

con il
patrocinio di:



Comune di
Castel Gandolfo



Comune di
Rocca Priora

SOS LAGHI “ALBANO” E “DI NEMI” **diminuzione “allarmante” del livello idrico**

cause - conseguenze - soluzioni - idee progettuali

Stima degli effetti dei prelievi idrici sull’equilibrio idrodinamico dell’acquifero dei Colli Albani

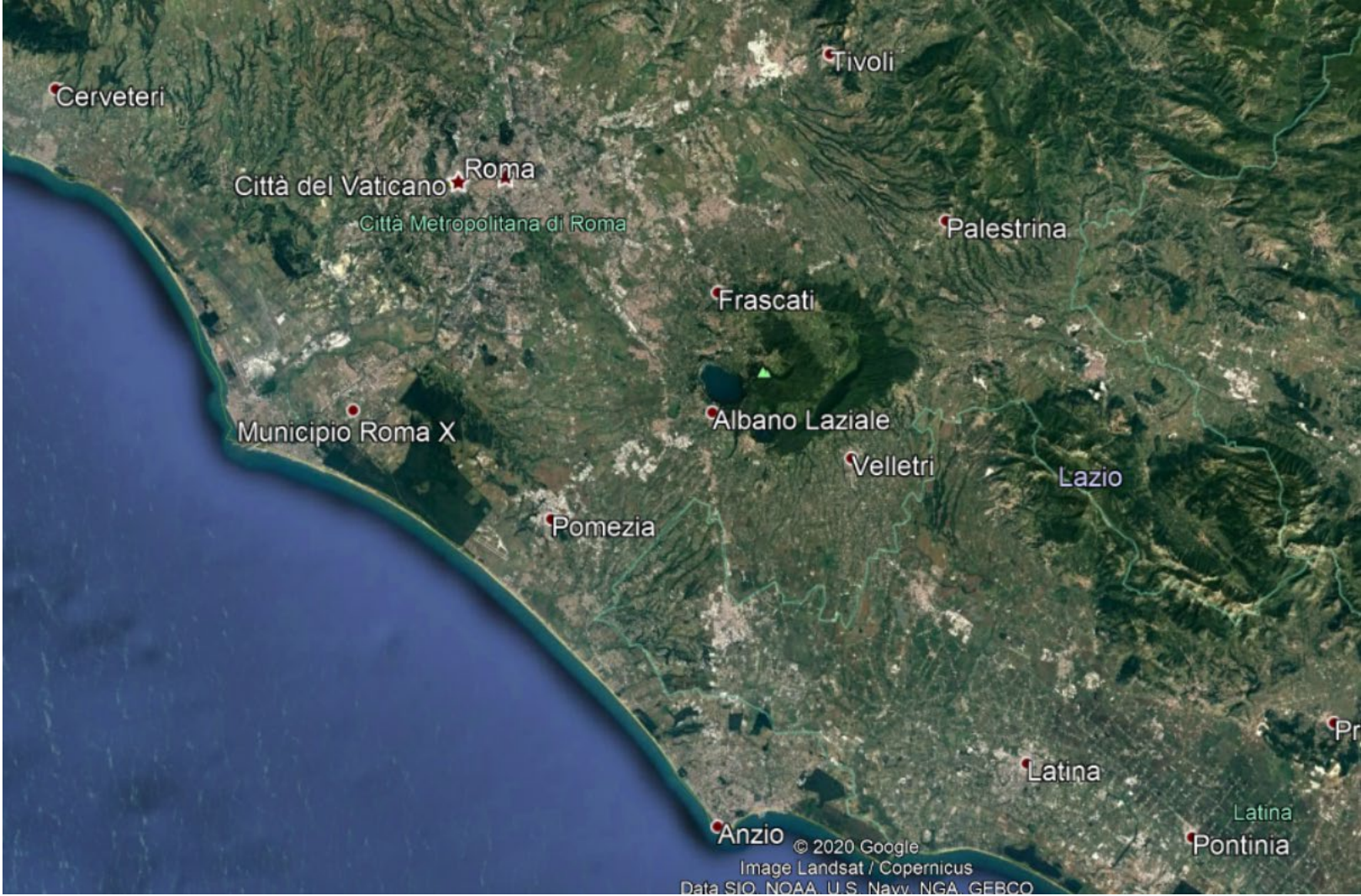
dott. Geol. Carlo Gazzetti

INDICE

1. CARATTERISTICHE DELL'AREA
2. ASSETTO IDROSTRUTTURALE E IDRODINAMICO
3. BILANCIO IDRICO – «condizioni naturali» (bassa influenza dei prelievi)
4. RICOGNIZIONE DEGLI USI DELLE ACQUE E PRELIEVI IDRICI
5. BILANCIO IDRICO - condizioni attuali
6. RIEQUILIBRIO DEL BILANCIO IDRICO Definizione di un piano di tutela quantitativa
7. POTENZIALI EFFETTI DELLA VARIAZIONE CLIMATICA Prime applicazioni all'area albana

CARATTERISTICHE DELL'AREA

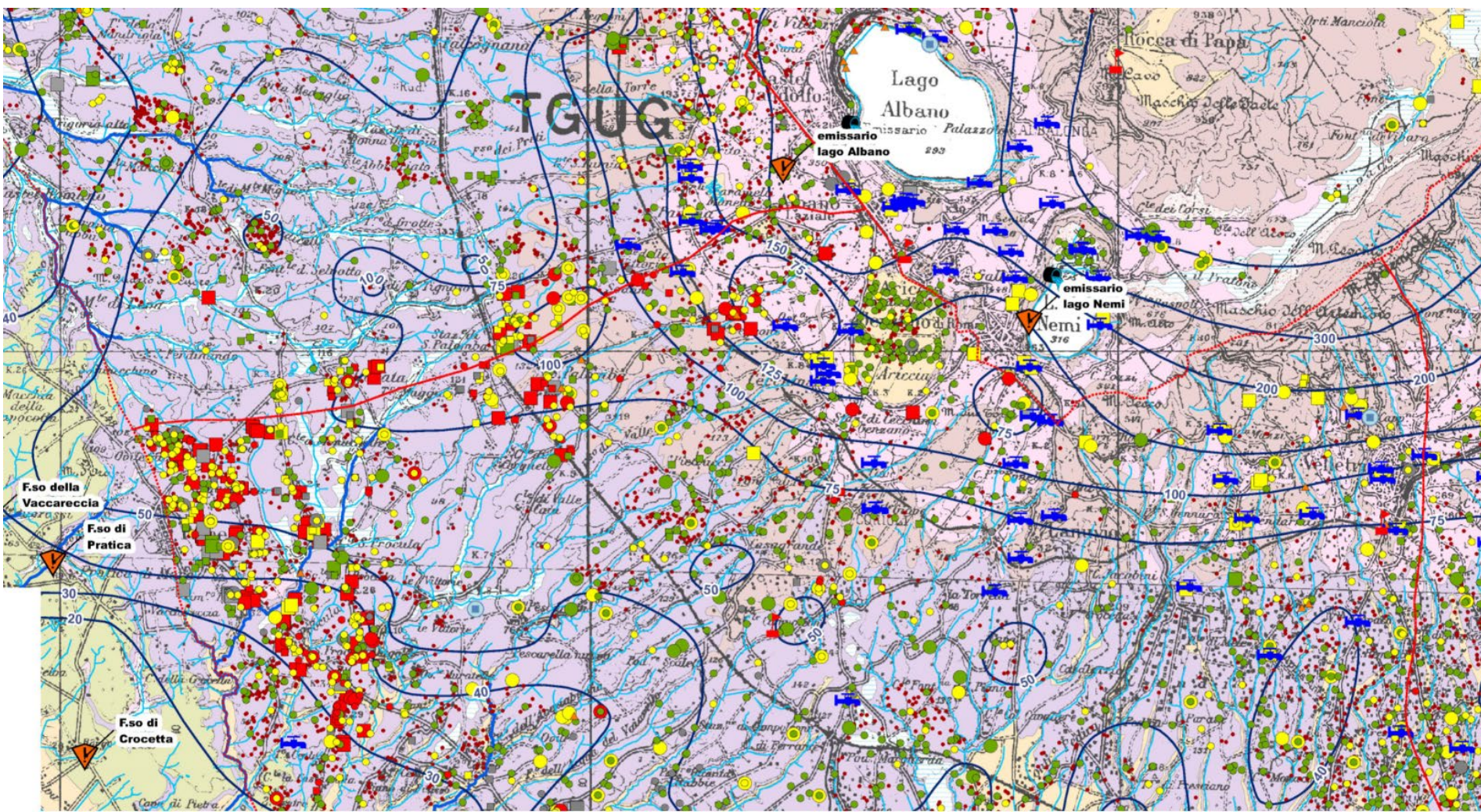
Caratteristiche dell'area



Caratteristiche dell'area



Caratteristiche dell'area



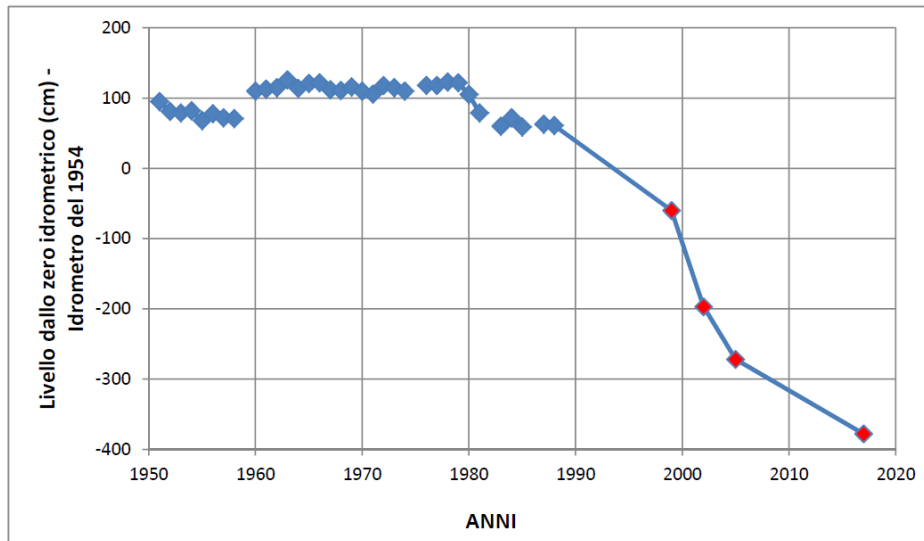
Ricognizione derivazioni

- uso industriale
 - uso irriguo
 - altri usi
 - uso non dichiarato
 - pozzi e campi pozzi di acquedotto
- Convenzione tra Autorità dei Bacini Regionali Regione Lazio e CERI - Sapienza Università di Roma

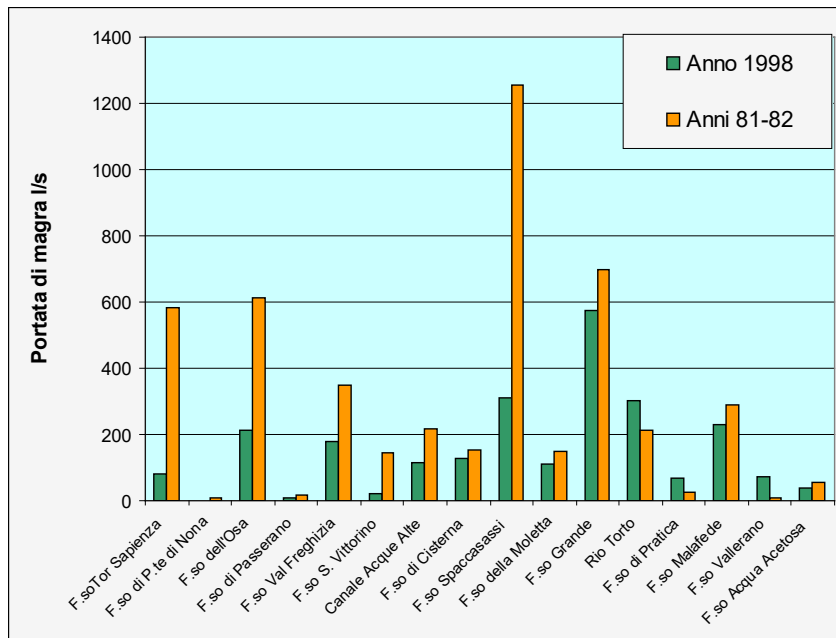
Studi idrologici

- linee isopiezometriche (m s.l.m.). Campagna di misure 2006 (convenzione Regione Lazio -Università di Roma Tre)
- reticolo idrografico perenne
- reticolo idrografico

MANIFESTAZIONE DEGLI SQUILIBRI



Livello medio annuale del Lago Albano rispetto allo zero idrometrico. I punti evidenziati in rosso sono riferiti a misure singole effettuate nel mese di agosto dei relativi anni.



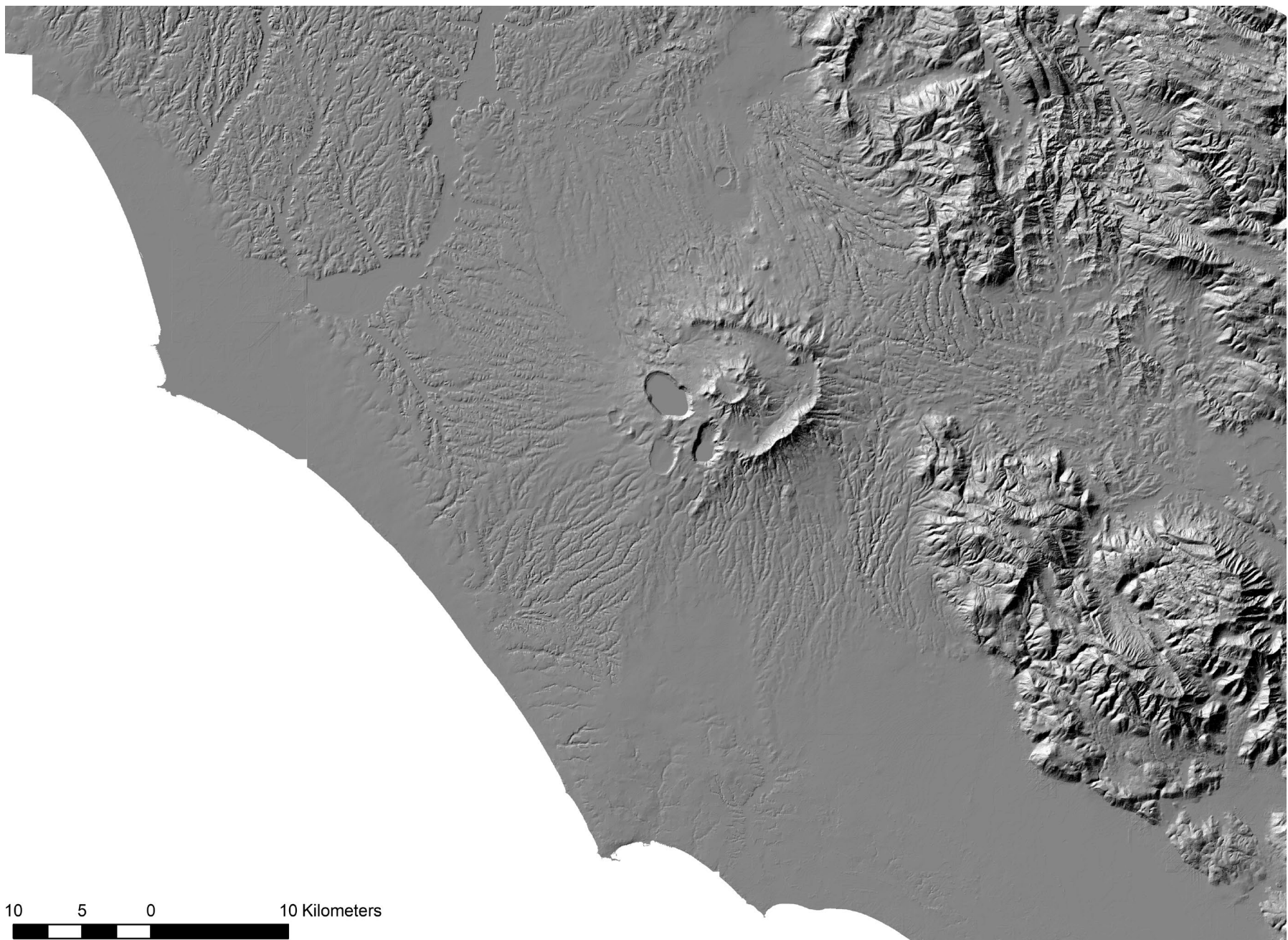
Riduzione delle portate di magra dai principali fossi che drenano la falda di base dei Colli Albani

