

5. ANALISI DEI RISULTATI DELLO SCREENING QUALI-QUANTITATIVO

5.1 ANALISI DELLE SOGGIACENZE E DELLE ESCURSIONI DEL LIVELLO FREATICO

Al fine di ottenere una prima caratterizzazione quantitativa delle falde relative agli acquiferi freatici di pianura, sono state eseguite due campagne di misura della soggiacenza. La prima ha avuto luogo durante la fase di ricerca sul campo dei punti di misura, condotta secondo quanto descritto al precedente paragrafo 3.3. I dati raccolti si riferiscono principalmente al periodo compreso fra aprile e luglio 2009, con una prevalenza delle misurazioni nei due mesi centrali del periodo. La seconda campagna è stata invece condotta contestualmente al prelievo del campione per l'analisi chimica (paragrafo 4) effettuato nel periodo compreso fra fine agosto e metà ottobre, con una netta prevalenza delle misurazioni rilevate nel mese di settembre.

La maggior parte delle misure della prima campagna è riferibile al periodo di “alto idrogeologico”, ovvero al momento dell'anno caratterizzato dai più elevati livelli piezometrici delle falde acquifere, dovuti alla ricarica delle piogge autunnali e invernali; al contrario la seconda misura fotografa per lo più il “basso idrogeologico”, ovvero il momento più siccitoso dell'anno, ovvero quello quantitativamente più critico per la risorsa idrica. Tali valori sono riportati nella successiva Tabella 5.1 dove al valore minimo e massimo riscontrato nelle due o più campagne di misura effettuate è associata la relativa data di rilevazione. In tal modo è possibile notare che:

- per gli otto piezometri ricadenti nell'acquifero freatico costiero ravennate sono disponibili solo le misure di settembre, in quanto sono di recentissima installazione (estate 2009) da parte del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna;
- per quanto riguarda la maggior parte dei pozzi ubicati in provincia di Forlì-Cesena, così come per i pozzi BO-F19-00 e BO-F20-00 la misura di “alto idrogeologico” è riferibile al periodo tardo-autunnale (metà novembre- metà dicembre). In questo modo le soggiacenze rilevate a fine anno possono essere comparate abbastanza verosimilmente a quelle primaverili;
- per la provincia di Ferrara, inizialmente erano stati presi in considerazione anche sei pozzi di riserva, per cui sono disponibili per questi le misure primaverili, che vengono riportate nell'archivio dei dati.

La carta riportata in Figura 2.1 vuole dare una prima rappresentazione indicativa dello stato quantitativo delle falde relative agli acquiferi freatici di pianura. In tale carta sono raffigurati i pozzi suddivisi in classi cromatiche per intervalli di soggiacenza massima (dal piano campagna) e quindi riferibili al momento di “basso idrogeologico”, verificatosi per lo più nel periodo relativo alla seconda misura, quella di fine estate. In corrispondenza degli stessi pozzi sono riportati i valori relativi all'escursione stagionale della falda, ovvero alla massima variazione fra le misure di soggiacenza disponibili. Dall'esame della Figura 5.1 si evince che:

- i valori delle soggiacenze massime (basso idrogeologico) delle falde sono comprese fra 0.5 e 7 m e presentano una distribuzione variabile, ma abbastanza uniforme a scala di tutta la regione Emilia-Romagna;
- la classe di valori di soggiacenza più presente (col 39 %) è quella relativa all'intervallo 2-3 metri e interessa prevalentemente le province comprese fra Reggio Emilia, Bologna e la porzione centro-occidentale di Ferrara, oltre alla porzione centrale di Piacenza e a quella sud-orientale di Ravenna.

- valori più elevati di soggiacenza variabili da 3-4 metri (il 25 %) a 4-5 m (il 12 %) fino a 5-7 metri (il 4 %) si riscontrano:
 - nel territorio compreso fra la porzione orientale della provincia di Piacenza e quella centro-orientale di Parma;
 - fra la parte sud-orientale di Reggio Emilia e quella nord-occidentale di Modena;
 - nella fascia di alta pianura parallela al margine appenninico compresa circa fra Granarolo dell'Emilia (BO) e Villalta (FC);
 - in grossa parte dell'acquifero freatico fluviale ravennate;
 - infine nelle porzioni settentrionali e meridionali della provincia di Ferrara.
- i pozzi con soggiacenze più vicine al piano campagna variabili da 0.5-1 m (il 3 %) a 1-2 m (il 16 %) sono meno numerosi e interessano principalmente gran parte dell'acquifero freatico costiero, oltre ad alcuni punti ubicati nel ferrarese ed altri distribuiti sporadicamente più o meno in tutto il territorio regionale.

Tutti i dati di soggiacenza (in formato Excel) e la relativa cartografia qui presentata sono disponibili all'interno del CD allegato alla presente relazione.

Tabella 5.1: soggiacenze minime e massime misurate e relative escursioni di falda per i pozzi individuati nelle due campagne di screening

Codice ¹	Provincia	profondità da p.c. (m)	pozzo con pompa in attività	uso	Data min soggiacenza da p.c.	min soggiacenza da p.c. (m)	Data max soggiacenza da p.c.	max soggiacenza da p.c. (m)	escursione (m)	n° misure effettuate nel 2009
PC-F01-00	PC	6.10	sì	domestico	21/05/09	1.26	31/08/09	3.16	1.90	2
PC-F02-00	PC	8.27	no		09/09/09	2.20	22/06/09	2.50	0.30	2
PC-F03-00	PC	7.20	sì	agricolo/irriguo	23/06/09	1.95	02/09/09	2.86	0.91	2
PC-F04-00	PC	12.00	no	domestico	28/05/09	0.30	10/09/09	0.90	0.60	2
PC-F05-00	PC	4.00	sì	domestico	11/06/09	2.04	27/08/09	2.72	0.68	2
PC-F06-00	PC	5.20	sì	domestico	11/06/09	1.32	27/08/09	2.21	0.89	2
PC-F07-00	PC	10.20	no		08/06/09	1.42	27/08/09	7.02	5.60	2
PC-F08-00	PC	5.20	no		15/06/09	4.58	07/09/09	4.65	0.07	2
PC-F09-00	PC	11.35	sì	domestico	15/06/09	3.85	07/09/09	7.20	3.35	2
PR-F01-00	PR	4.37	no		16/06/09	3.43	01/09/09	4.10	0.67	2
PR-F02-00	PR	5.45	no		08/06/09	1.85	01/09/09	3.55	1.70	2
PR-F03-00	PR	4.43	no		10/06/09	2.31	31/08/09	4.30	1.99	2
PR-F04-00	PR	6.15	no		10/06/09	2.35	31/08/09	2.44	0.09	2
PR-F05-00	PR	8.67	sì	domestico	10/06/09	1.40	05/10/09	2.11	0.71	2
PR-F06-00	PR	6.81	no		19/05/09	2.11	31/08/09	3.36	1.25	2
PR-F07-00	PR	8.22	no		28/05/09	2.45	31/08/09	3.55	1.10	2
PR-F08-00	PR	9.24	sì	domestico	08/06/09	2.70	01/09/09	3.40	0.70	2
PR-F09-00	PR	6.57	sì	domestico	08/06/09	1.44	01/09/09	2.70	1.26	2
PR-F10-00	PR	6.52	no	domestico	18/05/09	0.95	01/09/09	3.15	2.20	2
PR-F11-00	PR	6.79	no		08/06/09	1.33	01/09/09	2.65	1.32	2
RE-F01-00	RE	7.20	no		01/07/09	2.25	26/08/09	2.80	0.55	2
RE-F02-00	RE	8.00	sì	domestico	01/07/09	3.55	24/08/09	4.15	0.60	2

¹ I codici dei punti di misura che terminano con -01 sono pozzi di riserva, non appartenenti alla rete di screening qualitativo dei 136 pozzi, ma con una misura freatimetrica disponibile eseguita nella fase di ricerca pozzi.

