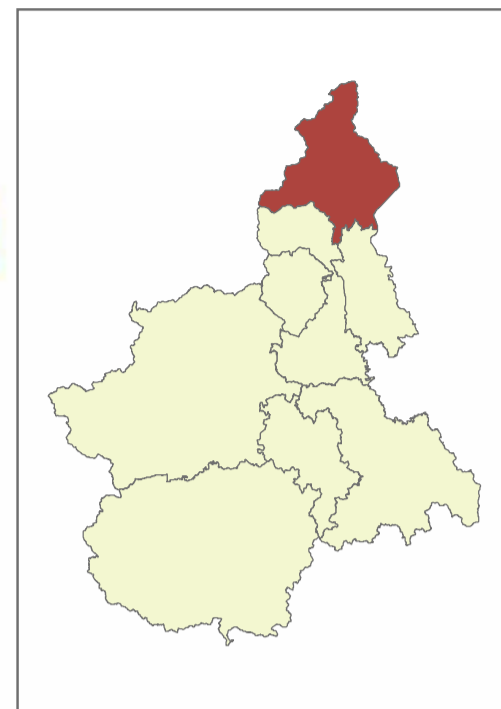
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# MAGGIO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



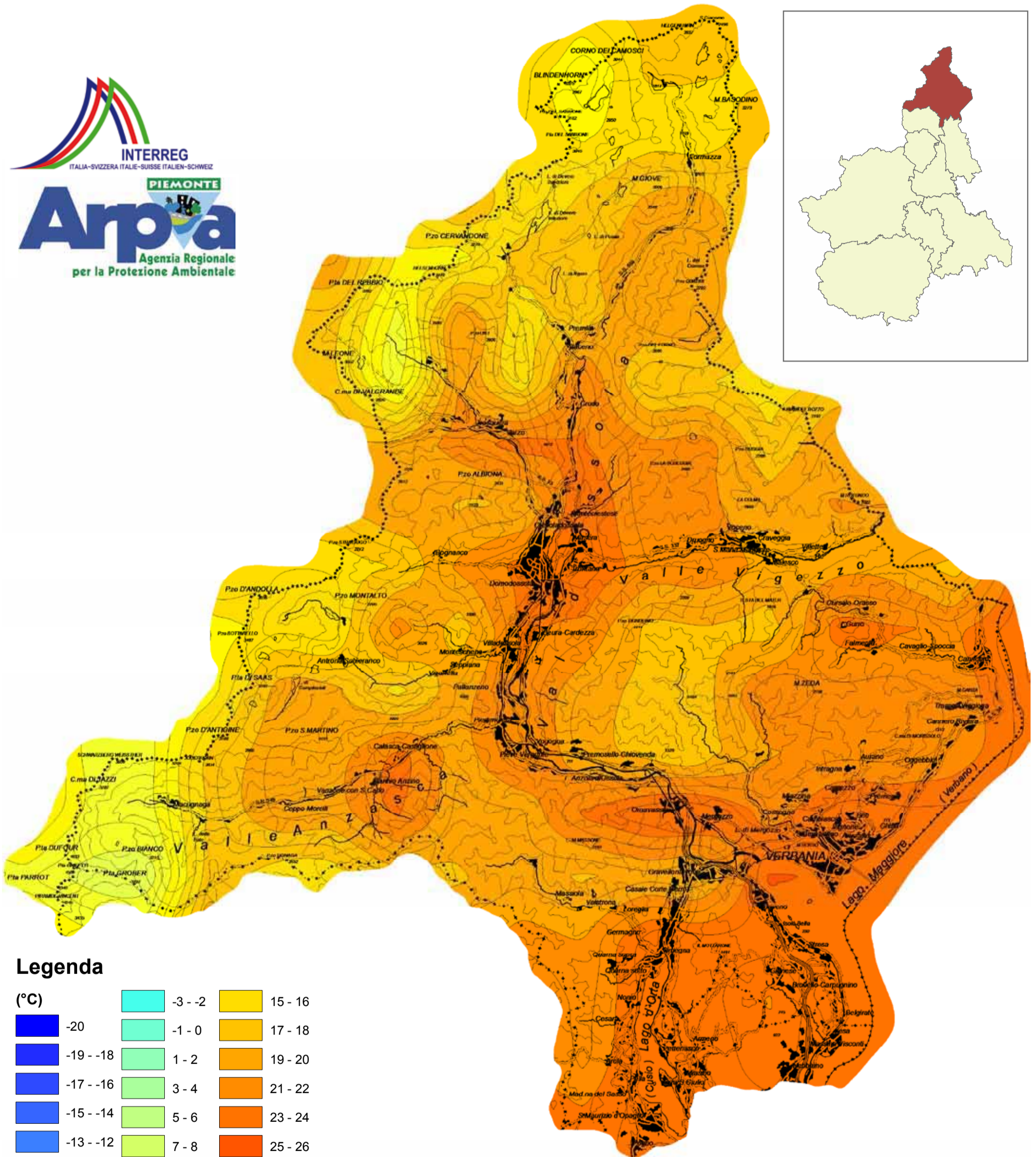
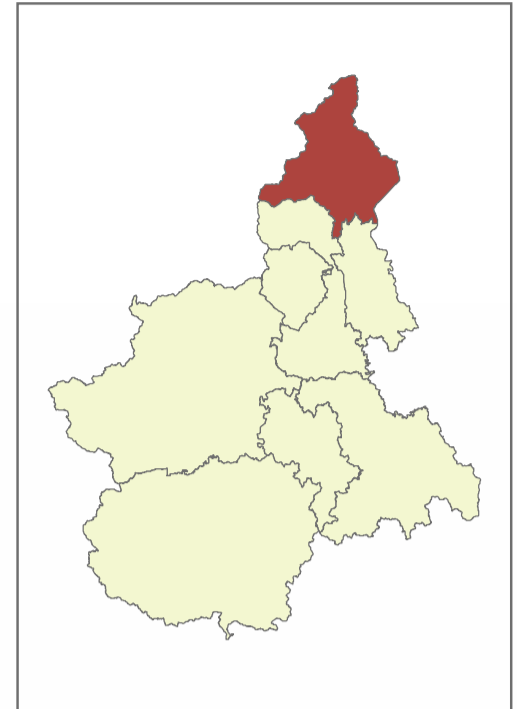
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# GIUGNO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



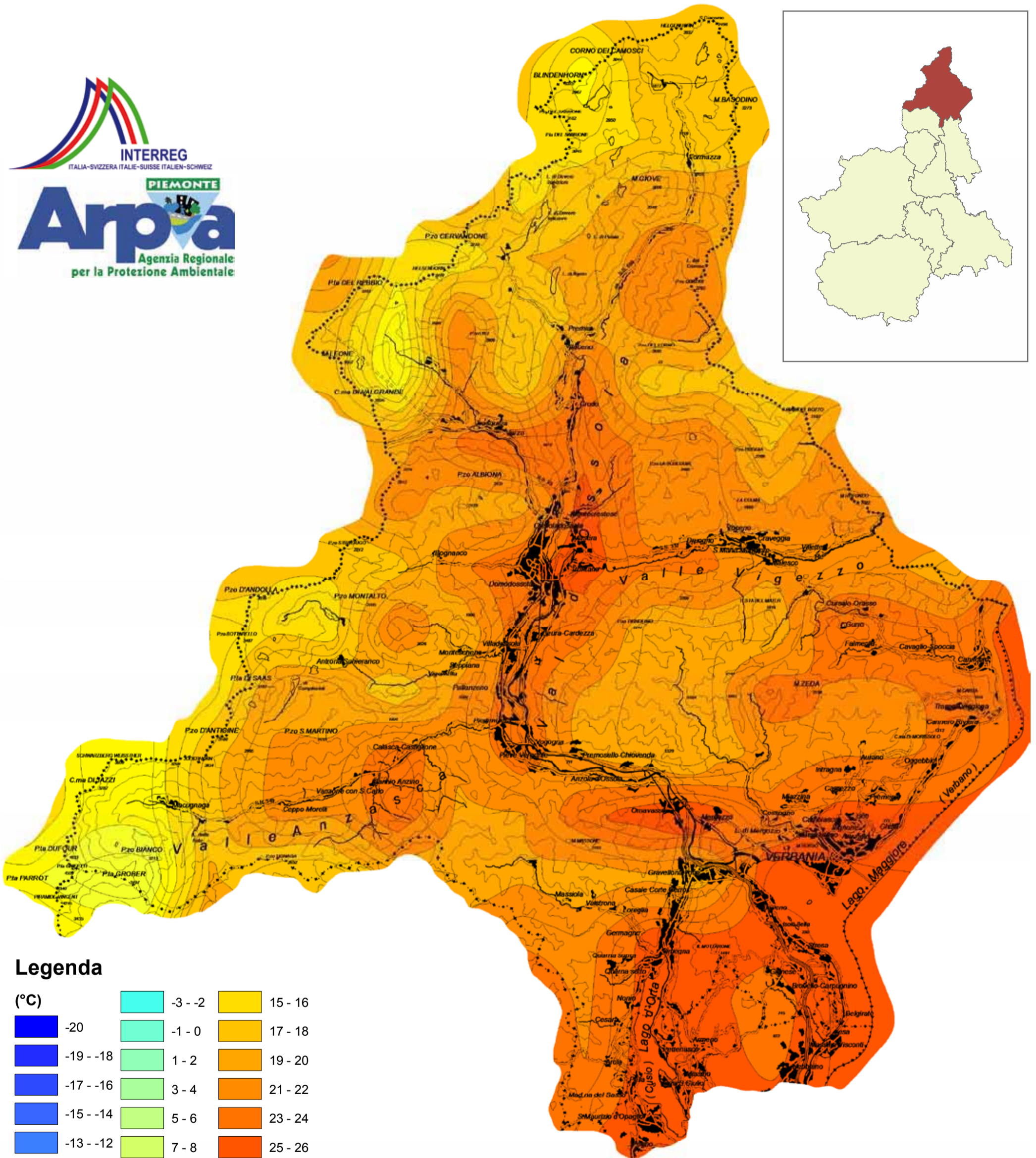
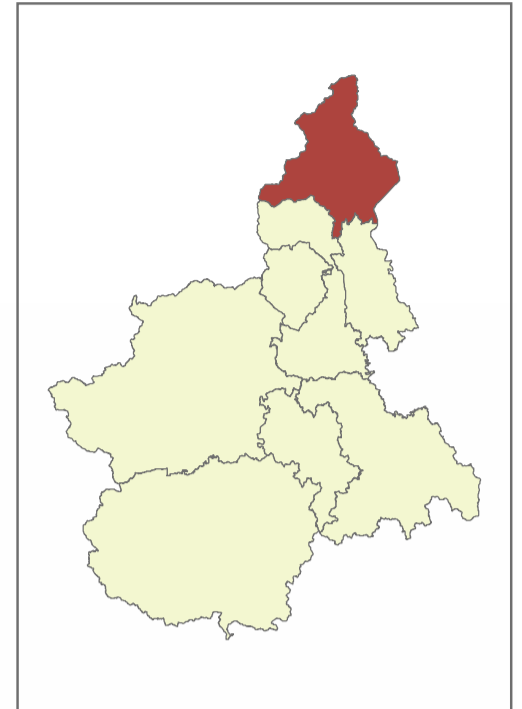
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# LUGLIO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



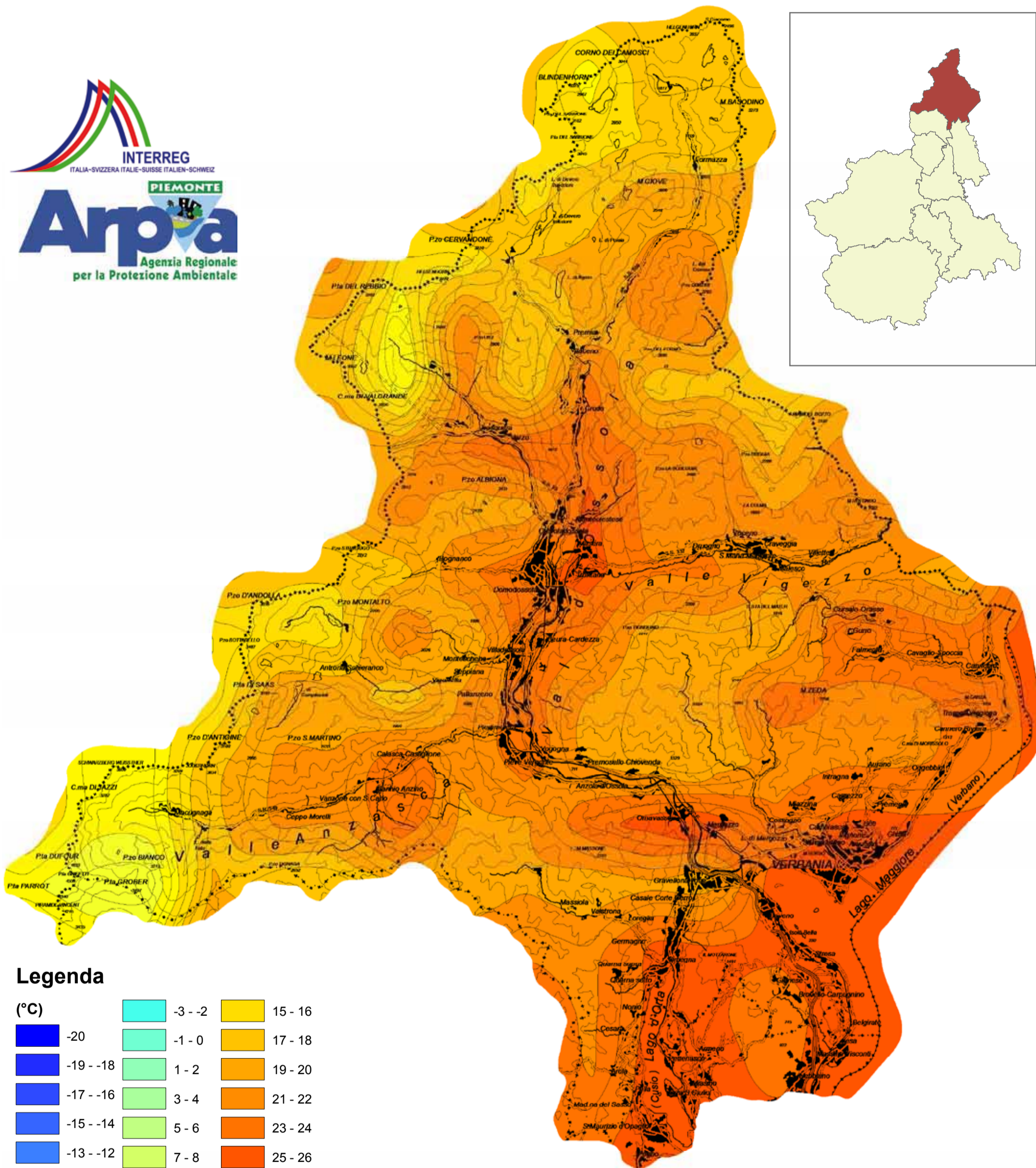
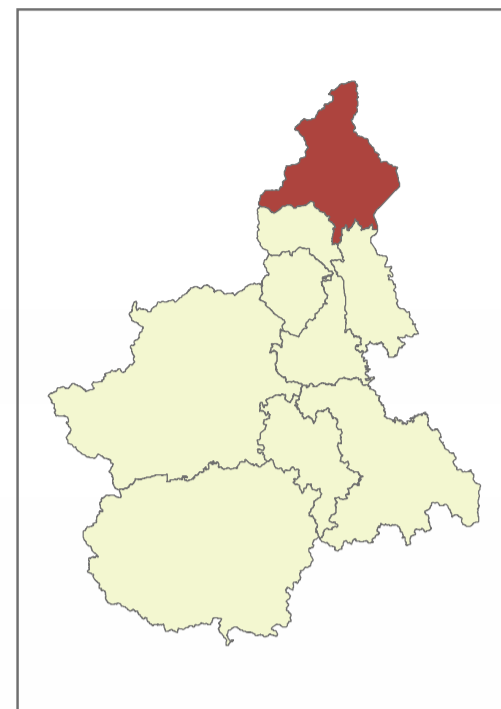
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# AGOSTO

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



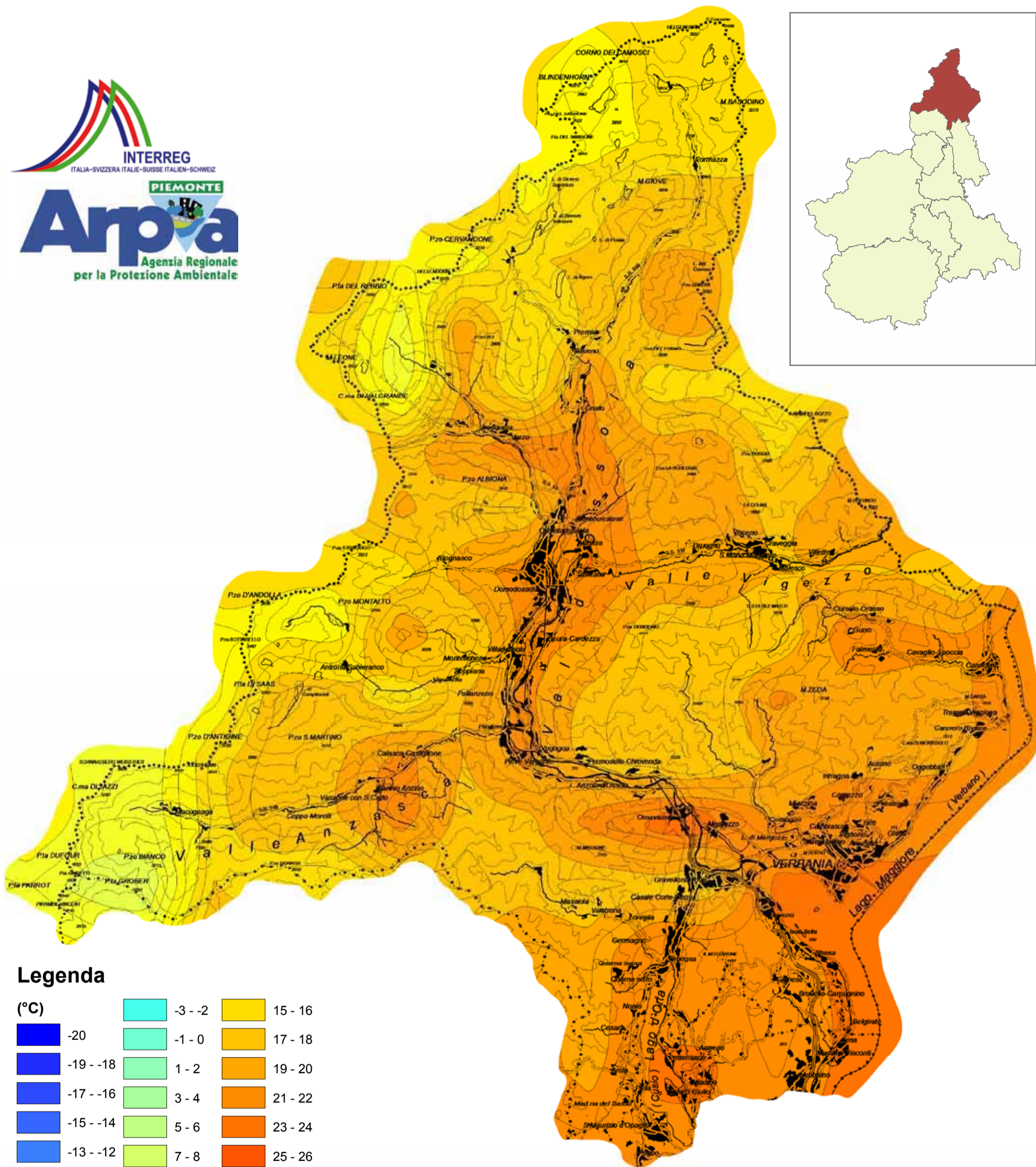
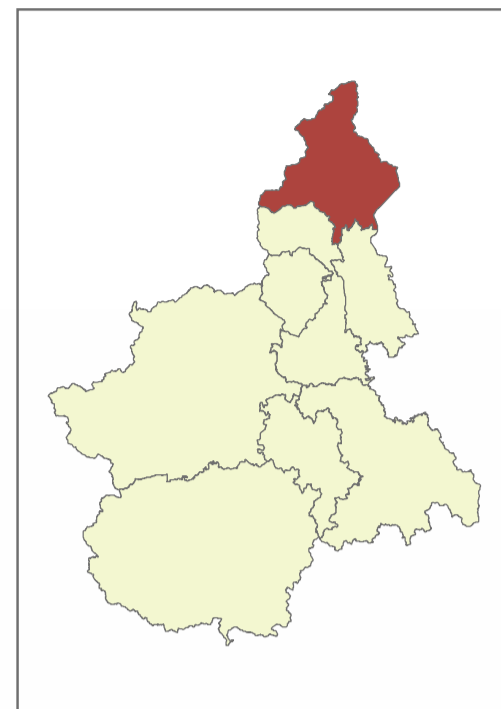
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# SETTEMBRE

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



### Legenda

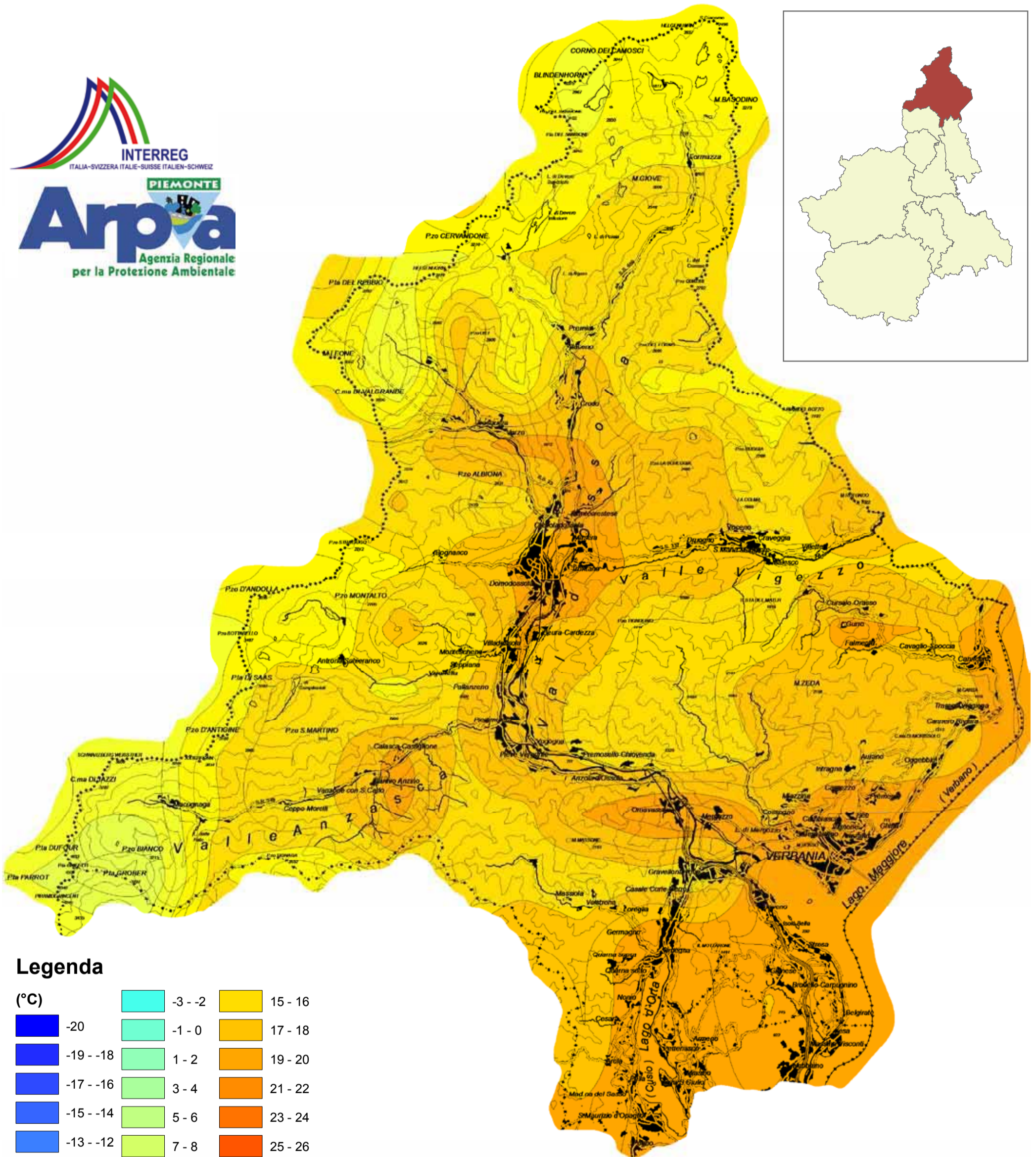
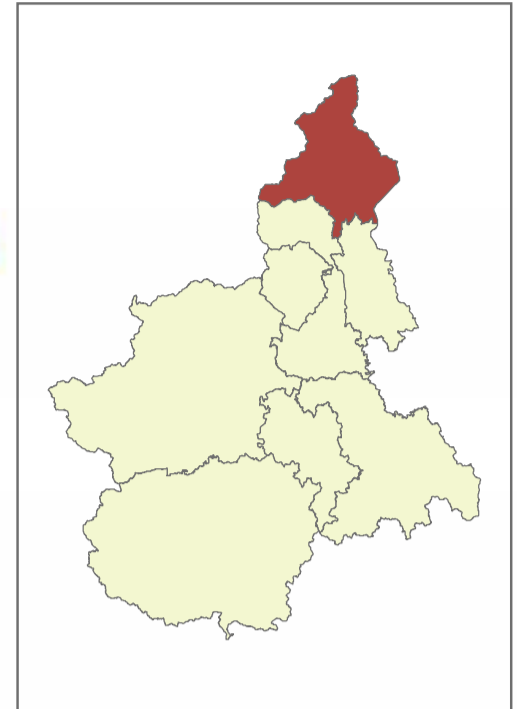
(°C)			
		-3 - -2	
	-20		-1 - 0
	-19 - -18		1 - 2
	-17 - -16		3 - 4
	-15 - -14		5 - 6
	-13 - -12		7 - 8
	-11 - -10		9 - 10
	-9 - -8		11 - 12
	-7 - -6		13 - 14
	-5 - -4		15 - 16
			17 - 18
			19 - 20
			21 - 22
			23 - 24
			25 - 26
			27 - 28
			29 - 30