Livello del Lago di Albano

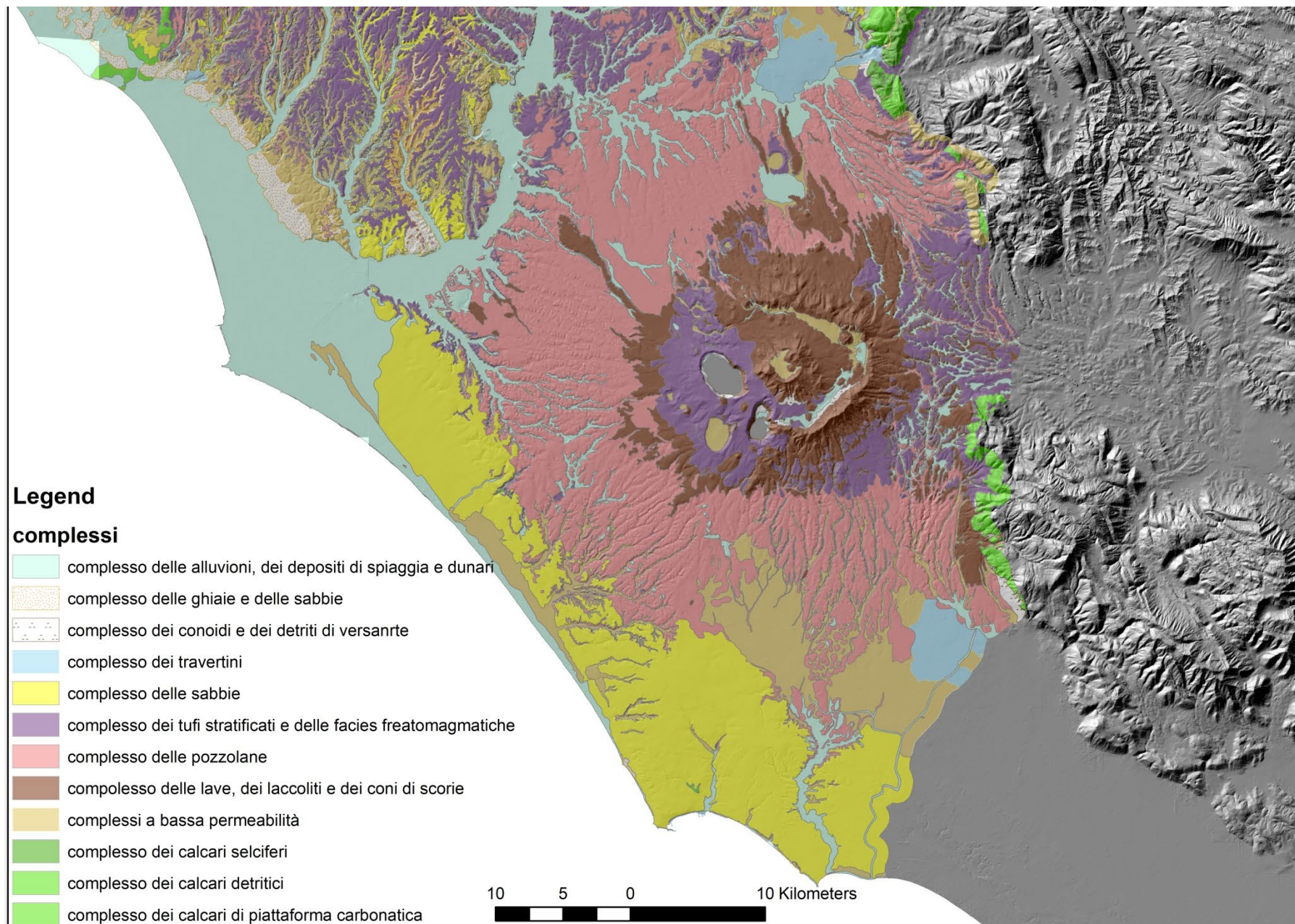


ASSETTO IDROSTRUTTURALE
E
IDRODINAMICO

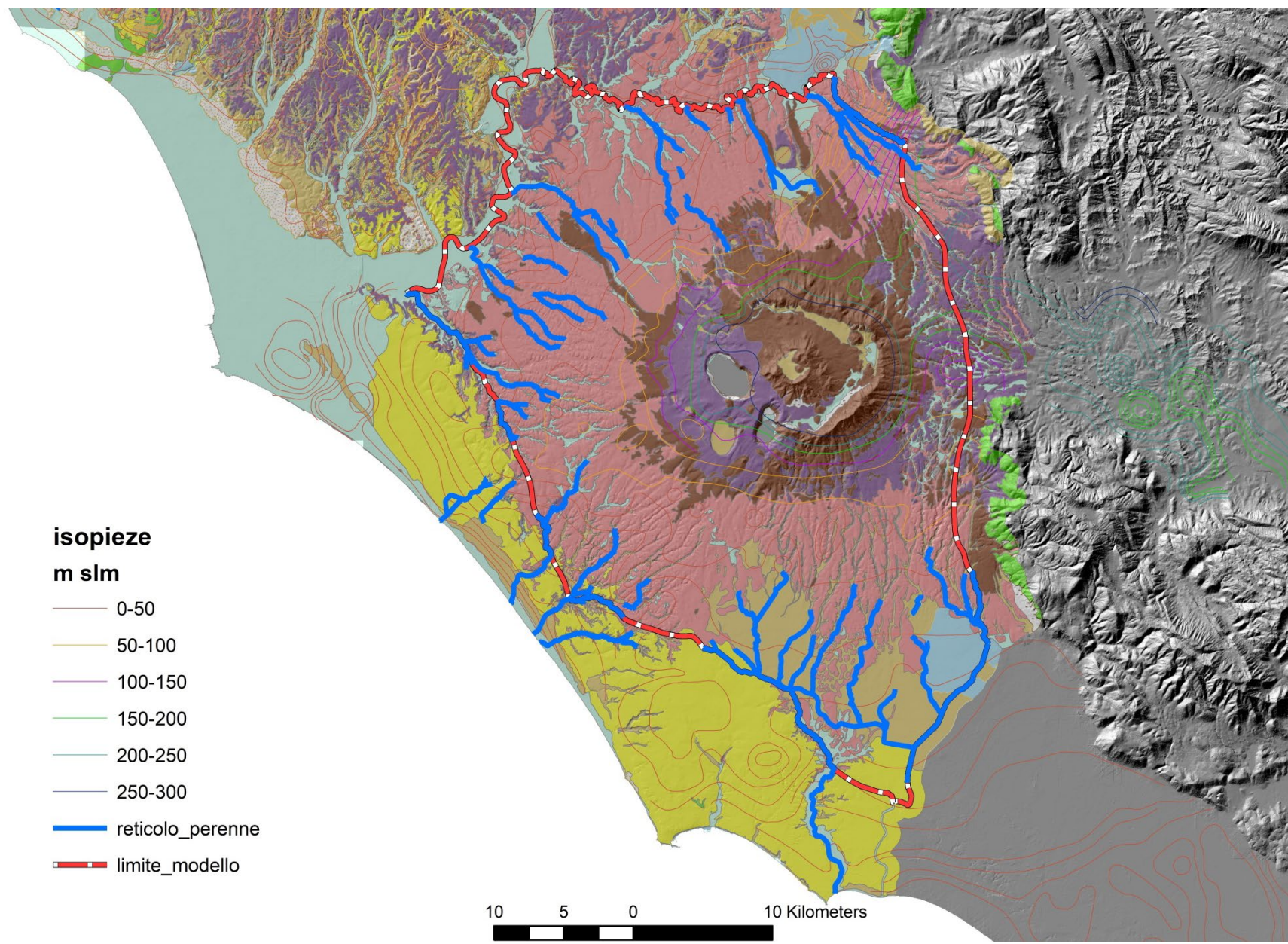
Assetto idrostrutturale e idrodinamico



Assetto idrostrutturale e idrodinamico



Assetto idrostrutturale e idrodinamico



Portata naturale reticolo drenante (anni 70')

7'400 l/s



Portata rilevata alla fine degli anni 90'

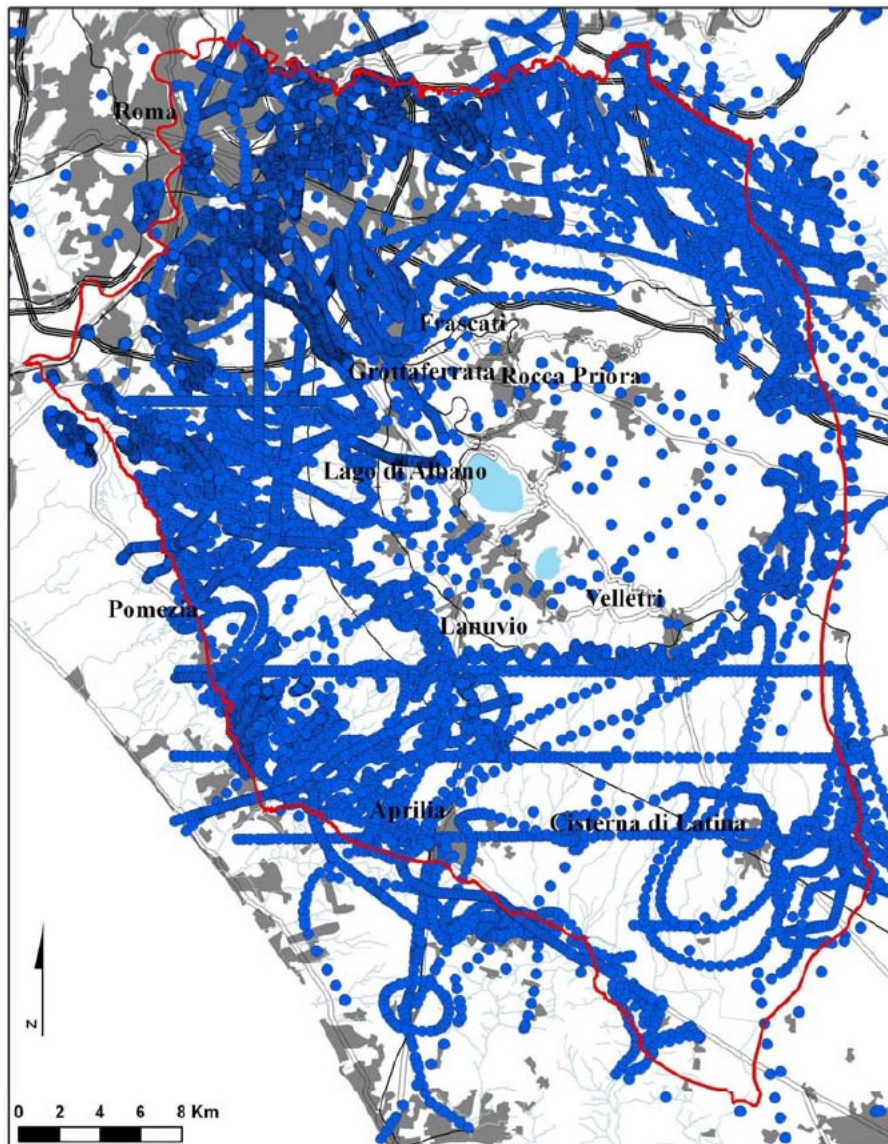
3'054 l/s

di cui circa **900 l/s costituiti da scarichi**

In condizioni ante crisi (fine anni settanta) i laghi avevano una considerevole portata agli emissari:

Albano: circa 148 l/s (media) – 116 l/s (minima)

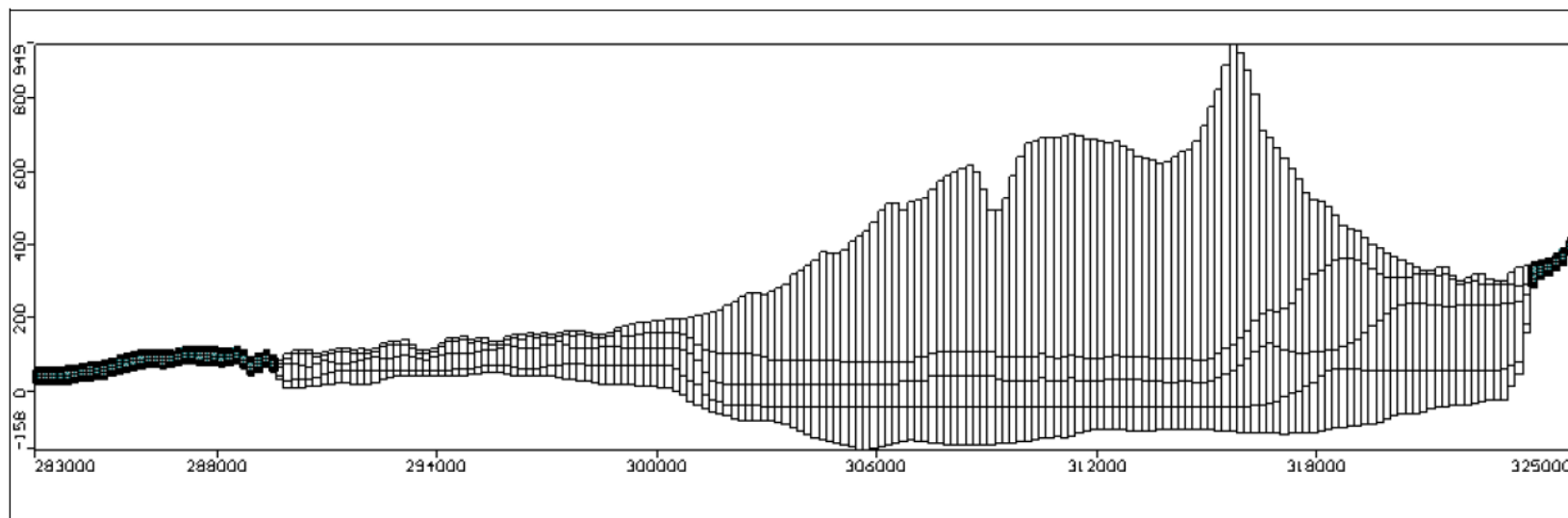
Nemi: circa 28 l/s (media) - 2 l/s (minima)

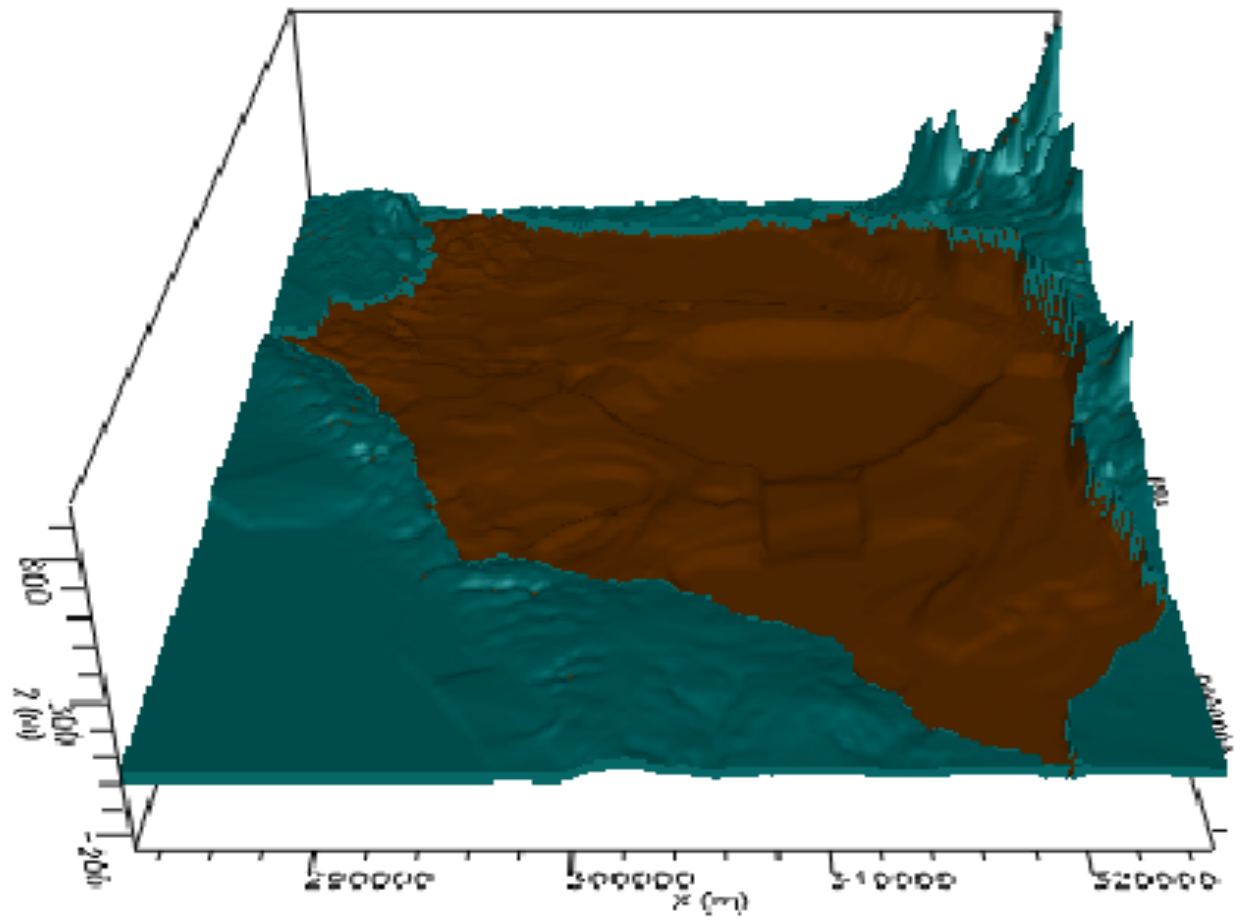


Per la ricostruzione dell'assetto idrostrutturale sono state analizzate oltre 3000 stratigrafie di perforazioni.

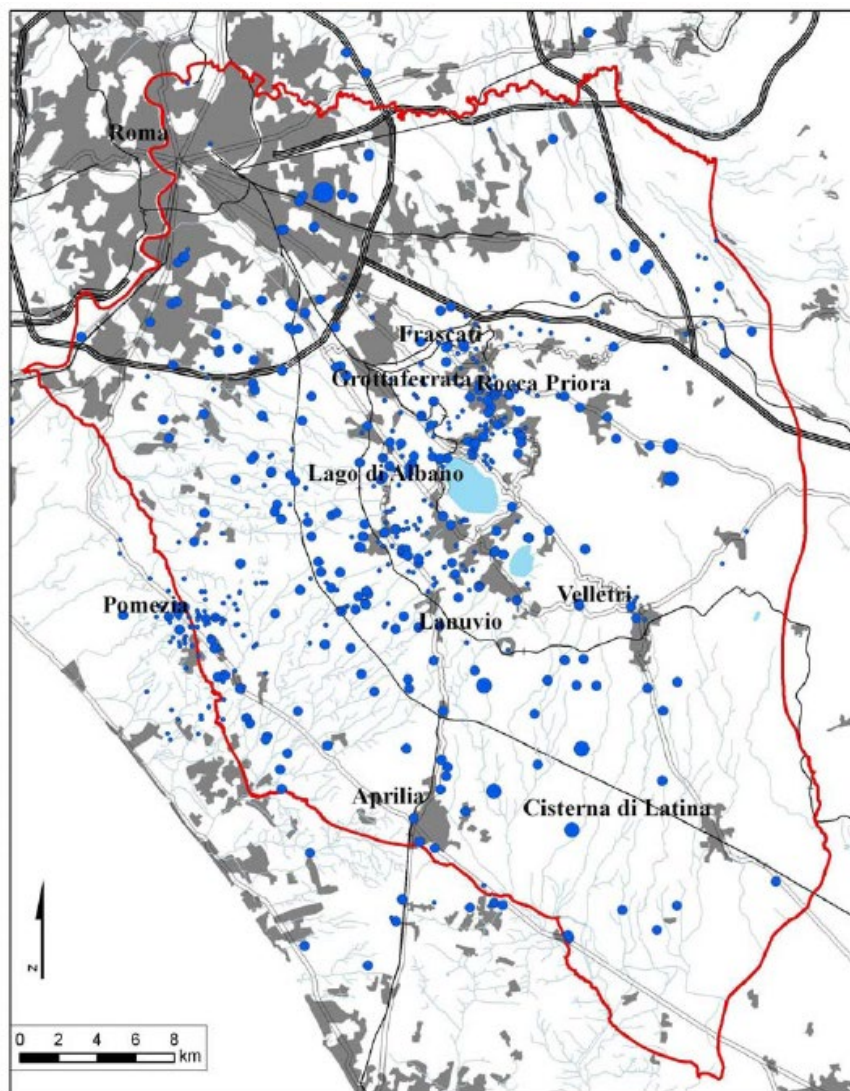
(Convenzione Regione Lazio – Univ. Roma Tre)

1. Ignimbriti, Pozzolane, Lave ecc.. successive alla fase Ticolano-Artemisia (strato n 1);
2. Tufo Lionato e tufo di Villa Senni (strato 2);
3. Pozzolane rosse e pozzolane nere (strato n. 3);
4. Ghiaie e lave di base e tufi pisolitici (strato n. 4)





Ricostruzione del tetto del substrato dell'acquifero



Legenda

Trasmissività idraulica (m/s)

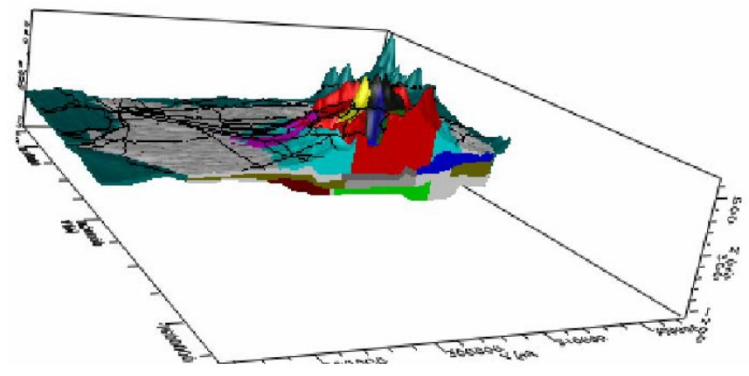
- 0.000014 - 0.001000
- 0.001001 - 0.100000
- 0.100001 - 0.250000

- 0.250001 - 0.400000
- 0.400001 - 0.450000
- 🔴 Limite area di simulazione per Modflow

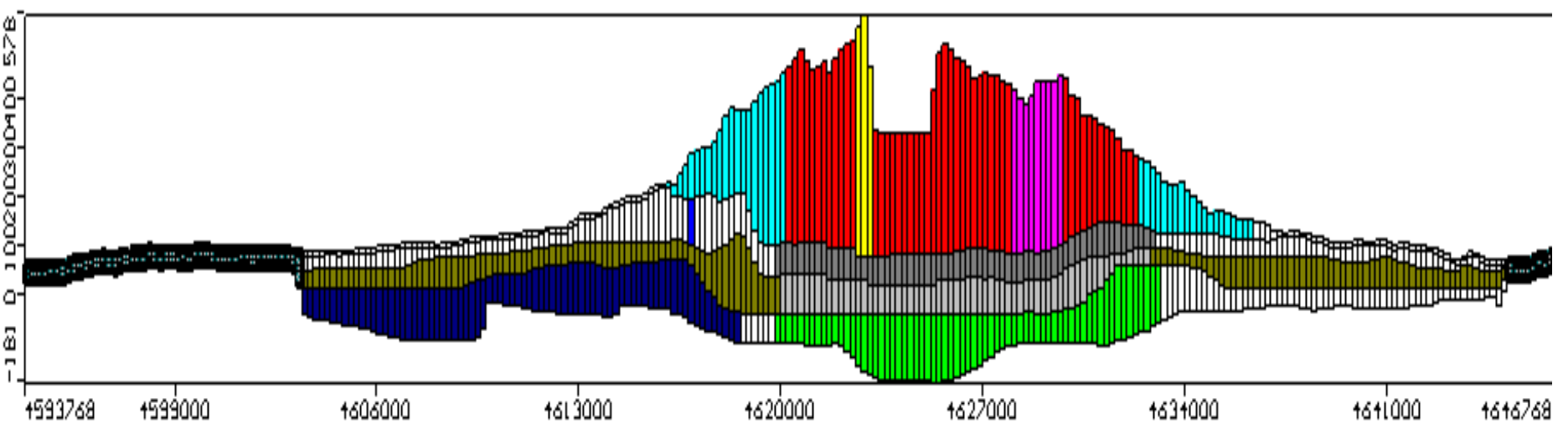
PUNTI DI MISURA DELLA CONDUCIBILITA' IDRAULICA DELL'ACQUIFERO

Complesso idrogeologico	Conducibilità idraulica (m/s)	
	Piroclastiti indifferenziate, poco alterate	$1,5 \times 10^{-5}$
Ghiaie e sabbie fluviali, con pochi livelli argillosi	$1,5 \times 10^{-4}$	1×10^{-4}
Lave	2×10^{-4}	5×10^{-5}
Pozzolane Rosse e Nere con livelli di paleosuoli argillificati che riducono la permeabilità verticale	7×10^{-5}	3×10^{-5}
Piroclastiti intracalderiche con permeabilità ridotta a causa dell'alterazione da parte di fluidi circolanti	$4,5 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-7}$
Piroclastiti cineritiche intracalderiche	$5,5 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-7}$
Cineriti e tufi prevalenti (Tufo di Villa Senni, Tufo Lionato)	2×10^{-6}	$1,8 \times 10^{-7}$
Piroclastiti alterate a permeabilità ridotta nel settore calderico e orientale dell'edificio vulcanico	7×10^{-7}	$1,8 \times 10^{-7}$
Prodotti intracalderici, piroclastiti alterate, livelli lacustri ecc	4×10^{-6}	$1,1 \times 10^{-8}$
Piroclastiti e lave di Monte Cavo	7×10^{-5}	2×10^{-6}