Codice ¹	Provincia	profondità da p.c. (m)	pozzo con pompa in attività	uso	Data min soggiacenza da p.c.	min soggiacenza da p.c. (m)	Data max soggiacenza da p.c.	max soggiacenza da p.c. (m)	escursione (m)	n° misure effettuate nel 2009
RE-F03-00	RE	11.00	sì	domestico	01/07/09	2.71	24/08/09	4.31	1.60	2
RE-F04-00	RE	10.00	sì	domestico	02/07/09	2.10	24/08/09	3.57	1.47	2
RE-F05-00	RE	6.50	sì	domestico	03/07/09	1.40	28/08/09	2.22	0.82	2
RE-F06-00	RE	6.80	sì	domestico	06/07/09	1.39	26/08/09	1.98	0.59	2
RE-F07-00	RE	4.90	sì	domestico	06/07/09	0.80	28/08/09	1.07	0.27	2
RE-F08-00	RE	5.90	sì	domestico	03/07/09	0.75	28/08/09	2.09	1.34	2
RE-F09-00	RE	4.40	sì	domestico	02/07/09	1.72	24/08/09	2.92	1.20	2
RE-F10-00	RE	11.10	sì	domestico	28/08/09	2.51	07/09	2.70	0.19	2
RE-F11-00	RE	5.40	sì	domestico	21/07/09	2.37	28/08/09	2.80	0.43	2
RE-F12-00	RE	5.30	sì	domestico	08/07/09	1.55	28/08/09	3.00	1.45	2
RE-F13-00	RE	6.30	no		08/07/09	1.65	28/08/09	2.07	0.42	2
MO-F01-00	MO	12.00	sì	domestico	21/05/09	1.75	02/09/09	3.04	1.29	2
MO-F02-00	MO	3.80	sì	domestico	20/05/09	1.10	02/09/09	2.16	1.06	2
MO-F03-00	MO	7.40	sì	domestico	20/05/09	0.89	02/09/09	1.74	0.85	2
MO-F04-00	MO	9.90	sì	agricolo/irriguo	07/05/09	1.02	02/09/09	2.22	1.20	2
MO-F05-00	MO	5.43	no	domestico	10/06/09	2.05	02/09/09	2.13	0.08	2
MO-F06-00	MO	5.22	sì	domestico	30/04/09	1.27	02/09/09	2.55	1.28	2
MO-F07-00	MO	4.50	sì	domestico	08/05/09	0.98	02/09/09	3.29	2.31	2
MO-F08-00	MO	6.60	sì	domestico	07/05/09	0.89	02/09/09	1.57	0.68	2
MO-F09-00	MO	9.35	sì	domestico	30/04/09	1.97	02/09/09	2.59	0.62	2
MO-F10-00	MO	6.74	no	domestico	21/05/09	2.25	02/09/09	3.26	1.01	2
MO-F11-00	MO	7.30	sì	domestico	24/06/09	1.93	02/09/09	2.29	0.36	2
MO-F12-00	MO	6.80	sì	domestico	24/06/09	1.20	02/09/09	1.59	0.39	2
MO-F13-00	MO	9.00	sì	agricolo/irriguo	06/05/09	0.56	01/09/09	3.13	2.57	2
MO-F14-00	MO	6.00	sì	agricolo/irriguo	06/05/09	0.90	01/09/09	2.65	1.75	2
MO-F15-00	MO	9.77	sì	domestico	10/06/09	3.08	01/09/09	4.25	1.17	2
MO-F16-00	MO	6.30	sì	domestico	06/05/09	2.45	01/09/09	4.22	1.77	2
MO-F17-00	MO	9.00	sì	agricolo/irriguo	30/04/09	1.13	02/09/09	2.69	1.56	2
MO-F18-00	MO	5.23	sì	domestico	20/05/09	2.83	02/09/09	3.54	0.71	2
MO-F19-00	MO	4.60	sì	domestico	24/06/09	1.57	02/09/09	2.46	0.89	2
MO-F20-00	MO	7.80	no	agricolo/irriguo	30/04/09	2.36	02/09/09	4.75	2.39	2
BO-F01-00	BO	6.60	sì	domestico	06/05/09	0.63	15/09/09	2.50	1.87	2
BO-F02-00	BO	7.50	sì	domestico	15/09/09	0.48	19/03/09	1.40	0.92	3
BO-F03-00	BO	5.70	sì	domestico	29/04/09	0.87	23/09/09	2.25	1.38	2
BO-F04-00	BO	7.30	sì	agricolo/irriguo	29/04/09	1.34	23/09/09	3.00	1.66	2
BO-F05-00	BO	6.45	sì	domestico	03/06/09	1.70	17/09/09	2.20	0.50	2
BO-F06-00	BO	7.95	sì	domestico	03/06/09	2.30	17/09/09	2.80	0.50	2
BO-F07-00	BO	7.00	sì	agricolo/irriguo	02/09/09	2.30	08/05/09	2.47	0.17	2
BO-F08-00	BO	6.70	sì	domestico	22/06/09	2.00	15/09/09	2.70	0.70	2
BO-F09-00	BO	6.50	no	domestico	22/06/09	1.87	17/09/09	2.80	0.93	2
BO-F10-00	BO	7.50	sì	domestico	22/06/09	2.55	23/09/09	3.50	0.95	2
BO-F11-00	BO	7.20	sì	agricolo/irriguo	30/06/09	1.83	08/09/09	2.65	0.82	2
BO-F12-00	BO	6.65	sì	domestico	06/07/09	2.55	08/09/09	3.35	0.80	2
BO-F13-00	BO	7.65	sì	domestico	06/07/09	2.08	08/09/09	4.56	2.48	2

Codice ¹	Provincia	profondità da p.c. (m)	pozzo con pompa in attività	uso	Data min soggiacenza da p.c.	min soggiacenza da p.c. (m)	Data max soggiacenza da p.c.	max soggiacenza da p.c. (m)	escursione (m)	n° misure effettuate nel 2009
BO-F14-00	BO	6.50	sì	domestico	23/09/09	1.62	28/07/09	1.80	0.18	2
BO-F15-00	BO	6.30	sì	agricolo/irriguo	30/07/09	3.90	10/09/09	4.35	0.45	2
BO-F16-00	BO	10.00	sì	agricolo/irriguo	30/07/09	2.17	10/09/09	4.72	2.55	2
BO-F17-00	BO	8.00	sì	domestico	10/09/09	2.40	15/12/09	2.82	0.42	2
BO-F18-00	BO	7.50	sì	agricolo/irriguo	15/12/09	6.05	02/09/09	6.52	0.47	2
BO-F19-00	BO	7.95	no	agricolo/irriguo	15/12/09	2.38	19/08/09	2.45	0.07	3
BO-F20-00	BO	4.30	sì	agricolo/irriguo	15/12/09	1.82	08/09/09	2.11	0.29	3
BO-F21-00	BO	7.40	sì	agricolo/irriguo	02/04/09	0.55	15/09/09	3.20	2.65	2
FE-F01-00	FE	4.90	sì	agricolo/irriguo	28/05/09	1.65	01/09/09	3.03	1.38	2
FE-F01-01	FE	6.49	no	agricolo/irriguo	28/05/09	2.03				1
FE-F02-00	FE	3.54	sì	agricolo/irriguo	28/05/09	1.80	01/09/09	2.81	1.01	2
FE-F03-00	FE	5.50	sì	domestico	28/05/09	2.13	01/09/09	3.06	0.93	2
FE-F04-00	FE	7.94	sì	agricolo/irriguo	01/09/09	1.48	21/05/09	5.43	3.95	2
FE-F05-00	FE	2.81	sì	agricolo/irriguo	21/05/09	1.06	01/09/09	1.96	0.90	2
FE-F06-00	FE	8.79	sì	domestico	17/06/09	1.56	21/09/09	2.37	0.81	2
FE-F06-01	FE	5.92	sì	agricolo/irriguo	07/05/09	2.31				1
FE-F07-00	FE	6.73	sì	domestico	17/06/09	2.12	21/09/09	2.62	0.50	2
FE-F07-01	FE	10.76	no	agricolo/irriguo	07/05/09	1.33				1
FE-F08-00	FE	4.57	sì	domestico	07/05/09	0.94	31/08/09	2.46	1.52	2
FE-F09-00	FE	3.20	sì	domestico	07/05/09	1.02	31/08/09	1.71	0.69	2
FE-F10-00	FE	3.50	sì	domestico	07/05/09	0.97	14/10/09	1.82	0.85	2
FE-F11-00	FE	5.24	sì	domestico	12/05/09	1.59	31/08/09	2.51	0.92	2
FE-F12-00	FE	3.11	sì	domestico	12/05/09	0.92	08/09/09	1.30	0.38	2
FE-F13-00	FE	4.69	sì	domestico	17/06/09	1.97	08/09/09	3.05	1.08	2
FE-F13-01	FE	5.70	no	domestico	17/06/09	1.87				1
FE-F14-00	FE	4.72	sì	domestico	09/06/09	1.96	02/09/09	2.95	0.99	2
FE-F14-01	FE	4.46	sì	agricolo/irriguo	09/06/09	1.85				1
FE-F15-00	FE	3.68	sì	domestico	09/06/09	1.45	02/09/09	1.49	0.04	2
FE-F16-00	FE	3.81	sì	domestico	09/06/09	1.98	02/09/09	2.29	0.31	2
FE-F17-00	FE	5.80	sì	domestico	17/09/09	1.51	14/05/09	2.41	0.90	2
FE-F18-00	FE	5.46	sì	domestico	14/05/09	1.80	17/09/09	3.22	1.42	2
FE-F19-00	FE	10.12	sì	domestico	14/05/09	1.41	21/09/09	3.93	2.52	2
FE-F20-00	FE	2.45	no		23/07/09	1.66	04/09/09	1.86	0.20	2
FE-F21-00	FE	2.14	sì	domestico	04/06/09	1.32	04/09/09	1.53	0.21	2
FE-F21-01	FE	2.56	sì	domestico	04/06/09	1.32				1
FE-F22-00	FE	5.34	sì	domestico	04/09/09	2.86	12/05/09	3.20	0.34	2
FE-F23-00	FE	1.71	no	domestico	04/06/09	0.95	04/09/09	0.99	0.04	2
FE-F24-00	FE	2.59	no	agricolo/irriguo	08/06/09	1.49	08/09/09	1.88	0.39	2
FE-F25-00	FE	5.22	sì	domestico	08/06/09	0.75	08/09/09	1.00	0.25	2
FE-F26-00	FE	3.75	no	domestico	22/07/09	0.78	08/09/09	1.00	0.22	2
FE-F27-00	FE	6.93	sì	domestico	14/05/09	2.21	17/09/09	3.12	0.91	2
RA-F01-00	RA	5.73	sì	domestico	30/04/09	3.27	18/09/09	3.79	0.52	2
RA-F02-00	RA	7.75	sì	agricolo/irriguo	17/09/09	3.28	29/04/09	3.39	0.11	2
RA-F03-00	RA	4.90	sì	agricolo/irriguo	22/09/09	2.12	03/06/09	3.09	0.97	2