# OTTOBRE

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



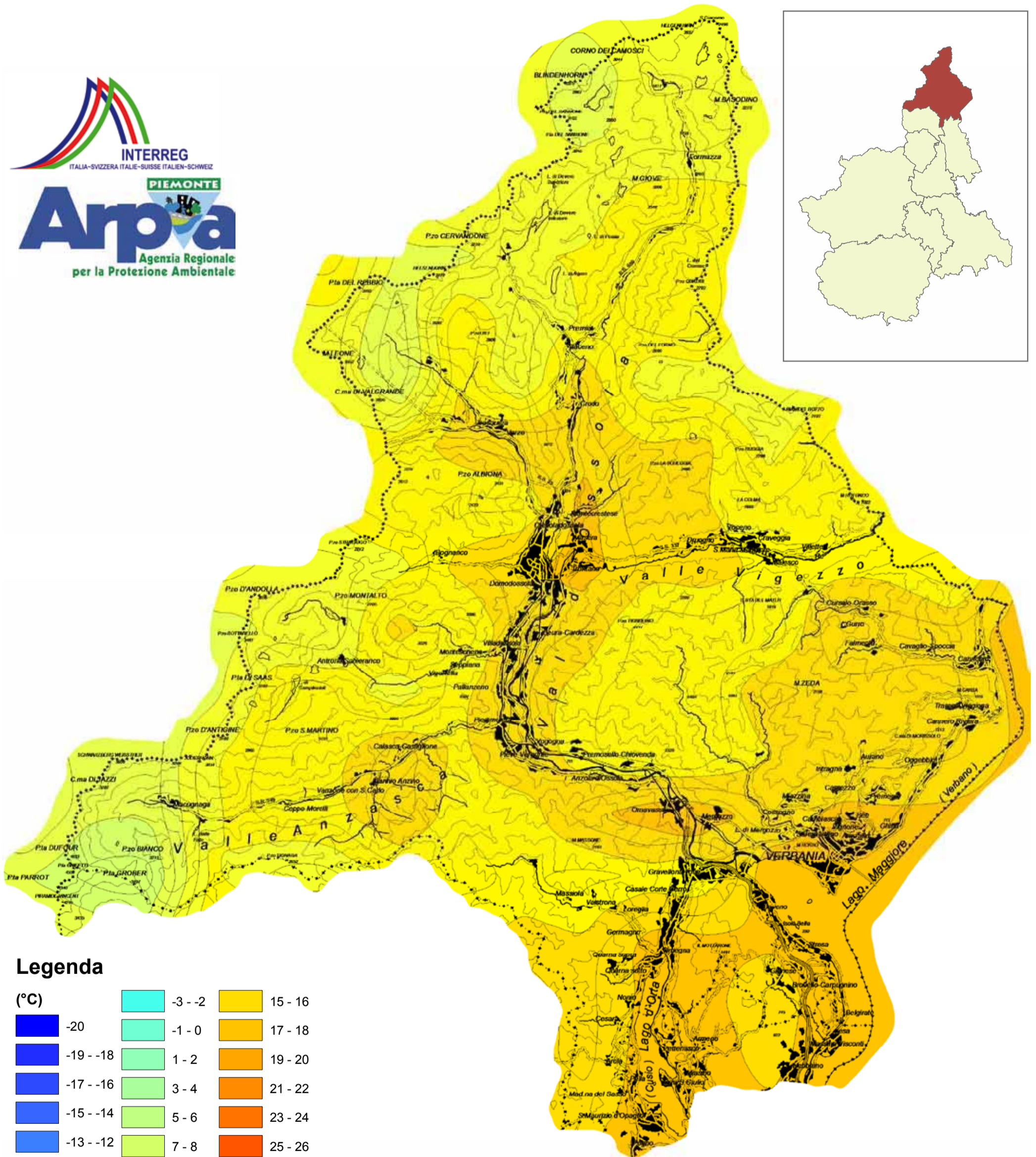
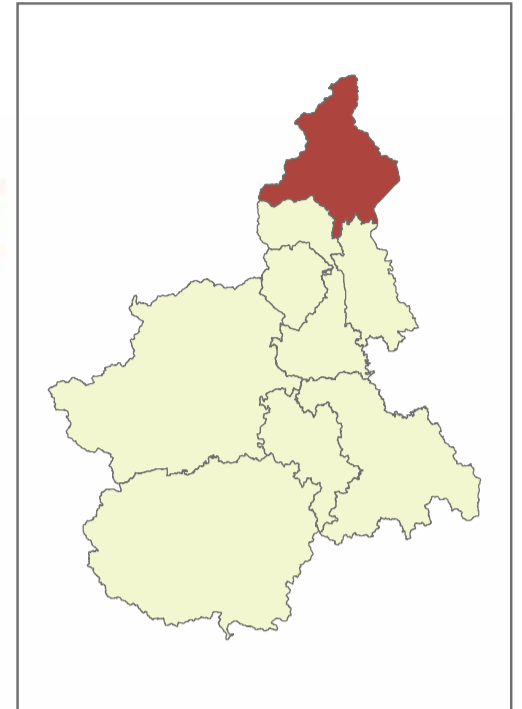
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# NOVEMBRE

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



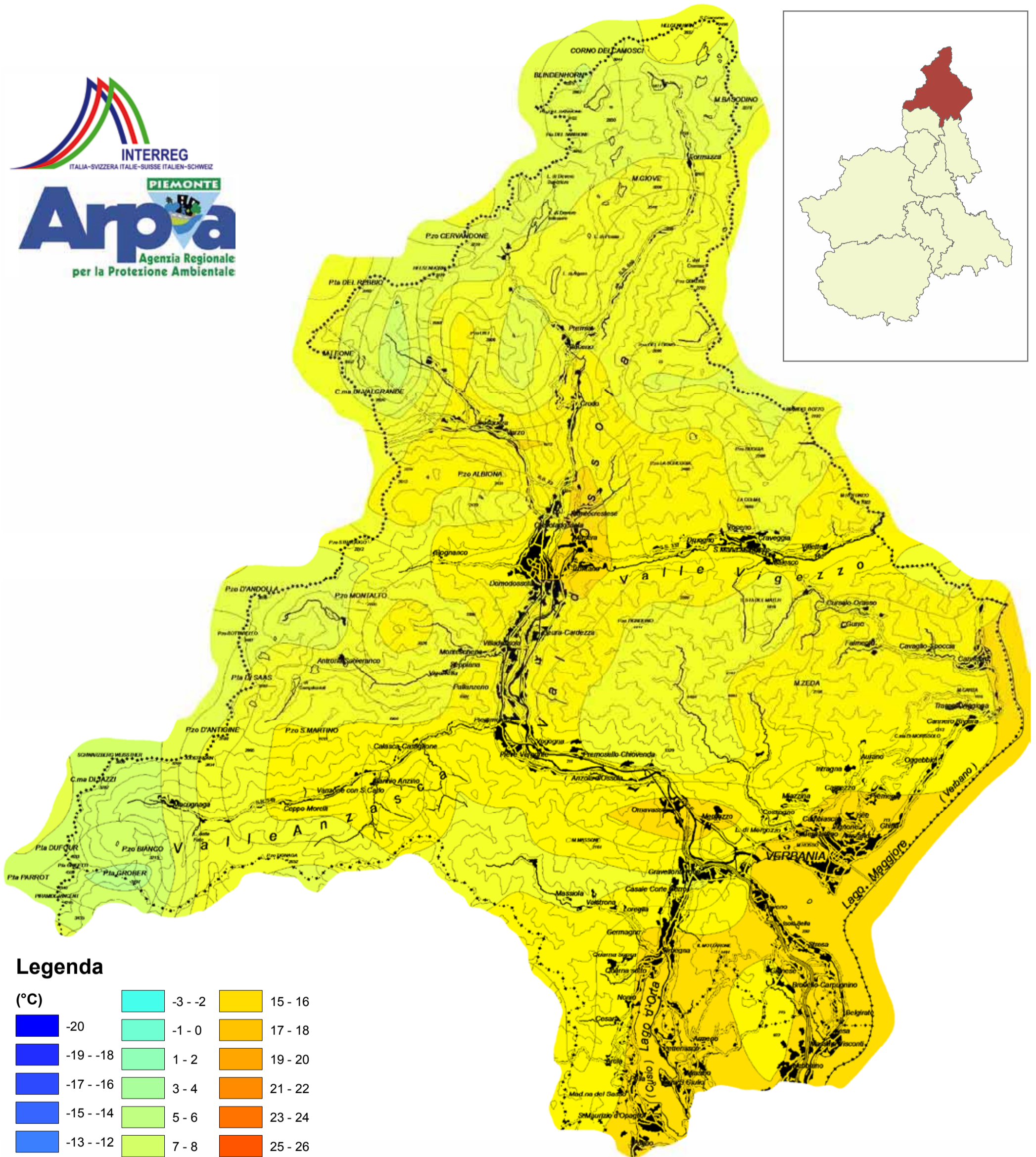
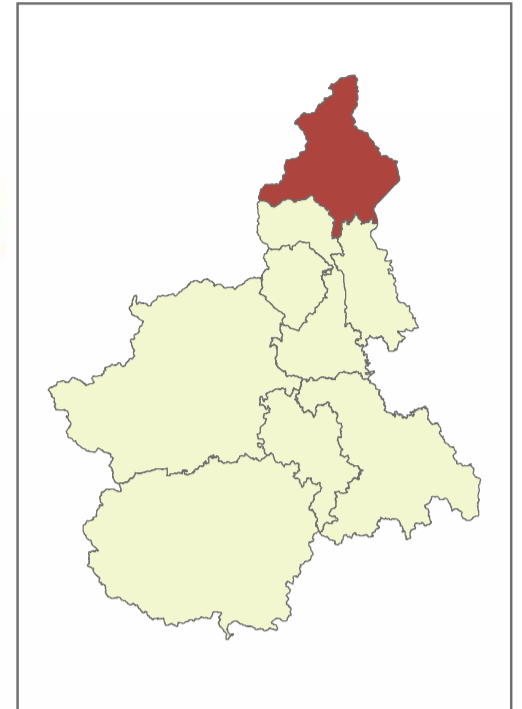
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# DICEMBRE

## Temperatura massima media mensile (1990 – 2009)



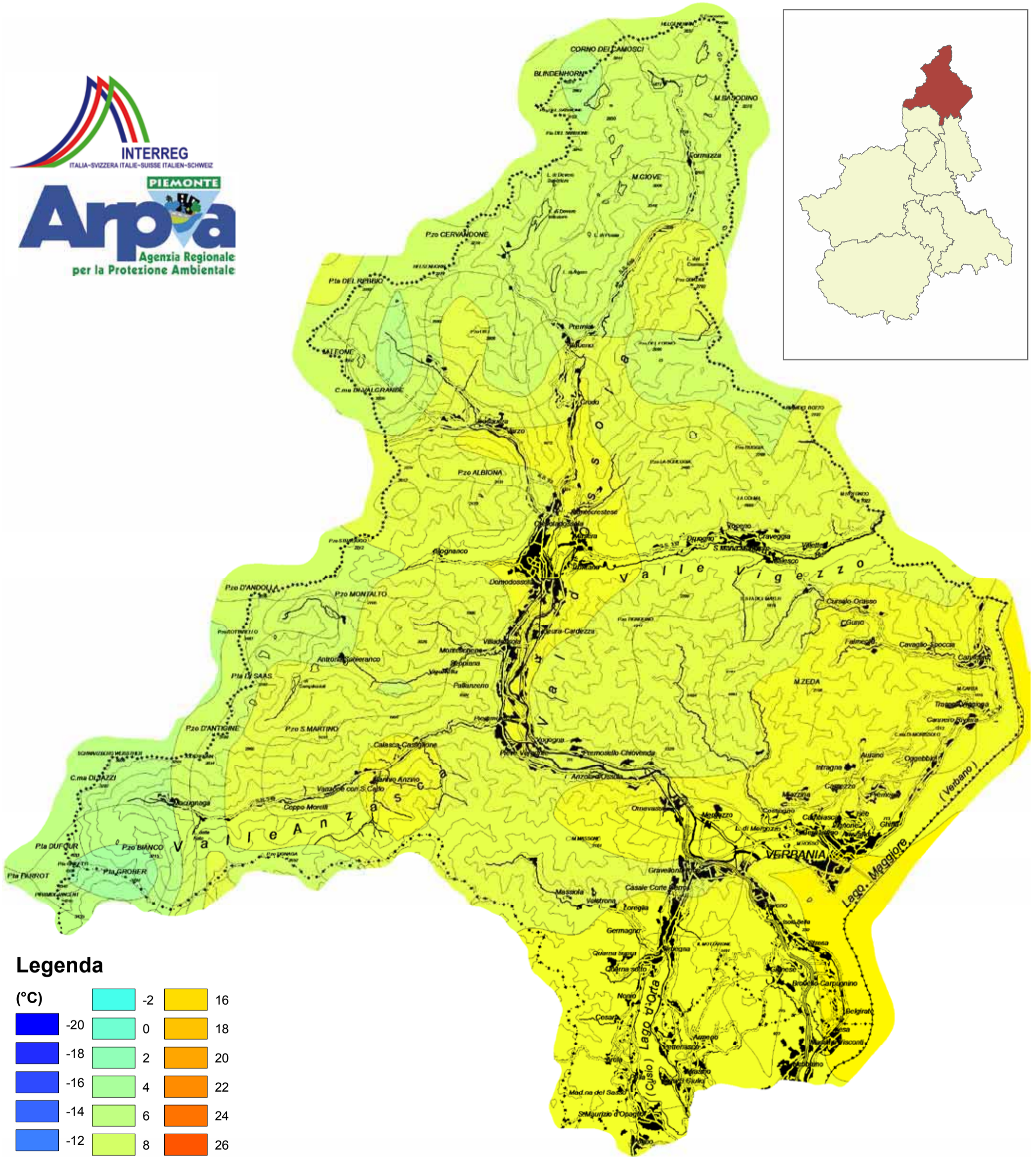
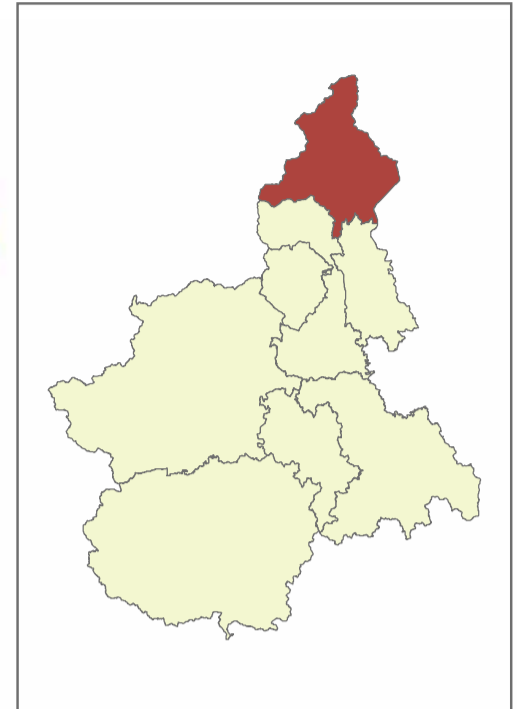
### Legenda

(°C)			
-20	-3 - -2	15 - 16	
-19 - -18	-1 - 0	17 - 18	
-17 - -16	1 - 2	19 - 20	
-15 - -14	3 - 4	21 - 22	
-13 - -12	5 - 6	23 - 24	
-11 - -10	7 - 8	25 - 26	
-9 - -8	9 - 10	27 - 28	
-7 - -6	11 - 12	29 - 30	
-5 - -4	13 - 14		



# INVERNO

## Temperatura minima media stagionale (1990 – 2009)



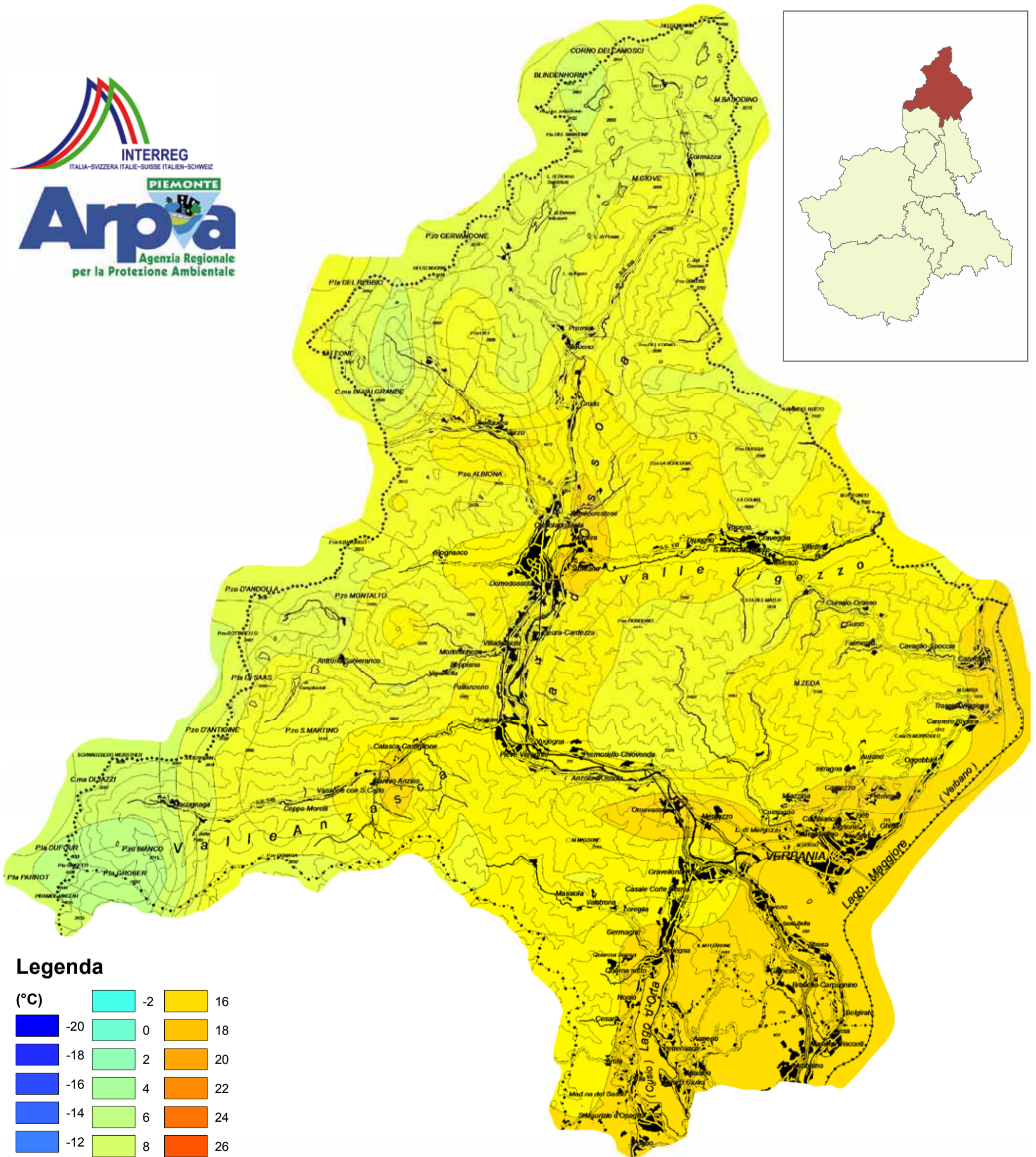
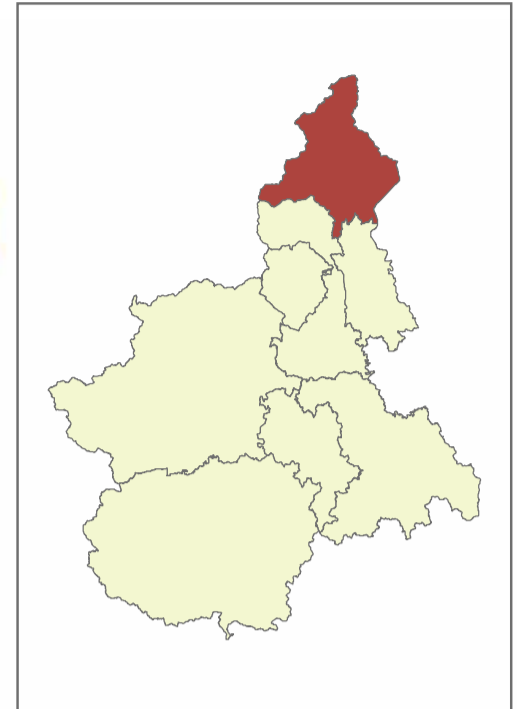
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		