Assetto idrostrutturale e idrodinamico

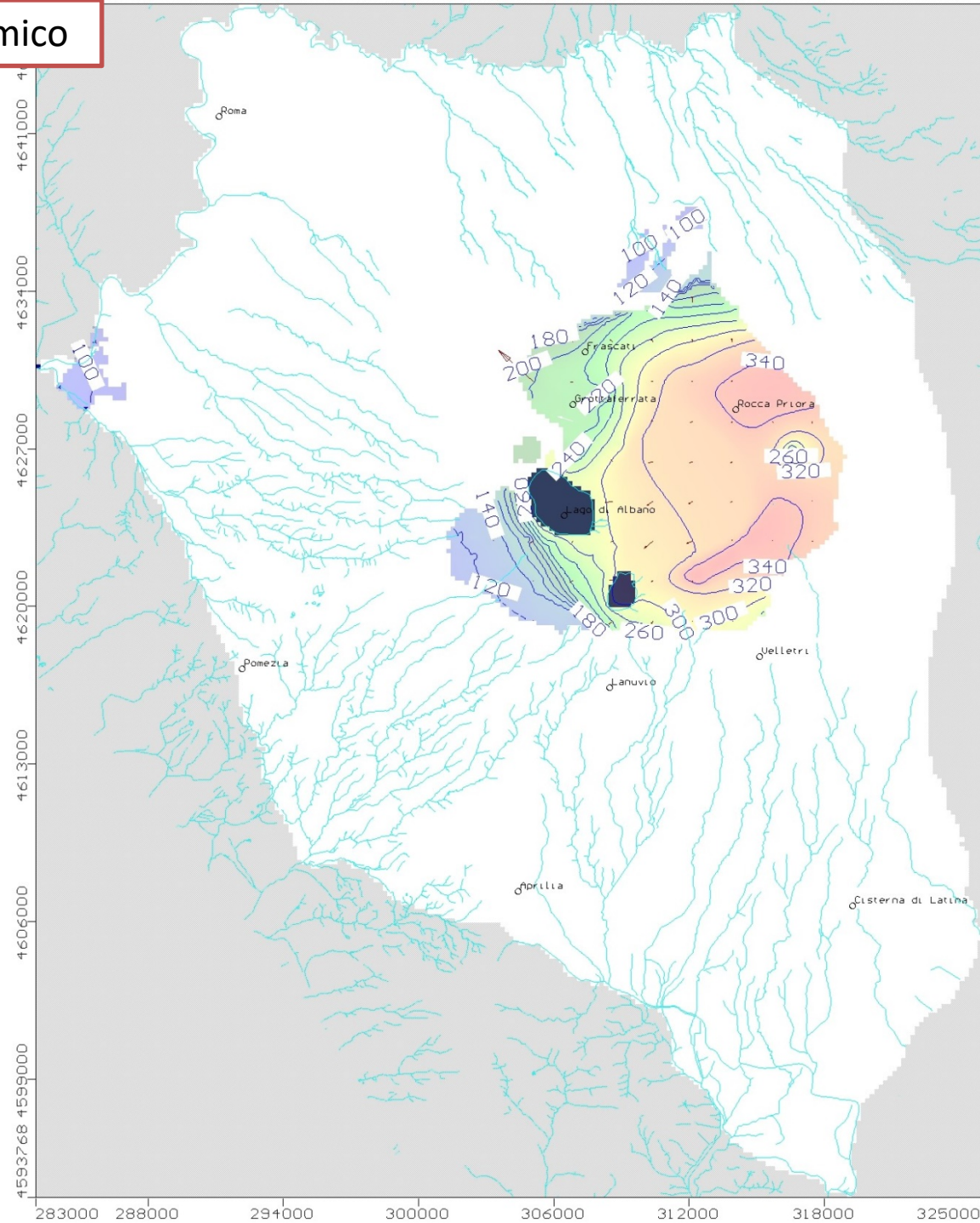


Zone	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]
1	1.5E-5	1.5E-5	2E-6
2	0.00015	0.00015	0.0001
3	0.00015	0.00015	0.0001
4	0.00015	0.00015	0.0001
5	7E-5	7E-5	5E-5
6	0.00015	0.00015	0.0001
7	7E-5	7E-5	3E-5
8	4.5E-6	4.5E-6	2.5E-7
9	5.5E-7	5.5E-7	1.4E-7
10	2E-6	2E-6	1.8E-7
11	7E-7	7E-7	1.8E-7
12	1E-6	1E-6	1.1E-7
13	4E-6	4E-6	1.1E-8
14	0.0002	0.0002	2E-6
15	2.3E-5	2.3E-5	2E-6
16	7.2E-5	7.2E-5	2E-6
17	0.0001	0.0001	2E-6
18	1E-6	1E-6	1.1E-8



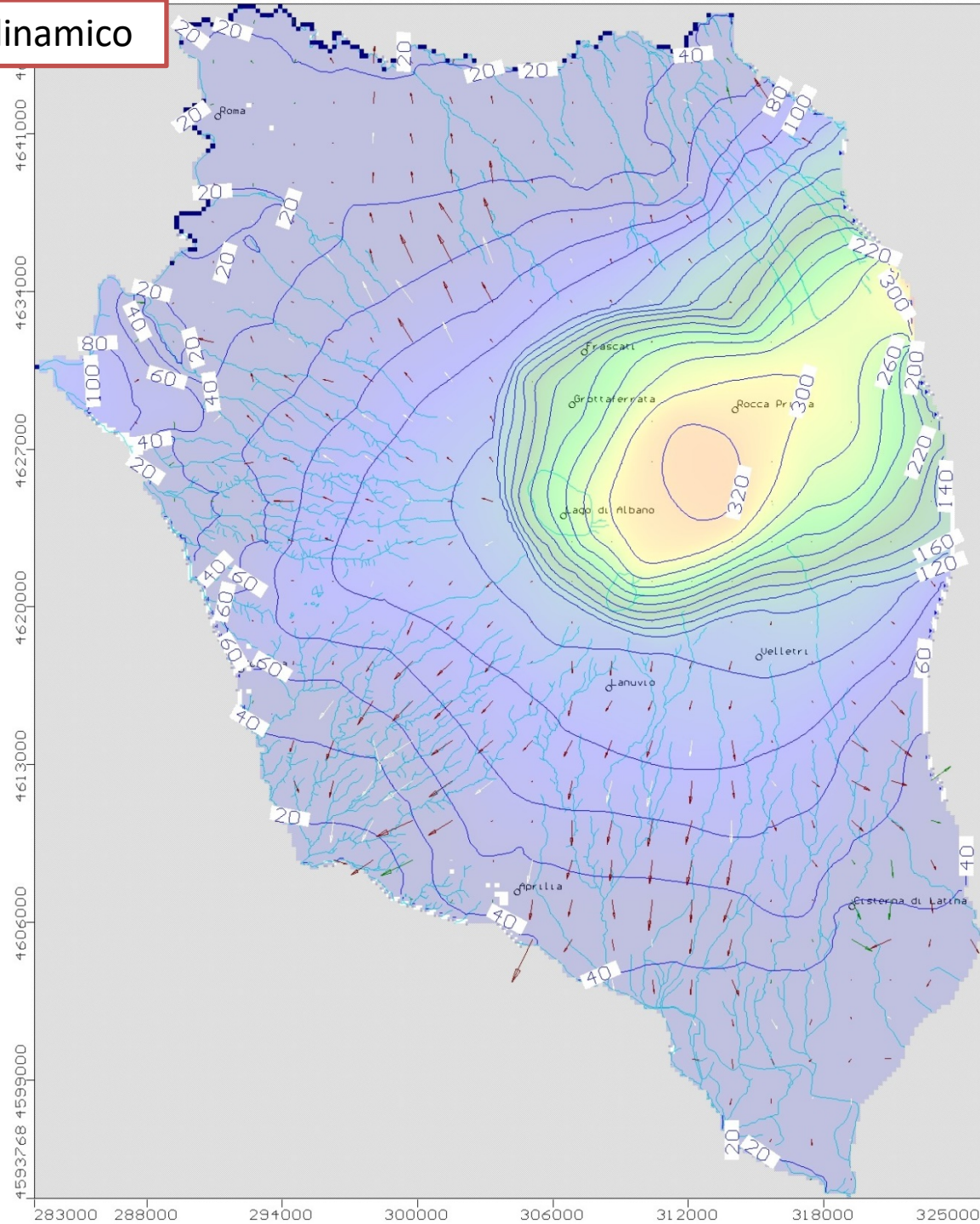
Assetto idrostrutturale e idrodinamico

CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERIORE

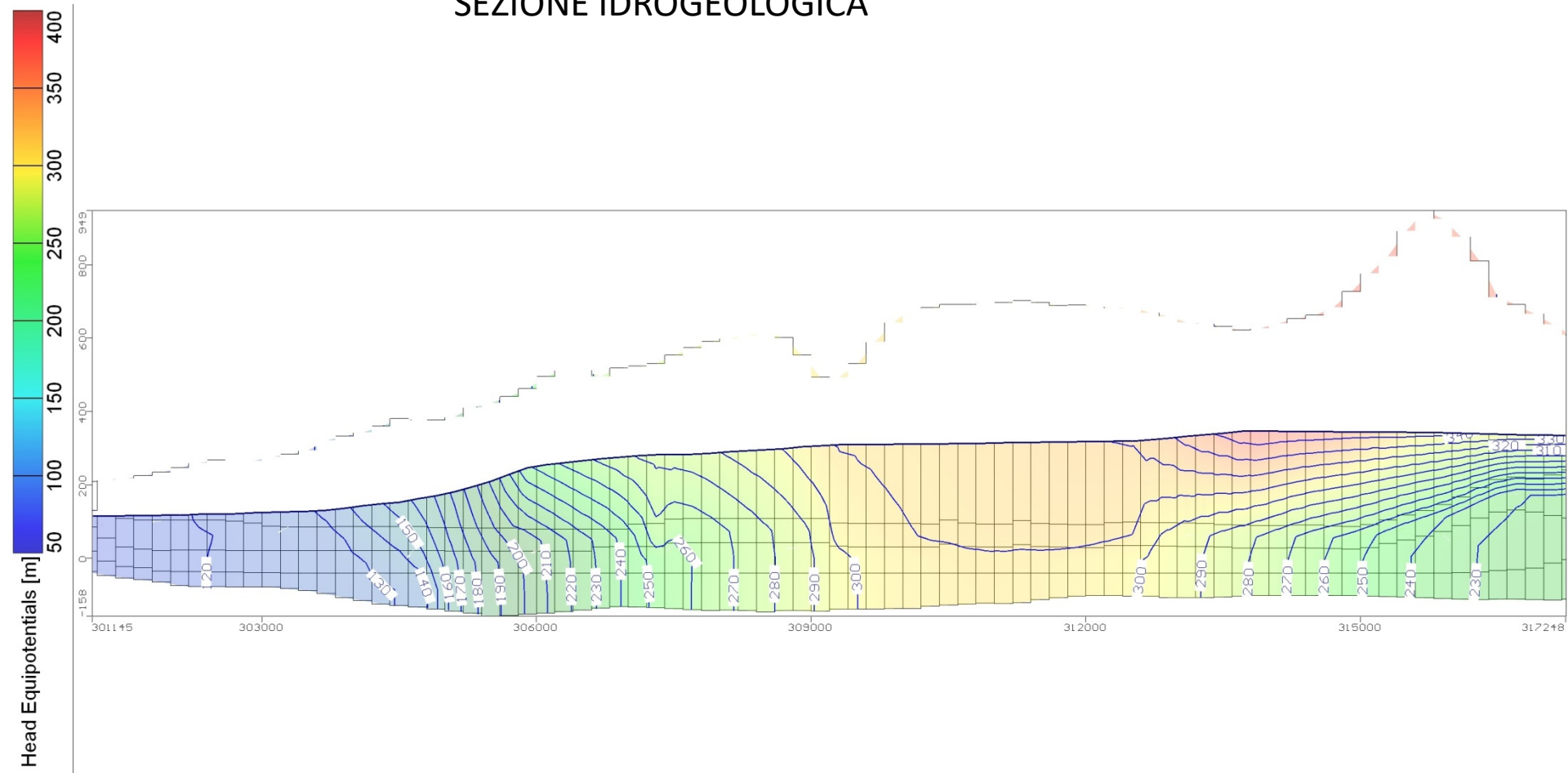


Assetto idrostrutturale e idrodinamico

CIRCOLAZIONE IDRICA BASALE

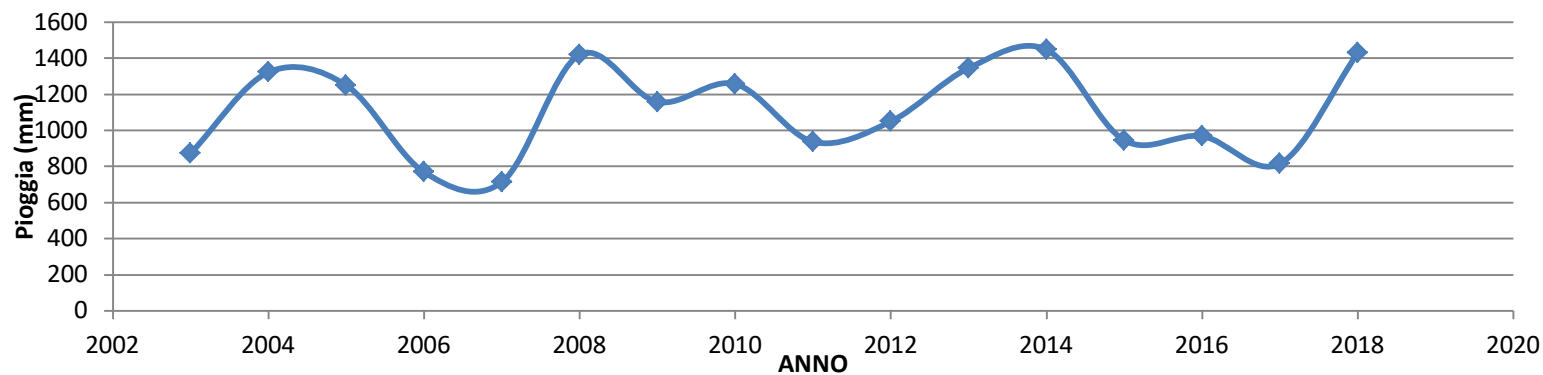


SEZIONE IDROGEOLOGICA



BILANCIO IDRICO
condizioni naturali
(bassa influenza dei prelievi)

Precipitazioni annue (stazione di Velletri)

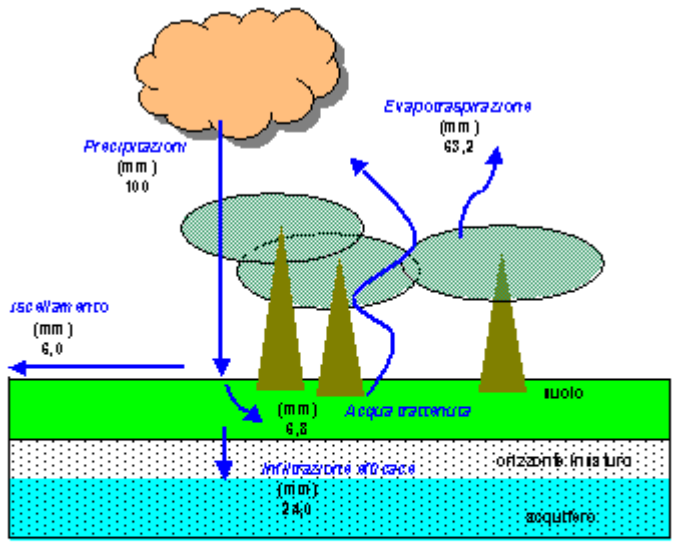


SCENARI CLIMATICI DI RIFERIMENTO PER L'AREA ALBANA

uno scenario medio, calcolato a partire da valori di precipitazioni e temperature medi del periodo 70-80 (circa 850 mm/anno) tenendo conto dell'uso del suolo (UTI) rilevato dalle fotografie aeree del 1990, cui corrisponde un'infiltrazione efficace media sull'area di 302 mm/anno (12'919 l/s sull'area);

uno scenario di periodo poco piovoso, calcolato a partire dai valori di precipitazioni e temperature medi del periodo 1997-2001 (circa 730 mm/anno) tenendo conto dell'uso del suolo (UTI) rilevato dalle fotografie aeree del 1990, cui corrisponde un'infiltrazione efficace media sull'area di circa 276 mm/anno (11'820 l/s sull'area);

Bilancio idrico in condizioni "naturali" - poco alterate



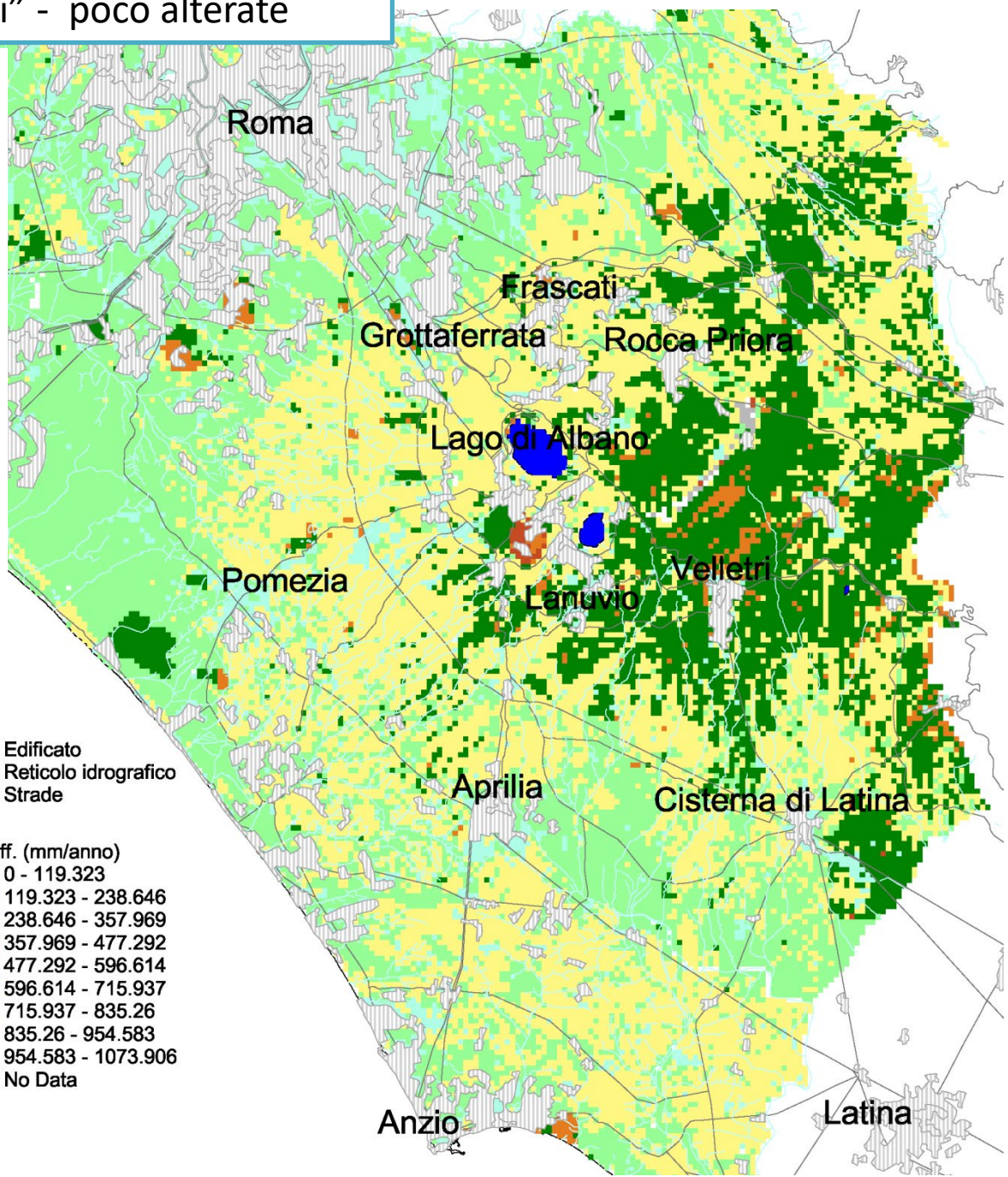
Variabili meteo-climatiche

Mese	T _{max} °C	T _{min} °C	T _{media} °C	P mm	R.A. mm
aprile	14,4	7,1	10,7	10,0	14,0