Codice ¹	Provincia	profondità da p.c. (m)	pozzo con pompa in attività	uso	Data min soggiacenza da p.c.	min soggiacenza da p.c. (m)	Data max soggiacenza da p.c.	max soggiacenza da p.c. (m)	escursione (m)	n° misure effettuate nel 2009
RA-F04-00	RA	10.50	no				09/09/09	2.12		1
RA-F05-00	RA	9.00	no				09/09/09	1.87		1
RA-F06-00	RA	10.00	no				09/09/09	1.93		1
RA-F07-00	RA	18.00	no				09/09/09	3.17		1
RA-F08-00	RA	7.85	sì	domestico	15/06/09	1.74				1
RA-F09-00	RA	5.41	sì	domestico	17/09/09	3.19	29/04/09	3.44	0.25	2
RA-F10-00	RA	6.48	sì	domestico	29/04/09	1.14	23/09/09	2.25	1.11	2
RA-F11-00	RA	7.16	sì	domestico	29/04/09	2.25	17/09/09	3.22	0.97	2
RA-F11-01	RA	6.36	sì	domestico	17/09/09	4.19	15/06/09	4.27	0.08	2
RA-F12-00	RA	6.50	sì	agricolo/irriguo	29/04/09	2.41	18/09/09	3.48	1.07	2
RA-F13-00	RA	9.49	sì	domestico	30/04/09	3.92	23/09/09	4.52	0.60	2
RA-F14-00	RA	7.25	sì	domestico	21/09/09	2.04	03/06/09	2.09	0.05	2
RA-F15-00	RA	15.00	no				09/09/09	2.30		1
RA-F16-00	RA	10.50	no				09/09/09	1.22		1
RA-F17-00	RA	4.85	sì	agricolo/irriguo	03/06/09	1.64	21/09/09	2.32	0.68	2
RA-F18-00	RA	6.50	sì	agricolo/irriguo	03/06/09	2.48	22/09/09	2.94	0.46	2
RA-F19-00	RA	6.80	no	domestico	03/06/09	2.60	23/09/09	3.02	0.42	2
RA-F20-00	RA	7.00	sì	agricolo/irriguo	03/06/09	3.43	18/09/09	4.12	0.69	2
RA-F21-00	RA	5.52	sì	domestico	30/04/09	1.41	18/09/09	3.61	2.20	2
RA-F22-00	RA	7.70	no		03/06/09	5.35	22/09/09	6.14	0.79	2
RA-F23-00	RA	4.80	no	domestico	27/05/09	3.67	06/10/09	>4.80	>1.13	2
RA-F24-00	RA	11.40	no		03/06/09	0.80	06/10/09	2.07	1.27	2
RA-F25-00	RA	11.00	no				09/09/09	1.90		1
FC-F01-00	FC	11.59	no	domestico	12/11/09	4.37	09/12/09	4.42	0.05	3
FC-F02-00	FC	5.38	sì	domestico	08/09/09	3.70	09/12/09	3.82	0.12	3
FC-F03-00	FC	7.53	sì	domestico	08/09/09	4.30	09/12/09	4.90	0.60	3
FC-F04-00	FC	10.52	sì	domestico	12/11/09	3.58	09/12/09	3.88	0.30	3
FC-F05-00	FC	5.69	sì	domestico	12/11/09	3.15	08/09/09	3.70	0.55	3
FC-F06-00	FC	8.69	sì	domestico	12/11/09	2.72	08/09/09	4.50	1.78	3
FC-F07-00	FC	9.04	sì	domestico	09/12/09	1.50	08/09/09	3.00	1.50	3
FC-F08-00	FC	8.93	sì	domestico	12/11/09	2.27	08/09/09	4.26	1.99	3
RN-F01-00	RN	5.50	sì	agricolo/irriguo	07/05/09	0.75	26/08/09	1.30	0.55	2
RN-F02-00	RN	7.80	sì	domestico	28/04/09	2.55	31/08/09	2.90	0.35	2
RN-F03-00	RN	5.70	sì	domestico	12/05/09	1.60	31/08/09	1.90	0.30	2

LEGENDA

- Confine regionale
- Confine provinciale
- Reticolo idrografico principale
- Pozzi attivi

Soggiacenza e valore di escursione (m)

- 0.5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 7

Corpi idrici sotterranei freatici di pianura

- Freatico di pianura costiero
- Freatico di pianura fluviale

----- Limite pedemontano del freatico di pianura fluviale a monte del quale la falda è effimera e poco sfruttata

5.2 ANALISI DEI DATI DELLO SCREENING ANALITICO

5.2.1 Premessa

Le Sezioni Provinciali Arpa, a seguito dell'attività di campionamento effettuata nel periodo settembre – ottobre 2009, hanno inviato i propri campioni per le analisi chimiche ai Laboratori di competenza quali: Piacenza (per i campioni di Piacenza e Parma), Reggio Emilia (per i campioni di Reggio Emilia e Modena), Bologna (per i campioni di Bologna e Ferrara), Ravenna (per i campioni di Ravenna) e Forlì - Cesena (per i campioni di Forlì - Cesena e Rimini).

Nella successiva tabella (Tabella 5.2) sono riportate, per provincia, alcune informazioni sull'attività di campionamento in particolare:

- il numero dei campioni prelevati e relativa modalità di campionamento (pompa, bayler, bottiglia o secchio);
- l'utilizzo o meno della sonda multiparametrica;
- il laboratorio di competenza che ha eseguito le analisi.

Si può osservare che alcune Sezioni Provinciali Arpa come Bologna, Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini hanno utilizzato in campo una sonda multiparametrica per la misurazione di:

- temperatura dell'acqua,
- pH,
- conducibilità elettrica,
- ossigeno disciolto e ossigeno disciolto percentuale rispetto alla saturazione;

mentre gli stessi parametri, per le altre Sezioni (Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena e Ferrara), sono stati analizzati nei Laboratori. Si precisa che, per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, per i campioni i cui valori sono stati determinati nei Laboratori, si è provveduto al preventivo fissaggio in campo con metodo Winkler.

Tabella 5.2: informazioni sui metodi di campionamento e analisi

Provincia	Utilizzo sonda multiparametrica	n°campioni prelevati con pompa	n°campioni prelevati con bayler/ bottiglia/ secchio	Filtrazione e acidificazione in campo dei metalli	Note su O ₂ (Ossigeno disciolto)	Laboratorio ARPA
PC	no		9	no	O ₂ fissato in campo con metodo Winkler	PC
PR	no		11	no	O ₂ fissato in campo con metodo Winkler	PC
RE	no	10	3	sì	O ₂ fissato in campo con metodo Winkler	RE
MO	no	18	2	sì	O ₂ fissato in campo con metodo Winkler	RE
BO	sì	20	1	no		BO
FE	no	27		no	O ₂ fissato in campo con metodo Winkler	BO
RA	sì	24		no		RA
FC	sì	2	6	no	O ₂ analizzato anche in laboratorio, nel cui caso, previo fissaggio in campo con metodo Winkler	FC
RN	sì	3		no		FC

Altre differenze nella modalità di campionamento delle acque freatiche riguardano il tipo di prelievo che è stato effettuato sia con pompa, quando possibile perché esistente sul pozzo, previo un moderato spurgo, sia con bayler, bottiglia o secchio.

Per 8 campioni in provincia di Ravenna (piezometri) e 7 campioni in provincia di Ferrara (pozzi privi di pompa) si è dovuti ricorrere all'utilizzo di una pompa portatile.

5.2.2 Analisi dei dati e rappresentazione cartografica

Nella Tabella 5.3 vengono riportati i dati analitici delle acque relative ai pozzi freatici campionati durante la campagna di screening svolta nel periodo compreso fra fine agosto e metà ottobre. Nella tabella sono riportati:

- in rosso i parametri oggetto dello screening condotto a livello regionale ed elencati nel precedente paragrafo 4;
- in nero alcuni parametri aggiuntivi analizzati localmente solo su alcune province.

Nei paragrafi seguenti sono poi esposte alcune considerazioni sulla distribuzione spaziale a livello regionale dei relativi valori di concentrazione riscontrati sui singoli parametri oggetto dello screening. Tale analisi è stata effettuata partendo dall'elaborazione cartografica realizzata per ciascun parametro riportandone una distribuzione per classi di valori. A supporto dell'analisi ogni carta realizzata riporta i seguenti elementi ritenuti utili allo scopo:

- confini amministrativi regionale e provinciali;
- delimitazione dei corpi idrici freatici oggetto di studio (fluviale e costiero);
- reticolo idrografico principale;
- stato di attività del pozzo.