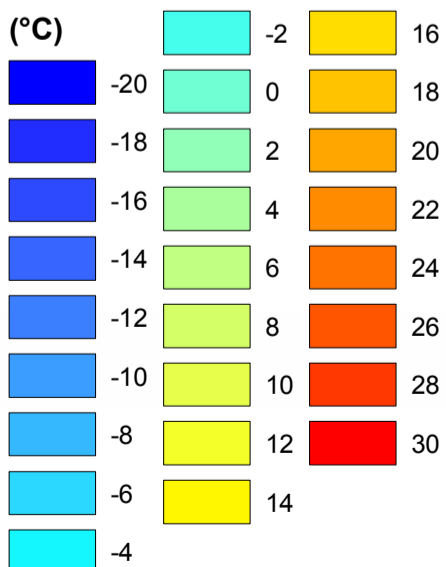


# PRIMAVERA

## Temperatura minima media stagionale (1990 – 2009)

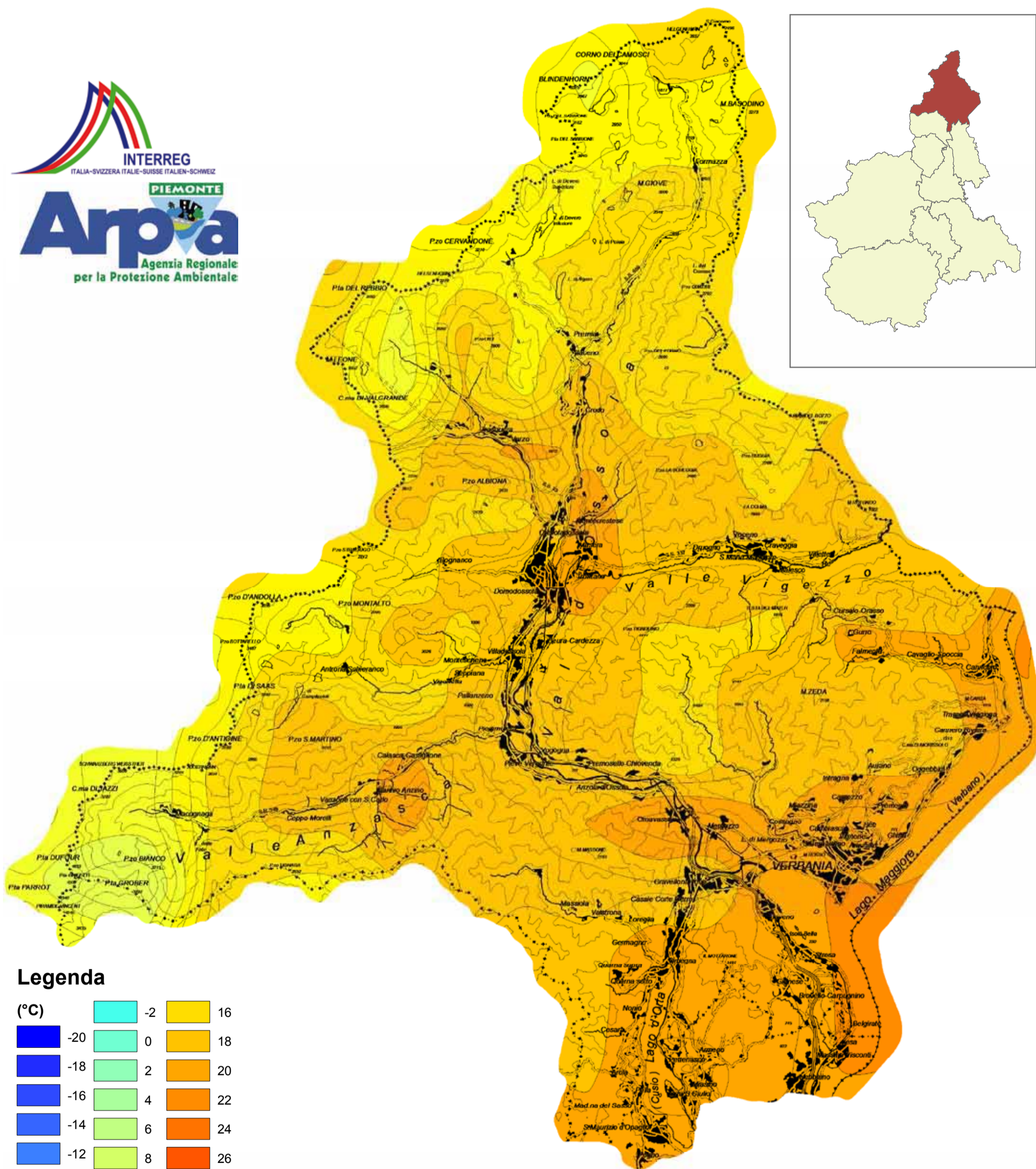
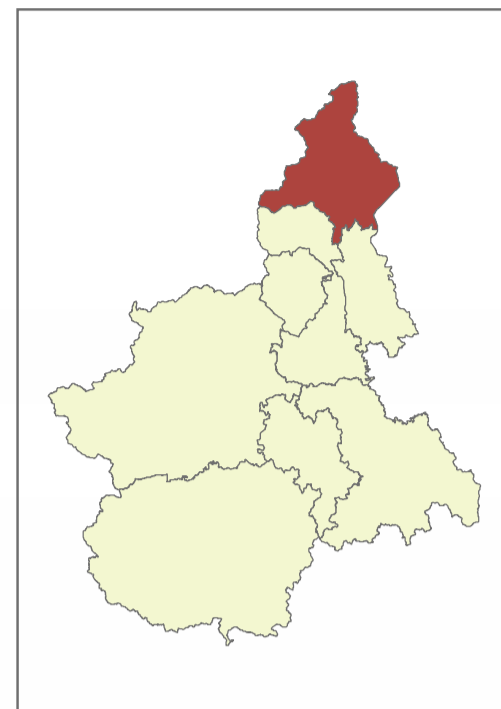


### Legenda



# ESTATE

## Temperatura minima media stagionale (1990 – 2009)



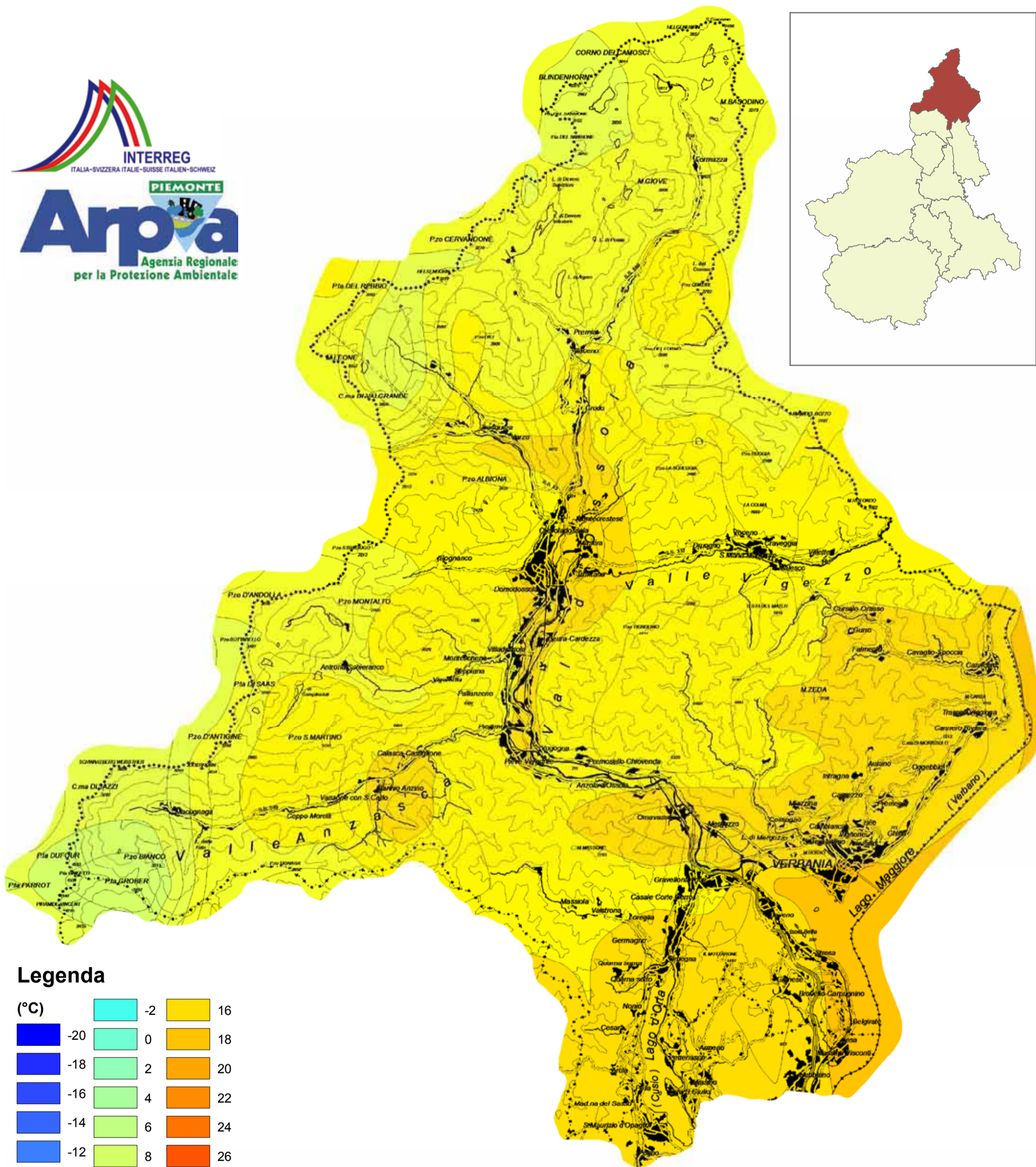
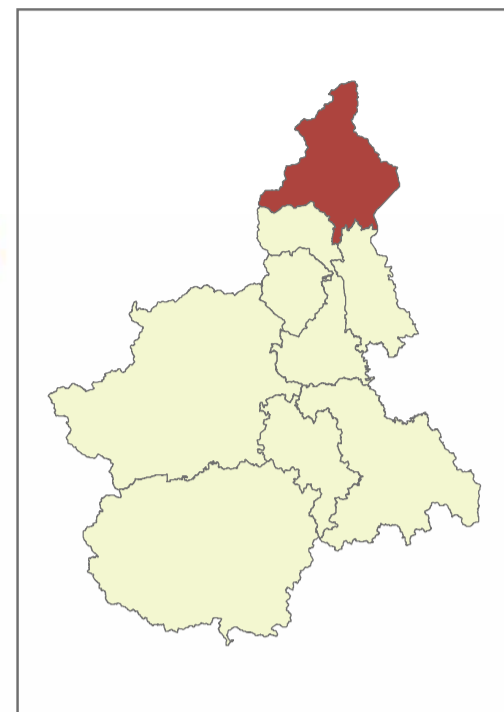
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		

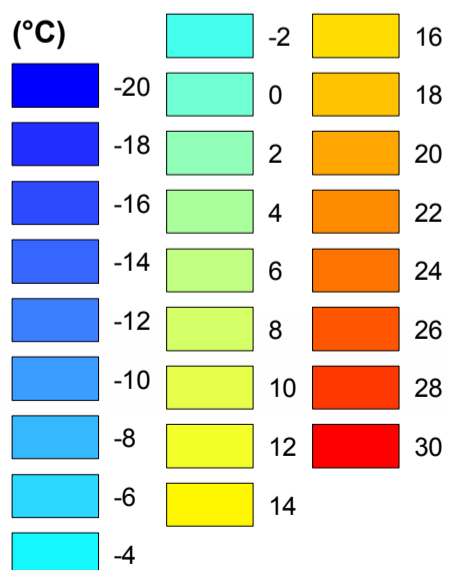


# AUTUNNO

## Temperatura minima media stagionale (1990 – 2009)

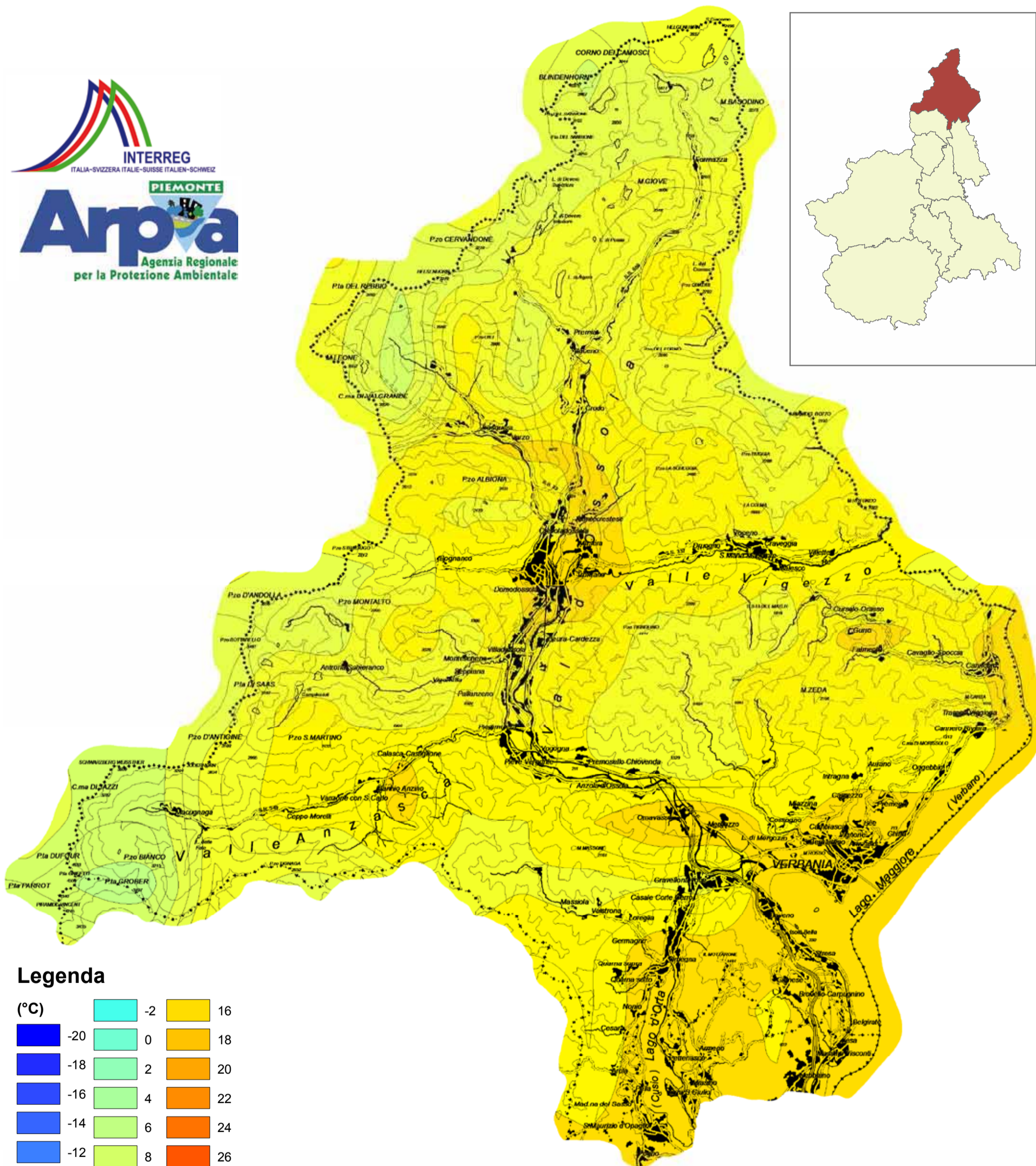
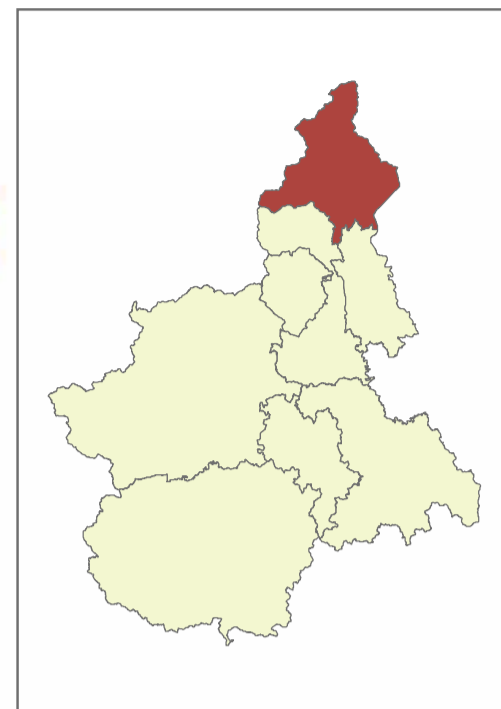


### Legenda



# INVERNO

## Temperatura massima media stagionale (1990 – 2009)



### Legenda

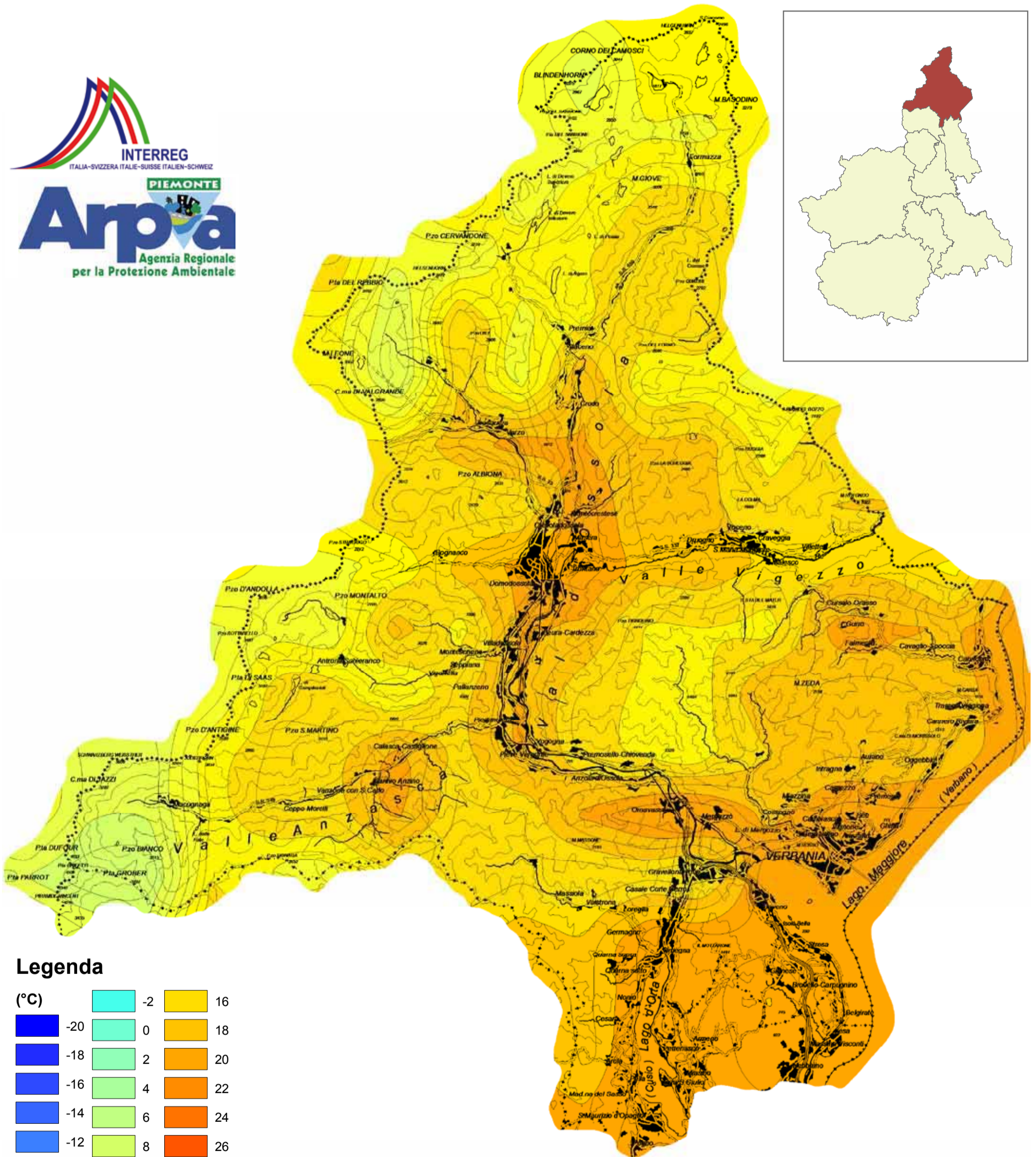
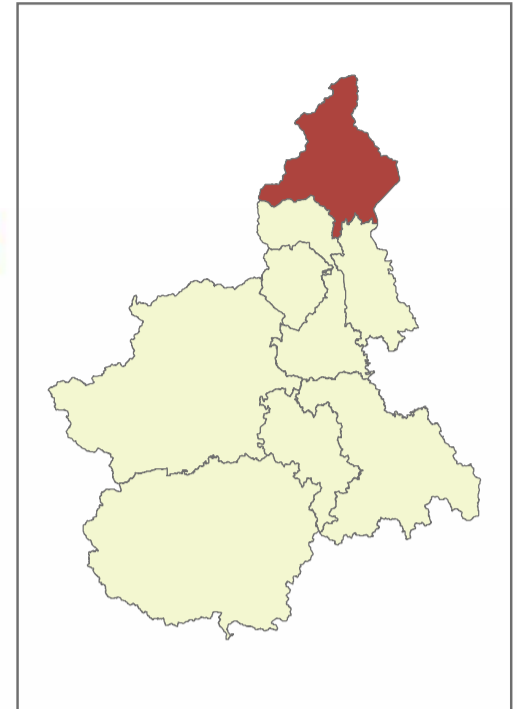
(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		





# PRIMAVERA

## Temperatura massima media stagionale (1990 – 2009)



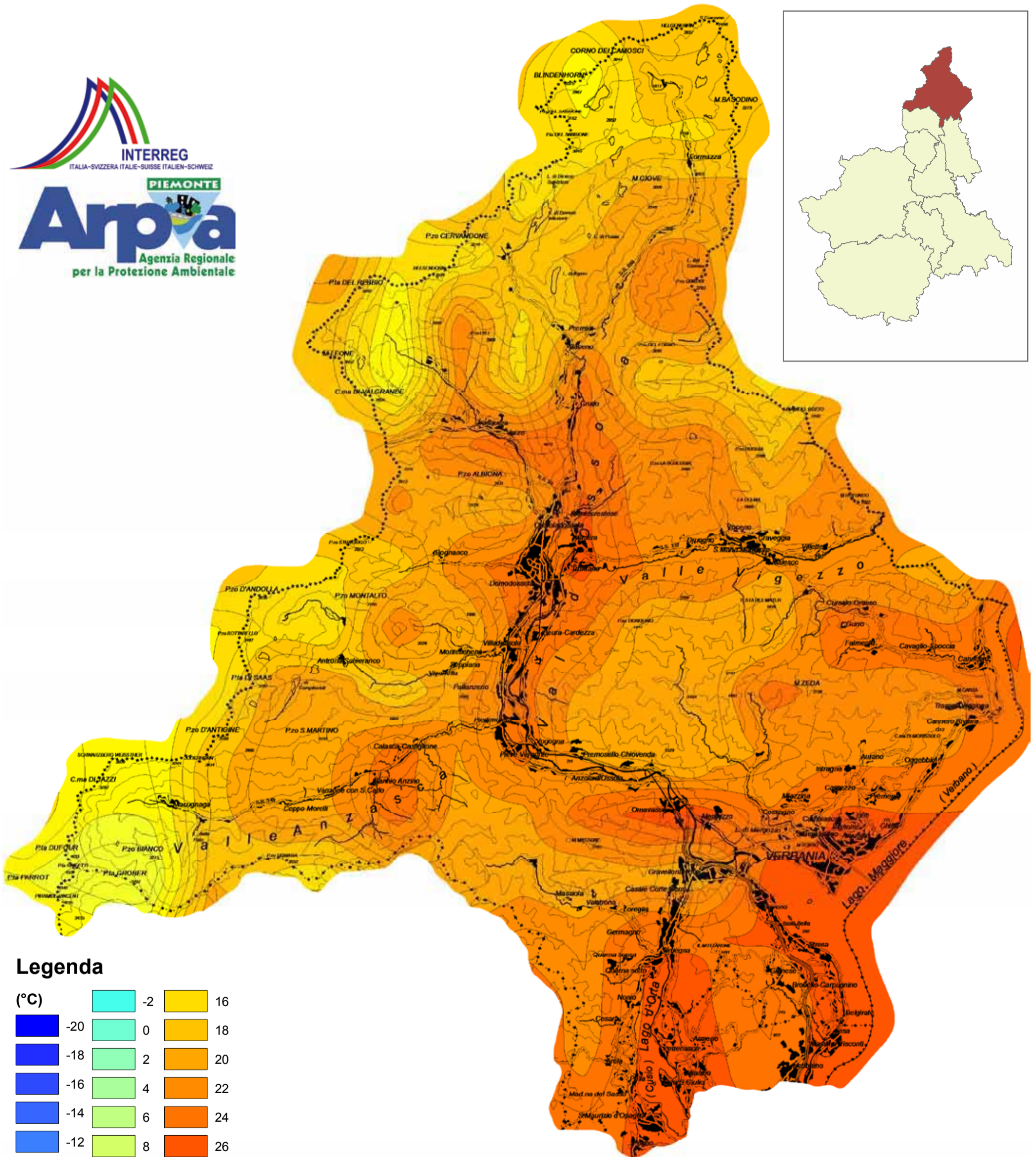
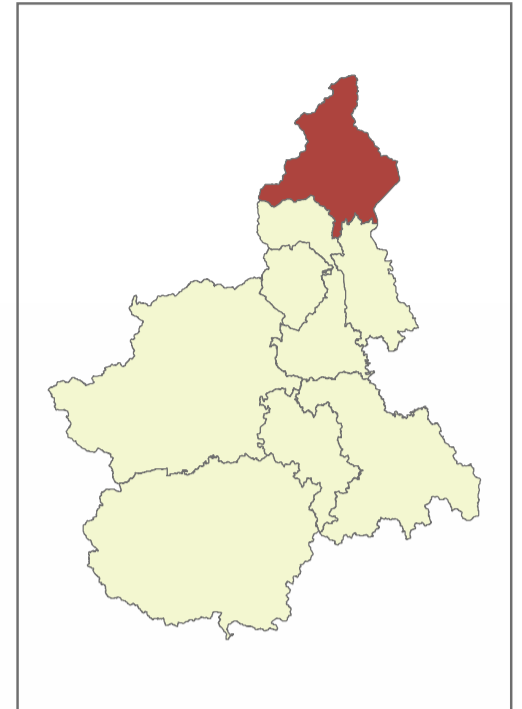
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# ESTATE