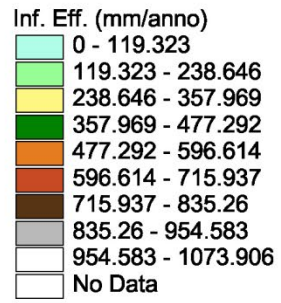
Variabili di sito

Kc	AWC	Ck	U _{eff}	Area arborata
-	mm	-	% di AWC	-
0,85	86	0,2	92	no

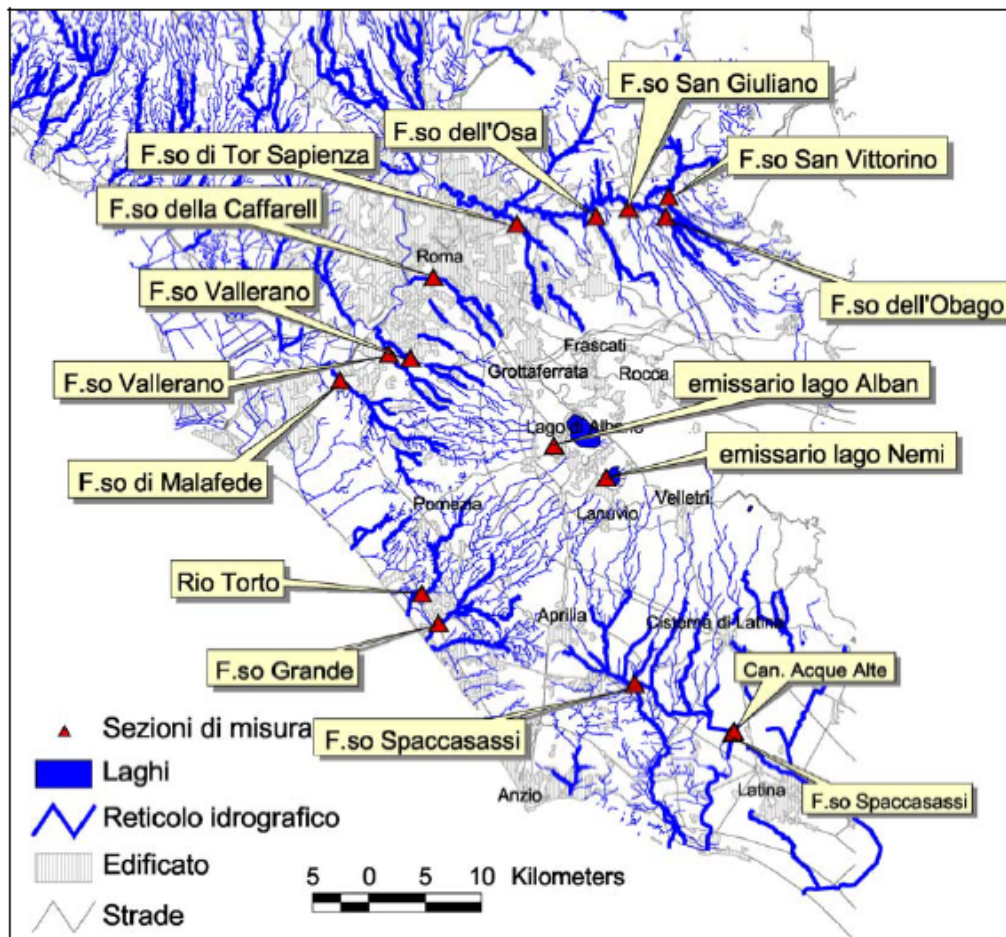
INFILTRAZIONE EFFICACE



- Edificato
- Reticolo idrografico
- Strade



CALIBRAZIONE MEDIANTE LE PORTATE



CONDIZIONI DI RICARICA = PIOVOSITA' MEDIA (i.e. = 302 mm/anno)		Portate simulate	Portata media rilevata nel periodo 78-82 (l/s)	Portata minima rilevata nel periodo 78-82 (l/s)
cod. mod	Corso d'acqua	Q l/s	Q l/s	Q l/s
14	Acque Alte a Borgo Podgora	330	350	217
15	Spaccasassi a Borgo Podgora	739	1971	1070
16	Spaccasassi a Campoverde	681		
17	Fosso Grande	1166	1206	697
18	Rio Torto	163	150	150
19	Malafede	681	448	228*
20	Vallerano 2	293	256	
21	Vallerano 1	359	87	228**
22	Caffarella	285	409	290
23	Tor Sapienza	356	841	582
24	Osa	754	871	613
25	S. Giuliano	67	33	21
26	Obago	270	473	411
27	S. Vittorino	8	305	135
Totale		6.153	7400	4186

Bilancio idrico in condizioni "naturali" - poco alterate

Parametro		Lago Albano (superficie lago =5,81 km ² ; bacino imbr.=5,77 km ²)		Lago di Nemi (superficie lago =1,56 km ² ; bacino imbr.=8,72 km ²)	
		l/s	mm/anno sul lago	l/s	mm/anno sul lago
A	Ruscellamento (l/s)	34	183	42	849
B	Pioggia diretta (l/s)	170	922	47	957
C	Evaporazione* (l/s)	-190	-1031	-53	-1071
D	(A+B) - C (l/s)	14	74	36	734

Piovosità media

Parametro		Lago Albano (superficie lago =5,81 km ² ; bacino imbr.=5,77 km ²)		Lago di Nemi (superficie lago =1,56 km ² ; bacino imbr.=8,72 km ²)	
		l/s	mm/anno sul lago	l/s	mm/anno sul lago
A	Ruscellamento (l/s)	26	141	34	687
B	Pioggia diretta (l/s)	141	763	40	808
C	Evaporazione* (l/s)	-190	-1031	-53	-1071
D	(A+B) - C (l/s)	-23	-127	21	424

Periodo arido

Bilancio idrico in condizioni "naturali" - poco alterate

Variazione del deflusso di base dei principali corsi d'acqua dei Colli Albani e degli apporti netti ai laghi in diverse condizioni di ricarica		Portate simulate (PIOVOSITA' MEDIA - i.e. = 302 mm/anno)	Portate simulate (PIOVOSITA' INFERIORE ALLA MEDIA - i.e. = 276 mm/anno)	Variazione percentuale
cod. mod	corso d'acqua	Q mc/s	Q mc/s	%
14	Acque Alte a Borgo Podgora	0.330	0.327	0.9
15	Spaccasassi a Borgo Podgora	0.739	0.724	1.9
16	Spaccasassi a Campoverde	0.681	0.605	11.1
17	Fosso Grande	1.166	1.104	5.3
18	Rio Torto	0.163	0.154	6.0
19	Malafede	0.681	0.647	4.9
20	Vallerano 2	0.293	0.244	16.8
21	Vallerano 1	0.359	0.322	10.3
22	Caffarella	0.285	0.248	13.1
23	Tor Sapienza	0.356	0.251	29.7
24	Osa	0.754	0.678	10.1
25	S. Giuliano	0.067	0.061	8.3
26	Obago	0.270	0.222	17.8
27	S. Vittorino	0.008	0.008	8.4
Totale		6.153	5.596	9.1
28	Lago Albano apporto netto (acque sotterranee)	0.211	0.148	29.9
29	Lago di Nemi apporto netto (acque sotterranee)	0.028	-0.042	250.0

Emergenza delle acque sotterranee

	In	Out	apporto netto di acque sotterranee
	l/s	l/s	l/s
Lago Albano	87	298	211
Lago di Nemi	91	119	28

SINTESI DEL BILANCIO IDRICO DEI LAGHI IN CONDIZIONI
DI PRELIEVO TRASCURABILE

Lago	Anno medio	Anno siccitoso
Lago Albano (l/s)	225	125
Lago Nemi (l/s)	64	-21

Richiamo alle misure sperimentali:

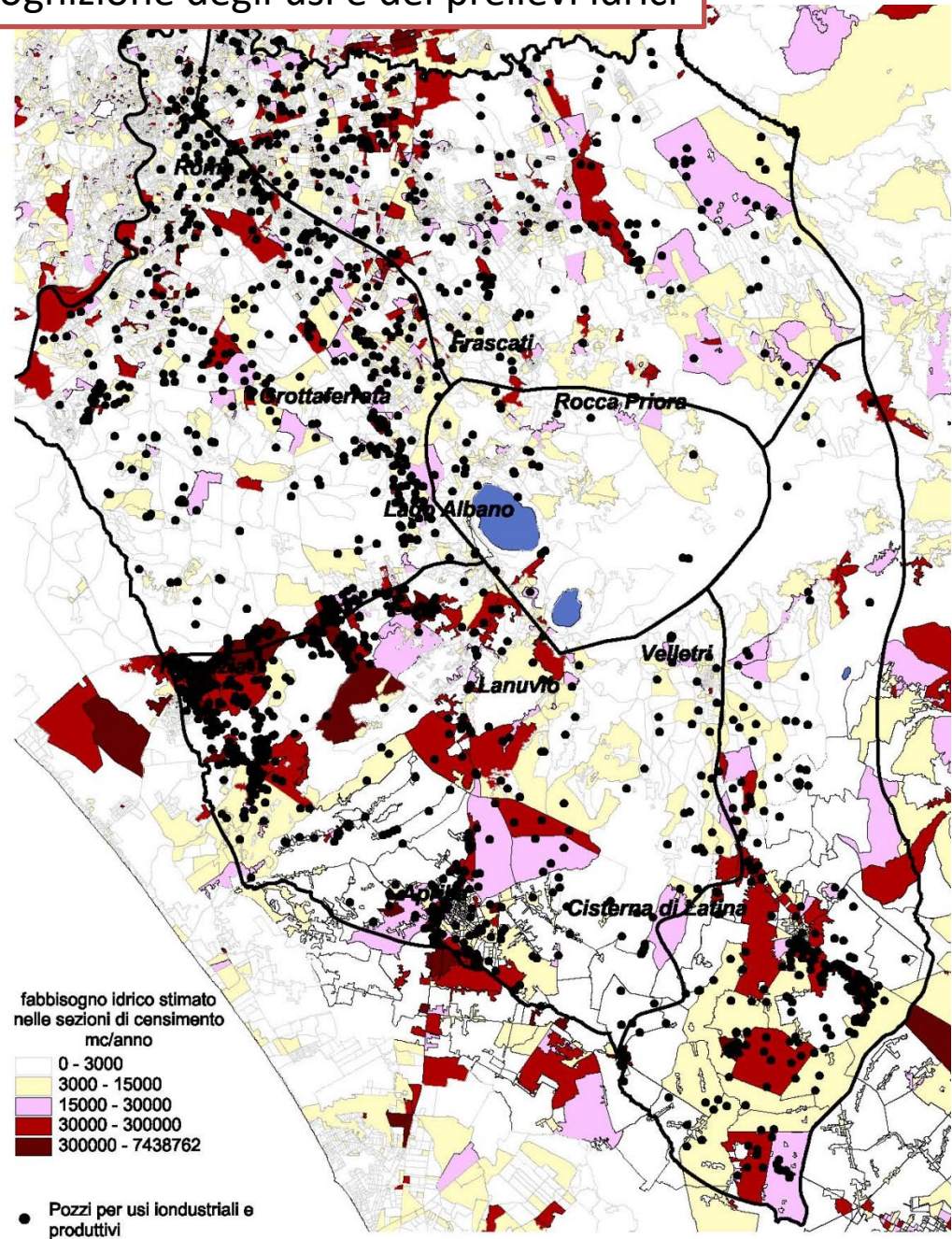
In condizioni ante crisi (fine anni settanta) i laghi avevano una considerevole portata agli emissari:

Albano: circa 148 l/s (media) - circa 116 l/s (minima)

Nemi: circa 28 l/s (media) - circa 2 l/s (minima)

RICOGNIZIONE DEGLI USI DELLE ACQUE
E
PRELIEVI IDRICI

Rcognizione degli usi e dei prelievi idrici

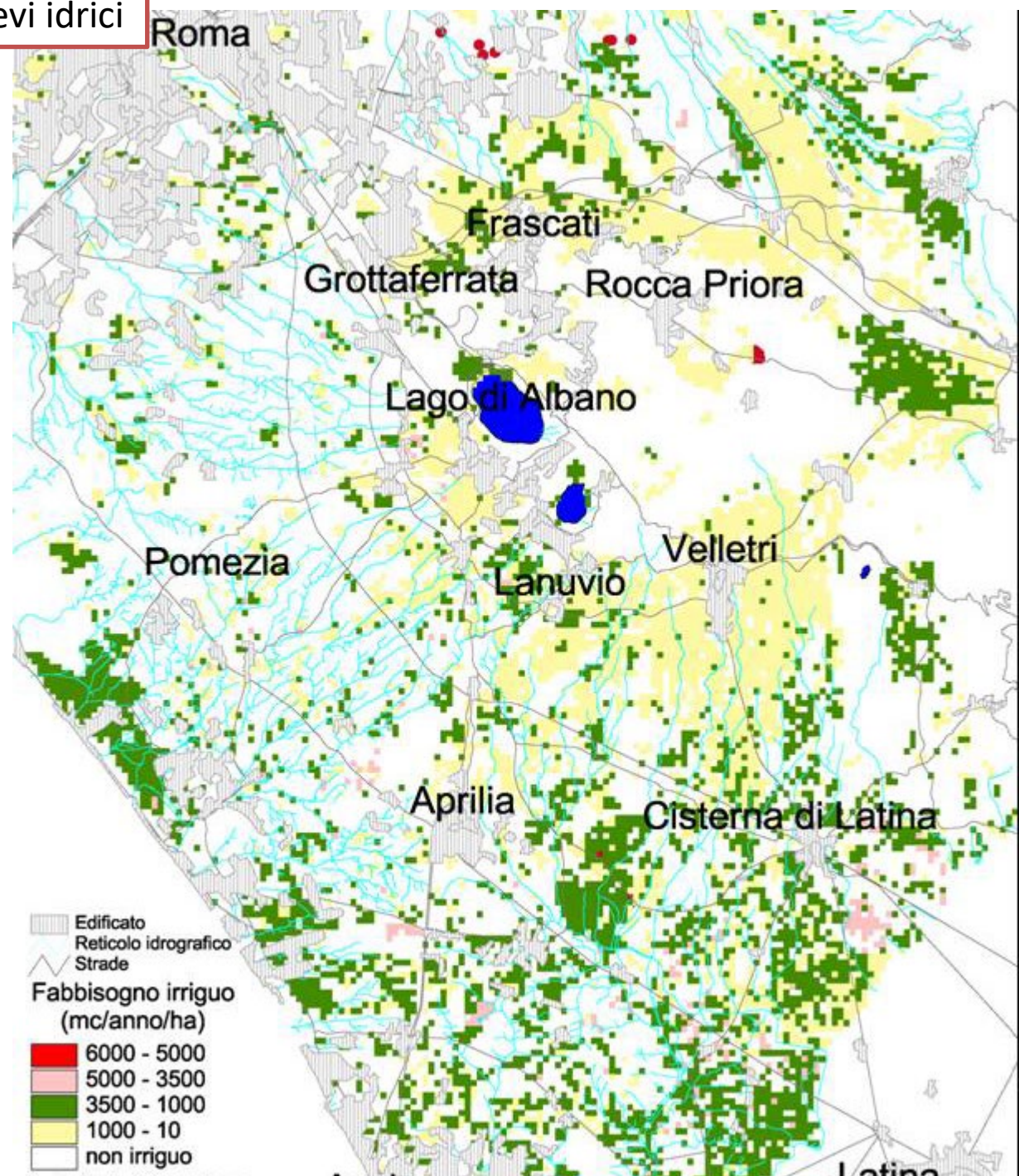


PRELIEVI PER USI INDUSTRIALI E DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE

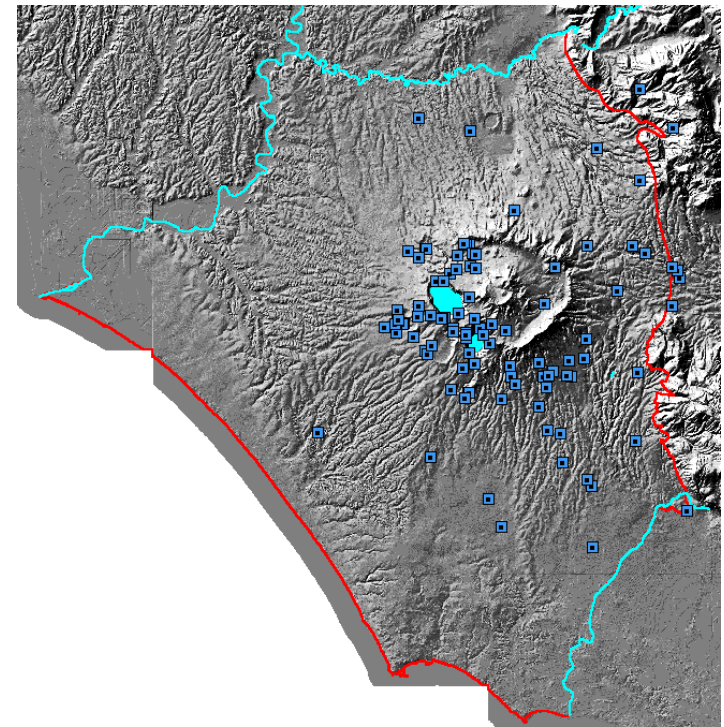
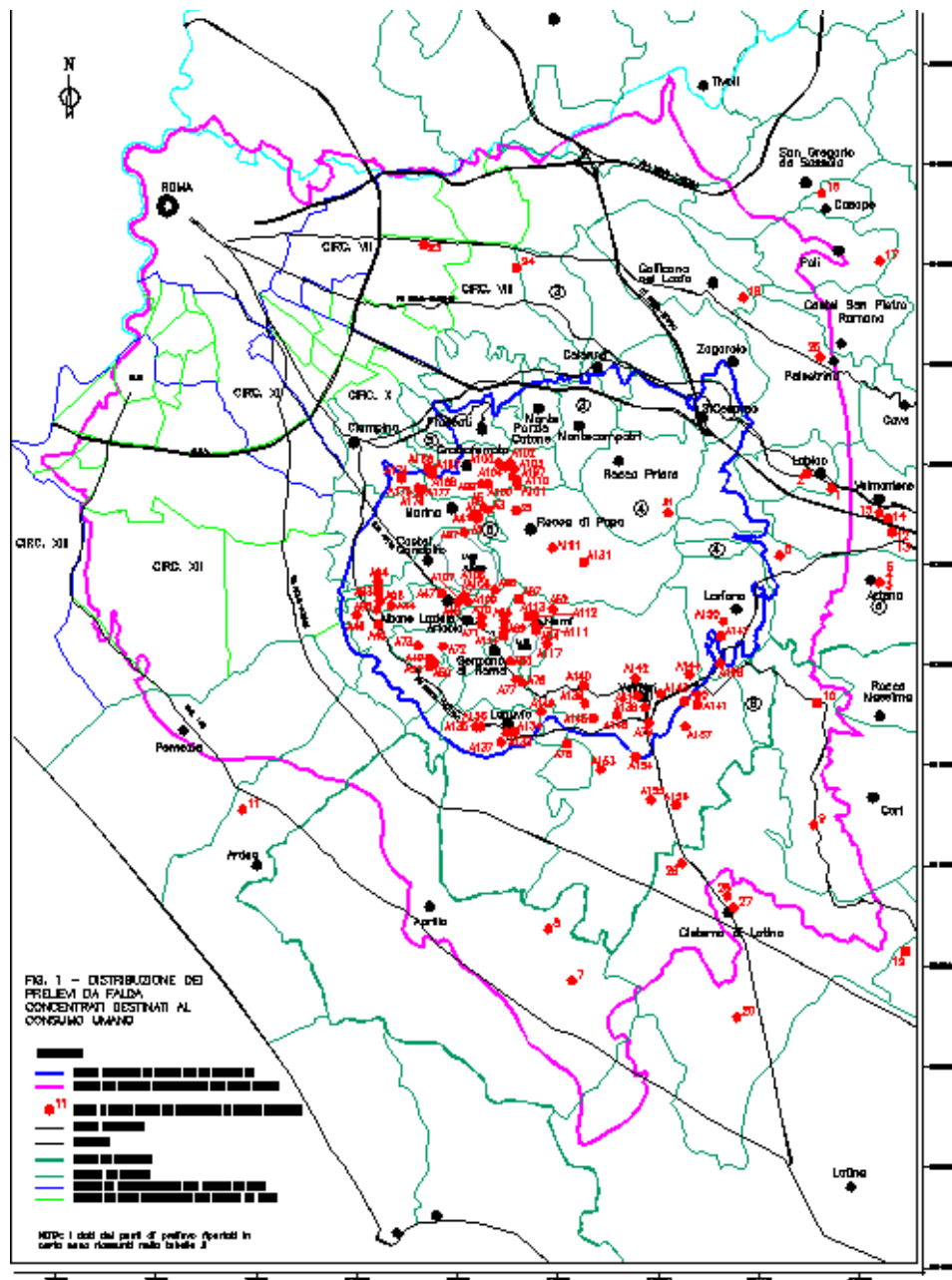
circa 2'380 pozzi denunciati;
81,74 Mm3/anno (pari ad una portata media di 2'592 l/s) come volume annuo complessivo richiesto in concessione.