Le classi dei valori sui quali rappresentare la distribuzione del singolo dato sono state scelte dove possibile appoggiandosi anche a riferimenti normativi quali:

- standard di qualità e valori soglia dell'allegato 3 al Decreto Legislativo n. 30 del 16 marzo 2009 "*Attuazione della Direttiva 2006/118/CE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento*". G.U. n. 79 del 4 aprile 2009. ([12]);
- valori indicati nell'Allegato 1 Parte C del Decreto Legislativo n. 31 del 2 febbraio 2001 "*Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano*". G.U. n. 52 del 3 marzo 2001 - Supplemento Ordinario n. 41.([13]);
- ai valori riportati nell'Allegato 5 al Titolo V della parte IV del Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006 "*Norme in materia ambientale*". G.U. n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96., ([11]) e relativo alla bonifica dei siti contaminati.

Tutti i dati analitici (formato excel) e la cartografia (formato pdf) sono disponibili all'interno del CD allegato alla presente relazione.

Tabella 5.3: dati analitici relativi alla campagna di screening effettuata a fine estate 2009 per i 136 pozzi freatici individuati

Codice	X (UTM)	Y (UTM)	Provincia	Data	Metodo prelievo ²	T°acqua (°C)	pH (u. di pH)	Cond. elettr. a 20°C (µS/cm)	O ₂ disciolto (mg/L)	O ₂ sat. (%)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	NO ₂ (mg/L)	B (µg/L)	As (µg/L)
PC-F01-00	541113	4990545	PC	31/08/09	b	17.0	7.5	1042	5.7	59.0	116.6	46.2	12.2	31.8	27.5	88.8	369	182.6	0.05	<20	<5	-	-	-
PC-F02-01	546567	4993192	PC	09/09/09	b	14.9	7.6	780	8.9	88.0	122.4	33.8	2.7	16.1	34.1	53.7	401	61.9	<0.02	<20	<5	-	-	-
PC-F03-00	559352	4988853	PC	02/09/09	b	18.6	7.5	850	3.4	36.0	111.2	43.0	4.4	20.0	41.0	64.6	430	51.9	2.40	<20	11	-	-	-
PC-F04-00	567481	4991421	PC	10/09/09	b	15.3	7.3	846	1.7	17.0	141.6	25.2	17.0	7.8	18.8	58.6	431	90.8	<0.02	<20	105	-	-	-
PC-F05-00	571955	4988621	PC	27/08/09	b	22.0	7.7	527	8.0	92.0	56.1	15.6	46.5	17.4	7.7	17.9	308	32.0	<0.02	<20	<5	-	-	-
PC-F06-00	572010	4988873	PC	27/08/09	b	21.7	7.9	825	5.0	57.0	62.9	24.2	107.3	31.0	17.0	43.8	369	110.0	<0.02	<20	<5	-	-	-
PC-F07-00	576611	4981555	PC	27/08/09	b	15.1	7.7	899	7.4	73.0	88.7	46.8	54.7	22.0	15.1	83.4	502	43.6	<0.02	<20	<5	-	-	-
PC-F08-00	578403	4986700	PC	07/09/09	b	16.4	7.3	861	1.7	18.0	145.4	30.1	8.0	15.5	22.5	109.8	493	<1.0	0.17	<20	850	-	-	-
PC-F09-00	578079	4996474	PC	07/09/09	b	17.4	7.2	562	5.3	54.0	117.8	7.5	4.2	6.6	5.0	62.0	325	13.6	<0.02	<20	7	-	-	-
PR-F01-00	591110	4985140	PR	01/09/09	b	14.0	7.4	765	7.1	69.0	106.2	13.0	34.2	40.3	31.8	41.9	412	43.7	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F02-00	599923	4980266	PR	01/09/09	b	13.0	7.5	838	2.3	22.0	93.0	35.5	41.9	31.4	29.6	66.3	402	79.7	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F03-00	607331	4978578	PR	31/08/09	b	12.0	7.2	1630	5.0	47.0	120.3	46.1	288.6	27.0	23.7	200.7	754	69.8	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F04-00	609588	4975145	PR	31/08/09	b	14.0	7.8	820	5.0	48.0	79.8	11.6	95.1	19.2	39.8	56.3	292	78.1	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F05-00	615085	4969331	PR	05/10/09	b	15.0	7.9	657	2.4	24.0	75.6	21.5	64.1	19.5	14.9	37.7	396	17.9	0.27	<20	<5	-	-	-
PR-F06-00	604800	4970710	PR	31/08/09	b	12.0	7.2	1207	3.2	30.0	111.7	80.9	50.9	26.2	34.2	111.1	702	13.9	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F07-00	599006	4974969	PR	31/08/09	b	14.0	7.8	460	5.4	52.0	54.6	11.3	28.8	9.8	17.0	22.5	207	35.6	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F08-00	590649	4979356	PR	01/09/09	b	14.0	7.3	1183	5.0	48.0	120.0	50.5	65.6	48.8	74.4	54.7	642	46.2	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F09-00	587265	4974709	PR	01/09/09	b	16.0	7.4	1123	5.2	52.0	162.3	55.8	20.3	24.7	43.3	95.2	510	135.9	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F10-00	579816	4977277	PR	01/09/09	b	16.0	7.7	368	6.3	64.0	56.9	7.5	13.3	7.9	4.5	22.6	188	36.3	<0.02	<20	<5	-	-	-
PR-F11-00	586844	4968884	PR	01/09/09	b	12.0	7.3	1026	2.9	27.0	131.0	45.2	1.6	25.7	107.7	38.6	450	40.0	<0.02	<20	<5	-	-	-
RE-F01-00	635214	4948737	RE	24/08/09	b	20.8	6.9	889	1.4	15.4	116.0	42.0	3.8	44.0	27.0	40.0	594	7.2	0.21	<20	359	-	572	-
RE-F02-00	643534	4956913	RE	24/08/09	p	17.7	6.9	3087	1.6	16.6	177.0	225.0	3.5	345.0	327.0	698.0	1245	3.3	3.46	875	895	-	1052	-
RE-F03-00	643993	4960998	RE	24/08/09	p	14.6	6.9	1854	4.0	39.0	242.0	124.0	9.8	67.0	134.0	534.0	625	26.6	<0.02	16	409	-	362	-
RE-F04-00	633885	4956522	RE	24/08/09	p	15.8	7.3	970	1.0	10.0	91.0	39.0	70.0	41.0	44.0	57.0	530	24.8	<0.02	11	149	-	306	-
RE-F05-00	628962	4959631	RE	28/08/09	p	19.8	7.2	1670	2.0	21.6	96.0	106.0	8.8	145.0	107.0	211.0	885	4.9	0.03	<20	562	-	836	-

² b=bayler/bottiglia/secchio; p=pompa;