## Temperatura massima media stagionale (1990 – 2009)



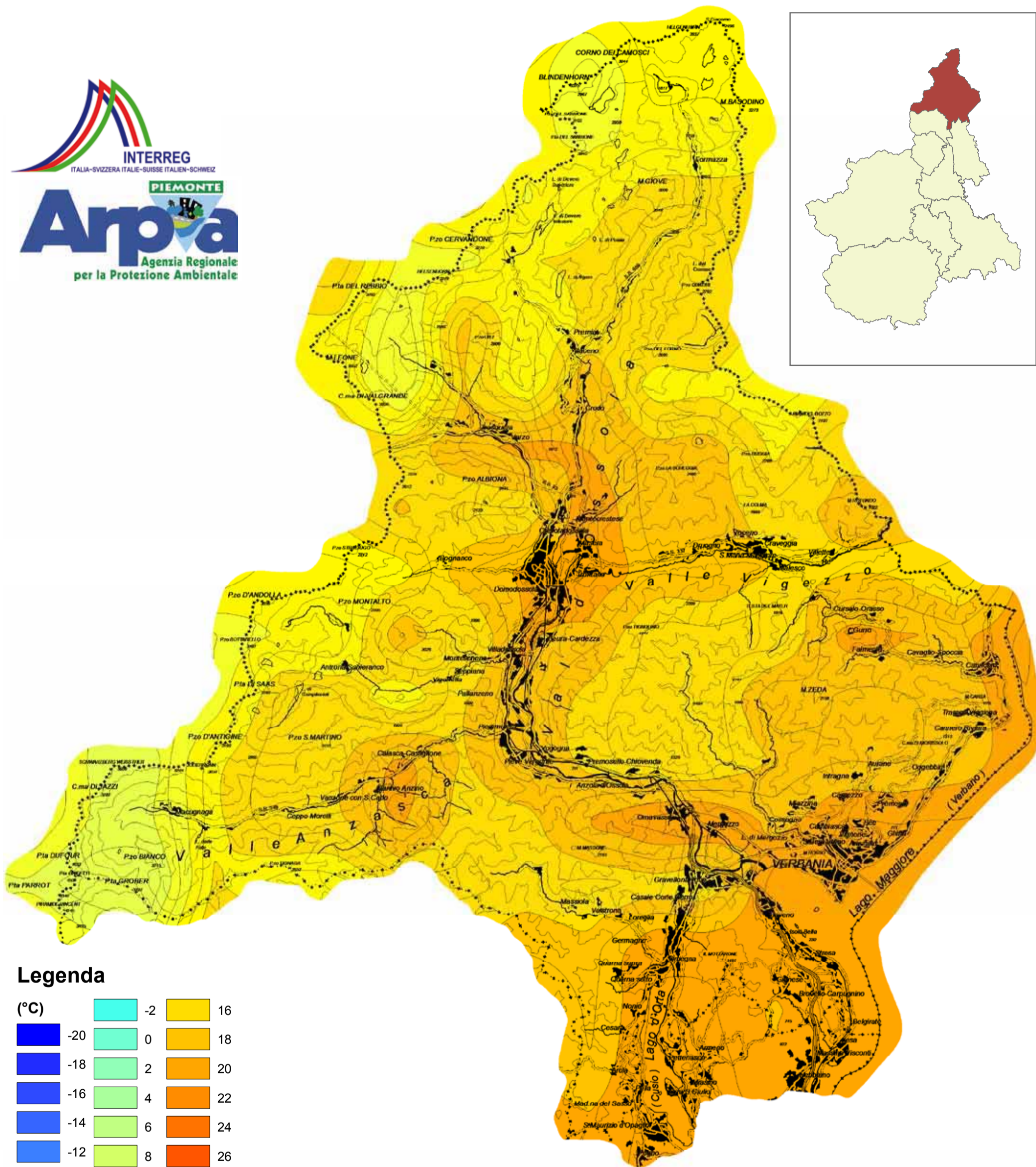
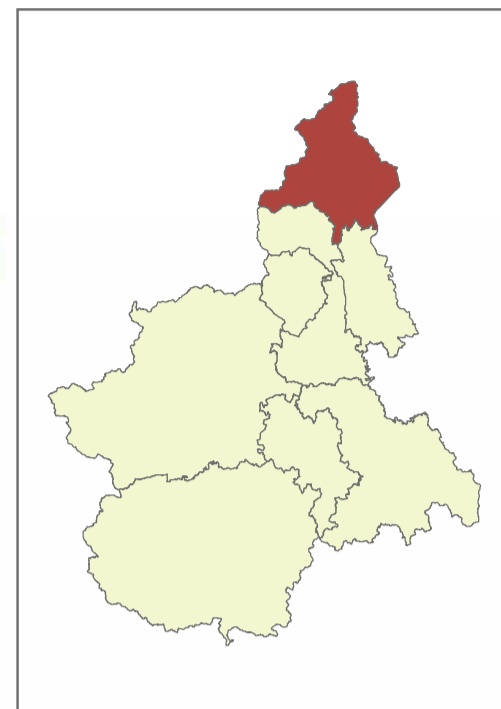
### Legenda

(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		



# AUTUNNO

## Temperatura massima media stagionale (1990 – 2009)



### Legenda

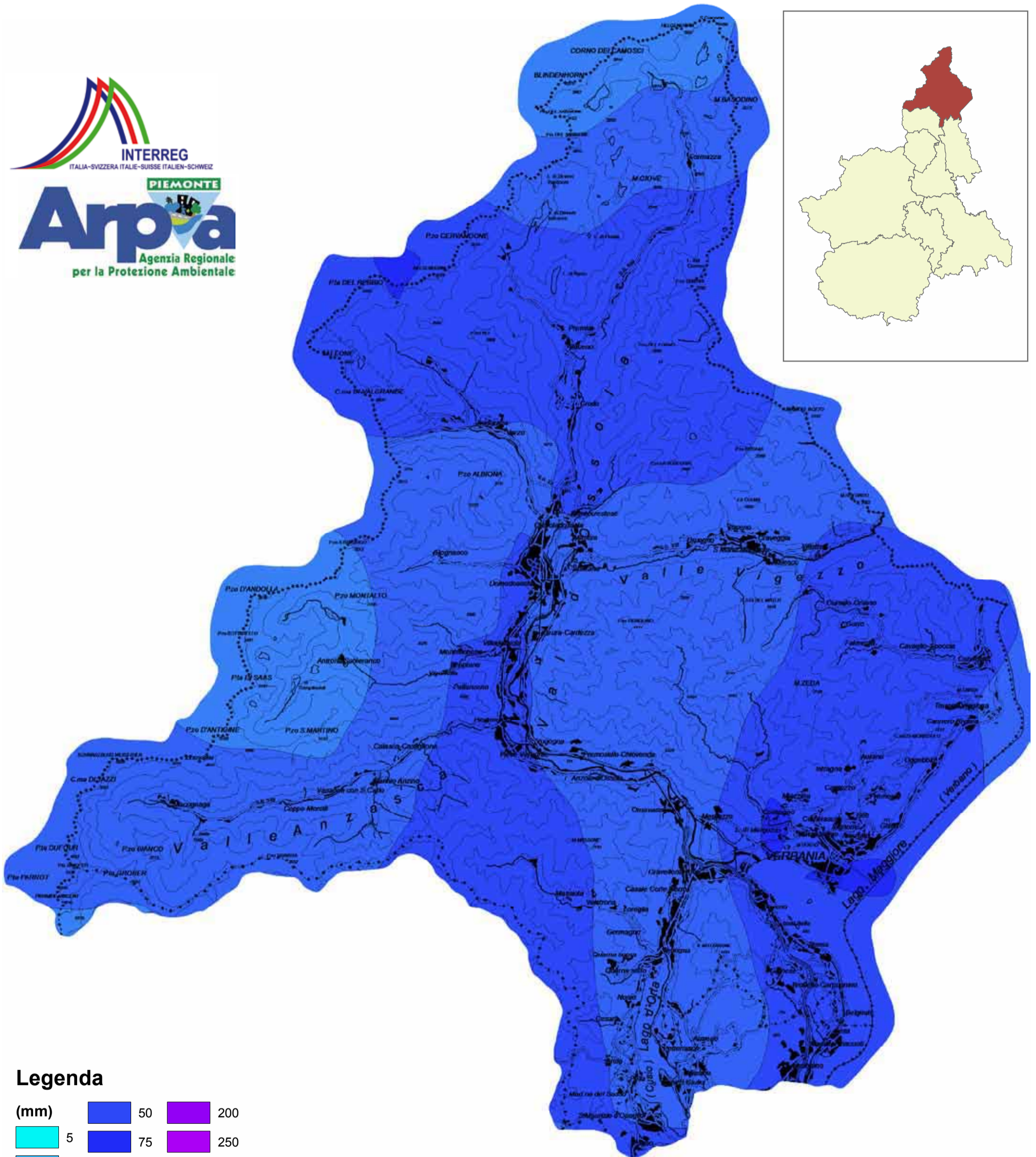
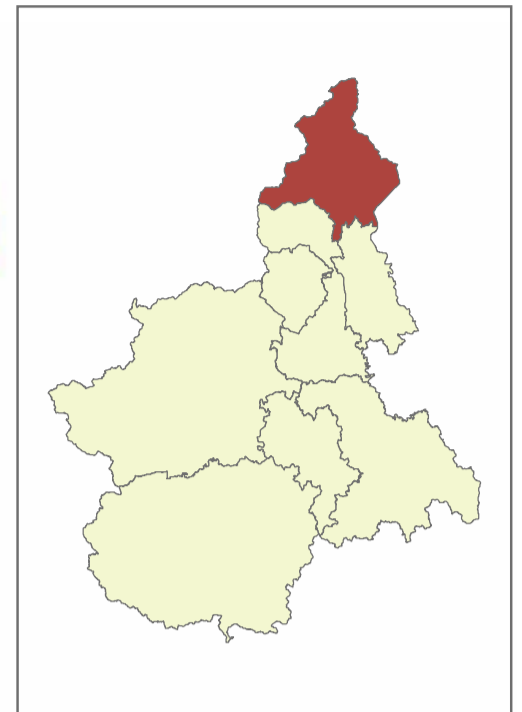
(°C)			
-20	-2	16	
-18	0	18	
-16	2	20	
-14	4	22	
-12	6	24	
-10	8	26	
-8	10	28	
-6	12	30	
-4	14		





# FEBBRAIO

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



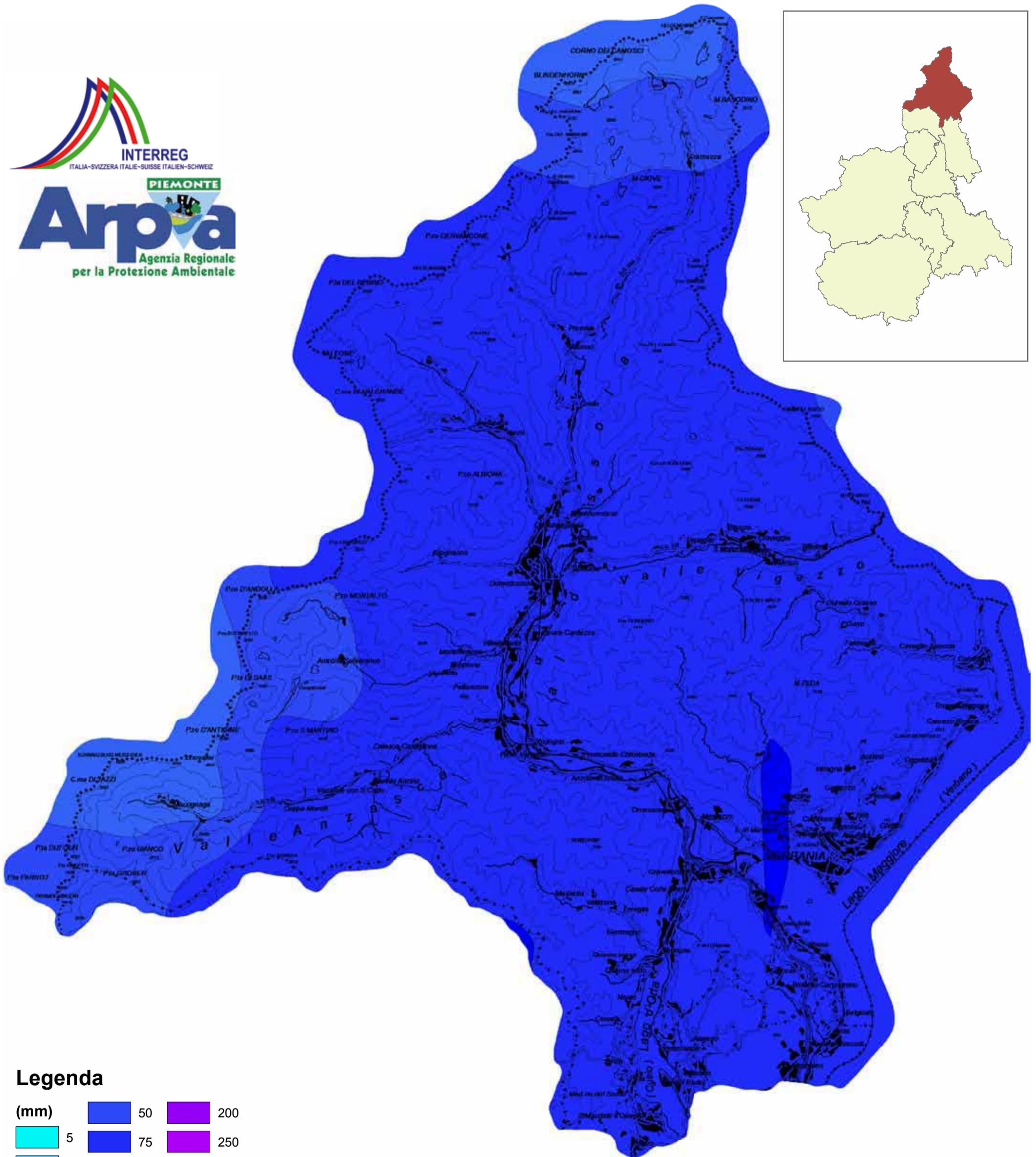
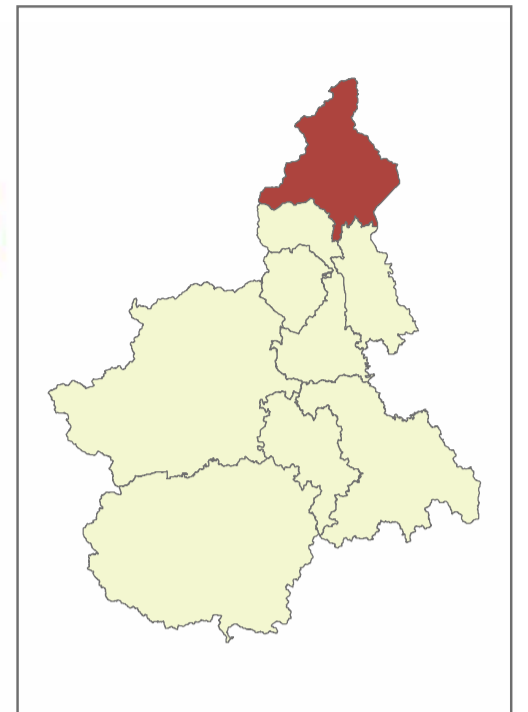
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# MARZO

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



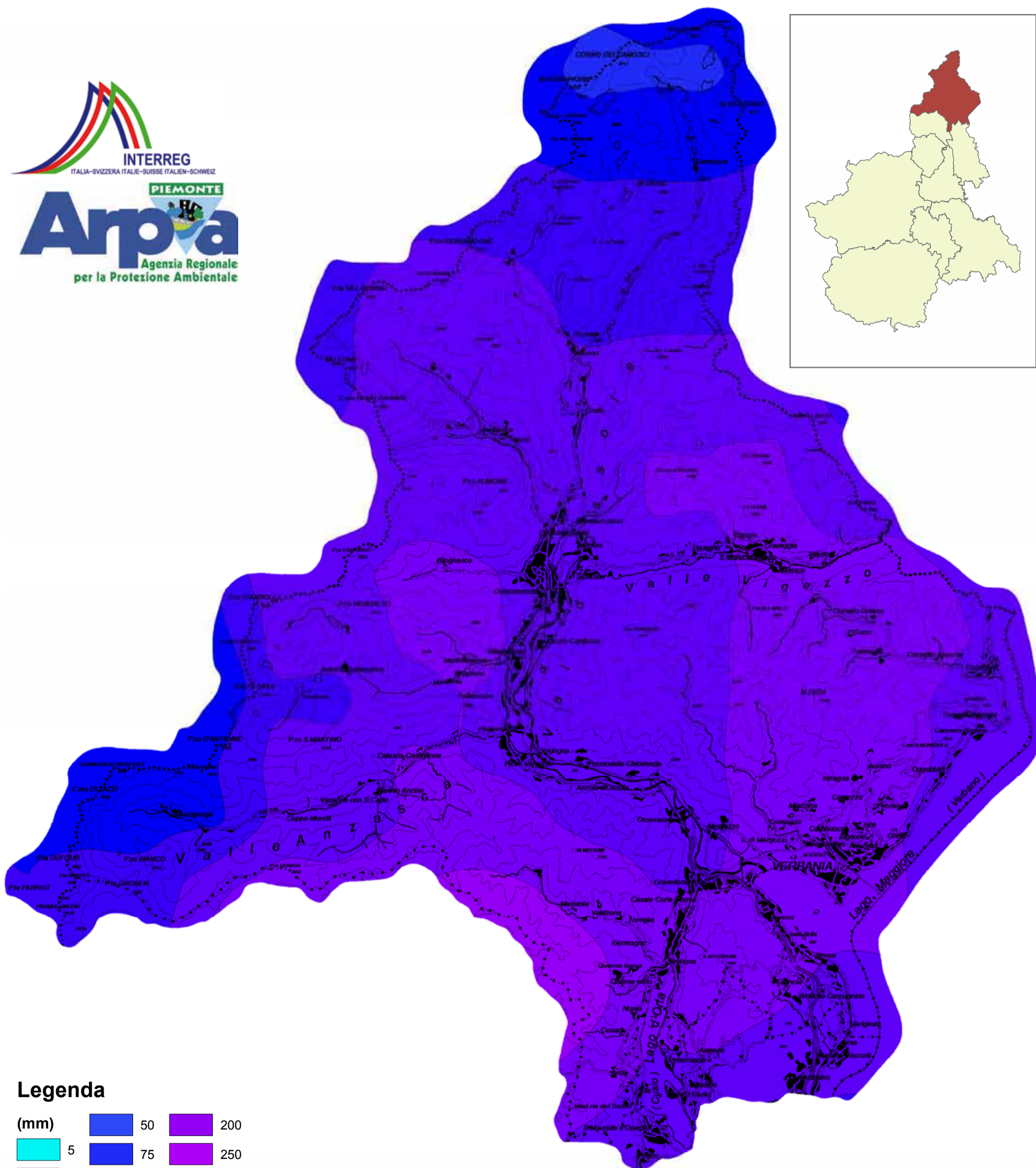
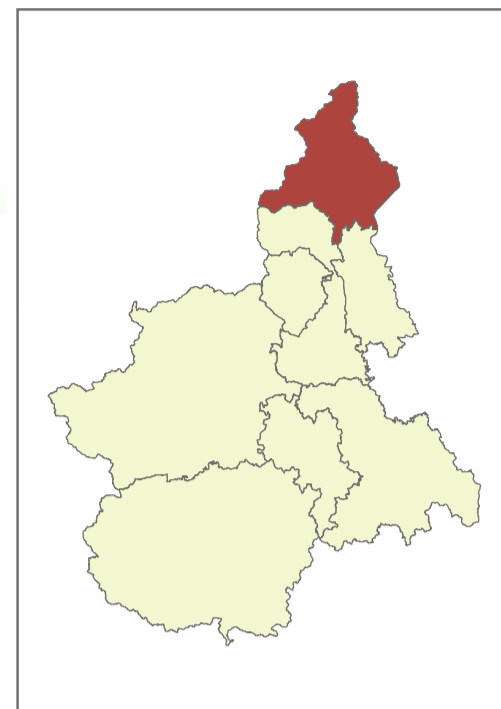
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# APRILE

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



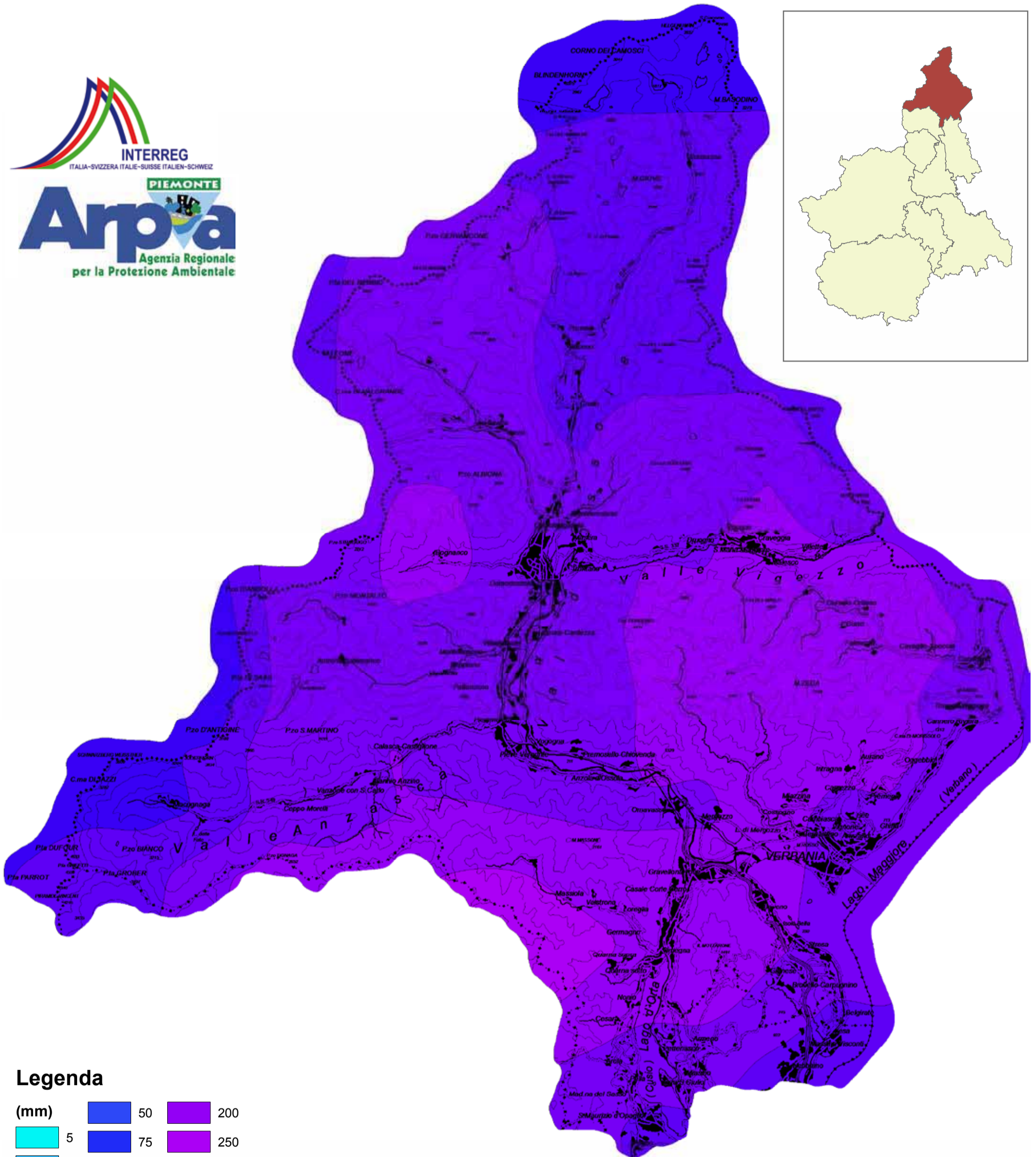
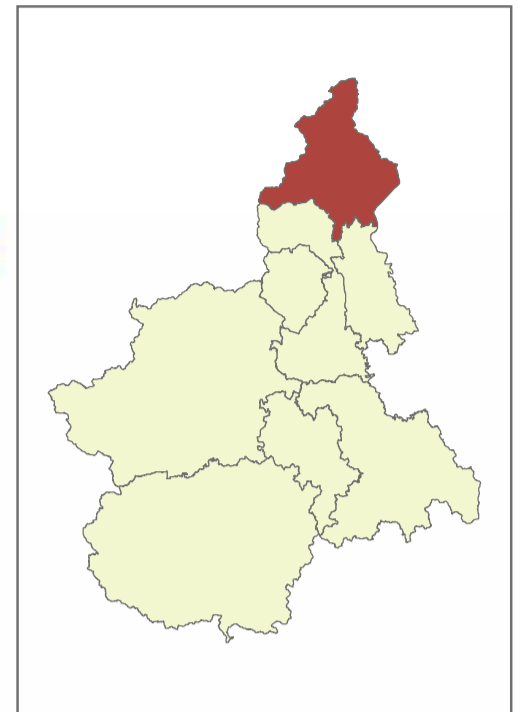
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# MAGGIO