FABBISOGNI PER USI IRRIGUI

1835 I/s nei periodi poco piovosi (media del periodo 1997-2001).



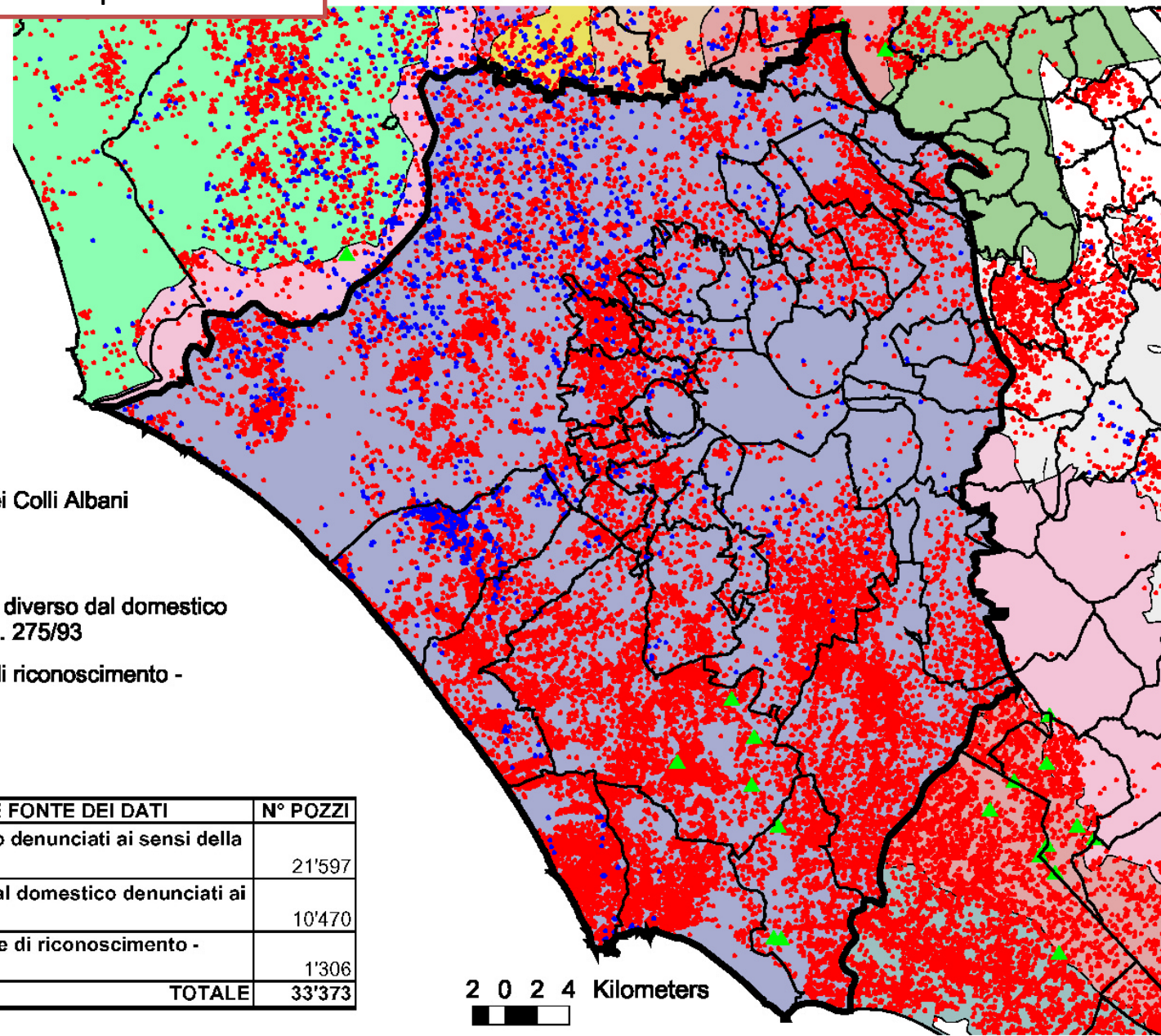
Rcognizione degli usi e dei prelievi idrici







POZZI D'ACQUEDOTTO

**PRELIEVO COMPLESSIVO:
104 Milioni di mc/anno (3.300 l/s)**

Rcognizione degli usi e dei prelievi idrici



LEGENDA

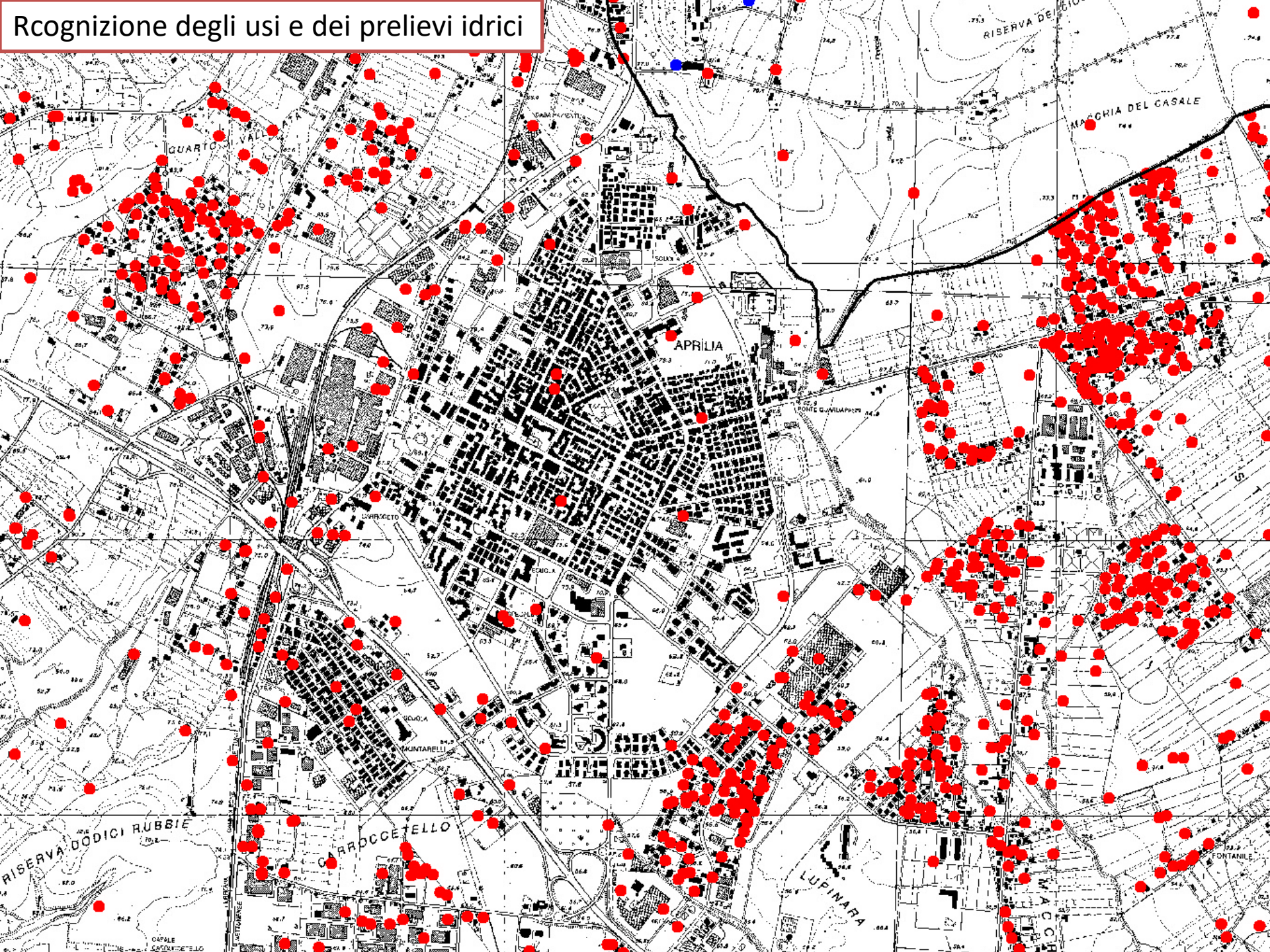
-  Struttura idrogeologica dei Colli Albani
-  Grandi derivazioni
-  Pozzi ad uso domestico e diverso dal domestico denunciati ai sensi della L. 275/93
-  Concessioni e domande di riconoscimento - piccole derivazioni

TOTALE COLLI ALBANI	TIPO POZZO E FONTE DEI DATI		N° POZZI
	Pozzi ad uso domestico denunciati ai sensi della L. 275/93		21'597
	Pozzi ad uso diverso dal domestico denunciati ai sensi della L. 275/93		10'470
	Concessioni e domande di riconoscimento - piccole derivazioni		1'306
	TOTALE	33'373	

2 0 2 4 Kilometers



Rcognizione degli usi e dei prelievi idrici



Confronto tra ubicazione dei pozzi in concessione e/o autodenuciati per l'individuazione delle aree in cui il fabbisogno idrico giustifica la presenza di prelievi non autorizzati

LEGENDA

Pozzi ad uso diverso dai domestici denunciati ai sensi della L. 275

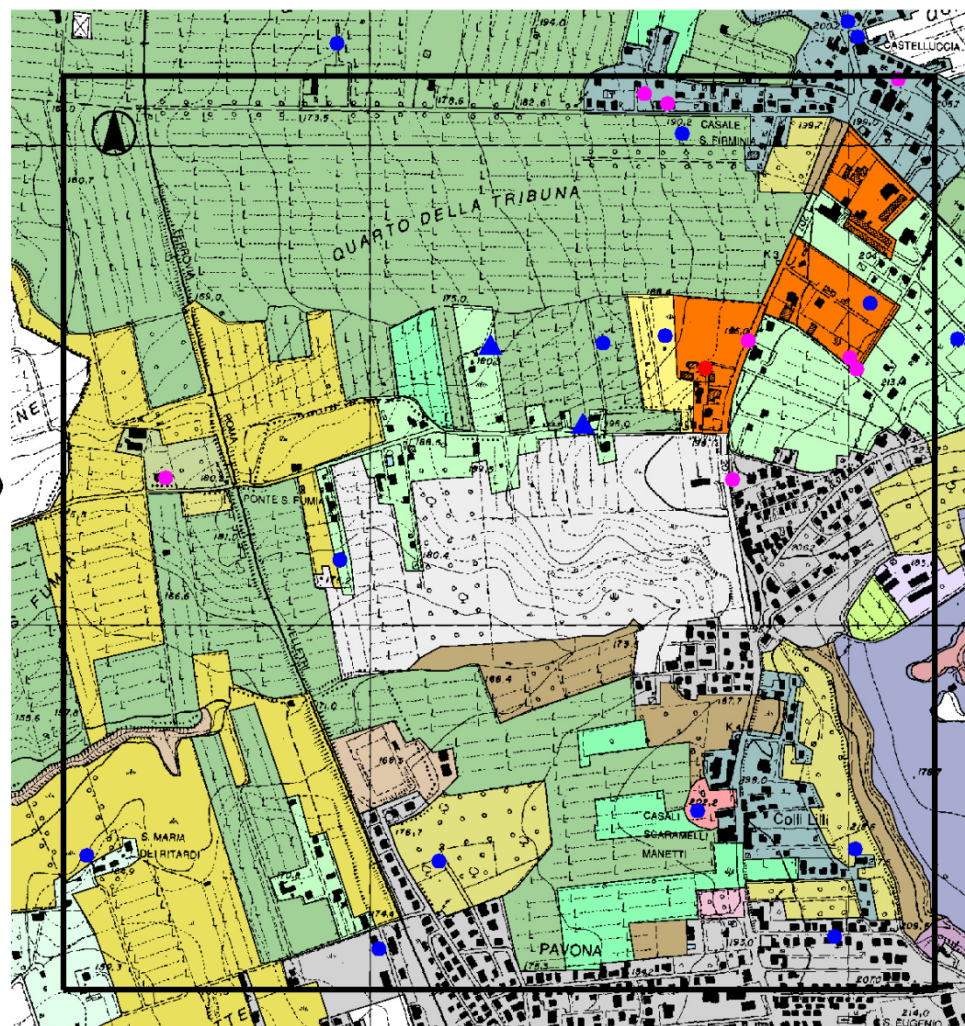
- uso industriale
- uso irriguo
- n.d.

Concessioni e domande di riconoscimento - piccole derivazioni

- ▲ uso industriale
- ▲ uso irriguo
- ▲ n.d.

Uso del suolo

- Aree industriali
- Aree sportive e ricreative (giardini zoologici, pesca sportiva, autodromo, terme, santuari ecc)
- Bacini d'acqua artificiali
- boschi
- Boschi misti di latifoglie
- Campi da golf
- Case isolate con piscina
- Cespuglieti
- Colture annuali associate a colture permanenti (seminativo prevalente)
- Colture permanenti associate, irrigate
- Incolti (aree agricole abbandonate)
- Oliveti
- Piscina
- Residenziale (case con giardini)
- Residenziale agricolo (oliveti prevalenti-seminativo-vigneti)
- Residenziale agricolo (oliveti e/o frutteti)
- Residenziale agricolo (vigneti prevalenti-oliveti)
- Seminativi in aree irrigue
- Seminativi in aree non irrigue
- Tessuto urbano continuo
- Tessuto urbano discontinuo [Residenziale non agricolo]
- Vegetazione arborea ripariale
- Vigneti



Rcognizione degli usi e dei prelievi idrici

LEGENDA

Pozzi ad uso diverso dal domestici denunciati ai sensi della L. 275

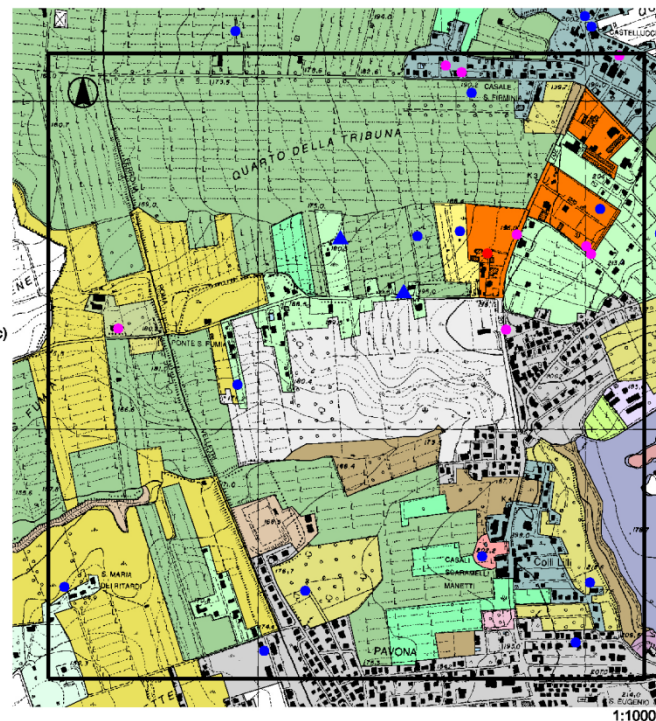
- uso industriale
- uso irriguo
- n.d.

Concessioni e domande di riconoscimento - piccole derivazioni

- ▲ uso industriale
- ▲ uso irriguo
- ▲ n.d.

Uso del suolo

- Aree industriali
- Aree sportive e ricreative (giardini zoologici, pesca sportiva, autodromo, terme, santuari ecc)
- Bacini d'acqua artificiali
- boschi
- Boschi misti di latifoglie
- Campi da golf
- Case isolate con piscina
- Cespuglieti
- Colture annuali associate a colture permanenti (seminativo prevalente)
- Colture permanenti associate, irrigate
- Incolti (aree agricole abbandonate)
- Oliveti
- Piscina
- Residenziale (case con giardini)
- Residenziale agricolo (oliveti prevalenti-seminativo-vigneti)
- Residenziale agricolo (oliveti e/o frutteti)
- Residenziale agricolo (vigneti prevalenti-oliveti)
- Seminativi in aree irrigue
- Seminativi in aree non irrigue
- Tessuto urbano continuo
- Tessuto urbano discontinuo [Residenziale non agricolo]
- Vegetazione arborea ripariale
- Vigneti

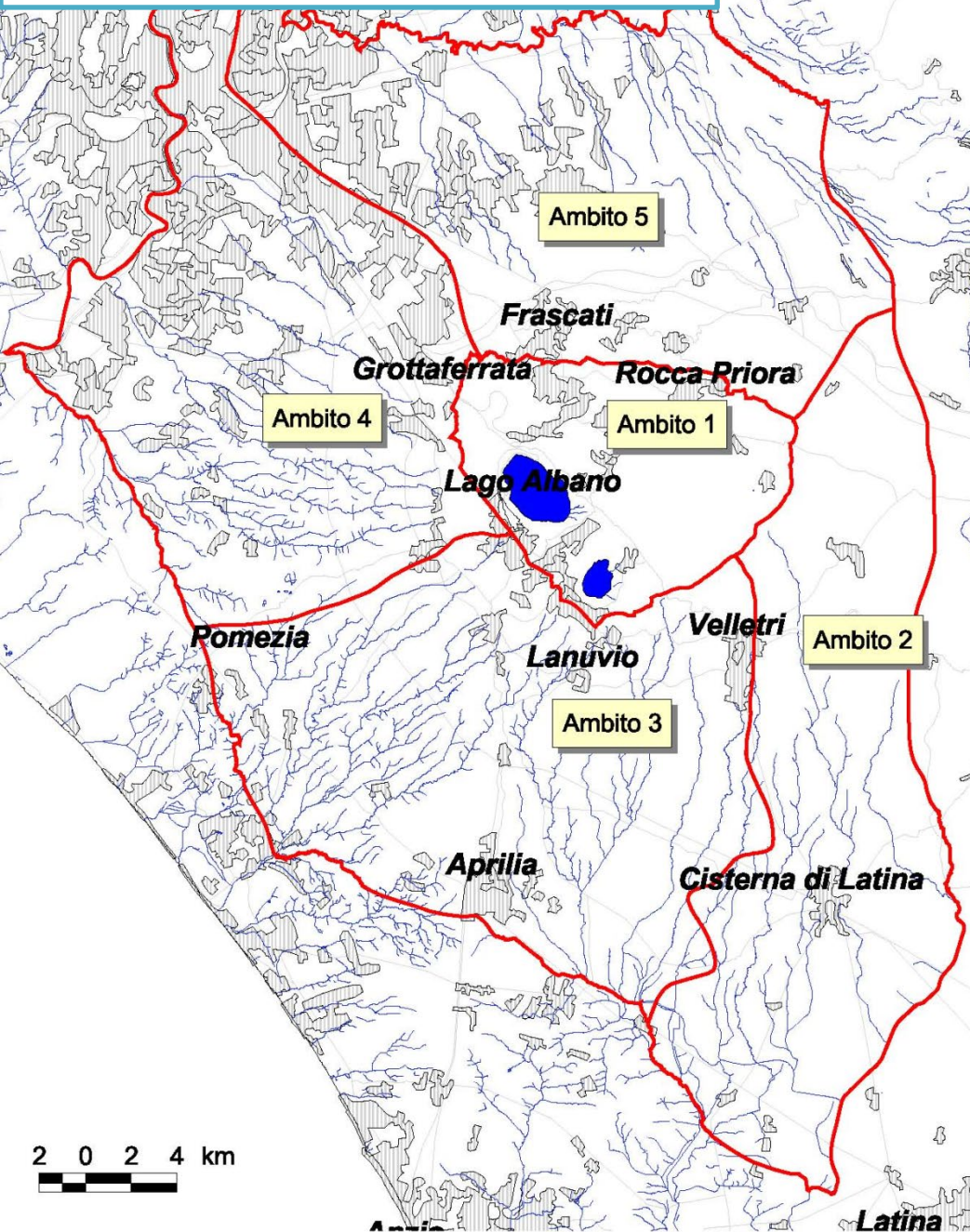


Nell'area campione evidenziata il prelievo a scopo irriguo denunciato risulta pari a 3 l/s.
Il fabbisogno irriguo stimato sulla base delle colture presenti è pari a 5,5 l/s