Codice	X (UTM)	Y (UTM)	Provincia	Data	Metodo prelievo ²	T°acqua (°C)	pH (u. di pH)	Cond. elettr. a 20°C (µS/cm)	O ₂ disciolto (mg/L)	O ₂ sat. (%)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	NO ₂ (mg/L)	B (µg/L)	As (µg/L)
RE-F06-00	615414	4966041	RE	26/08/09	p	17.6	7.1	68	3.4	35.2	170.0	58.0	63.5	44.0	99.0	198.0	600	67.8	<0.02	32	437	-	447	-
RE-F07-00	622678	4967472	RE	28/08/09	p	18.2	7.4	794	6.3	66.0	92.0	27.0	20.8	39.0	25.0	40.0	447	4.1	<0.02	25	66	-	201	-
RE-F08-00	630454	4969593	RE	28/08/09	p	16.8	7.5	1177	2.8	28.6	99.0	22.0	52.3	77.0	137.0	47.0	416	21.6	<0.02	<20	11	-	363	-
RE-F09-00	635187	4964728	RE	24/08/09	p	16.9	7.1	1185	1.4	14.3	106.0	55.0	62.0	58.0	43.0	123.0	662	19.2	<0.02	16	420	-	414	-
RE-F10-00	641549	4970144	RE	28/08/09	p	-	7.4	978	4.5	-	102.0	34.0	39.9	46.0	26.0	57.0	492	47.9	<0.02	<20	11	-	435	-
RE-F11-00	617116	4972616	RE	26/08/09	b	16.9	7.2	1435	1.0	10.2	148.0	111.0	7.0	92.0	92.0	220.0	741	96.4	0.57	<20	42	-	606	-
RE-F12-00	630031	4974161	RE	31/08/09	p	17.0	7.3	1410	2.4	24.6	191.0	60.0	13.7	51.0	32.0	358.0	513	7.3	<0.02	121	383	-	2263	-
RE-F13-00	633940	4978130	RE	31/08/09	b	19.5	7.8	1085	3.8	40.8	82.0	39.0	84.0	46.0	20.0	70.0	577	20.6	0.22	47	59	-	376	-
MO-F01-00	658925	4947730	MO	02/09/09	p	15.4	7.2	2090	1.3	12.9	191.0	114.0	3.7	192.0	257.0	308.0	912	<0.5	0.37	627	504	-	394	1
MO-F02-00	651069	4949084	MO	02/09/09	p	16.6	7.4	1203	1.3	13.2	153.0	55.0	7.7	52.0	113.0	89.0	657	<0.5	0.83	6150	550	-	279	2
MO-F03-00	650457	4953156	MO	02/09/09	p	20.0	7.4	1012	2.5	27.1	118.0	44.0	50.0	43.0	91.0	93.0	478	0.8	0.10	<20	294	-	304	<1
MO-F04-00	664647	4953706	MO	02/09/09	p	20.1	7.4	1690	3.5	38.0	123.0	55.0	146.0	70.0	94.0	246.0	585	156.0	0.06	<20	45	-	575	<1
MO-F05-00	658793	4958030	MO	02/09/09	b	17.0	7.3	1170	4.8	49.1	132.0	39.0	17.0	89.0	114.0	173.0	465	6.2	<0.02	<20	5	-	337	1
MO-F06-00	652186	4958616	MO	02/09/09	p	18.3	7.8	1415	3.1	32.5	162.0	68.0	22.0	62.0	127.0	214.0	638	9.2	<0.02	<20	654	-	455	<1
MO-F07-00	646635	4957582	MO	01/09/09	p	21.3	7.3	885	2.5	27.8	89.0	40.0	37.0	30.0	75.0	88.0	415	0.9	<0.02	<20	80	-	172	<1
MO-F08-00	668971	4962225	MO	02/09/09	p	21.1	7.0	1510	2.3	25.5	165.0	58.0	4.5	107.0	135.0	268.0	554	10.2	1.85	<20	133	-	509	<1
MO-F09-00	649744	4964905	MO	01/09/09	p	16.4	7.1	2650	0.8	8.1	213.0	192.0	3.5	212.0	356.0	778.0	759	10.3	<0.02	<20	1508	-	535	<1
MO-F10-00	671030	4967629	MO	02/09/09	b	16.0	7.2	1640	1.3	13.0	127.0	46.0	4.7	202.0	213.0	178.0	598	9.8	<0.02	<20	<5	-	355	<1
MO-F11-00	681070	4969757	MO	02/09/09	p	16.0	7.1	1200	1.3	13.0	135.0	26.0	27.0	87.0	65.0	72.0	685	2.2	0.42	26	187	-	102	<1
MO-F12-00	675861	4972173	MO	02/09/09	p	16.8	7.4	2145	5.8	59.1	123.0	57.0	4.2	280.0	396.0	20.0	870	<0.5	4.68	1960	63	-	394	1
MO-F13-00	656725	4967279	MO	01/09/09	p	14.8	7.7	1442	3.0	29.4	145.0	50.0	48.0	88.0	90.0	309.0	451	83.3	<0.02	<20	17	-	582	1
MO-F14-00	660172	4969569	MO	01/09/09	p	17.7	7.3	1590	1.6	16.6	138.0	61.0	114.0	89.0	132.0	198.0	707	26.7	<0.02	298	87	-	826	<1
MO-F15-00	664878	4969964	MO	01/09/09	p	15.2	7.4	1086	3.2	31.6	106.0	44.0	24.0	66.0	95.0	66.0	442	4.6	<0.02	<20	25	-	173	<1
MO-F16-00	663873	4972708	MO	01/09/09	p	17.2	7.4	623	<1	<10	77.0	14.0	7.8	39.0	116.0	58.0	218	12.0	0.27	<20	17	-	228	<1
MO-F17-00	657601	4974771	MO	01/09/09	p	22.3	7.1	2650	5.5	62.2	223.0	120.0	1.3	93.0	105.0	676.0	680	1.6	0.06	75	920	-	663	<1
MO-F18-00	649297	4972600	MO	01/09/09	p	16.2	7.2	1303	1.8	18.1	120.0	46.0	47.0	76.0	146.0	73.0	684	0.5	0.02	<20	343	-	328	<1
MO-F19-00	668517	4976086	MO	02/09/09	p	16.3	7.2	976	1.3	13.1	108.0	36.0	3.3	64.0	43.0	140.0	460	2.4	0.19	<20	271	-	400	<1
MO-F20-00	654097	4977432	MO	01/09/09	p	16.5	7.6	988	6.0	60.8	83.0	35.0	60.0	44.0	24.0	96.0	433	110.5	<0.02	<20	<5	-	609	<1
BO-F01-00	677477	4941174	BO	15/09/09	p	14.9	7.3	1480	7.4	74.8	140.1	87.8	12.2	110.7	66.0	87.0	978	<1.0	3.15	191	1365	<0.01	-	-

Codice	X (UTM)	Y (UTM)	Provincia	Data	Metodo prelievo ²	T°acqua (°C)	pH (u. di pH)	Cond. elettr. a 20°C (µS/cm)	O ₂ disciolto (mg/L)	O ₂ sat. (%)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	NO ₂ (mg/L)	B (µg/L)	As (µg/L)
BO-F02-00	682048	4942852	BO	15/09/09	p	18.0	7.3	1102	2.8	30.7	93.6	68.8	35.0	49.0	82.0	31.0	642	4.0	0.89	<20	326	<0.01	-	-
BO-F03-00	694074	4940098	BO	23/09/09	p	15.7	7.2	2300	4.7	47.6	268.7	91.2	12.9	111.2	111.2	378.7	892	141.1	<0.02	<20	896	1.37	-	-
BO-F04-00	698895	4949050	BO	23/09/09	p	15.7	7.0	2032	2.9	29.1	236.7	77.3	59.6	69.6	72.0	423.0	720	67.0	<0.02	<20	51	<0.01	-	-
BO-F05-00	677718	4952581	BO	17/09/09	p	15.3	7.0	1334	3.5	35.0	101.0	51.9	156.4	59.4	43.0	126.0	808	<1.0	0.36	165	187	<0.01	-	-
BO-F06-00	677792	4962000	BO	17/09/09	p	18.4	6.9	2046	4.0	42.2	206.5	73.6	196.2	32.2	88.0	238.0	1040	2.0	2.40	493	1421	<0.01	-	-
BO-F07-00	676851	4949147	BO	17/09/09	p	16.1	6.9	2658	3.6	36.0	170.0	79.3	346.3	134.2	258.0	411.0	868	48.0	0.09	84	19	<0.01	-	-
BO-F08-00	684985	4947266	BO	15/09/09	p	17.0	7.1	1740	3.6	37.0	232.8	53.4	44.7	56.3	44.0	368.0	703	2.0	0.29	<20	406	<0.01	-	-
BO-F09-00	685651	4957918	BO	17/09/09	p	17.6	7.1	1267	6.9	71.8	138.0	55.9	45.1	45.9	42.0	130.0	756	7.0	0.03	<20	153	<0.01	-	-
BO-F10-00	692353	4953969	BO	23/09/09	p	16.4	7.1	1150	2.2	23.5	151.1	53.7	8.6	31.7	24.0	120.0	674	2.0	0.21	431	1125	<0.01	-	-
BO-F11-00	705941	4940926	BO	08/09/09	p	30.0	7.4	2782	5.5	74.2	215.5	123.3	44.3	243.5	251.0	384.0	1133	<1.0	4.46	1561	315	<0.01	-	-
BO-F12-00	699363	4932255	BO	08/09/09	p	20.0	7.4	1225	3.9	43.3	98.9	78.7	32.0	64.5	57.0	108.0	692	3.0	<0.02	<20	117	<0.01	-	-
BO-F13-00	695368	4934207	BO	08/09/09	p	16.8	7.2	1014	3.7	37.8	134.8	44.0	14.6	37.0	36.0	123.0	488	36.0	<0.02	<20	184	<0.01	-	-
BO-F14-00	694657	4947858	BO	23/09/09	p	15.7	7.2	1678	5.7	57.2	103.0	95.2	1.6	181.4	161.0	170.0	813	<1.0	0.48	2306	474	<0.01	-	-
BO-F15-00	711315	4923628	BO	10/09/09	p	16.5	7.1	1540	4.2	44.0	169.5	82.3	31.7	34.2	44.0	290.0	663	62.0	0.06	<20	957	<0.01	-	-
BO-F16-00	715726	4923208	BO	10/09/09	p	16.5	7.0	5560	2.3	22.6	350.0	206.5	300.6	364.2	355.0	179.9	795	12.5	3.09	120	120	<0.01	-	-
BO-F17-00	711513	4928940	BO	10/09/09	p	16.0	7.3	7782	6.3	63.5	317.7	361.9	72.3	600.7	476.0	2748.0	880	13.0	0.08	53	13	<0.01	-	-
BO-F18-00	724638	4920452	BO	08/09/09	p	15.8	7.4	1084	7.2	73.6	154.6	44.9	25.8	29.8	27.0	102.0	589	43.0	<0.02	<20	7	<0.01	-	-
BO-F19-00	700178	4946284	BO	23/09/09	b	18.9	7.6	1617	6.5	66.0	136.5	50.6	77.7	116.9	58.0	266.2	597	129.0	<0.02	<20	<5	<0.01	-	-
BO-F20-00	715644	4937689	BO	08/09/09	p	20.8	8.1	1010	7.5	84.7	114.5	38.4	5.6	42.3	40.0	219.0	282	19.0	<0.01	47	479	0.41	-	-
BO-F21-00	678888	4935105	BO	15/09/09	p	17.0	7.2	1486	3.5	35.7	183.1	65.0	25.8	52.8	49.0	247.0	601	76.0	0.04	<20	<5	<0.01	-	-
FE-F01-00	686687	4974599	FE	01/09/09	p	14.9	7.4	1900	1.0	10.0	147.1	40.2	98.6	205.7	169.0	335.0	660	1.0	3.27	5055	904	0.03	-	-
FE-F02-00	693597	4975296	FE	01/09/09	p	16.4	7.7	838	1.0	10.0	84.7	47.9	14.9	43.0	19.0	8.0	618	<1.0	<0.02	2147	357	<0.01	-	-
FE-F03-00	700272	4974544	FE	01/09/09	p	15.7	7.6	1042	1.9	19.0	73.8	39.2	110.2	55.4	63.0	45.0	606	<1.0	0.51	194	322	<0.01	-	-
FE-F04-00	687078	4961779	FE	01/09/09	p	17.1	7.4	1153	1.2	12.0	144.8	52.6	23.9	55.6	43.0	76.0	740	1.0	0.63	1292	2184	<0.01	-	-
FE-F05-00	691408	4964287	FE	01/09/09	p	18.5	7.8	1650	4.9	49.0	140.1	63.7	129.3	79.3	28.0	374.0	619	32.0	<0.02	261	462	<0.01	-	-
FE-F06-00	701694	4967187	FE	21/09/09	p	18.2	7.2	1196	3.2	33.0	102.4	51.2	40.5	70.9	68.0	167.0	486	10.0	0.36	<20	163	<0.01	-	-
FE-F07-00	709518	4963501	FE	21/09/09	p	16.3	7.2	2854	1.0	10.0	314.5	117.6	63.1	145.0	276.0	77.0	1812	<1.0	3.74	1889	716	<0.02	-	-
FE-F08-00	716529	4965328	FE	31/08/09	p	18.6	7.6	1428	1.9	20.0	137.1	40.7	126.8	76.6	81.0	94.0	780	6.0	<0.02	<20	536	0.29	-	-
FE-F09-00	717569	4959598	FE	31/08/09	p	18.3	7.3	954	1.0	11.0	105.3	50.4	8.2	42.6	54.0	49.0	565	<1.0	2.69	1354	442	<0.01	-	-