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



### Legenda

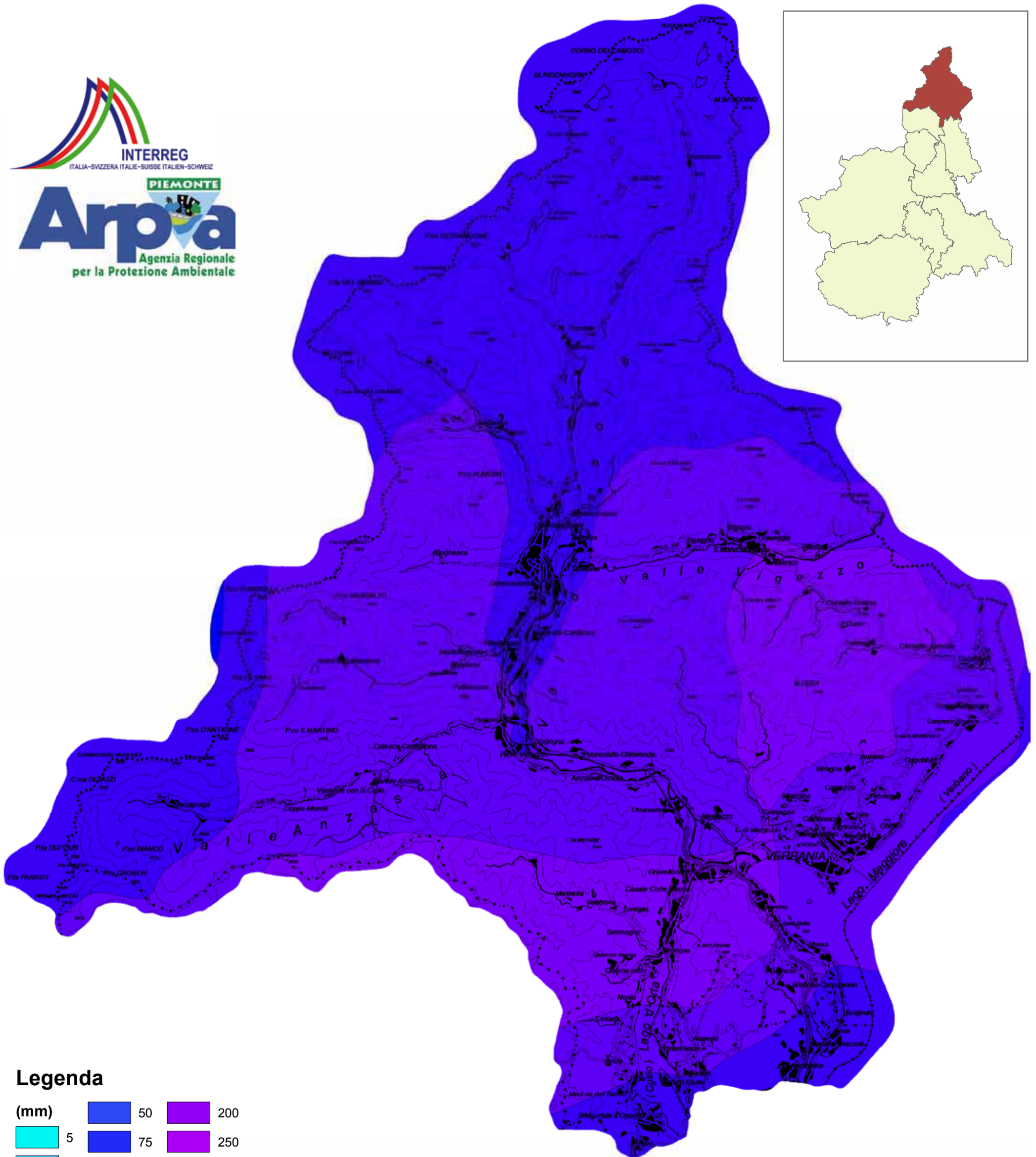
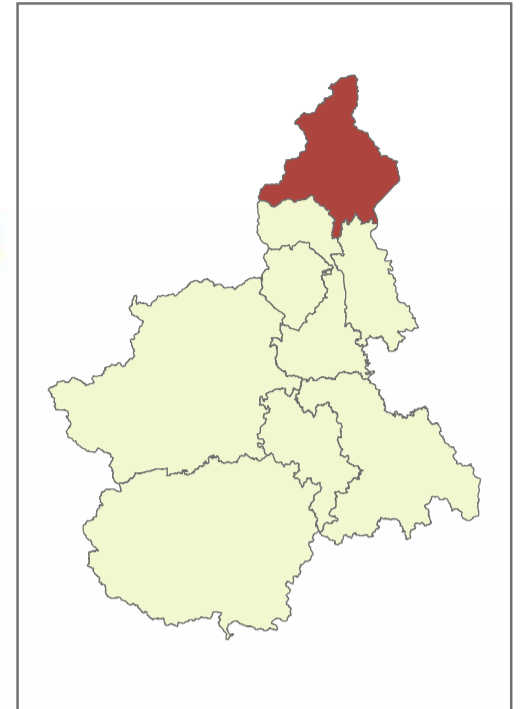
(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	





# GIUGNO

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



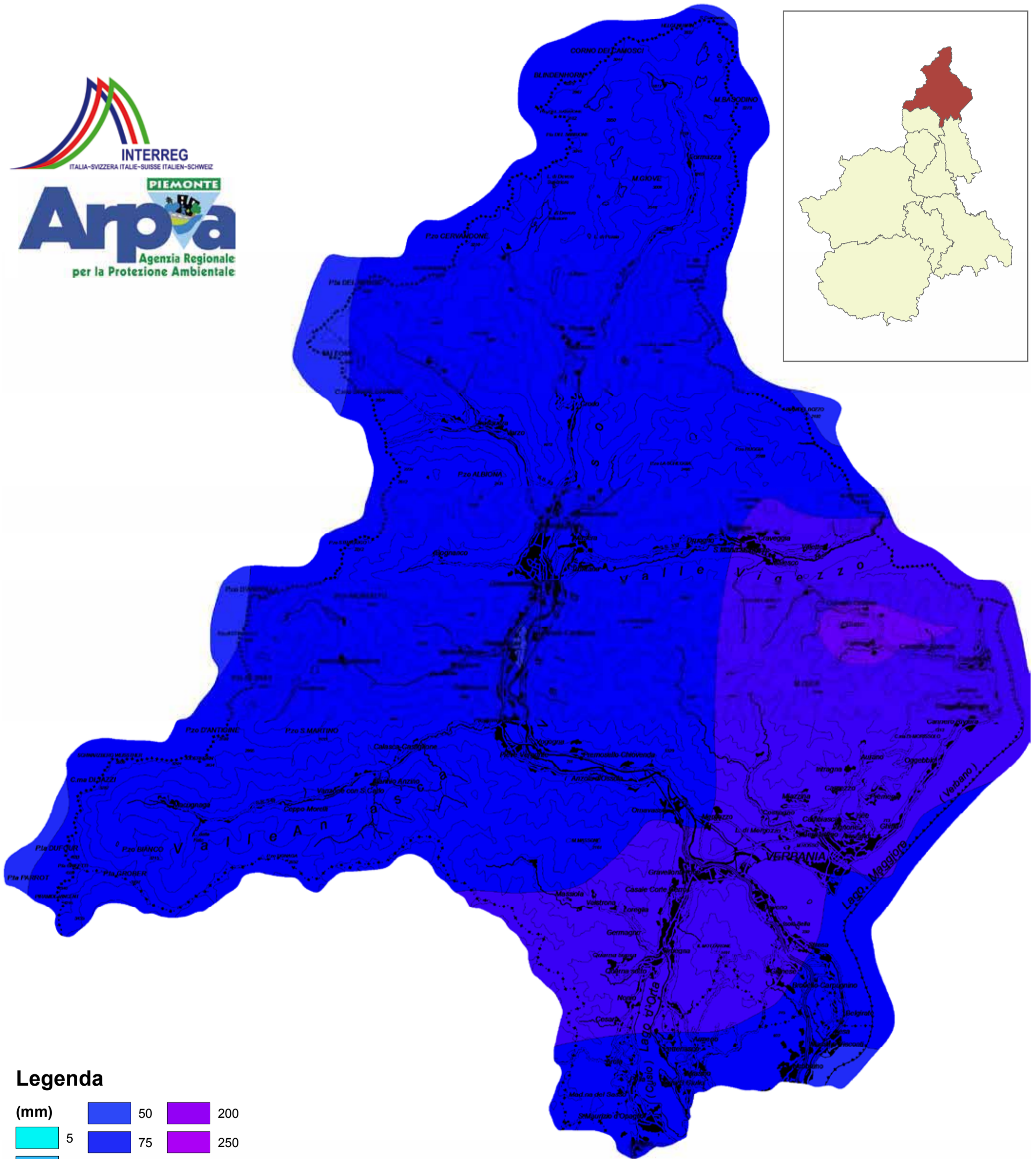
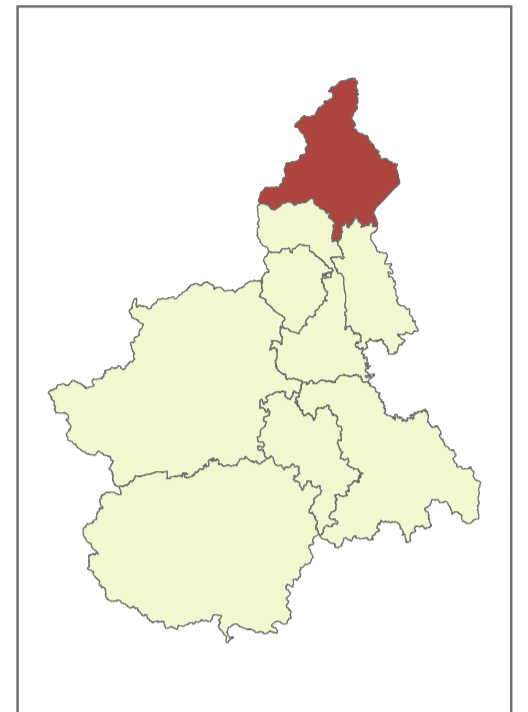
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# LUGLIO

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



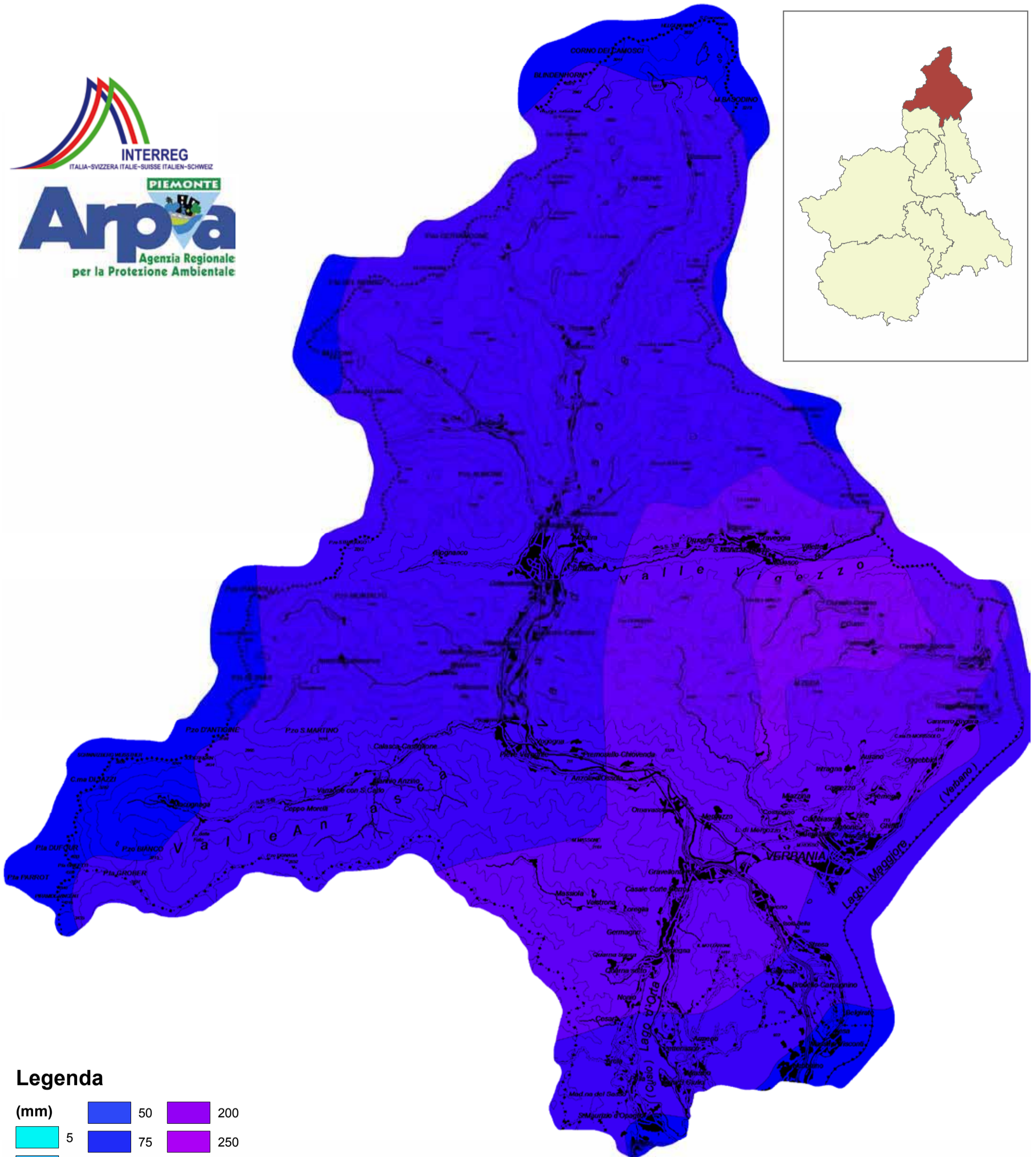
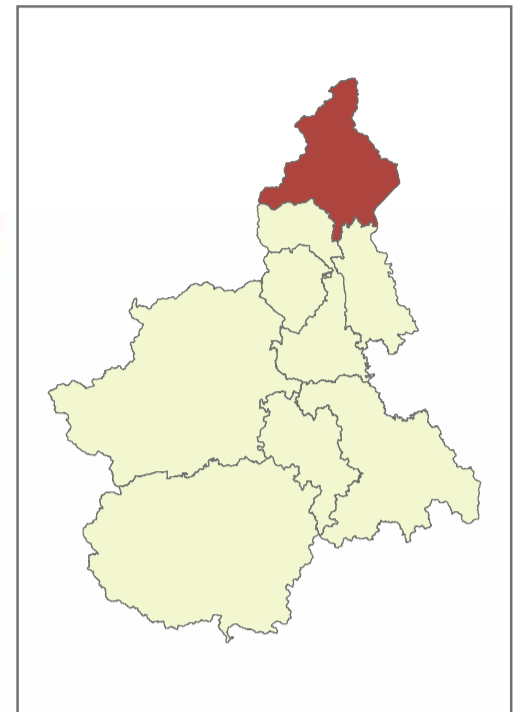
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# AGOSTO

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



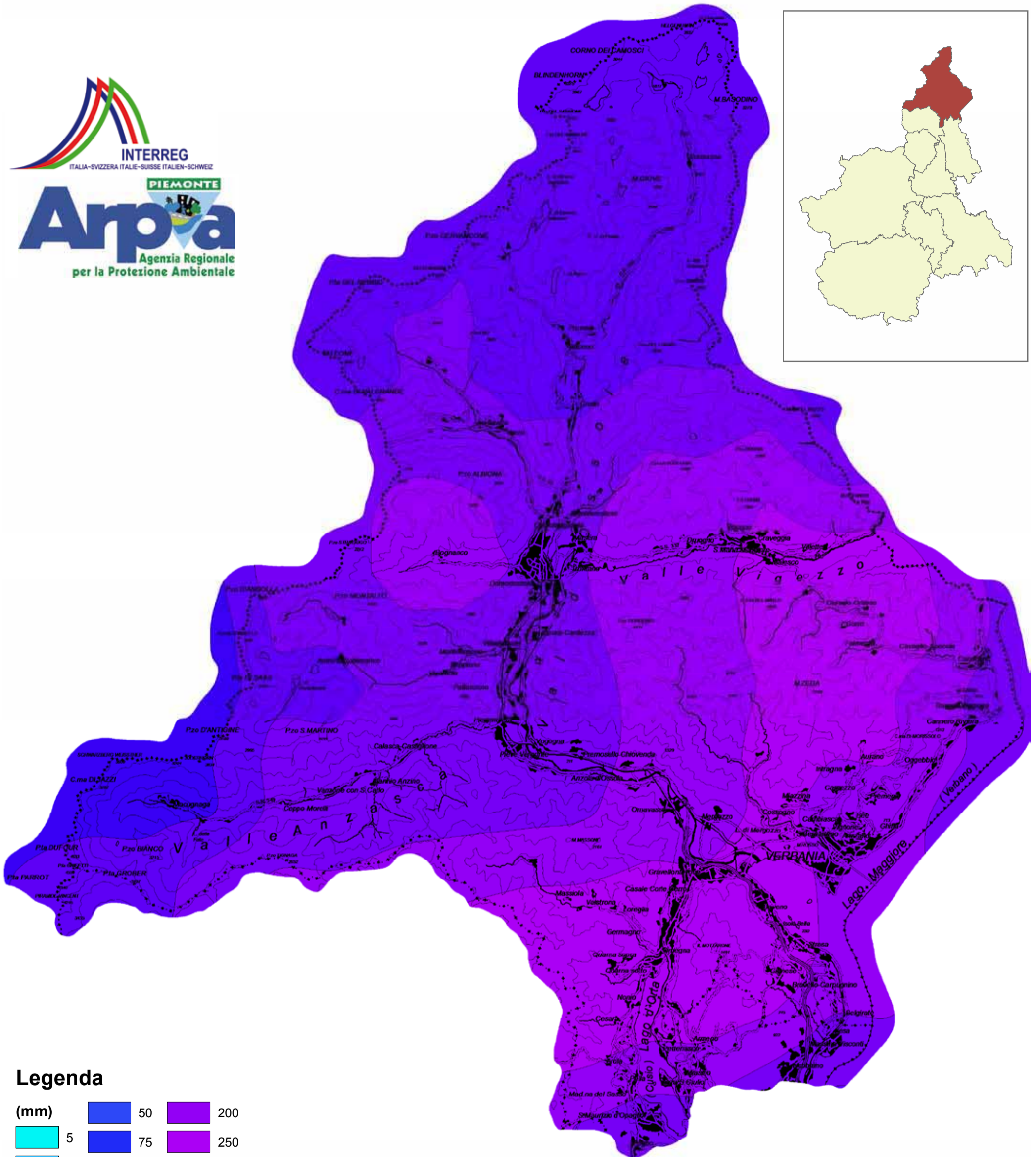
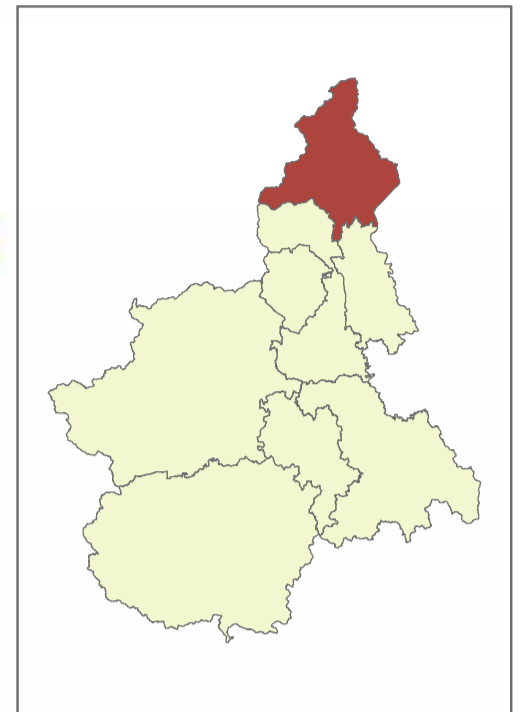
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# SETTEMBRE

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



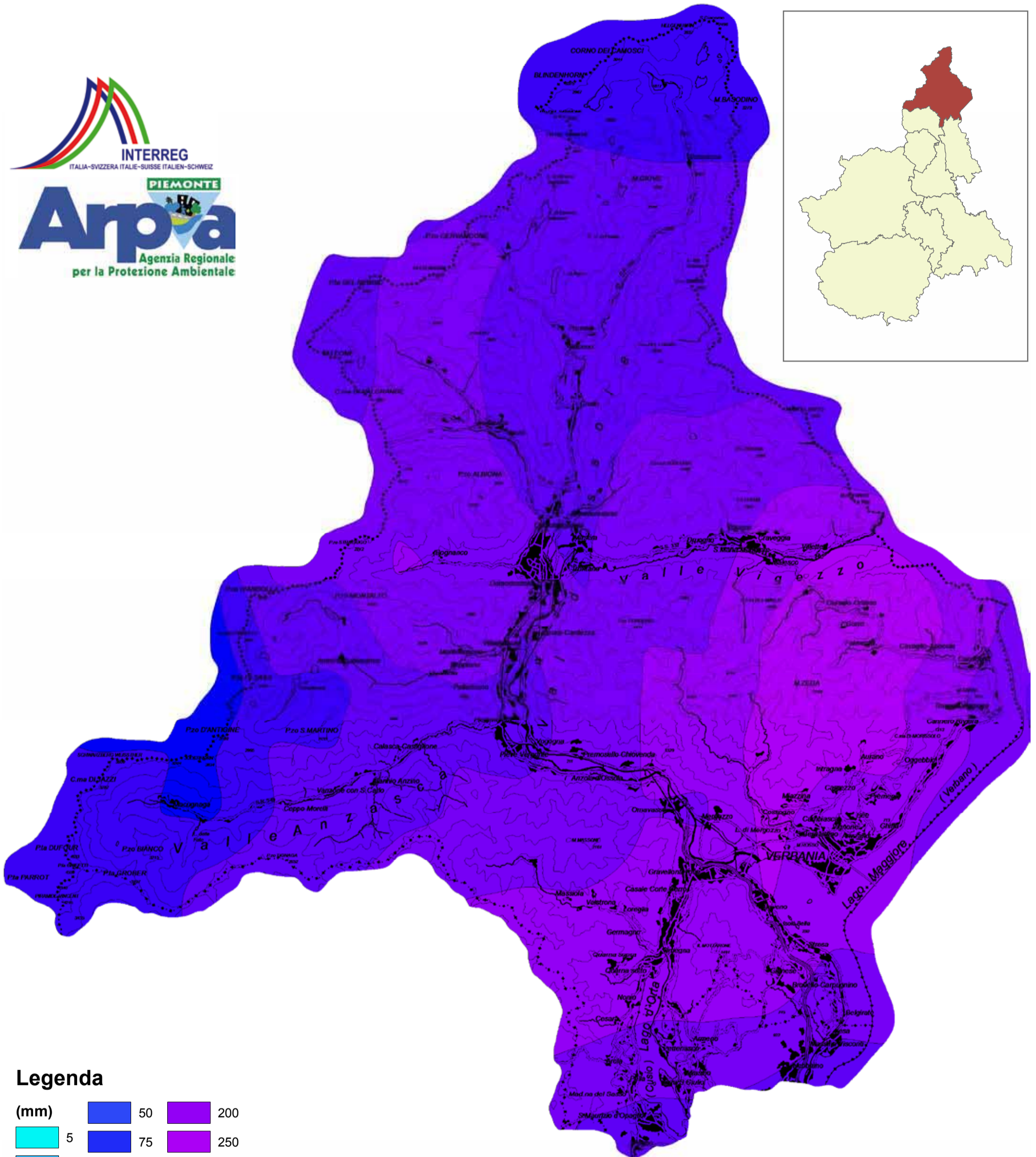
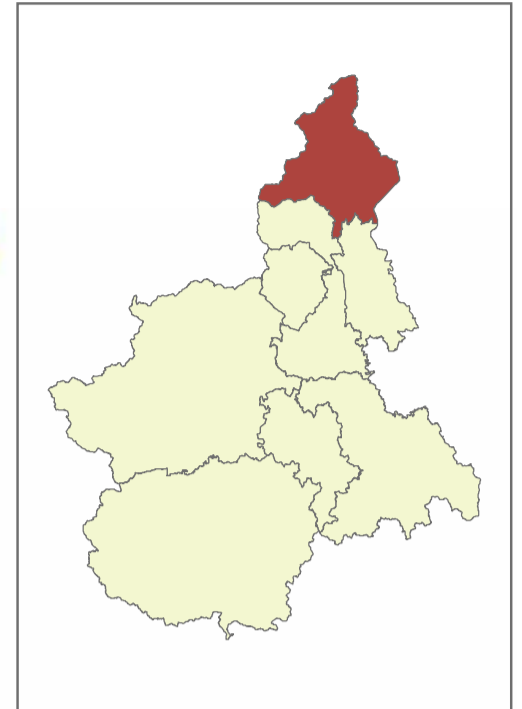
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# OTTOBRE