Il 45% del prelievo agricolo risulterebbe non regolarmente denunciato

BILANCIO IDRICO
condizioni attuali

Bilancio idrico nelle condizioni attuali

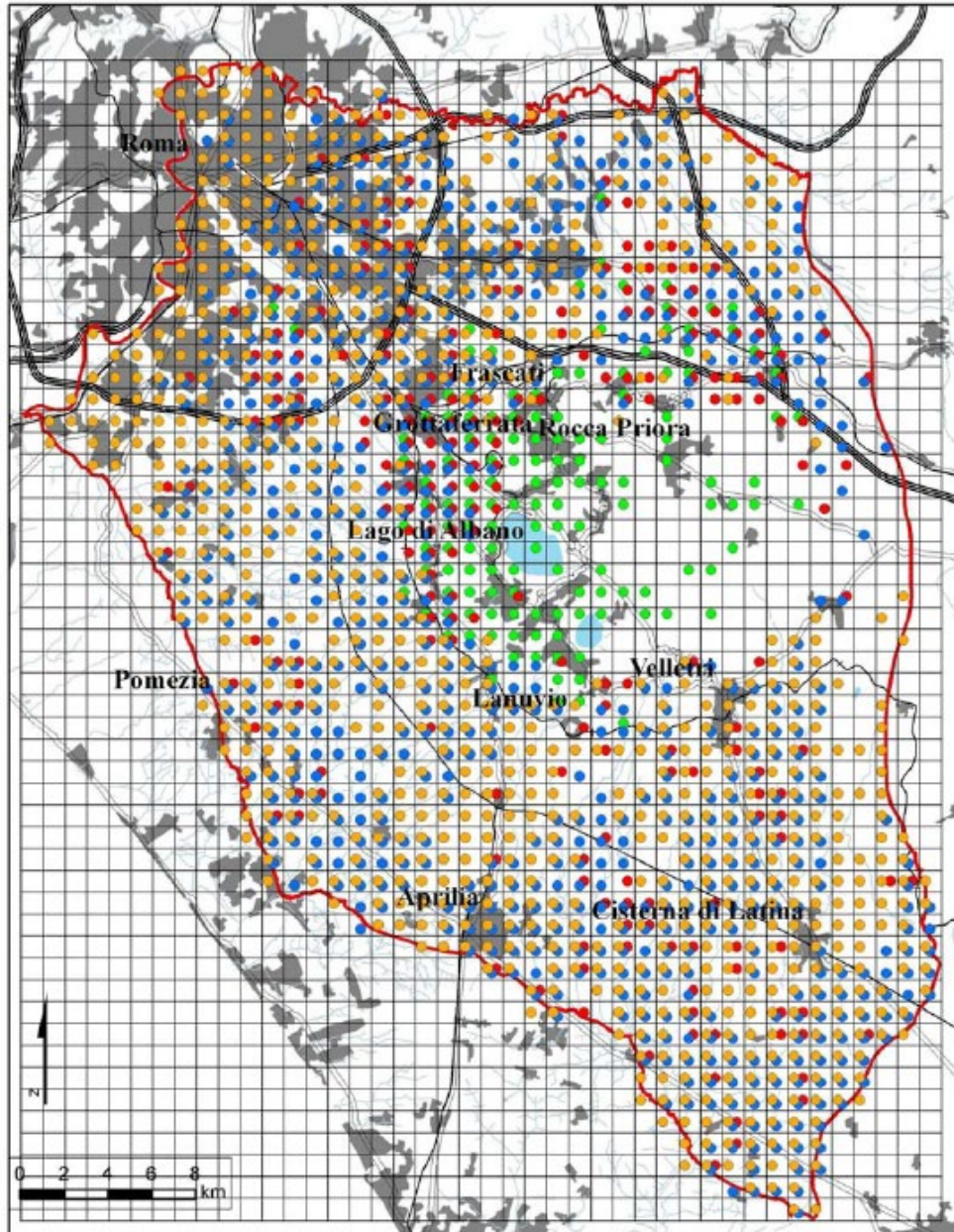


AMBITI DI BILANCIO

Corso d'acqua	Portata minima di riferimento (l/s)	MDV (l/s)
Fosso di Pratica	9	5
Fosso Vaccareccia	0	0
Fosso S. Giuliano	20	10
Fosso Moletta	116	58
Fosso di Vallerano	54	27
Fiume Astura	580	290
Fosso San Vittorino	135	68
Fosso di Cisterna	120	60
Fosso della Caffarella	229	114
Rio Torto	150	75
Fosso dell'Osa	325	163
Fosso Grande	550	275
Fosso di Malafede	241	120
Fosso dell'Obago	324	162
Fosso di Tor Sapienza	480	240
Fosso Teppia	32	16
Fosso Spaccasassi	989	495
TOTALE	4354	2178

Bilancio idrico nelle condizioni attuali

VALORI DEL BILANCIO IDRICO MEDIO ANNUO DEL SISTEMA IDROGEOLOGICO DEI COLLI ALBANI NEL PERIODO 1997-2001						
Parametri del bilancio idrico medio annuo valori espressi in l/s	Ambito di Bilancio 1	Ambito di Bilancio 2	Ambito di Bilancio 3	Ambito di Bilancio 4	Ambito di Bilancio 5	Sistema idrogeologico
<i>Area (km²)</i>	126	276	332	304	312	1349
<i>Precipitazioni (l/s)</i>	3156	7239	8162	6568	6957	32082
<i>Evapotraspirazione (l/s)</i>	1297	3657	4048	2800	3111	14912
<i>Ruscellamento (l/s)</i>	462	795	1297	2001	1726	6282
<i>Infiltrazione efficace (l/s)</i>	1274	2674	2864	1814	2129	10755
<i>Prelievo per uso irriguo (l/s)</i>	50	782	539	196	289	1800
<i>Prelievo per uso industriale e produttivo (l/s)</i>	41	280	1133	850	522	2826
<i>Prelievo Acquedotti (l/s)</i>	1059	320	1094	61	1500	4034
<i>Totale prelievi (l/s)</i>	1150	1382	2766	1107	2311	8660
rapporto % tra prelievi e Infiltrazione efficace	90%	52%	97%	61%	109%	81%



INSERIMENTO DEI PRELIEVI NEL MODELLO DI SIMULAZIONE

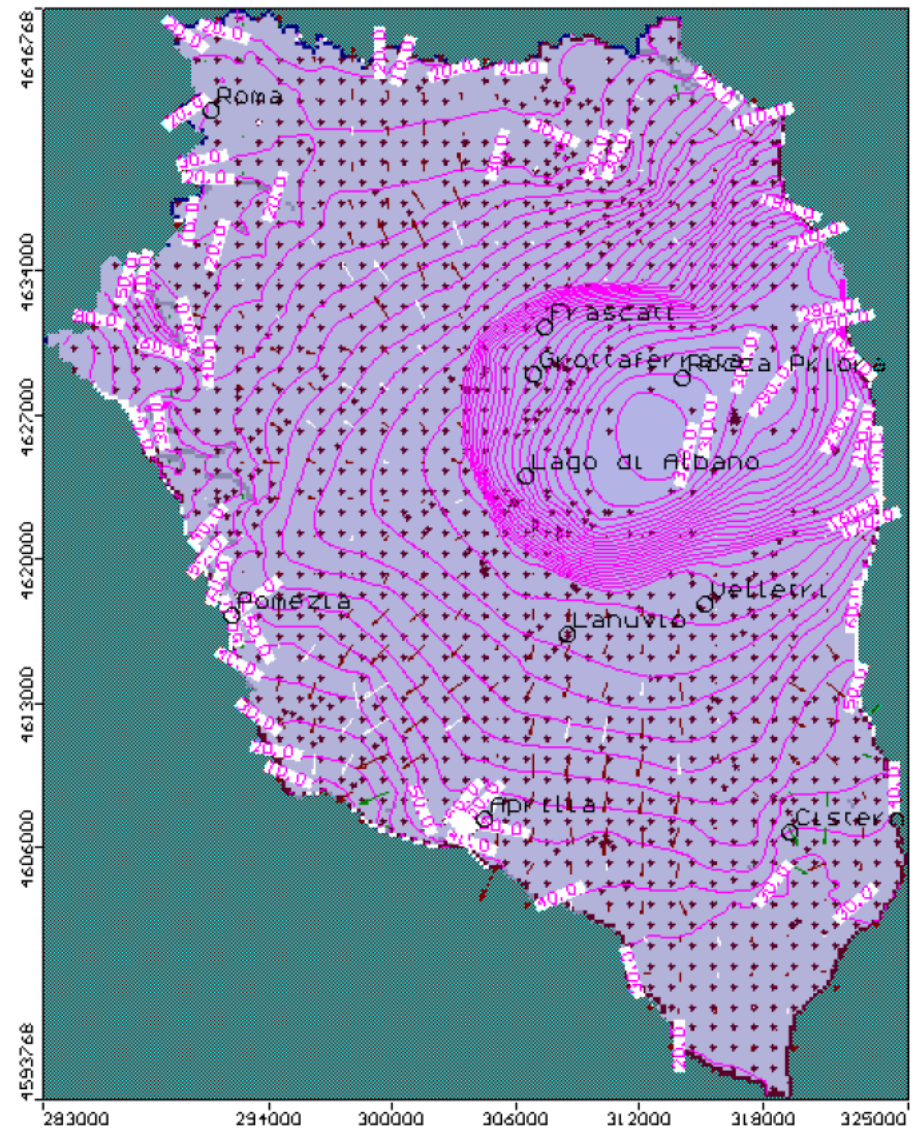
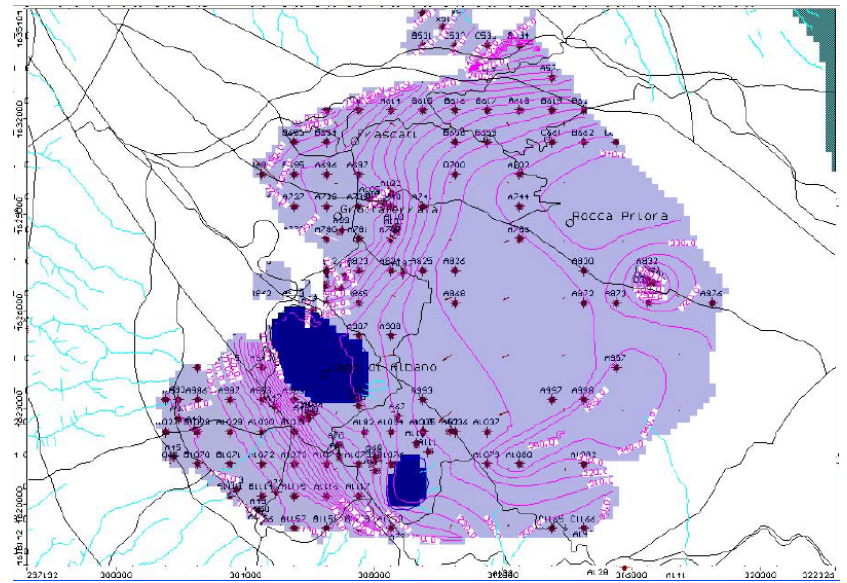
Carta dei pozzi equivalenti distinti per livello acquifero di appartenenza

Tipo Prelievo	Area Modello (1348 km ²) (l/s)
INDUSTRIALE	3242
AGRICOLO	1835
ACQUEDOTTI	2590
TOTALE	7'667

Legenda

- Limite area di simulazione per Modflow
- layer b
- layer c
- layer a
- layer d

Falda superiore



Falda di base

Bilancio idrico nelle condizioni attuali

Confronto tra portate simulate in condizioni di prelievo attuale e portate misurate nel 2006		Prelievo attuale e ricarica inferiore alla media	Prelievo attuale e ricarica media	portate giugno 2006 (sperimentale) l/s
cod. mod	corso d'acqua	Q mc/s	Q mc/s	Q mc/s
14	Acque Alte a Borgo Podgora	173	173	246
15	Spaccasassi a Borgo Podgora	292	296	389
16	Spaccasassi a Campoverde	74	89	
17	Fosso Grande	487	626	750
18	Rio Torto	76	82	140
19	Malafede	472	486	224
20	Vallerano 2	154	196	110
21	Vallerano 1	181	225	
22	Caffarella	118	152	300
23	Tor Sapienza	24	86	53
24	Osa	369	442	165
25	S. Giuliano	27	32	58
26	Obago	186	234	430
27	S. Vittorino	7	8	189
	Totale	2640	3128	3054

Scenario 1 – prelievi trascurabili (solo campi pozzi storici con portata complessiva di 1330 l/s);

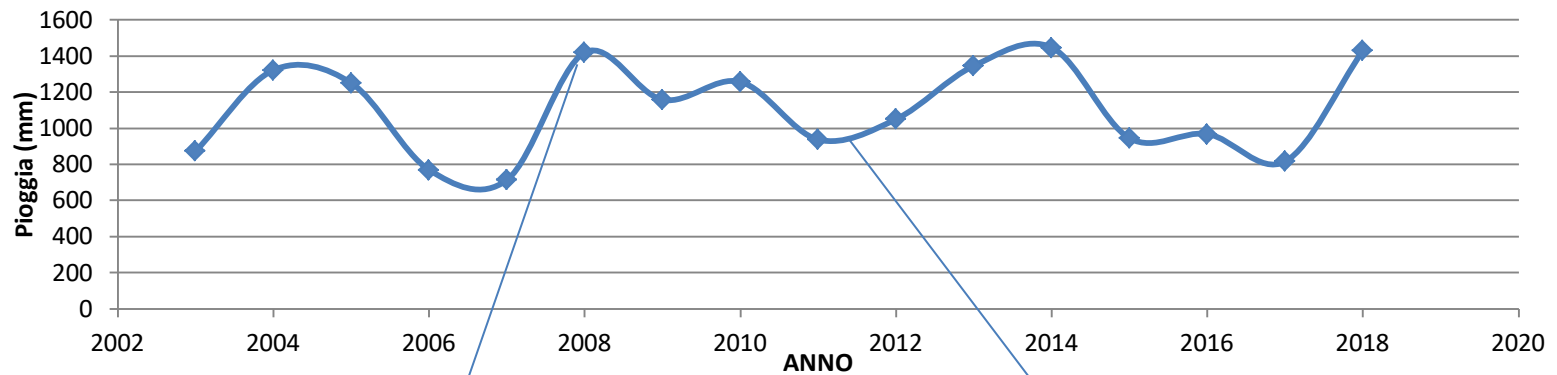
Scenario 2 - Acquifero in condizioni di prelievo attuale;

Lago Albano	Acque sotterranee		Bilancio totale (acque superficiali e sotterranee)	
	periodo siccitoso	piovosità media	periodo siccitoso	piovosità media
	l/s	l/s	l/s	l/s
scenario 1	148	211	125	225
scenario 2	-86	-27	-134	-47

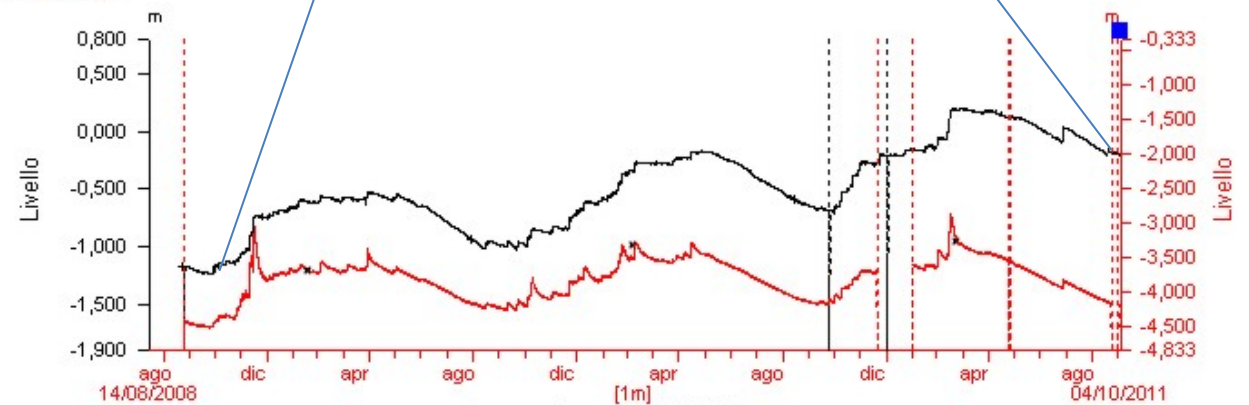
Lago di Nemi	Acque sotterranee		Bilancio totale (acque superficiali e sotterranee)	
	periodo siccitoso	piovosità media	periodo siccitoso	piovosità media
	l/s	l/s	l/s	l/s
scenario 1	-42	28	-21	64
scenario 2	-116	-55	-95	-19

Valori corrispondenti ad un abbassamento di circa 25 cm/anno per il Lago Albano e di circa 10 cm /anno per il lago di Nemi (tenendo conto degli apporti introdotti dalla sorgente Le Facciate)

Precipitazioni annue (stazione di Velletri)