Codice	X (UTM)	Y (UTM)	Provincia	Data	Metodo prelievo ²	T°acqua (°C)	pH (u. di pH)	Cond. elettr. a 20°C (µS/cm)	O ₂ disciolto (mg/L)	O ₂ sat. (%)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	NO ₂ (mg/L)	B (µg/L)	As (µg/L)
FE-F10-00	722823	4969781	FE	14/10/09	p	18.4	7.2	1143	1.1	12.0	113.5	50.8	39.2	60.4	115.0	7.0	490	<1.0	<0.03	880	56	<0.02	-	-
FE-F11-00	730172	4965260	FE	31/08/09	p	18.2	7.4	1737	2.2	23.0	125.8	45.0	204.2	97.7	146.0	116.0	791	24.0	<0.02	<20	38	0.33	-	-
FE-F12-00	732059	4960042	FE	08/09/09	p	18.8	7.9	4480	2.9	31.0	203.7	161.5	107.1	517.0	1028.0	487.0	799	<1.0	0.31	69	681	<0.01	-	-
FE-F13-00	726746	4978346	FE	08/09/09	p	17.0	7.7	1626	0.4	4.0	104.3	57.3	144.7	113.9	128.0	12.0	951	<1.0	2.03	1289	376	<0.01	-	-
FE-F14-00	713047	4971856	FE	02/09/09	p	17.0	7.1	2406	3.1	32.0	186.8	89.0	53.4	239.2	377.0	61.0	1110	40.0	0.51	3792	895	<0.01	-	-
FE-F15-00	717928	4981338	FE	02/09/09	p	20.8	7.4	748	7.1	77.0	51.1	14.9	63.9	56.5	77.0	41.0	274	18.0	<0.02	55	7	<0.01	-	-
FE-F16-00	734358	4985178	FE	02/09/09	p	22.0	7.2	1242	2.3	26.0	136.0	47.4	49.8	68.8	103.0	42.0	756	<1.0	0.51	3219	878	<0.01	-	-
FE-F17-00	720511	4948356	FE	17/09/09	p	17.0	7.2	1413	3.0	31.0	131.8	40.0	65.2	128.7	77.0	31.0	945	<1.0	10.43	39	297	0.08	-	-
FE-F18-00	711979	4951978	FE	17/09/09	p	17.4	7.4	3794	6.4	66.0	186.9	101.6	400.1	211.6	391.0	468.0	1152	36.0	0.03	99	965	1.04	-	-
FE-F19-00	706500	4957742	FE	21/09/09	p	14.9	7.1	1423	1.0	9.0	107.6	36.9	203.1	57.9	104.0	60.0	788	4.0	0.76	1644	1217	<0.01	-	-
FE-F20-00	757659	4948911	FE	04/09/09	p	22.7	7.1	2150	1.0	11.0	279.4	66.1	6.4	137.0	305.0	275.0	595	<1.0	0.13	913	2115	<0.01	-	-
FE-F21-00	755215	4956258	FE	04/09/09	p	22.2	7.3	925	1.8	20.0	119.3	17.0	9.6	82.1	51.0	114.0	438	14.0	0.37	137	701	0.39	-	-
FE-F22-00	747454	4959858	FE	04/09/09	p	19.0	7.3	944	2.6	31.0	116.5	23.7	6.9	64.1	113.0	140.0	249	<1.0	0.40	323	697	0.03	-	-
FE-F23-00	752372	4962638	FE	04/09/09	p	21.6	7.8	804	2.6	29.0	104.4	19.9	15.0	31.8	56.0	45.0	223	134.0	0.14	67	11	0.24	-	-
FE-F24-00	757197	4970416	FE	08/09/09	p	21.7	7.8	771	3.1	34.0	108.6	22.1	15.5	26.8	50.0	36.0	321	60.0	<0.02	<20	146	0.27	-	-
FE-F25-00	755042	4979612	FE	08/09/09	p	18.3	7.7	470	1.4	15.0	58.6	11.4	3.3	32.4	28.0	19.0	236	<1.0	2.28	1036	403	<0.02	-	-
FE-F26-00	735439	4965026	FE	08/09/09	p	23.0	7.7	780	1.3	15.0	58.6	18.4	48.8	55.5	83.0	24.0	323	2.0	<0.02	113	247	1.70	-	-
FE-F27-00	724465	4944155	FE	17/09/09	p	17.8	7.0	2150	2.6	27.0	177.4	134.0	1.7	121.1	140.0	248.0	1118	<1.0	0.02	358	1224	0.07	-	-
RA-F01-00	729043	4940377	RA	18/09/09	p	16.7	6.7	2490	4.5	46.5	201.0	136.0	96.0	148.0	118.8	387.7	1058	1.3	0.82	4	59	-	-	-
RA-F02-00	736015	4936530	RA	17/09/09	p	15.8	6.9	2130	4.1	41.2	112.2	72.0	324.0	122.0	72.1	175.8	1053	1.5	<0.02	11	133	-	-	-
RA-F03-00	749693	4936729	RA	22/09/09	p	17.0	6.6	2720	2.9	29.6	203.4	104.0	240.0	135.0	268.9	244.3	970	19.4	<0.02	5	425	-	-	-
RA-F04-00	758350	4941262	RA	09/09/09	p	17.0	6.5	42160	1.8	21.2	4122.0	990.0	255.0	9950.0	14129	1631.5	6747	<0.5	15.00	24	1733	-	-	-
RA-F05-00	760809	4932737	RA	09/09/09	p	17.5	7.5	1750	1.3	13.9	20.1	13.9	20.0	354.0	259.1	103.0	450	<0.5	0.60	105	175	-	-	-
RA-F06-00	755659	4929842	RA	09/09/09	p	20.1	7.5	8720	1.2	12.9	125.6	181.0	90.0	1550.0	2875.5	52.5	534	3.5	3.19	31	85	-	-	-
RA-F07-00	746674	4928770	RA	09/09/09	p	18.5	6.3	2080	1.4	14.5	139.8	126.8	2.4	170.0	244.0	25.3	957	<0.5	0.73	33	230	-	-	-
RA-F09-00	730793	4930789	RA	17/09/09	p	15.7	7.1	1890	10.1	98.2	159.5	116.0	123.0	104.0	141.0	47.5	985	14.1	2.60	13	636	-	-	-
RA-F10-00	727654	4933644	RA	23/09/09	p	18.6	6.8	1250	2.7	28.1	144.8	51.0	7.1	54.0	58.5	84.0	500	102.5	<0.02	31	179	-	-	-
RA-F11-00	724851	4923169	RA	17/09/09	p	17.2	6.9	1200	5.0	51.8	132.3	96.0	109.0	105.0	92.8	150.8	904	4.5	0.65	8	71	-	-	-
RA-F11-01	725238	4923011	RA	17/09/09	p	15.7	7.1	2260	7.4	74.2	180.8	107.0	198.0	85.0	142.2	238.5	925	34.2	<0.02	9	151	-	-	-