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



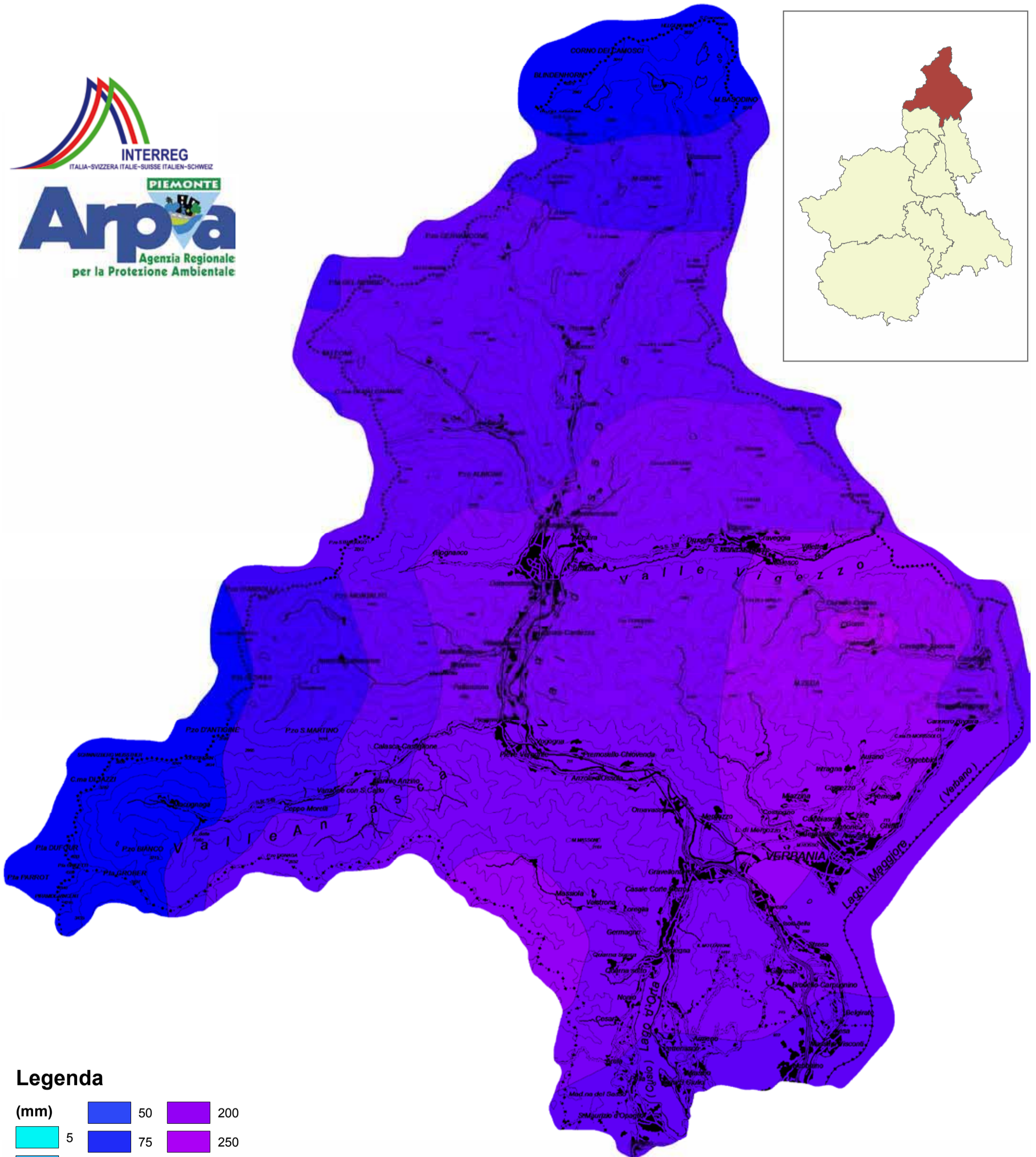
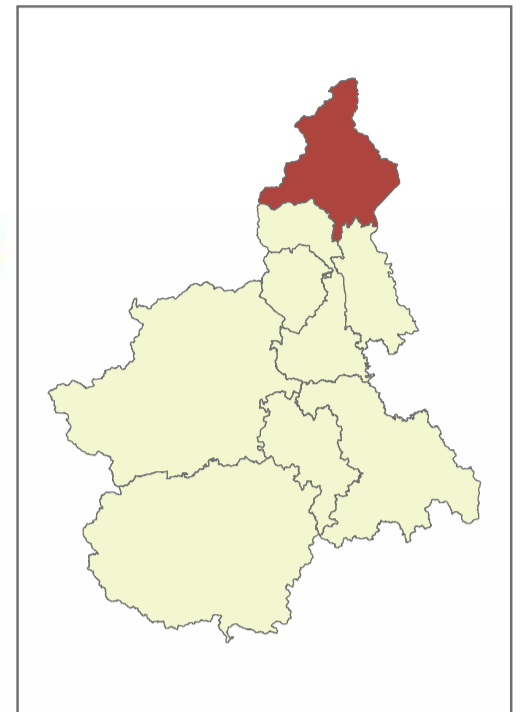
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# NOVEMBRE

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



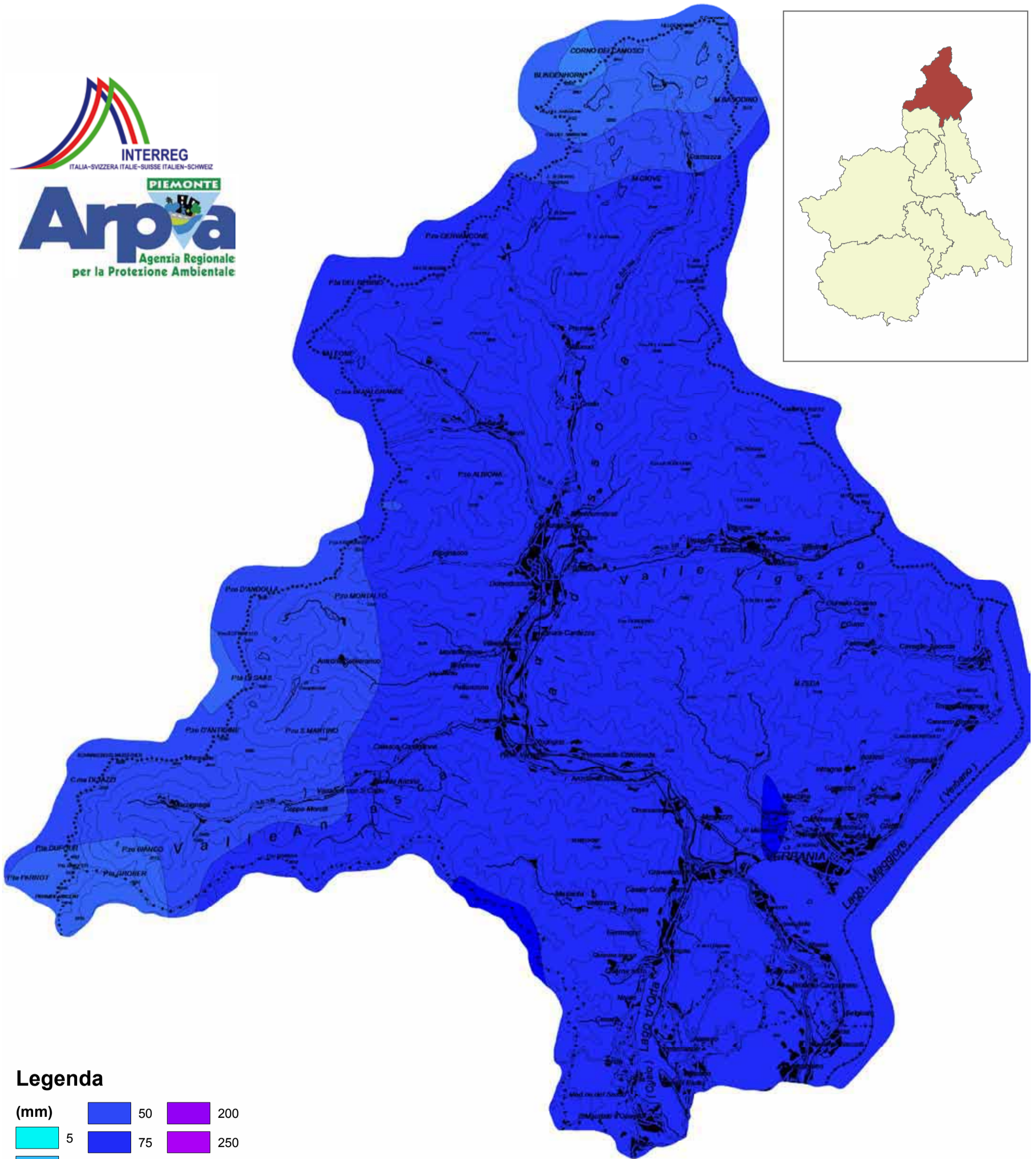
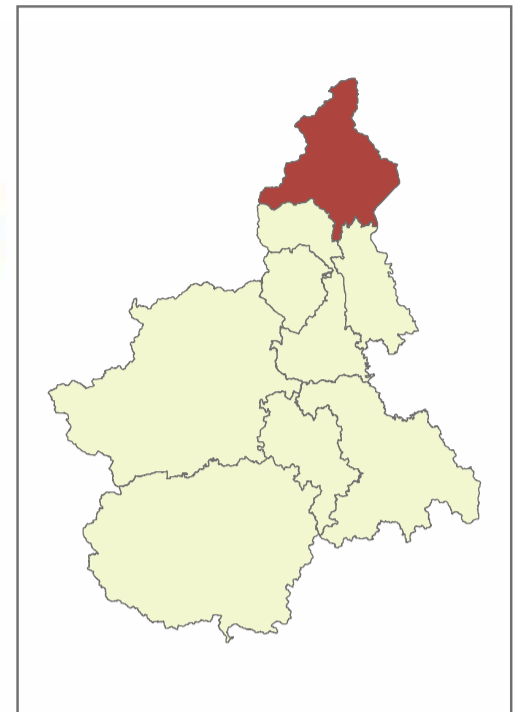
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# DICEMBRE

## Precipitazione cumulata media mensile (1990 – 2009)



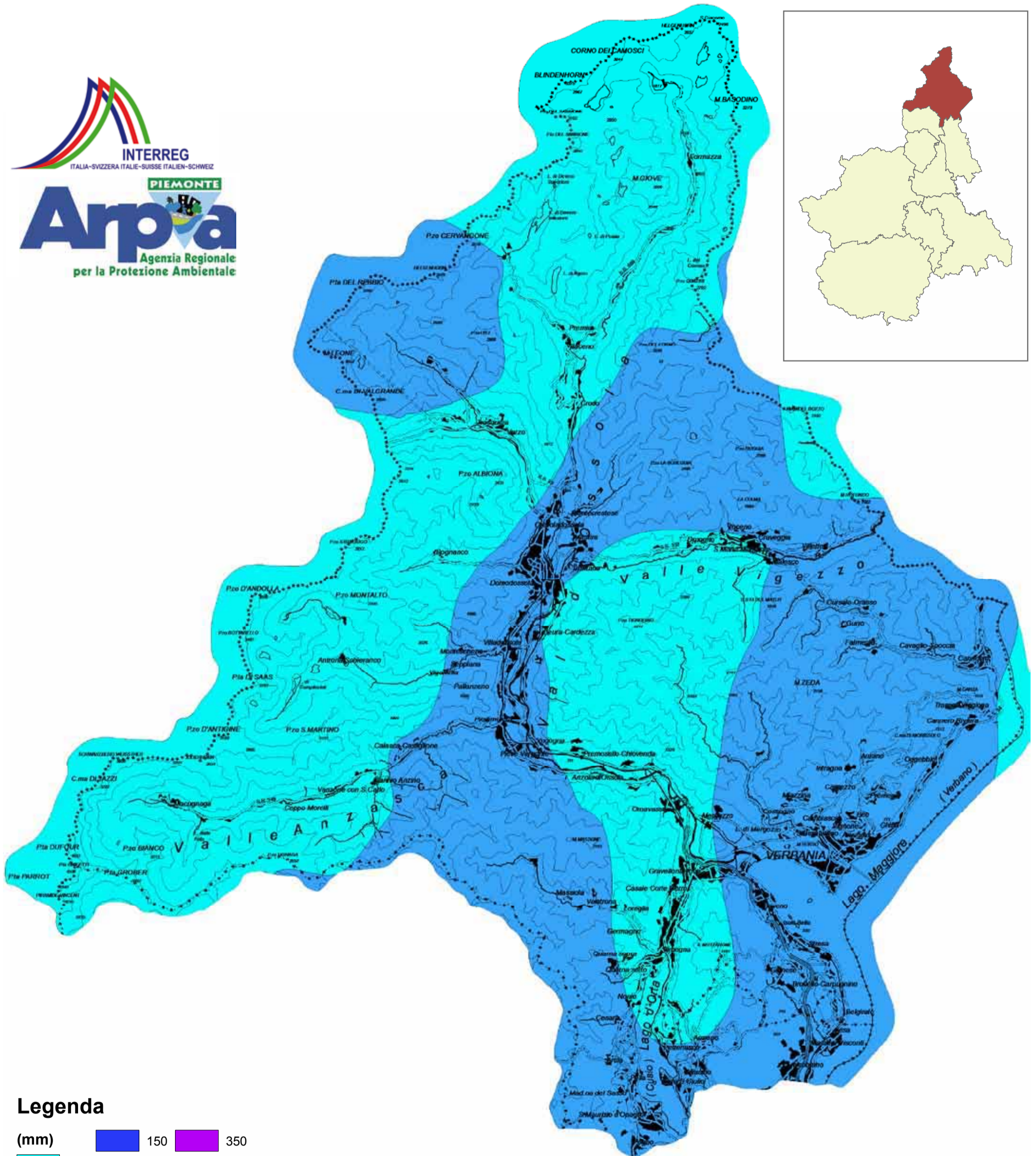
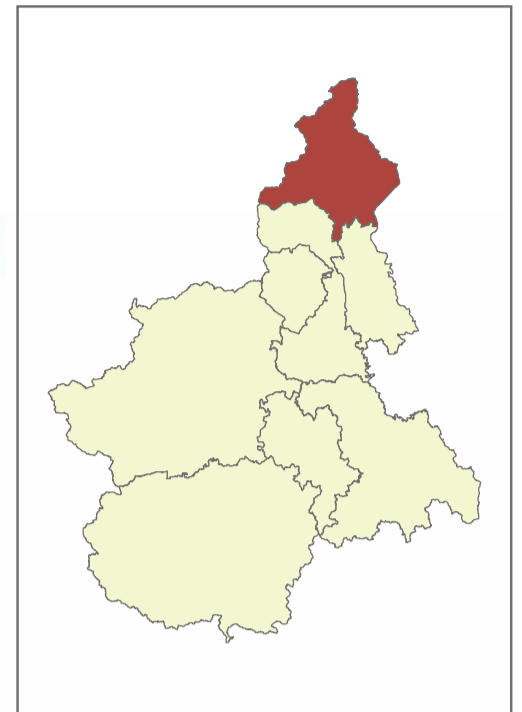
### Legenda

(mm)	50	200
5	75	250
10	100	300
20	125	350
30	150	400
40	175	



# INVERNO

## Precipitazione cumulata media stagionale (1990 – 2009)



### Legenda

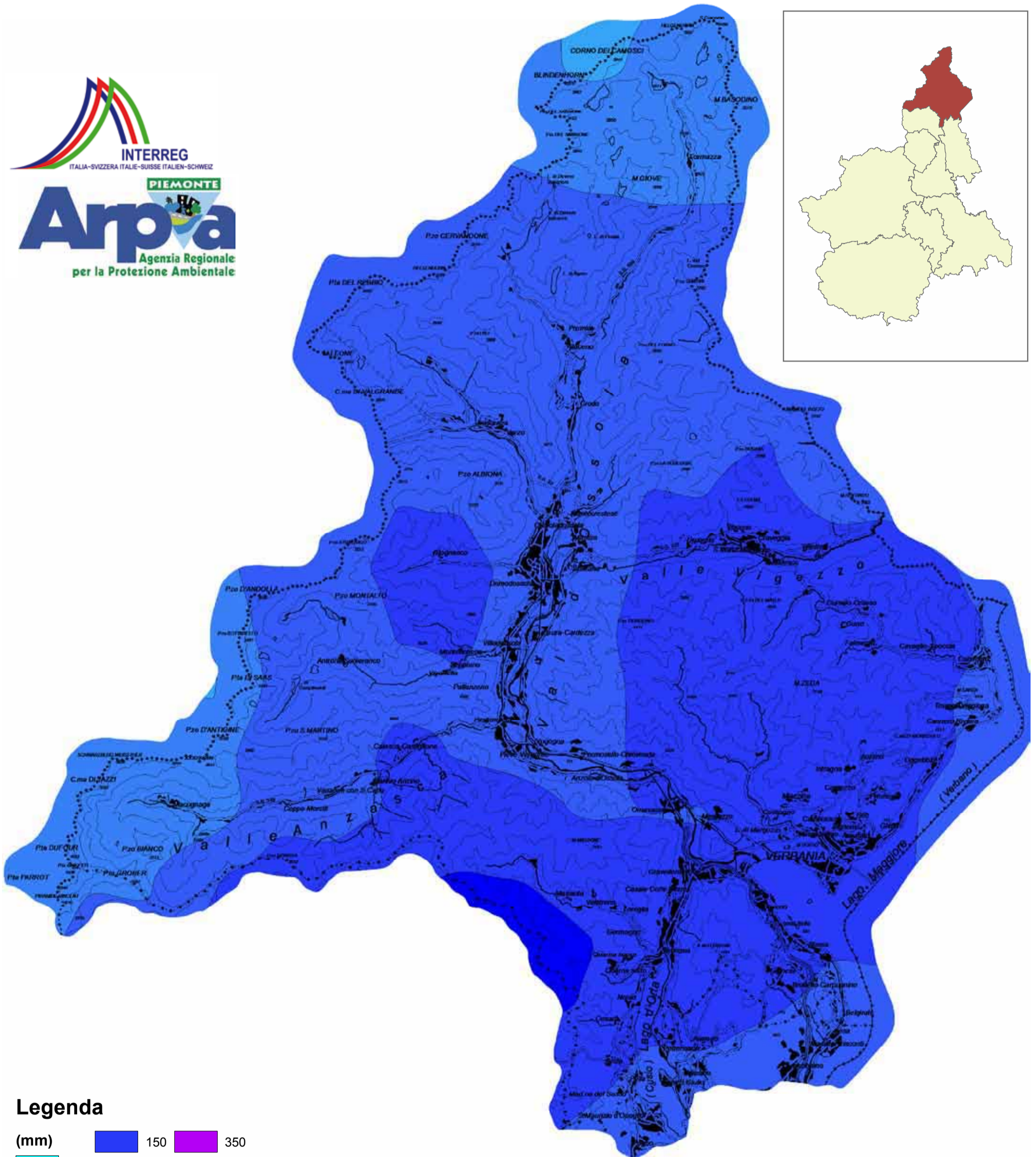
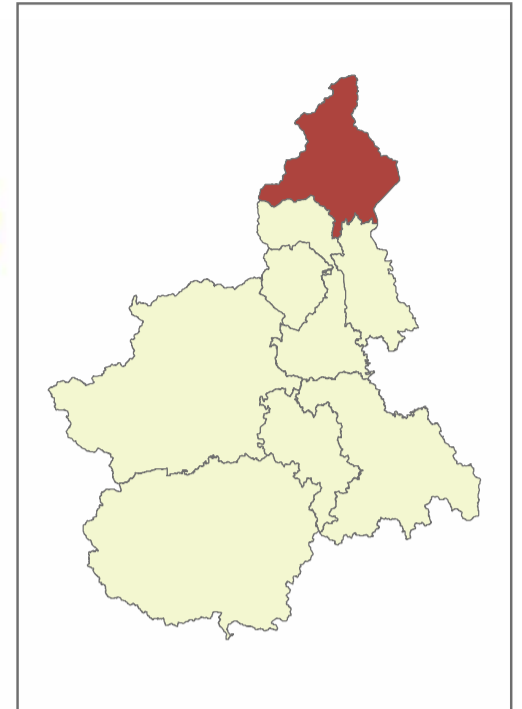
(mm)	150	350
50	175	400
75	200	500
100	250	
125	300	





# PRIMAVERA

## Precipitazione cumulata media stagionale (1990 – 2009)



### Legenda

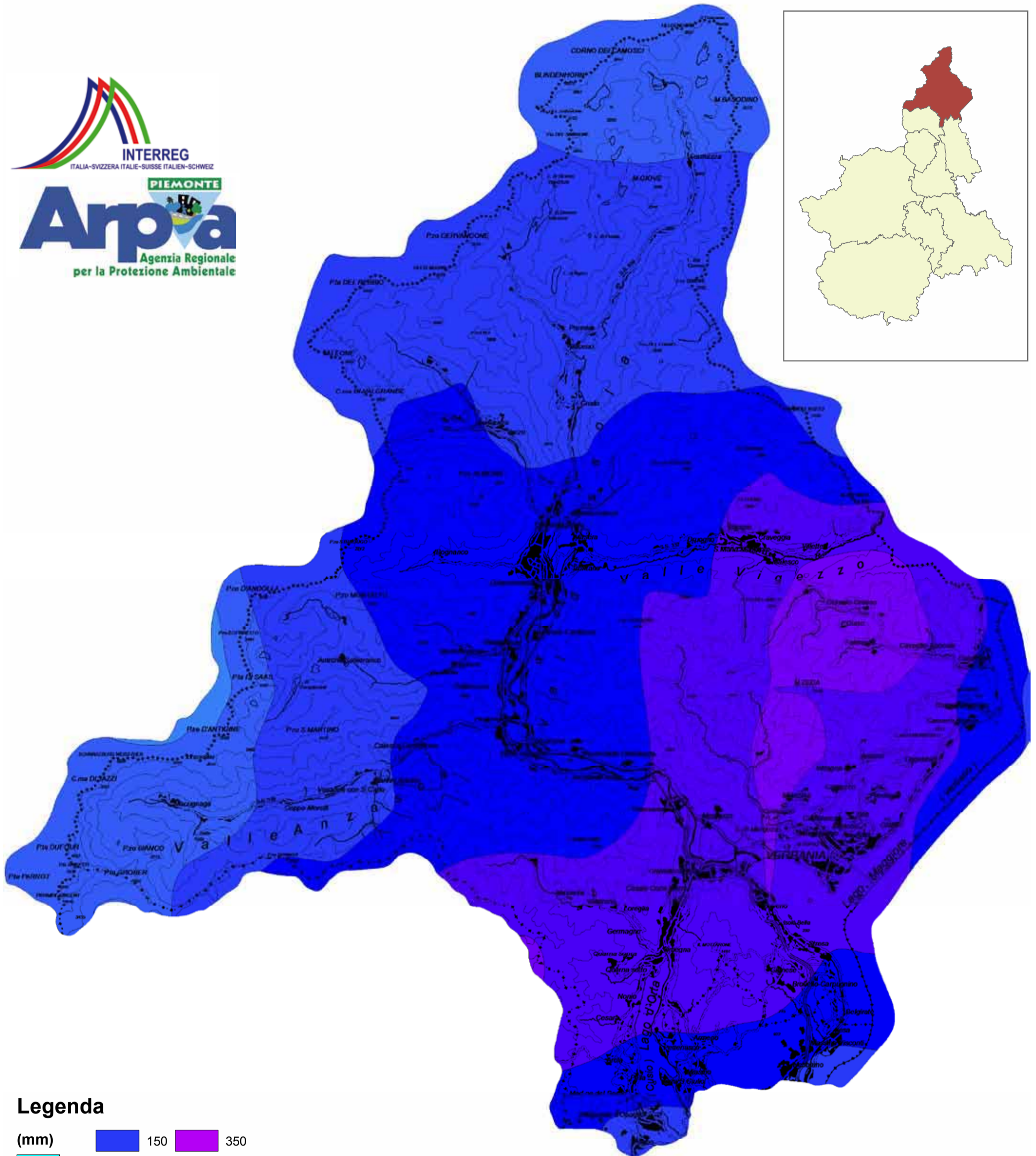
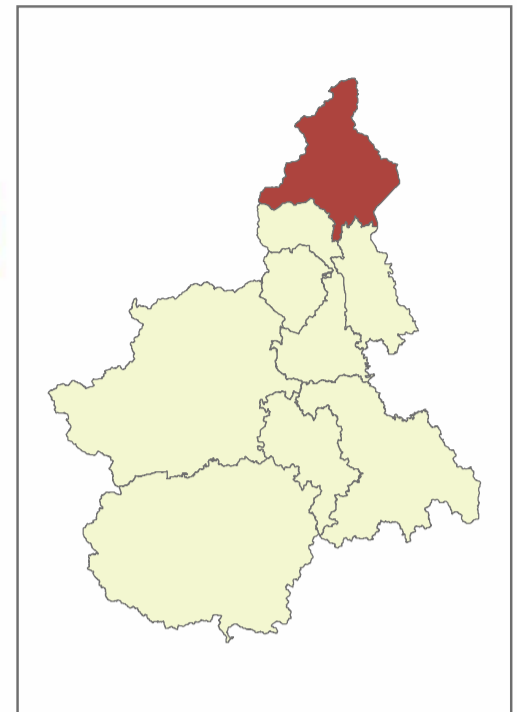
(mm)	150	350
50	175	400
75	200	500
100	250	
125	300	