+ RLAZIO Lago di Nemi/Livello
* RLAZIO Lago di Albano/Livello



03/10/2011 16.00.00 -4,199

valeurs: 25132 | 251321
0,00.00 0,000

03/10/2011 16.00.00 -4,199

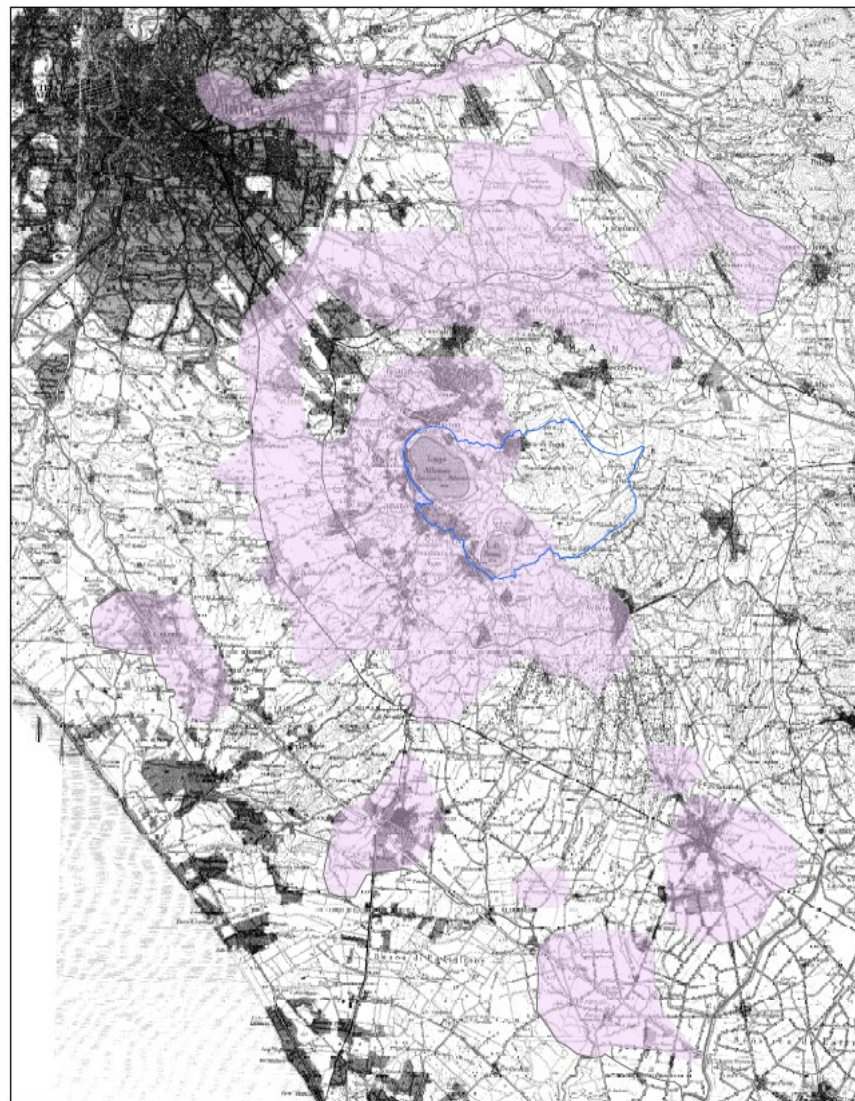
RIEQUILIBRIO DEL BILANCIO IDRICO

Definizione di un piano di tutela quantitativa

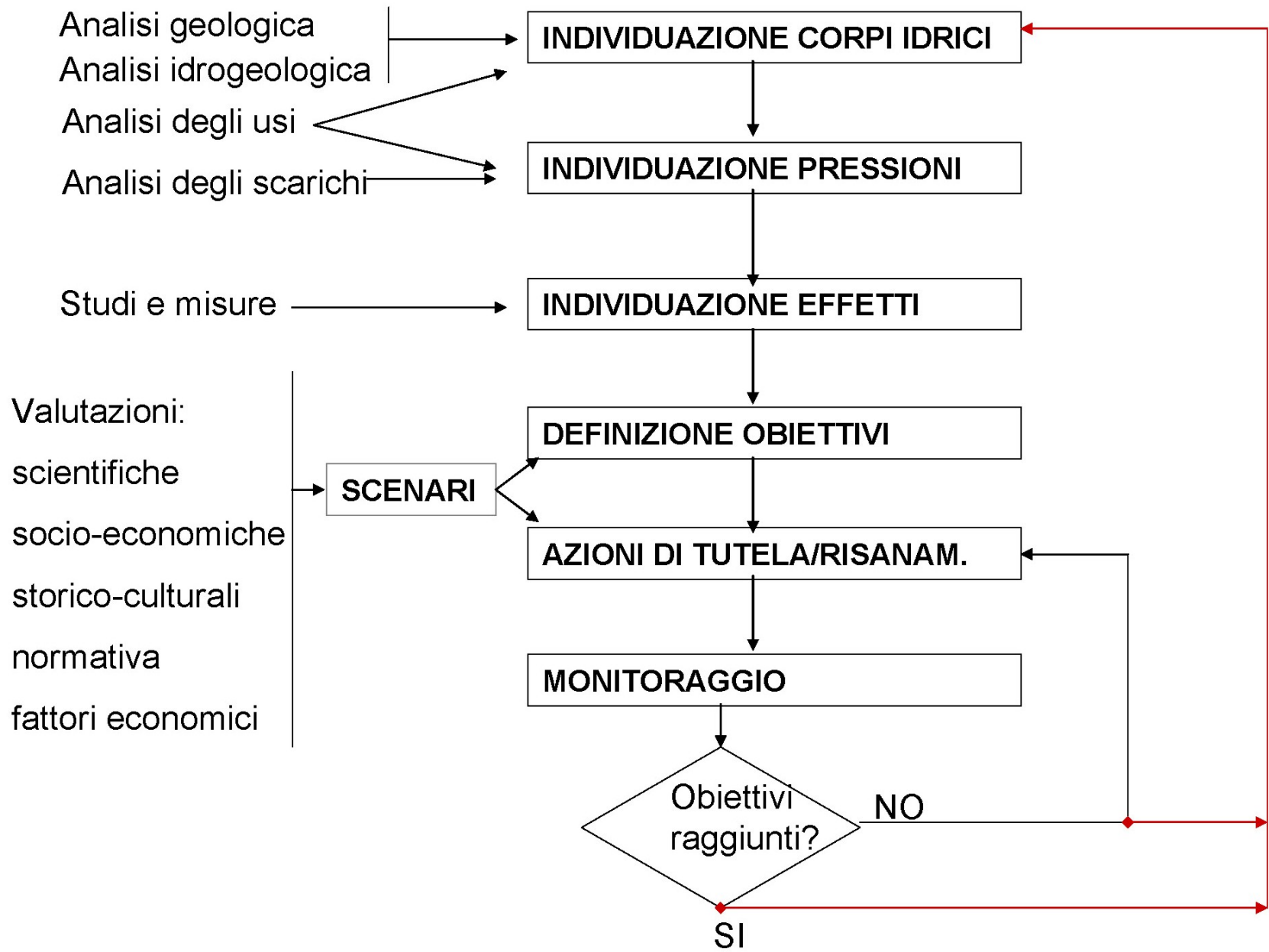
DGR 445/2009 – Misure di tutela

Si tratta di misure di salvaguardia volte a limitare l'ulteriore incremento dei prelievi nelle aree più sfruttate o più delicate dal punto di vista ambientale.

I vincoli imposti hanno carattere temporaneo e devono essere superati dall'applicazione di un Piano organico.



Riequilibrio del bilancio idrico



Analisi delle azioni possibili

1. riduzione del prelievo idropotabile mediante adduzione di acque da aree esterne al Sistema idrogeologico;
2. riduzione dei prelievi per gli usi irrigui, industriali, produttivi e domestici, mediante la revisione dei valori concessi e/o concedibili;
3. risparmio idrico, favorito anche mediante incentivi economici
4. altri interventi strutturali

Riequilibrio del bilancio idrico

Scenario di riduzione	Costi relativi	OBIETTIVI
1) Nessun intervento di contenimento	Depauperamento delle risorse idriche già compromesse, rischio di indisponibilità delle risorse idriche, perdita di investimenti e posti di lavoro, danno ambientale. Costo molto elevato	nessuno
2) Risparmio idrico (tra il 20 e il 40 %) mediante graduale miglioramento delle tecnologie, contenimento degli sprechi, graduale passaggio ad attività meno idroesigenti	Necessità di investimenti. Costo moderatamente elevato	A breve termine: Effetti modesti A lungo termine: sostenibilità ambientale
3) Risparmio idrico (tra il 20 e il 40 %) mediante obbligo al rapido miglioramento delle tecnologie, contenimento degli sprechi	Necessità di investimenti. Rischio di perdita di posti di lavoro Costo elevato	A breve termine: Effetti evidenti A lungo termine: sostenibilità ambientale
4) Riduzione drastica (tra il 40 e il 60%)	perita di investimenti e posti di lavoro Costo molto elevato	A breve termine: Effetti evidenti A lungo termine: sostenibilità ambientale

non ravvisando la possibilità di soddisfare i fabbisogni irrigui, industriali e produttivi con altre risorse idriche, perlomeno nel breve periodo (5-10 anni) appare evidente che lo scenario preferibile è senz'altro il secondo

OBIETTIVI POSSIBILI NEL MEDIO PERIODO

- riduzione di circa il 60% del deficit idrico del bilancio del lago Albano;
- riduzione di circa il 30 % del deficit del lago di Nemi;
- incremento del deflusso di base in alveo di circa il 15 %;
- potenziamento delle dotazioni ad uso idropotabile del 10%.

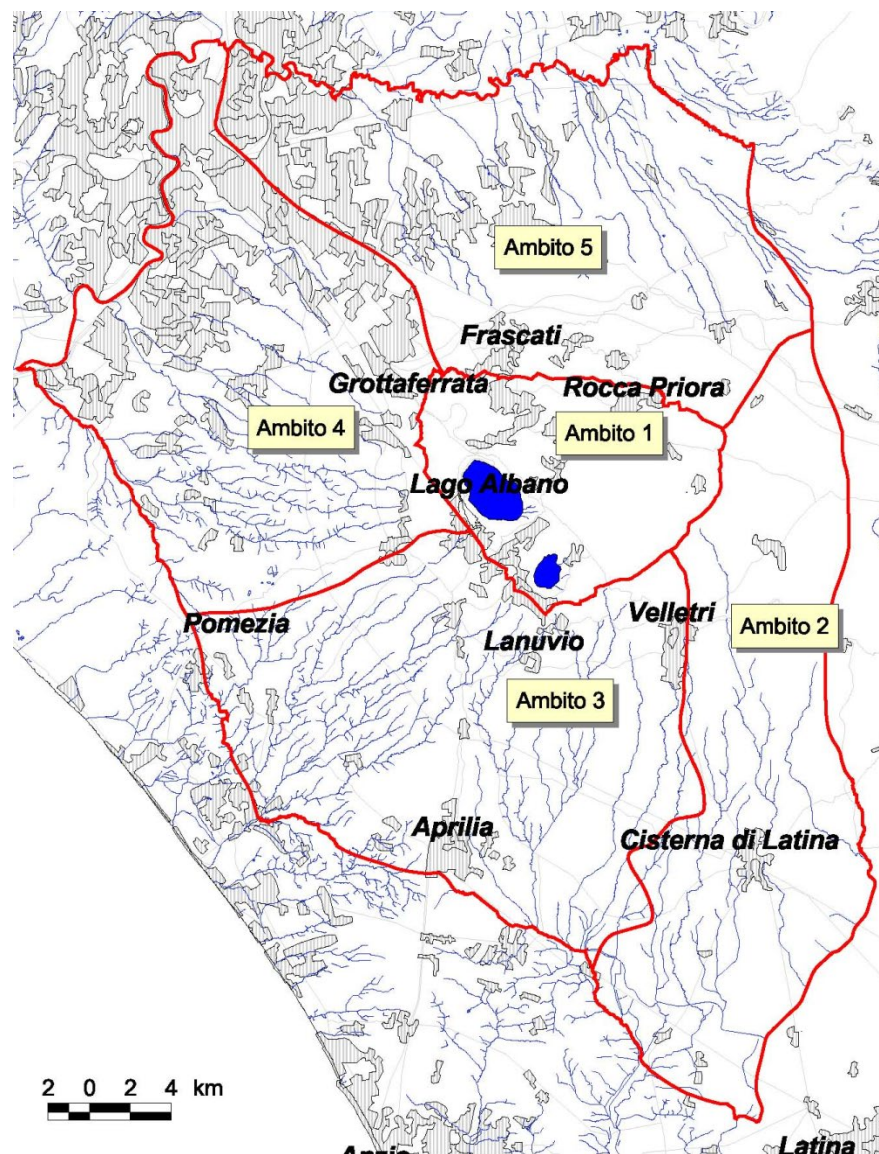
AZIONI DI PIANO

- riduzione del prelievo da pozzi di acquedotto nell'area calderica (Ambito di Bilancio n.1) mantenendo un prelievo complessivo non superiore a 700 l/s. Il pompaggio deve essere interrotto, in particolare, per i pozzi situati nelle caldere dei laghi e nei bacini idrogeologici degli stessi;
- adduzione di risorse idriche da acquiferi esterni al sistema idrogeologico dei Colli Albani per sostituire i pozzi spenti nell'Ambito di Bilancio n. 1. Tali pozzi potranno comunque essere utilizzati come fonti strategiche in caso di brevi periodi di "crisi idrica" garantendo così un sensibile miglioramento del servizio idrico;
- eventuale potenziamento dei campi pozzi periferici per potenziare le dotazioni idriche locali;
- adduzione verso il settore costiero e sui versanti occidentali dell'edificio vulcanico di risorse idriche esterne da miscelare con le risorse idriche locali;
- limitazione dell'incremento dei prelievi per uso irriguo che, complessivamente, in ogni ambito di bilancio non dovranno superare i valori attuali;
- riduzione del prelievo complessivo per usi industriali e produttivi di circa il 40% rispetto ai valori attuali mediante l'ottimizzazione delle tecnologie e il risparmio idrico.

Azioni di piano sulla riduzione dei prelievi idrici

Ambito di bilancio	Prelievo attuale (l/s)	Prelievo massimo sostenibile (l/s)	Riduzione %
1	1009	700	31%
2	1332	1270	5%
3	2765	2413	13%
4	1107	767	31%
5	2311	2102	9%
Totale	8524	7252	15%

**Riduzione dei prelievi complessiva
nell'ordine dei 1200 l/s**



**TAB.2 – SCENARIO DI RIFERIMENTO
VALORI DEL BILANCIO IDRICO MEDIO ANNUO TENDENZIALE**

Parametri del bilancio idrico medio annuo valori espressi in l/s	Ambito di Bilancio 1	Ambito di Bilancio 2	Ambito di Bilancio 3	Ambito di Bilancio 4	Ambito di Bilancio 5	Sistema idrogeologico
<i>Area (km²)</i>	126	276	332	304	312	1349
<i>Precipitazioni (l/s)</i>	3156	7239	8162	6568	6957	32082
<i>Evapotraspirazione (l/s)</i>	1297	3657	4048	2800	3111	14912
<i>Ruscellamento (l/s)</i>	462	795	1297	2001	1726	6282
<i>Infiltrazione efficace (l/s)</i>	1274	2674	2864	1814	2129	10755
<i>Prelievo per uso irriguo (l/s)</i>	50	782	539	196	289	1855
<i>Prelievo per uso industriale e produttivo (l/s)</i>	24	168	680	510	313	1695
<i>Prelievo Acquedotti (l/s)</i>	700	320	1194	61	1500	3775
<i>Totale prelievi (l/s)</i>	774	1270	2413	767	2102	7326
rapporto % tra prelievi e Infiltrazione efficace	61%	47%	84%	42%	99%	68%

TAB.5 – RISORSE IDRICHE UTILIZZABILI PER GLI USI IRRIGUI

Ambito di bilancio	Risorse utilizzabili per gli usi irrigui	
	l/s	Mm ³ /anno
Ambito di Bilancio 1	50	1.6
Ambito di Bilancio 2	782	24.6
Ambito di Bilancio 3	539	17
Ambito di Bilancio 4	196	6.2
Ambito di Bilancio 5	289	9.1
Sistema idrogeologico	1800	56.8

MODELLO DI GESTIONE DEI PRELIEVI A SCOPO IRRIGUO

TAB.6 – VOLUMI ANNUI DI RIFERIMENTO PER LA REVISIONE DEL PRELIEVO DI ACQUE SOTTERRANEE PER USI IRRIGUI (UTILIZZAZIONI IN ATTO)

DESCRIZIONE	mc/anno/ha
Irrigazione di aree verdi urbane, parchi e giardini pubblici e privati (escluso l'uso domestico)	3000
Zone agricole eterogenee	2400
Colture orticole	3500
Frutteti	3780
Oliveti e vigneti	1500
Seminativi	2570
Serre	3500

TAB.7 – VOLUMI ANNUI DI RIFERIMENTO PER IL PRELIEVO DI ACQUE SOTTERRANEE PER USI IRRIGUI (NUOVE CONCESSIONI)

AMBITO DI BILANCIO	mc/anno/ha
Ambito di Bilancio 1	1000
Ambito di Bilancio 2	2040
Ambito di Bilancio 3	1347
Ambito di Bilancio 4	1350
Ambito di Bilancio 5	1001

ALTRI INTERVENTI STRUTTURALI

- Adduzione di acque direttamente negli specchi lacustri
- Ricarica forzata dell'acquifero
- Riutilizzo delle acque reflue

**NECESSITA' DI INTEGRAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO
(DGR Lazio 222/2005)**

- Livelli idrometrici dei laghi in continuo
- Portate dei principali corsi d'acqua
- Precipitazioni all'interno dei bacini idrografici dei laghi
- Livelli piezometrici nell'area calderica e nelle aree distali
- Stratificazione delle acque dei bacini lacustri e sue variazioni stagionali anche in rapporto alla quantità e qualità degli afflussi
- Aspetti biologici

POTENZIALI EFFETTI DELLA VARIAZIONE CLIMATICA

Prime applicazioni all'area albana

(da Gazzetti et al, 2019)

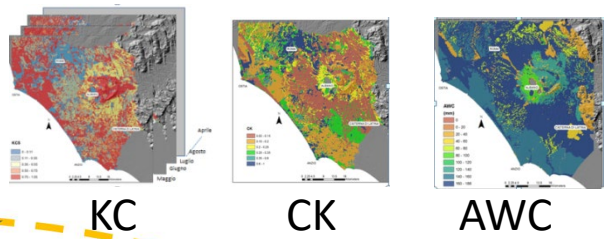
Potenziali effetti della variazione climatica attesa

	STATO DI FATTO	RISPOSTE NECESSARIE
1	La disponibilità di risorse idriche determina la sostenibilità dello sviluppo (Residenziale, Agricolo ed Industriale)	<ul style="list-style-type: none">• Conoscenza delle risorse (corpi idrici e portate)• Conoscenza dei fabbisogni idrici (Civile, Agricolo, Industriale)• Risoluzione del bilancio idrico (risorse/fabbisogni)• Ottimizzazione delle captazioni, derivazioni, reti di distribuzione, depurazione, uso del territorio.
2	Il cambiamento climatico determina la variazione delle risorse idriche disponibili e della domanda.	<ul style="list-style-type: none">• Selezione dei modelli previsionali a scala globale• Downscaling• Bilancio idrico per la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e i fabbisogni idrici• Pianificazione delle azioni per l'adattamento alle variazioni
3	L'uso razionale delle risorse idriche e del territorio consente il superamento delle criticità attuali e di quelle attese	<ul style="list-style-type: none">• Realizzazione progressiva, nell'arco di 10/20 anni, degli interventi programmati in ordine di priorità.

Potenziali effetti della variazione climatica attesa

CALCOLO DISTRIBUITO DI: EVAPOTRASPIRAZION E, INFILTRAZIONE EFFICACE E RUSCELLAMENTO

CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO



MAPPE DEI PARAMETRI METEO-CLIMATICI



ETP = $0.0023 (T_{media} + 17.8) (T_{max} - T_{min})^{0.5} RA$
 ETr (Evapotraspirazione culturale potenziale) = ETP * K_C

PUC 1.0

File Modifica ?