Codice	X (UTM)	Y (UTM)	Provincia	Data	Metodo prelievo ²	T°acqua (°C)	pH (u. di pH)	Cond. elettr. a 20°C (µS/cm)	O ₂ disciolto (mg/L)	O ₂ sat. (%)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	NO ₂ (mg/L)	B (µg/L)	As (µg/L)
RA-F12-00	729880	4921515	RA	18/09/09	p	15.6	6.7	2000	5.8	58.1	173.9	134.0	10.0	85.0	177.3	253.2	660	86.3	<0.02	18	1304	-	-	-
RA-F13-00	738210	4924654	RA	23/09/09	p	16.0	6.5	1200	3.6	36.5	171.2	120.0	20.0	113.0	146.2	258.5	819	1.5	<0.02	26	465	-	-	-
RA-F14-00	745276	4920955	RA	21/09/09	p	16.2	6.5	2280	3.4	34.2	190.9	110.0	2.9	193.0	248.9	162.5	914	1.2	<0.02	10	844	-	-	-
RA-F15-00	758891	4921992	RA	09/09/09	p	19.2	6.5	1550	1.3	13.8	219.2	53.9	4.2	68.0	47.3	349.6	547	13.0	<0.02	22	233	-	-	-
RA-F16-00	765433	4915409	RA	09/09/09	p	19.6	6.9	27200	1.4	17.2	302.4	610.0	130.0	4900.0	9780.2	18.6	300	<0.5	14.30	17	616	-	-	-
RA-F17-00	753450	4916398	RA	21/09/09	p	17.8	6.7	2040	3.3	35.1	127.7	62.0	120.0	178.0	183.3	119.0	803	24.1	<0.02	7	51	-	-	-
RA-F18-00	754500	4912120	RA	22/09/09	p	16.9	7.0	2080	5.8	59.9	209.3	105.0	1.8	141.0	150.9	365.3	715	17.4	<0.02	43	20	-	-	-
RA-F19-00	743629	4915131	RA	23/09/09	p	17.2	6.5	930	4.1	42.3	103.5	31.0	39.0	40.4	37.6	44.2	484	1.6	<0.02	5	452	-	-	-
RA-F20-00	735584	4913908	RA	18/09/09	p	15.9	6.5	1500	4.8	48.0	233.9	66.0	2.0	39.0	54.0	229.5	724	<0.5	<0.02	15	1763	-	-	-
RA-F21-00	731138	4916990	RA	18/09/09	p	17.9	7.1	1160	9.3	97.4	144.0	42.0	41.0	39.2	33.3	96.3	555	44.3	<0.02	7	290	-	-	-
RA-F22-00	748057	4908286	RA	22/09/09	p	15.3	6.8	1560	4.3	41.7	193.4	56.0	7.5	87.0	111.8	124.9	714	4.2	<0.02	7	1169	-	-	-
RA-F23-00	758746	4902686	RA	06/10/09	secco-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RA-F24-00	763277	4903529	RA	06/10/09	p	17.8	7.8	1260	7.6	79.6	78.9	60.0	7.7	133.0	63.3	158.2	510	10.6	<0.02	< 1	17	-	-	-
RA-F25-00	769181	4903380	RA	09/09/09	p	20.7	6.9	1050	1.2	13.4	128.8	70.6	16.4	59.6	128.5	167.0	414	29.4	0.74	10	471	-	-	-
FC-F01-00	742246	4912821	FC	08/09/09	b	14.9	7.1	2300	4.2	50.0	162.0	124.0	32.8	192.0	342.0	225.0	1080	4.1	0.15	164	1120	-	-	-
FC-F02-00	739403	4906549	FC	08/09/09	b	15.5	7.0	2313	4.3	68.0	252.0	112.0	18.9	118.0	267.0	490.0	792	75.1	<0.02	<20	9	-	-	-
FC-F03-00	743454	4904951	FC	08/09/09	b	15.3	7.0	1100	4.4	44.0	177.0	43.0	1.1	21.0	44.0	154.0	616	23.0	0.03	56	877	-	-	-
FC-F04-00	750115	4899423	FC	08/09/09	p	17.0	7.3	1100	7.5	80.0	152.0	45.0	1.3	41.0	61.0	113.0	634	23.5	0.02	<20	307	-	-	-
FC-F05-00	751791	4902310	FC	08/09/09	b	18.9	8.1	990	8.4	94.0	39.0	20.0	147.0	73.0	46.0	79.0	527	36.5	0.03	32	8	-	-	-
FC-F06-00	760018	4896456	FC	08/09/09	b	15.5	7.0	1080	2.9	53.0	125.0	57.0	1.3	41.0	59.0	101.0	587	15.9	0.07	63	499	-	-	-
FC-F07-00	771297	4889663	FC	08/09/09	b	17.4	7.4	1140	5.6	64.0	110.0	74.0	20.5	48.0	57.0	134.0	794	32.0	0.02	42	14	-	-	-
FC-F08-00	767065	4895556	FC	08/09/09	p	17.4	7.3	1260	1.9	53.0	108.0	55.0	1.3	112.0	127.0	156.0	505	33.8	<0.02	<20	56	-	-	-
RN-F01-00	781252	4889404	RN	26/08/09	b	17.1	7.3	1394	2.5	26.0	173.5	56.1	36.4	68.7	65.0	227.0	586	<1.0	1.45	2209	742	-	-	-
RN-F02-00	786547	4881381	RN	31/08/09	b	16.2	7.1	748	4.3	44.0	155.8	44.1	2.5	36.6	45.0	56.5	482	15.5	0.04	121	29	-	-	-
RN-F03-00	795623	4876602	RN	31/08/09	b	18.8	6.5	1088	2.0	21.0	90.3	34.2	<0.5	24.7	31.0	70.9	334	4.0	0.02	<20	22	-	-	-

5.2.2.1 *Temperatura dell'acqua*

Dalle analisi effettuate, risulta che circa l'80 % delle acque campionate (Figura 5.2) presenta temperature medie comprese fra 14 e 20 °C, mentre il 7 % mostra temperature più fredde con valori compresi fra 12 e 14 °C (provincia di Parma). Infine circa il 13 % dei campioni sono acque più calde con valori compresi fra 20 e 23 °C (principalmente nella provincia di Modena e nella porzione orientale di quella di Ferrara). Un solo campione registra un valore anomalo di 30 °C ed è relativo al pozzo BO-F11-00 ubicato presso S. Antonio.

5.2.2.2 *pH*

La distribuzione dei valori di pH è mostrata per classi in Figura 5.3.

Il 64 % dei campioni analizzati presenta valori di pH basici, compresi fra 7.2 e 8.1 unità di pH, con una media pari a 7.45; sono distribuiti in quasi tutta la regione Emilia-Romagna, ad eccezione di grossa parte della provincia di Ravenna e di quella centro-occidentale di Forlì-Cesena dove il 10% dei campioni presenta valori di pH acidi, compresi fra circa 6.3 e 6.8 unità di pH, con una media pari a 6.6. Il rimanente 26 % dei campioni presenta pH compresi fra 6.9 e 7.1 unità di pH, praticamente neutri e distribuiti in modo abbastanza uniforme dalla provincia di Reggio Emilia a Rimini. Complessivamente i valori di pH rilevati mostrano valori normali.

5.2.2.3 *Conducibilità elettrica*

Il 90 % dei campioni analizzati (Figura 5.4) presenta valori di conducibilità elettrica specifica a 20 °C inferiori al valore soglia di 2500 µS/cm indicato dalla Tabella 3, Allegato 3 del Dlgs. 30/2009.

I valori più bassi, inferiori ai 1000 µS/cm, sono relativi per lo più alle acque di falda della porzione occidentale dell'Emilia-Romagna dalla provincia di Piacenza a quella di Reggio Emilia, oltre alla fascia costiera a Nord di Comacchio, che coinvolge parte dell'acquifero freatico costiero e l'area adiacente al F. Po di Goro nei pressi di Mesola.

I pozzi caratterizzati invece dalle conducibilità più elevate interessano porzioni dell'acquifero freatico costiero ravennate con valori variabili di 8720, 27200 e 42160 µS/cm, relativi rispettivamente ai seguenti piezometri: RA-F06-00, RA-F16-00 e RA-F04-00. Tali valori evidenziano che i suddetti pozzi sono interessati da fenomeni di intrusione del cuneo salino.

Come valore di conducibilità elettrica specifica riferibile al Mare Adriatico ed in particolare al tratto prospiciente la costa emiliano romagnola è stato assunto il valore di 56000 µS/cm, già di riferimento all'interno del progetto di studio dell'acquifero freatico costiero, curato ed in corso di realizzazione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. In Bibliografia (paragrafo 9) sono riportati i riferimenti utilizzati per il calcolo di tale valore ([18], [16], [21]).