# AUTUNNO

## Precipitazione cumulata media stagionale (1990 – 2009)

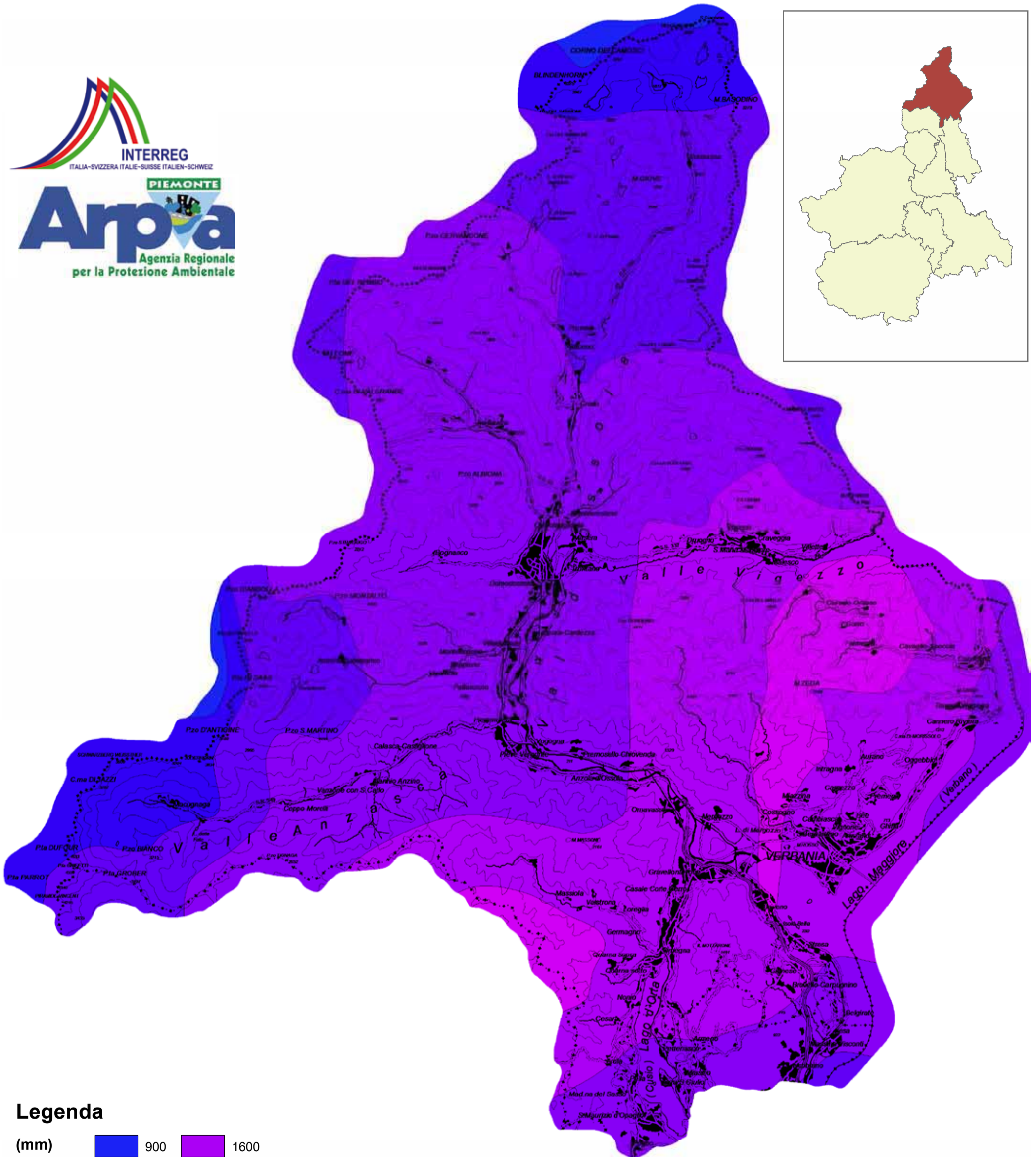
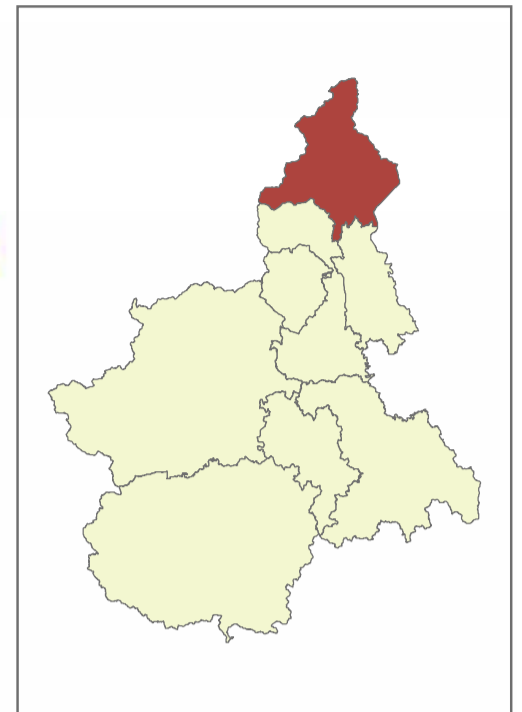


### Legenda

(mm)	150	350
50	175	400
75	200	500
100	250	
125	300	



# Precipitazione cumulata media annuale (1990 – 2009)



## Legenda

(mm)	900	1600
500	1000	1800
600	1200	2000
700	1400	
800		



# CARTA DELLA DURATA DELLA COPERTURA NEVOSA

L'elevata riflettività della neve, combinata con l'elevata copertura superficiale (durante la stagione invernale dell'emisfero settentrionale la neve può arrivare a coprire oltre il 40% della superficie globale), rendono la neve una componente essenziale del bilancio radiativo del pianeta.

L'albedo è la quantità di radiazione riflessa rispetto alla radiazione solare; la neve può assumere valori di albedo molto elevati, tra 80% e 40%, rispettivamente in caso di neve fresca o trasformata e/o sporca.

Il telerilevamento satellitare consente di sfruttare le caratteristiche della neve per misurarne la copertura, in quanto l'elevata albedo determina un elevato contrasto rispetto alle altre superfici (ad eccezione delle nuvole).

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) è il sensore attualmente utilizzato per la misurazione della copertura nevosa. MODIS, è montato su due satelliti (Terra e Aqua) nell'ambito dell'EOS (*Earth Observing System*), ed è caratterizzato da 36 bande spettrali comprese nell'intervallo 0.4  $\mu\text{m}$  - 14.4  $\mu\text{m}$ . Le osservazioni del sensore MODIS generano mappe giornaliere di copertura nevosa con risoluzione 500 metri<sup>1</sup>.

Nell'ambito del progetto sono state impiegate 483 scene provenienti dal sensore descritto per analizzare la copertura nevosa nell'area di studio. Considerata la mole di informazioni a disposizione si è proceduto alla definizione di una procedura automatizzata che consentisse di ottimizzare le fasi di analisi. La procedura è stata implementata in ambiente Visual Basic, dove è stato possibile automatizzarne lo svolgimento, e ha permesso di generare delle tabelle suddivise nei singoli anni di osservazione; dalle quali è stato possibile quantificare la durata dei periodi caratterizzati da copertura nevosa nell'area di studio; è stato quindi possibile elaborare delle rappresentazioni cartografiche di sintesi della permanenza della neve al suolo per il territorio della Provincia del Verbano Cusio Ossola<sup>2</sup>.

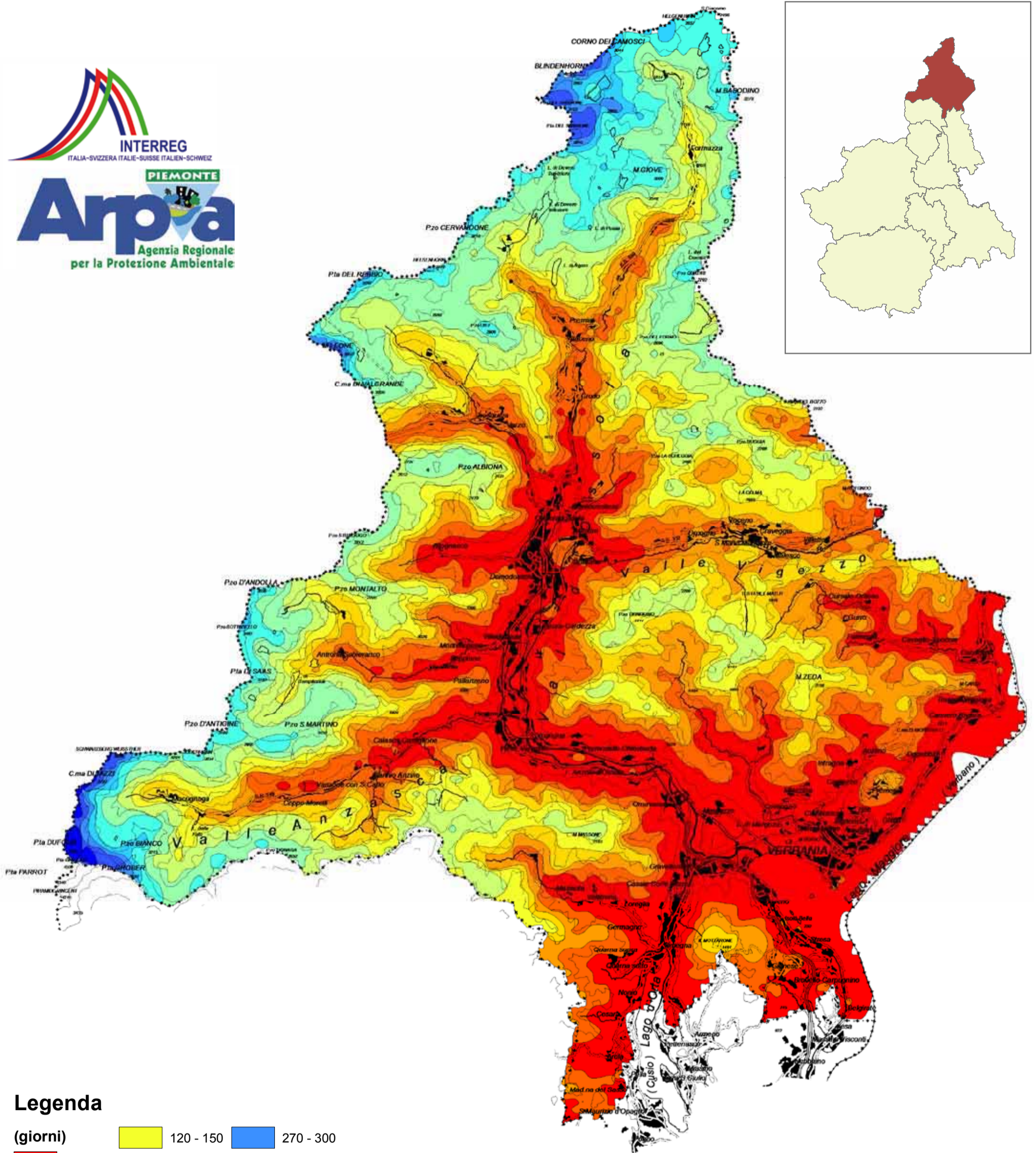
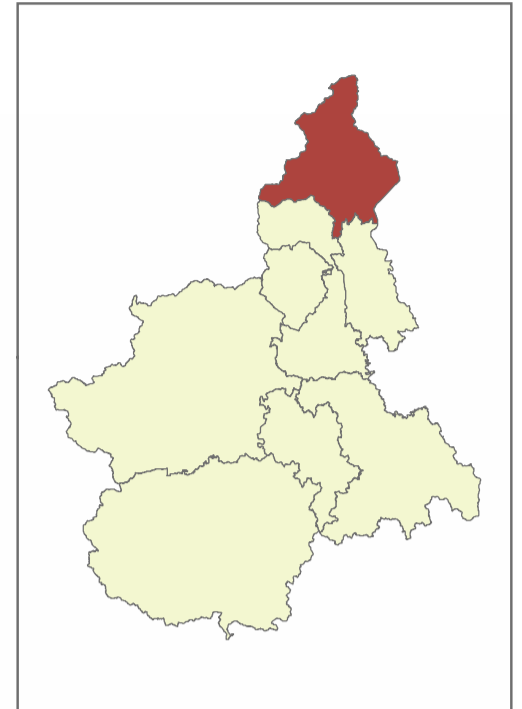
<sup>1</sup> Hall, D.K. and G.A. Riggs, 2007: "Accuracy assessment of the MODIS snow-cover products," *Hydrological Processes*, 21(12):1534-1547, DOI: 10.1002/hyp.6715.

Hall, D.K., G.A. Riggs, V.V. Salomonson, N.E. DiGirolamo and K.A. Bayr, 2002: MODIS snow-cover products, *Remote Sensing of Environment*, 83:181-194.

Riggs, G., D.K. Hall and S.A. Ackerman, 1999: Sea ice extent and classification with the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Airborne Simulator (MAS), *Remote Sensing of Environment*, 68(2):152-163.

<sup>2</sup> Godone D., Filippa G., Garnero G., Freppaz M., Terzago S., Rivella E., Salandin A., Barbero S. (2011) Snow Cover Extent and Duration in Modis Time Series: a Comparison with In-Situ Measurements (Provincia Verbano Cusio Ossola, NW Italy), *IEEE, Piscataway, 2nd International Conference on Multimedia Technology (ICMT2011)*, 26-28/07/2011, Hangzhou, China.

# Carta della durata della copertura nevosa (2000 – 2010)



## Legenda

(giorni)					
	0 - 30		120 - 150		270 - 300
	30 - 60		150 - 180		300 - 330
	60 - 90		180 - 210		330 - 360
	90 - 120		210 - 240		
			240 - 270		



# ● MODELLIZZAZIONE ECOLOGICA DEL VALLONE DEL VANNINO

## Premessa generale

La modellizzazione ecologica è uno strumento che consente di approfondire le conoscenze relative alle risposte della vegetazione e fauna alpina ai cambiamenti climatici e su queste basare le azioni di pianificazione e gestione dell'ambiente, al fine di conservare la biodiversità tenendo conto dei cambiamenti climatici. A tal fine si è realizzata una sperimentazione di modello bioclimatico vegetazionale, con cui prevedere negli scenari meteorologici futuri la distribuzione delle specie vegetali e da qui la modificazione dell'habitat su cui poggiano Unità Ambientali funzionali per la fauna. Con tale output si è potuto applicare la metodologia elaborata da Arpa per la modellizzazione ecologica dell'estensione dell'area vocata di specie di fauna vertebrata, selezionando come specie la pernice bianca (*Lagopus mutus*), tipica di ambienti nivali e sensibile ai cambiamenti climatici.

## Modello Bioclimatico vegetazionale

È stata eseguita una stima dei possibili effetti dei cambiamenti climatici su 83 specie vegetali, censite nell'attività di campionamento floristico eseguito in 148 punti su una maglia regolare nel vallone del Vannino. Tale attività ha visto l'utilizzo del modello statistico Random Forest per le stime degli areali potenziali di ciascuna delle 83 specie individuate, in condizioni di clima attuale (media del trentennio 1961-90) e di clima futuro (2080) secondo i due scenari IPCC A1B e A1Fi. Il primo ipotizza un incremento termico più basso, il secondo stima un incremento termico molto più importante. La finestra temporale per la valutazione degli scenari futuri è riferita alla media del trentennio di fine secolo 2071-2100 (2080) in cui, secondo analoghi studi, (Engler et al., 2009) si prevede un picco di estinzioni locali di specie alpine. La cartografia climatica di importanza ecofisiologica per la vegetazione è stata prodotta a partire da quella generata tramite Optimal Interpolation per le carte climatiche dell'Atlante su dati storici e attuali a 14 km di risoluzione, da cui si è arrivati attraverso processi di downscaling, ad una risoluzione di 25 m di cell size. Le variabili predittrici utilizzate nel modello sono: temperatura media, media delle temperature massime del mese di Luglio, media delle temperature minime del mese di Gennaio, precipitazione totale Annuale, precipitazione Estiva, precipitazione Invernale, pendenza, contenuto di Carbonio nel suolo. Caratteristica peculiare di questo studio è l'aver posto tra i principali obiettivi, quello di implementare quest'ultima variabile con i valori realmente registrati nelle analisi pedologiche, mentre per quelle relative agli Scenari Futuri i valori di input sono state utilizzate le stime fornite dal modello Century, effettuate sulla base dell'effetto indotto dal cambiamento climatico ipotizzato. Correlando i dati di presenza con le variabili predittrici il modello individua ambiti geografici in uno scenario di clima modificato che possano ancora essere caratterizzati da parametri ambientali consoni alla nicchia realizzata del presente, e assegna loro un valore di probabilità di presenza più vicino a 1 (presenza certa) quanto più la cella del raster 25x25m ha caratteristiche più vicine all'ottimo di idoneità ambientale della specie. Per l'individuazione delle Unità Ambientali Attuali si è provveduto, tramite fotointerpretazione e successive revisioni nel corso dei 136 rilievi eseguiti su maglia regolare nel vallone. L'output della modellistica bioclimatica, in formato shapefile, è stato impiegato insieme al contenuto informativo delle Unità Ambientali Attuali per la redazione della carta delle Unità Ambientali Future. Si è proceduto individuando un insieme di unità che si presume restino invariate nel tempo (p.e. "Pareti rocciose"). Per ogni unità rimanente sono state individuate le specie maggiormente rappresentative, nonché la soglia di presenza. In alcune, al fine di affinare il risultato finale, si è proceduto introducendo anche soglie basate su parametri morfologici (quota, esposizione). I criteri, così definiti, sono stati salvati in forma di sintassi di query ed impiegati per generare lo shape file di ogni singola unità. Nell'elaborazione sono state inoltre inserite, come fattore di disturbo, le valanghe. Per quanto riguarda i boschi di conifere ed i rodoreti e rodoreto-vaccinieti, oltre alle soglie di presenza, si è applicato anche un criterio altitudinale, derivato dall'esame delle foto aeree storiche. Sono state mantenute invariate, così come le praterie montano-subalpine fresche, ipotizzando un mantenimento dell'attuale uso del suolo.

## Modello ecologico faunistico - Idoneità Ambientale

Per la modellizzazione faunistica è stato utilizzato il modello di idoneità faunistica BIOMOD elaborato da Arpa Piemonte, che consente di effettuare valutazioni della variazione di disponibilità di habitat attraverso il confronto tra lo stato attuale ed i differenti scenari, risultati dell'applicazione modellistica vegetazionale. Tale modello si basa sull'attribuzione, ad ogni cella dell'area di studio, di un valore di idoneità basato sull'affinità della vegetazione e sulle altre caratteristiche del territorio ritenute rilevanti per la specie (es. morfologia del territorio o presenza di pressioni antropiche). Per questo motivo i modelli classificano ciascuna porzione dell'area di studio sulla base dell'affinità e idoneità faunistica, che è principalmente in funzione delle caratteristiche vegetazionali e dell'habitat e delle variabili ambientali che influiscono sulla distribuzione della specie nel territorio (altitudine, esposizione, pendenza).

L'elaborazione del modello, effettuata in ambiente GIS mediante l'utilizzo del *modeler builder* di Arc Gis, ha previsto le seguenti elaborazioni:

analisi delle relazioni specie-ambiente ed attribuzione dei punteggi di affinità specie-habitat con la creazione di mappe preliminari.

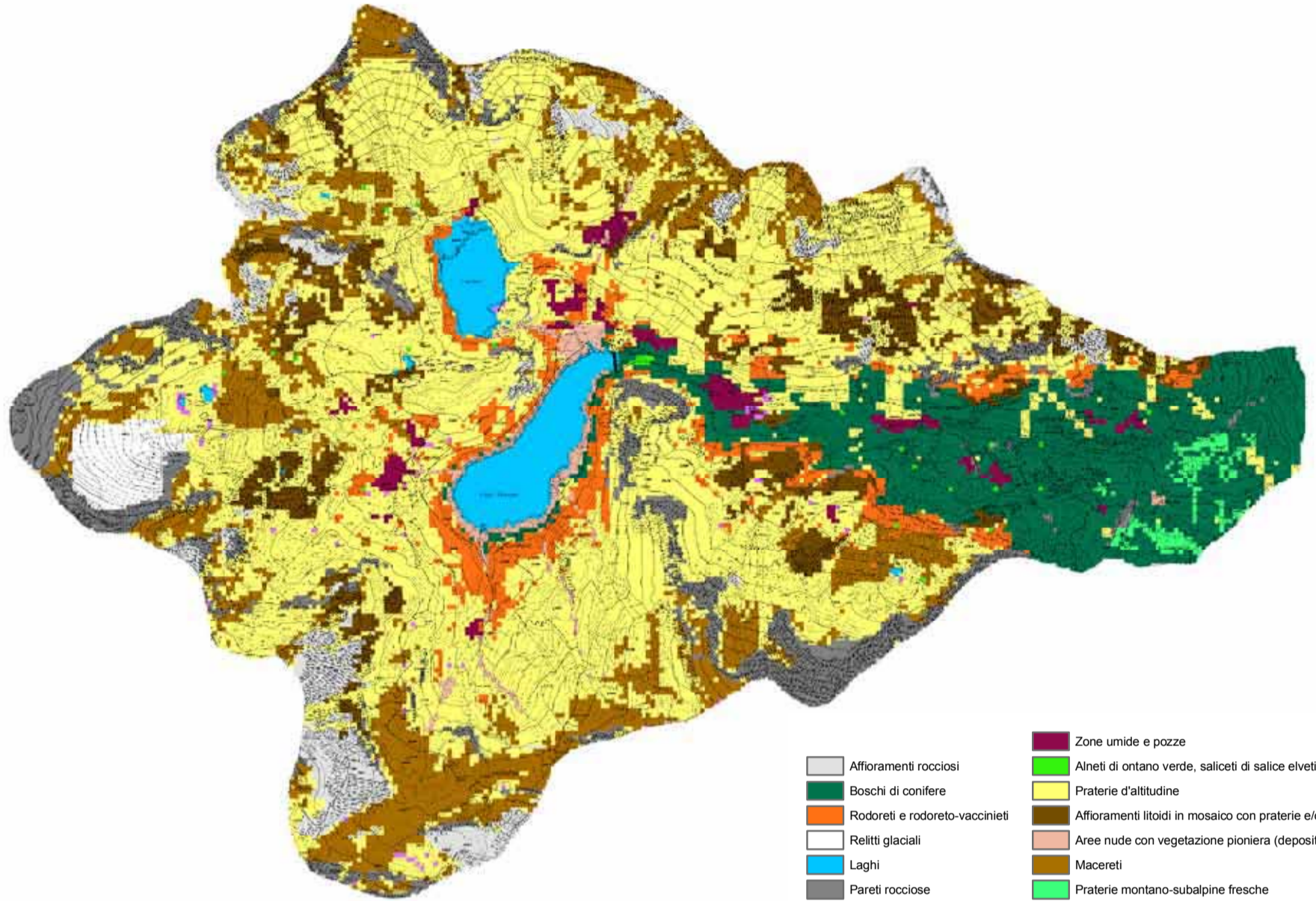
Elaborazione del modello e creazione delle mappe di distribuzione potenziale (idoneità ambientale) per la pernice bianca per lo stato attuale e per gli scenari previsti. I valori ottenuti variano tra 0 ed 1. Le celle con valore 0 corrispondono alle porzioni di territorio non idonee alla presenza della specie. Le celle con valore 1 rappresentano territori a maggiore idoneità ambientale in cui la specie è in grado di espletare indisturbata le principali funzioni vitali. Realizzazione di modelli di idoneità ambientale per la pernice bianca per lo stato attuale, scenario A1B e scenario A1Fi. Per lo scenario A1B vengono presentati 2 differenti elaborazioni, una con l'inserimento della variabile altitudine ed un'altra senza; la modificazione nel tempo di tale variabile infatti viene rappresentata, almeno in parte, nel modello vegetazionale. Nella versione con altitudine si è viceversa applicata un'interpolazione seguendo una trasformazione termodinamica adiabatica secca che esprime di quanto nello scenario si sposteranno le temperature medie attualmente riscontrate nella fascia altitudinale preferita dalla specie.