BILANCIO IDROLOGICO DISTRIBUITO

Percorso dati input

Selezione Operazione

Evapotraspirazione Ruscellamento Infiltrazione Efficace Statistica Lettura Matrici

Anno/Mese Inizio: 29/01/2003 Anno/Mese Fine: 29/01/2003

Calcolo EVR nel periodo

Sospensione Elaborazione

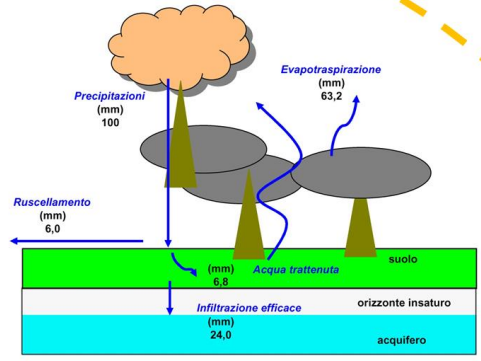
Errori

RESET LED

CLEAR ERRLOG

CLEAR LOG

EVAPOTRASPIRAZIONE REALE
 EVr = ETr se P + Ui ≥ ETr
 EVr = P + Ui se P + Uini ≤ ETr



Variabili meteo-climatiche

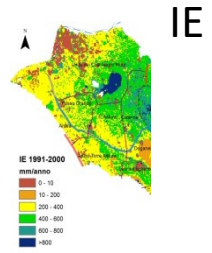
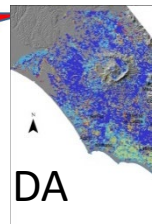
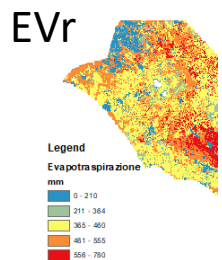
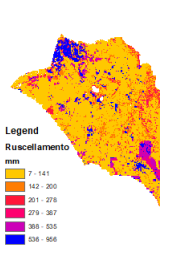
Mese	T _{max} °C	T _{min} °C	T _{med} °C	P mm	R.A. mm
aprile	14,4	7,1	10,7	100	14,0

Variabili di sito

Kc	AWC mm	Ck	U _{int} %di AWC	Area endoreica
0,85	86	0,2	92	no

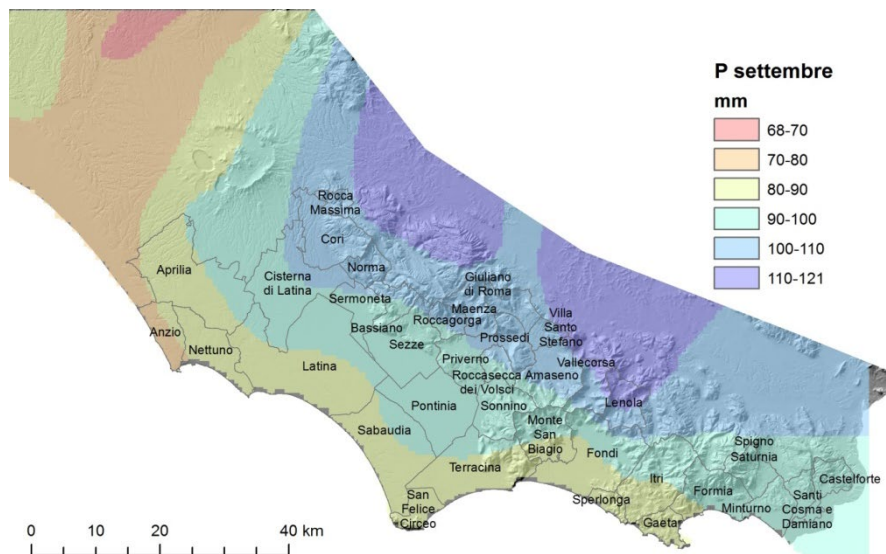
$$R_{anno} = \sum (P_{mese} - EVr_{mese}) * CK \quad Ie_{anno} = \sum (P_{mese} - EVr_{mese} - R_{mese} + Endo_{mese})$$

Evr - ETr = Deficit (assimilabile a fabbisogno irriguo)



SPAZIALIZZAZIONE DEI DATI METEOCLIMATICI MENSILI

(Precipitazioni, Temperature massime, minime e medie)

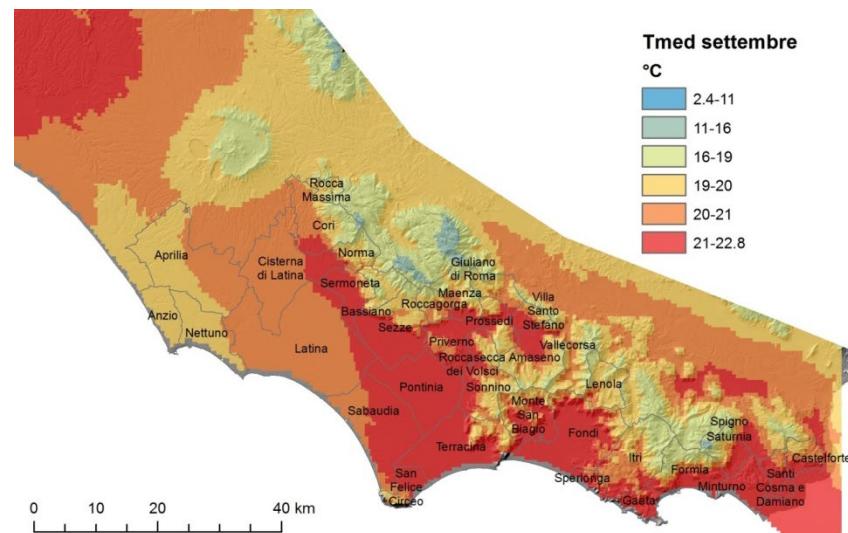


Periodo 1991-2000

10 anni

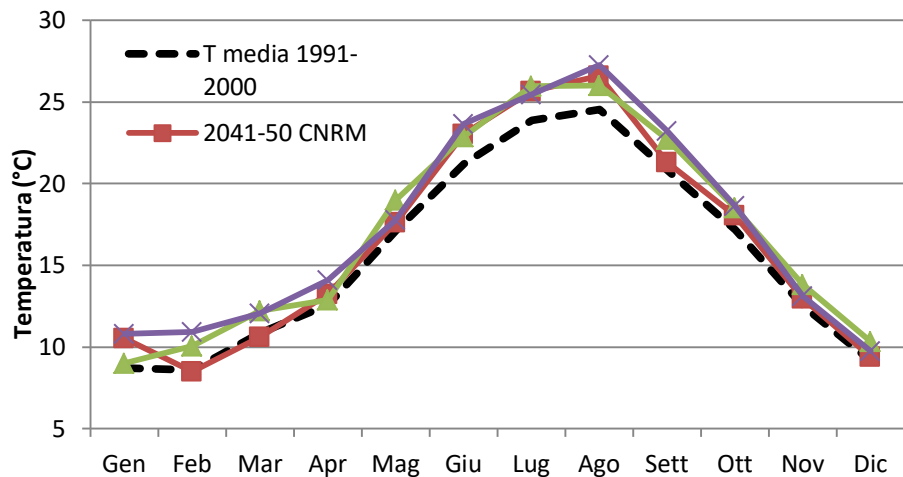
120 x 4 mappe

La ricostruzione spaziale delle piogge (P) e delle temperature massime (Tx), minime (Tm) e medie (Td) è stata realizzata applicando il mapping geostatistico automatizzato (Raspa et al, 2018)



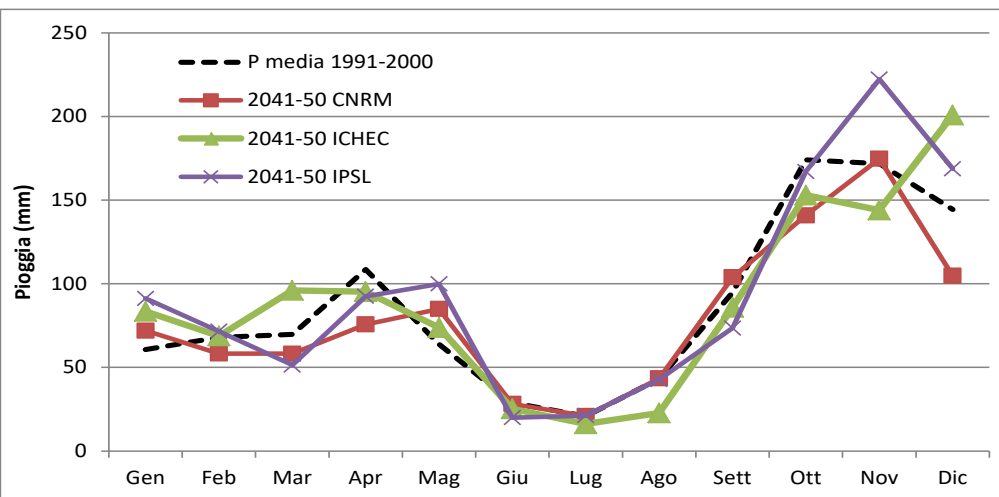
SCelta DEGLI SCENARI E ENTITA' DELLA VARIAZIONE CLIMATICA ATTESA

SCENARIO DI RIFERIMENTO RCP4.5 - (Representative Concentration Pathways, IPCC, 2014)



Temperatura

l'innalzamento medio annuo previsto nel decennio 2041-2050 risulta contenuto entro 0,87°C per il modello CNRM fino a un massimo di 1,64°C per il modello IPSL

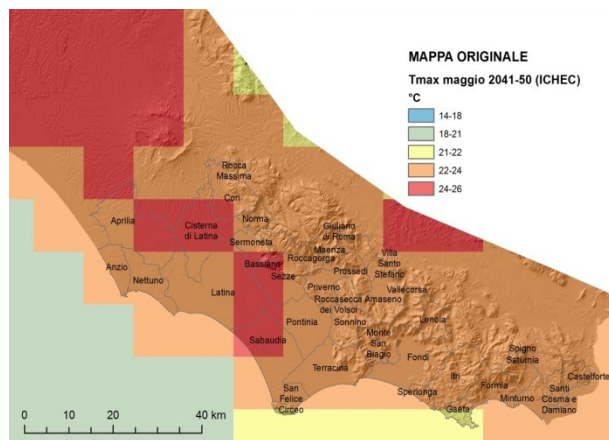


Precipitazioni

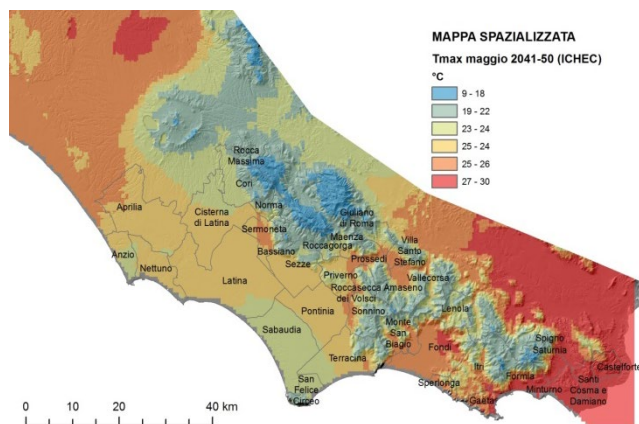
i valori medi previsti per il decennio 2041-2050 risultino inferiori dell'8% nel modello CNRM e superiori del 1,8% e del 8% nei modelli ICHEC e IPSL

DOWNSCALING GEOSTATISTICO DELLE PREVISIONI CLIMATICHE

Si propone una variante della tecnica di downscaling statistico denominata “Delta method” (Hijmans et al., 2005) che spazializza i dati di variazione climatica utilizzando la struttura spaziale (baseline) ricavata dall’interpolazione dei dati storici delle stazioni di monitoraggio.



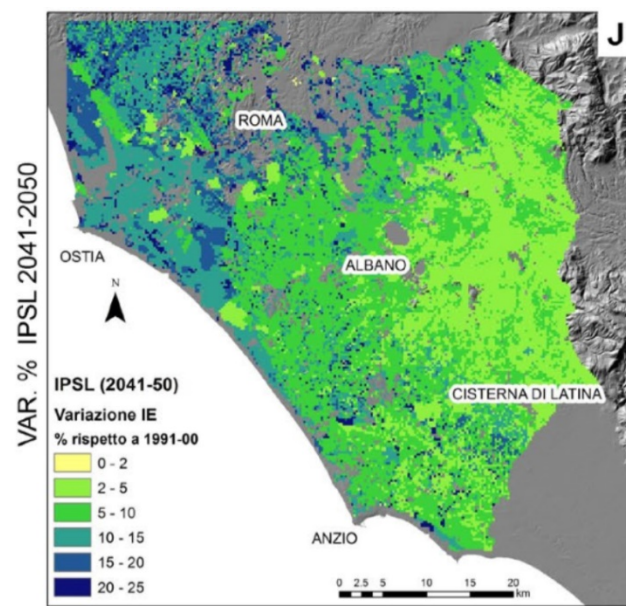
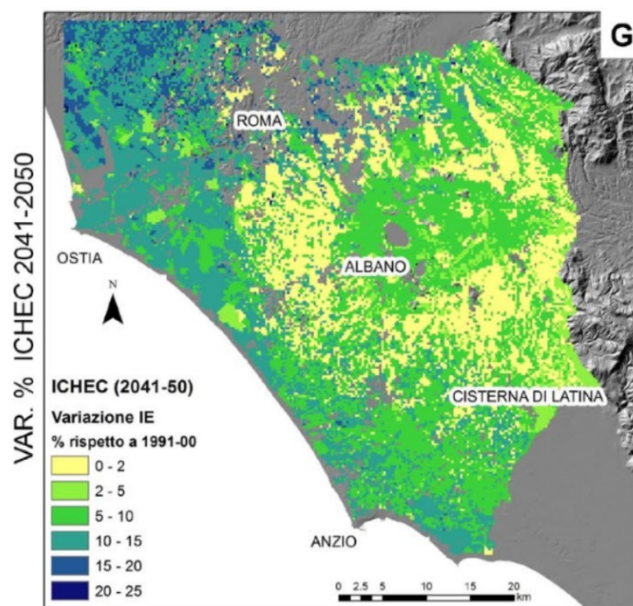
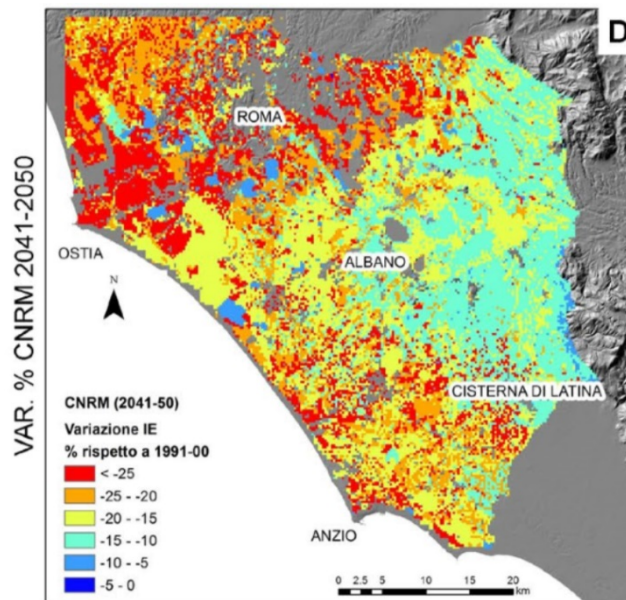
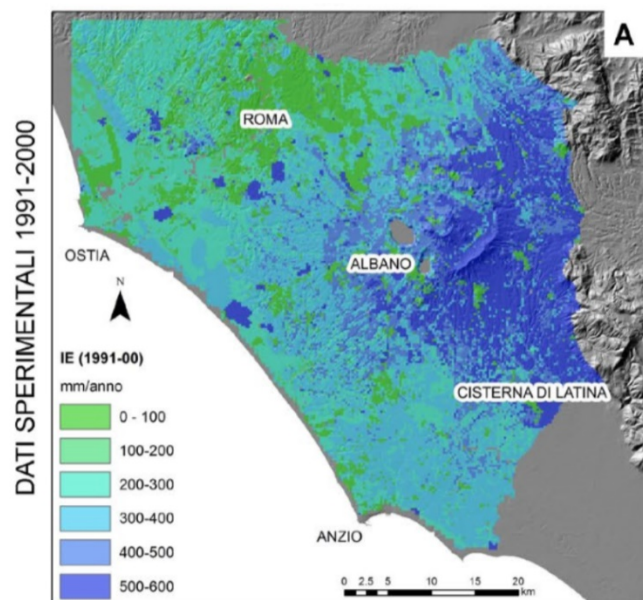
$$X_i^c(x, y) = X_i(x, y) + \mu_i^c - \mu_i$$



Dove:

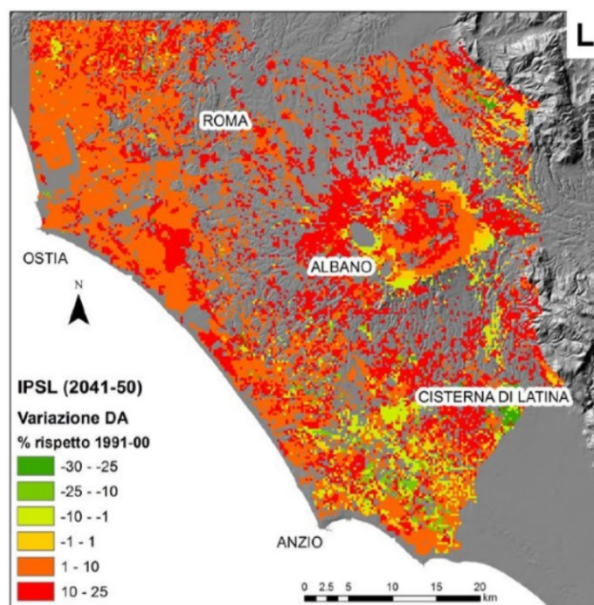
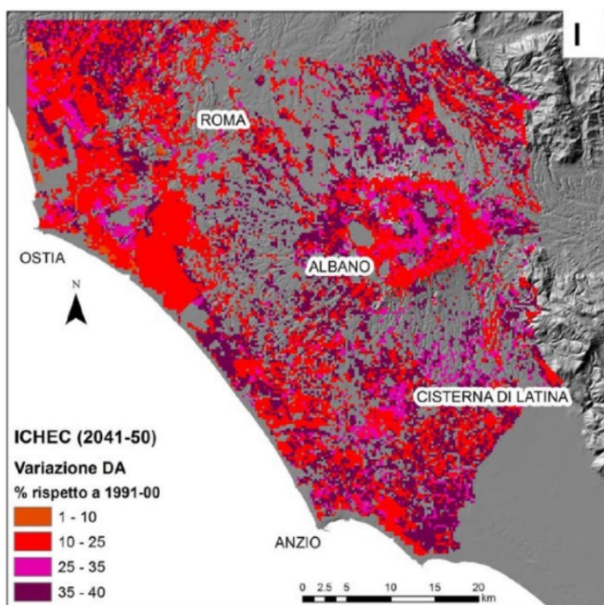
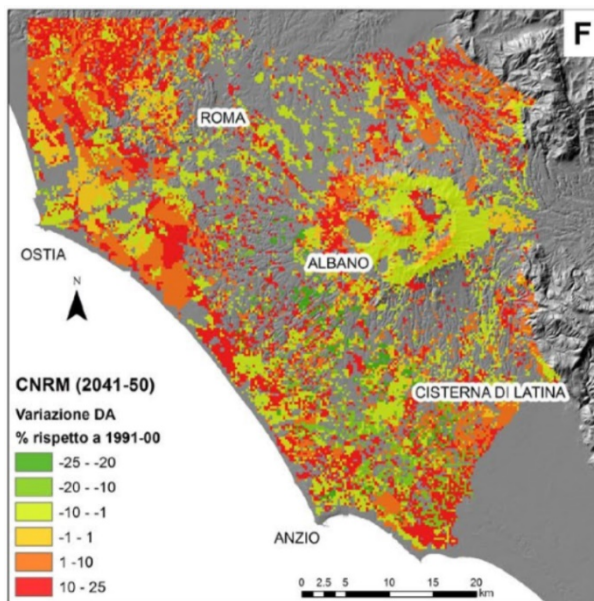
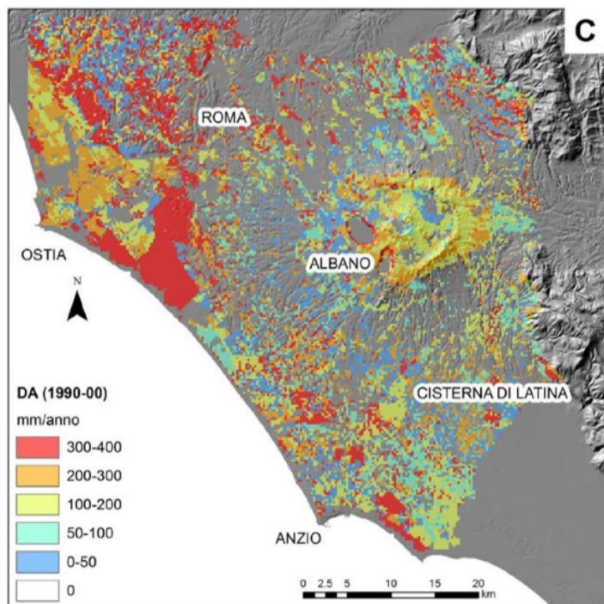
- $X_i(x, y)$ è la variabile stimata X relativa al mese i , associata alla cella (centrata nel punto di coordinate) (x, y)
- μ_i è il valore medio areale sull’intera griglia (area di studio) della variabile stimata $X_i(x, y)$ relativa al mese i
- μ_i^c è il valore medio della proiezione climatica sull’area di studio, relativa al mese i
- $X_i^c(x, y)$ è la proiezione climatica ad alta risoluzione spaziale della variabile stimata X nella cella (x, y) , relativa al mese i .

INFILTRAZIONE EFFICACE



L'analisi effettuata sui diversi modelli di previsione evidenzia per il decennio 2045 la possibilità di variazioni dell'infiltrazione efficace comprese tra -17% e +12%, con significativi scostamenti a scala locale

DEFICIT IDRICO DEL SUOLO (FABBISOGNO IRRIGUO)



L'analisi effettuata sui diversi modelli di previsione evidenzia per il decennio 2045 la possibilità di incrementi medi del compresi tra il 4 % e il 25%

DEFICIT IDRICO DEL SUOLO (FABBISOGNO IRRIGUO)

Fabbisogno irriguo medio annuo (m ³ /s)				
ACQUIFERO	1991_2000	Modelli previsione 2041-2050		
	Sperimentale	CNRM	ICHEC	IPSL
Colli Albani	2.01	2.1	2.71	2.23

VALORE MEDIO ANNUO

DISTRIBUZIONE MENSILE