Maffiotti A., Vietti D., Ferrarato M. "Conservation of biodiversity in the alpine lakes. Lakes management tools on a regional and local scale" - Interreg IIIB Alpine Space, Progetto Alplakes - Torino - 2007

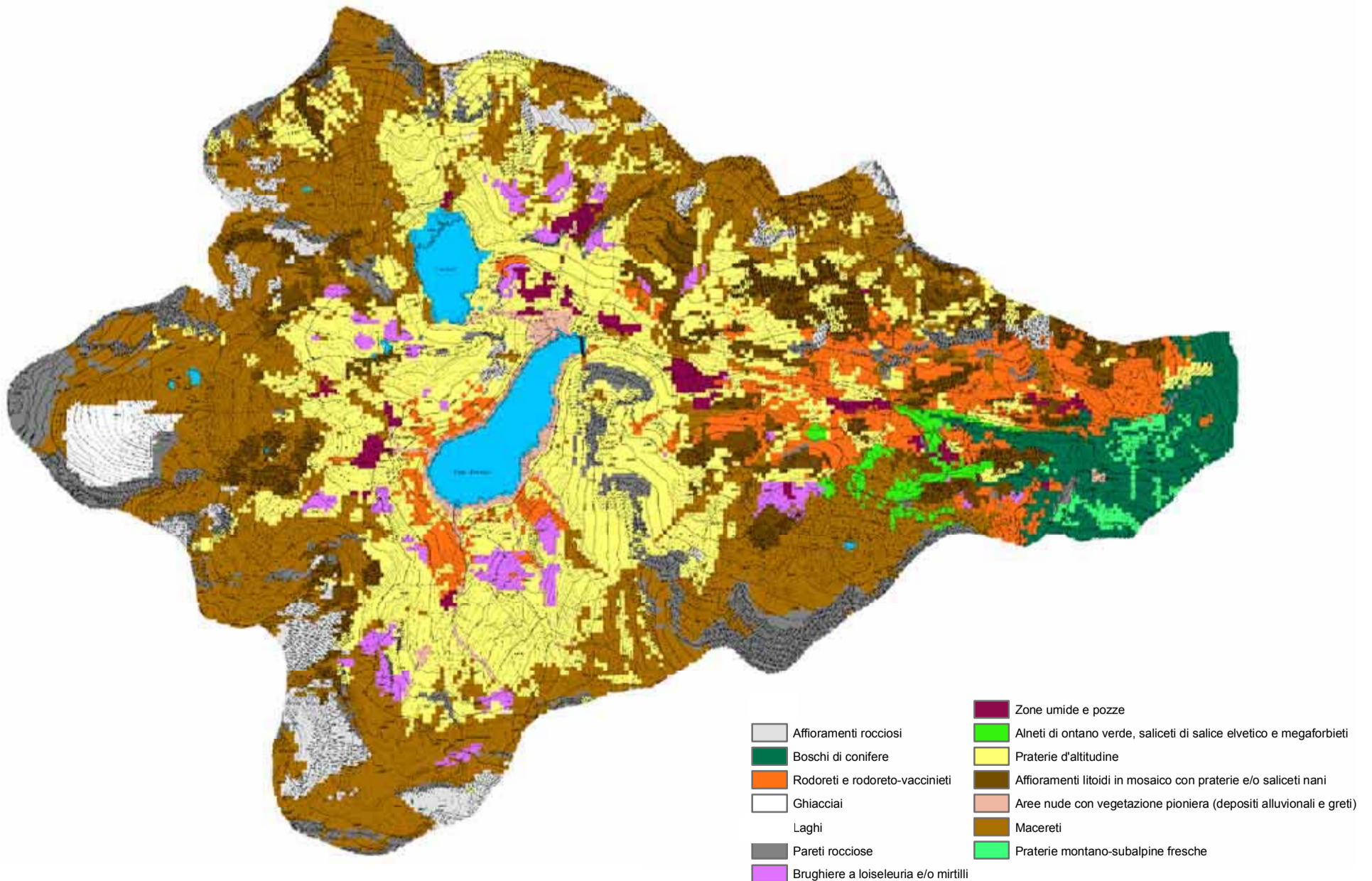
Attorre F., Alfò M., De Sanctis M., Francesconi F., Bruno F., 2007. Comparison of interpolation methods for mapping climatic and bioclimatic variables at regional scale. *International Journal of Climatology*, vol. 27: 1825-1843.

Attorre F., Collalti A., Francesconi F., Valenti R., Bruno F. 2008. Produzione di mappe climatiche e bioclimatiche mediante Universal Kriging con deriva esterna: teoria ed esempi per l'Italia. *Forest@ 5* (1): 8-19.

Attorre F., Alfò M., De Sanctis M., Francesconi F., Valenti R., Vitale M. & Bruno F., 2010. Evaluating the effects of climate change on tree species abundance and distribution in the Italian peninsula. *Applied Vegetation Science* 2010: 1-14. doi: 10.1111/j.1654-109x.2010.01114x.

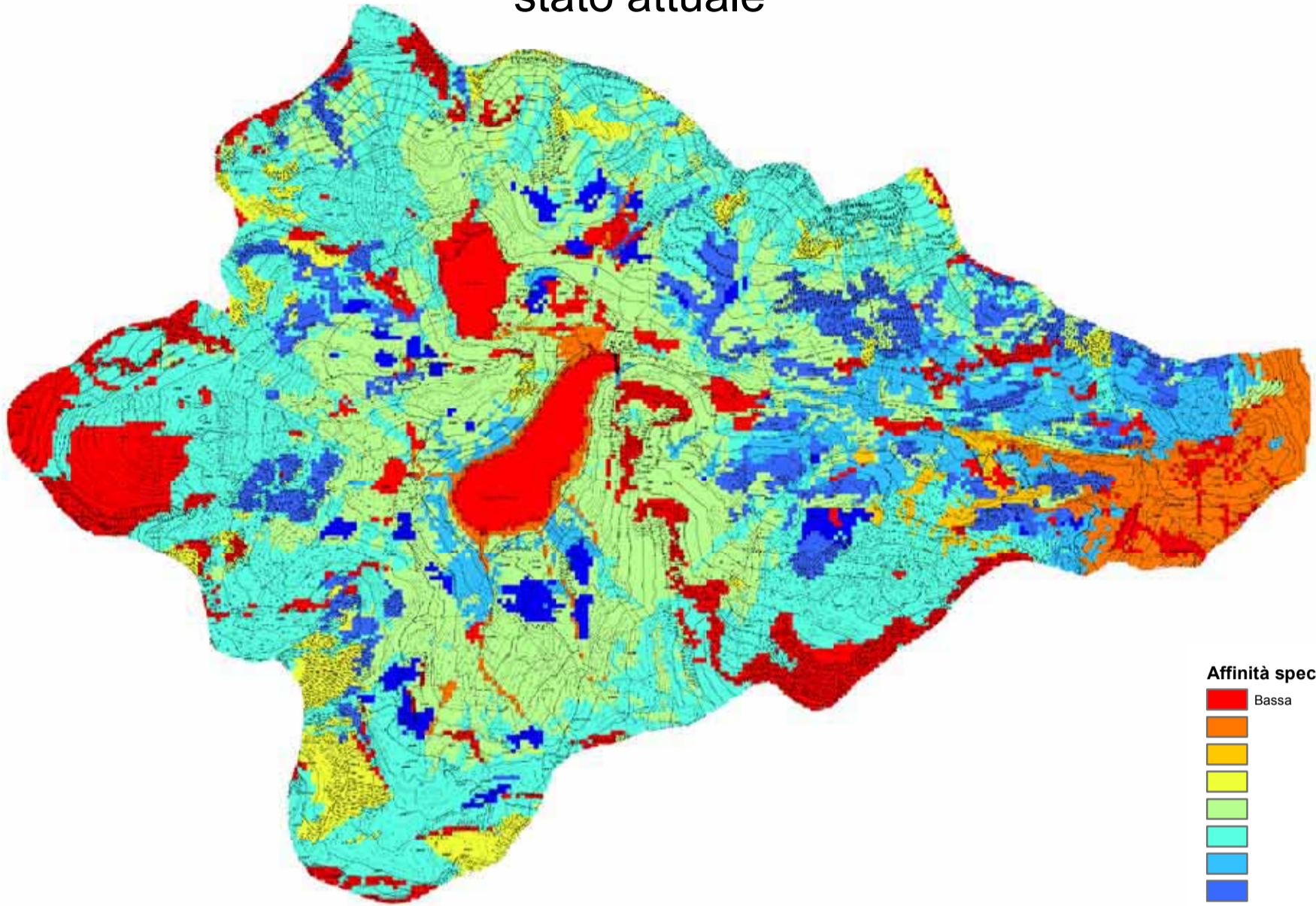


# Unità ambientali stato attuale



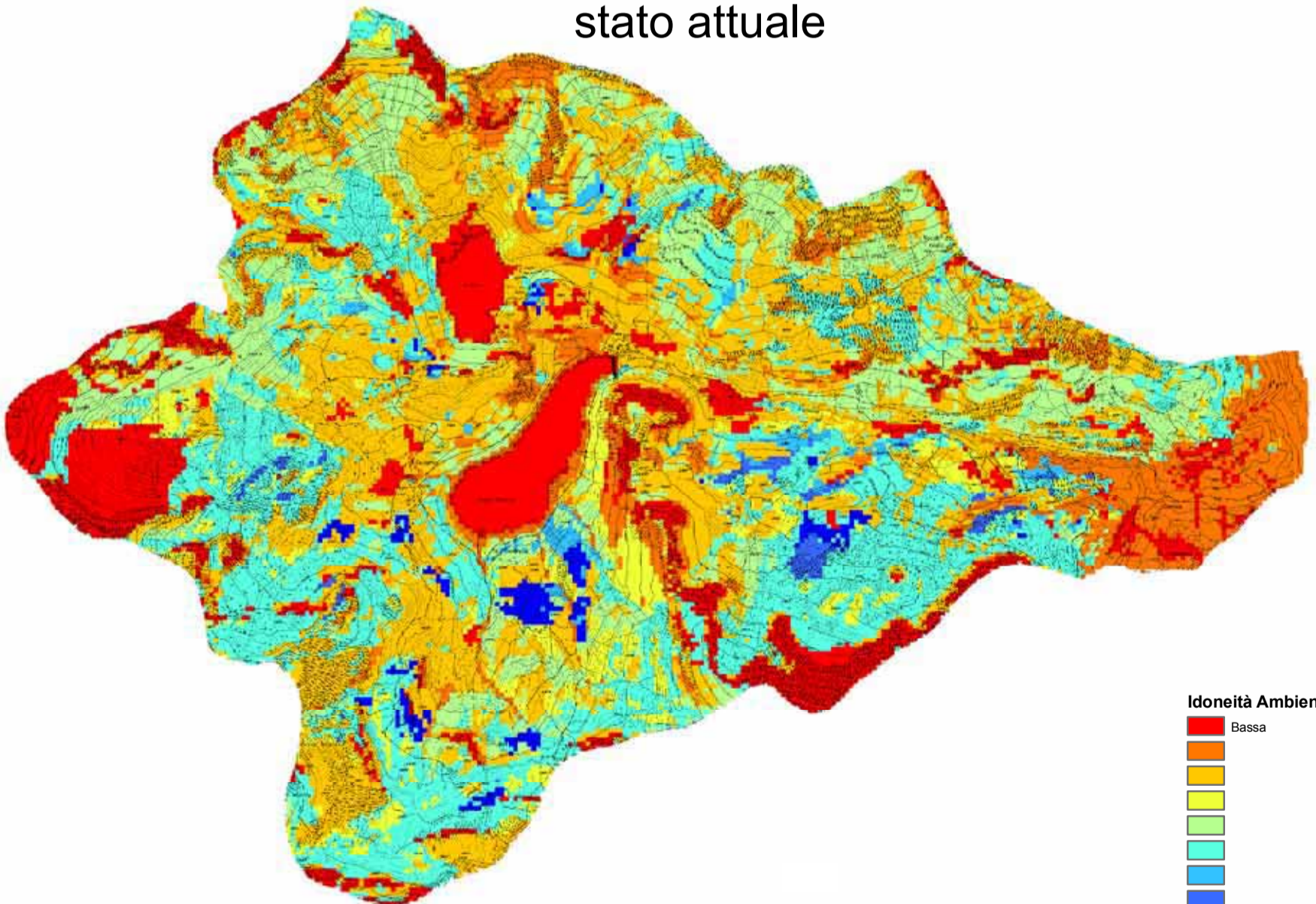


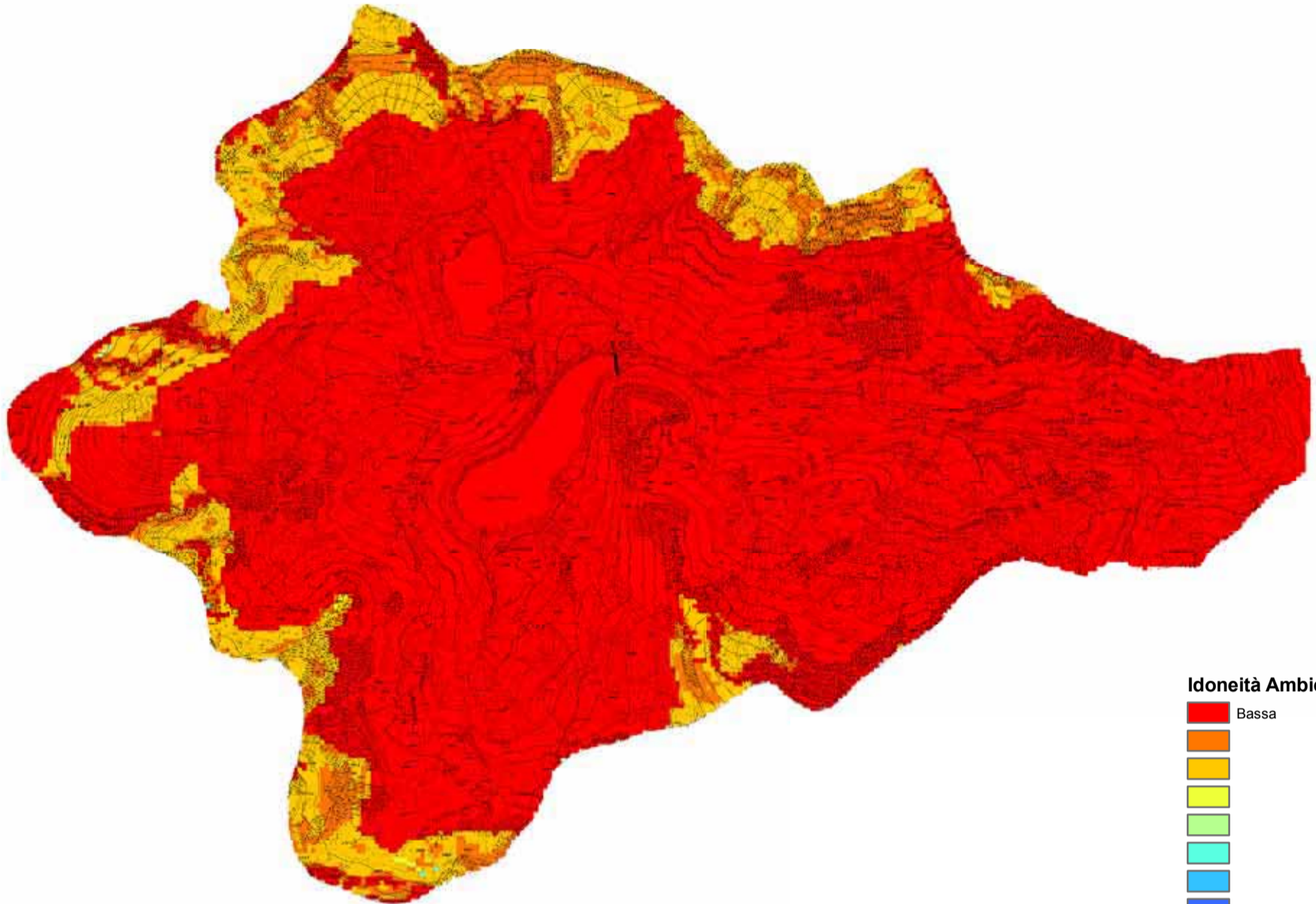
## Affinità specie-habitat per la pernice bianca stato attuale



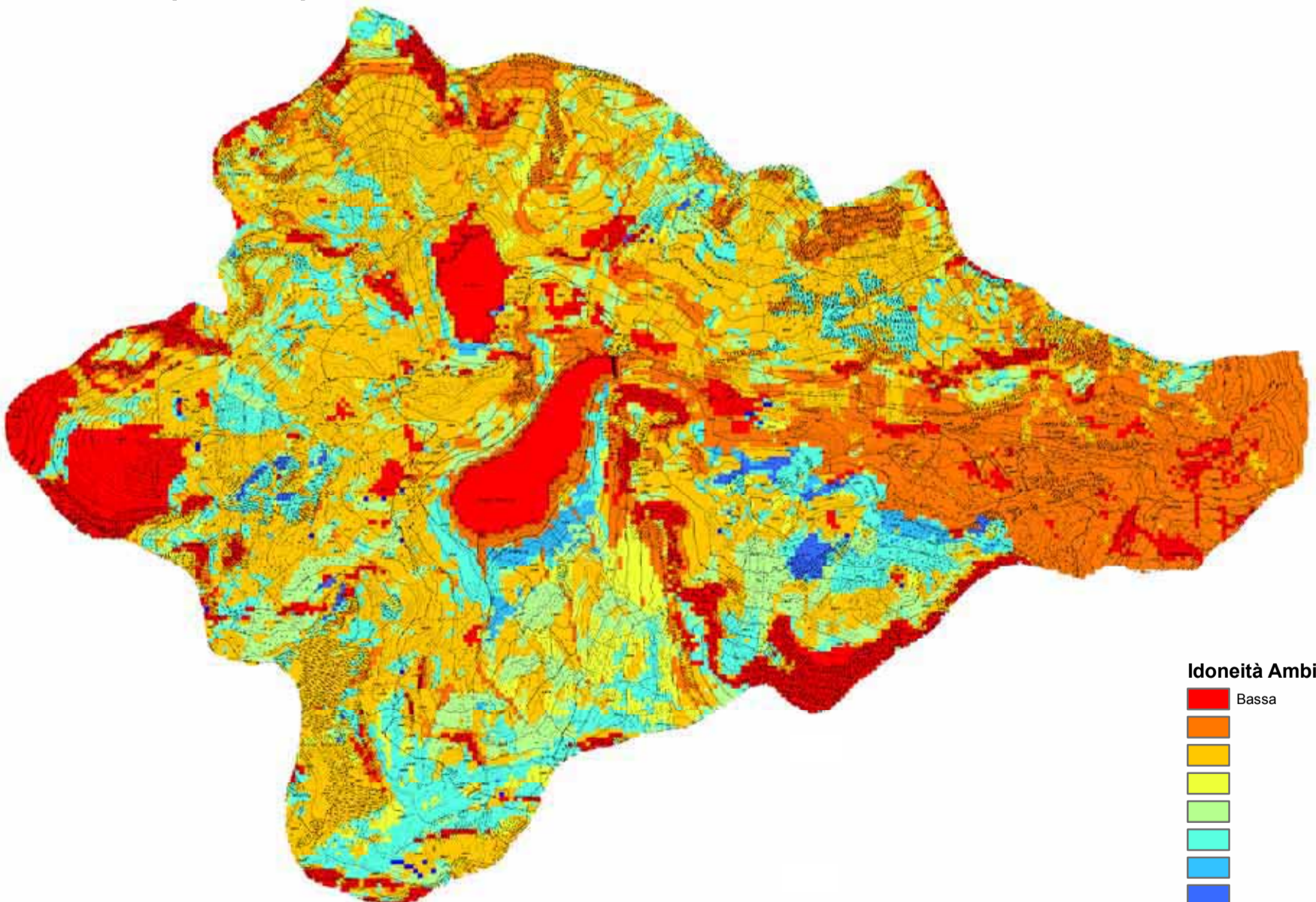
1 000 500 0 Meters

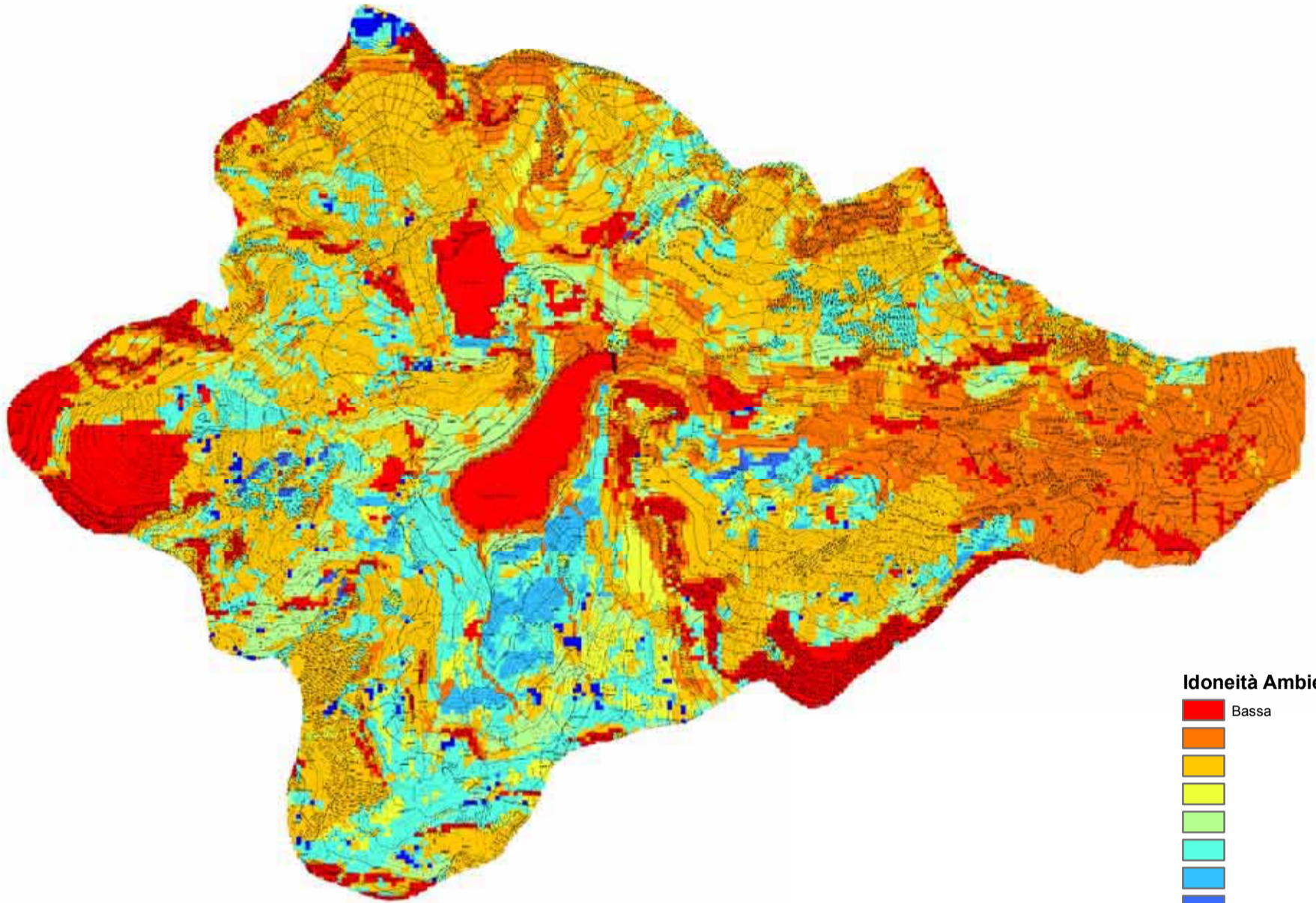
## Modello ecologico Biomod-idoneità ambientale per la pernice bianca stato attuale





Carta del modello Biomod/idoneità ambientale  
per la pernice bianca: scenario A1B senza altitudine





## Unità ambientali scenario A1Fi