Inoltre, è da segnalare il pozzo FE-F12-00, ubicato presso Ostellato e caratterizzato da una conducibilità di 4480 µS/cm, che sembra risentire delle acque salmastre delle vicine Valli di Comacchio.

Alcuni punti con conducibilità elevate anomale si riscontrano: nella zona fra Medicina (BO) e Castel Guelfo (BO) con valori dell'ordine dei 6000-8000 µS/cm; fra Spinazzino (FE) e Ospital Monacale (FE) con valori di quasi 4000 µS/cm; nella fascia fra Concordia sulla Secchia (MO) e S. Biagio (RE) in tre pozzi con valori compresi fra 2500 e 3000 µS/cm.

Figura 5.2: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori di temperatura dell'acqua

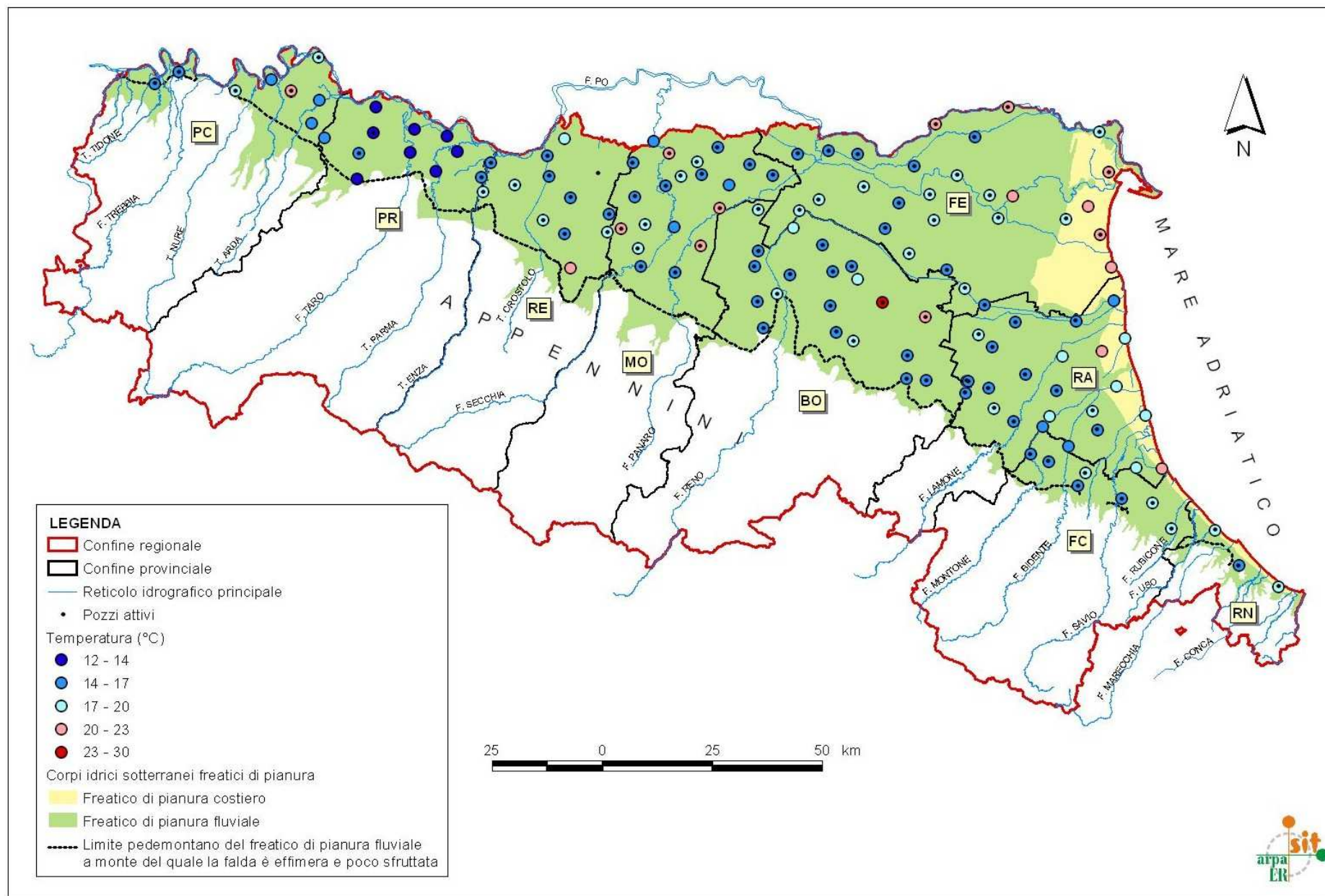
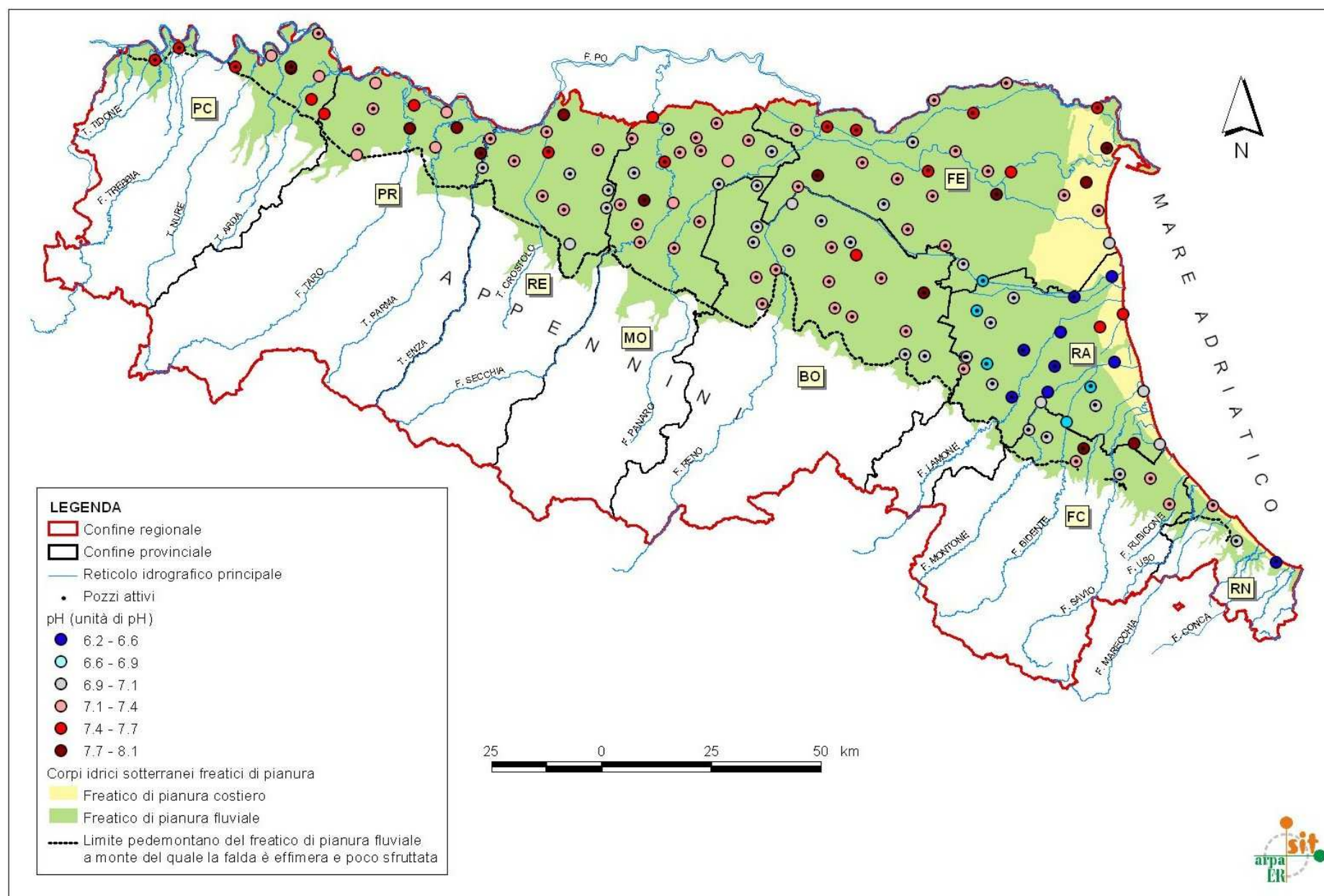


Figura 5.3: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori di pH



LEGENDA

- Confine regionale
- Confine provinciale
- Reticolo idrografico principale
- Pozzi attivi

Conducibilità elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

- 0 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 2500
- 2500 - 3000
- 3000 - 9000
- > 9000

Corpi idrici sotterranei freatici di pianura

- Freatico di pianura costiero
- Freatico di pianura fluviale

----- Limite pedemontano del freatico di pianura fluviale a monte del quale la falda è effimera e poco sfruttata

5.2.2.4 Ossigeno disciolto

Come indicato dal Dlgs. 30/2009 è stato misurato l'ossigeno disciolto, al fine di poter valutare una eventuale interazione con i corpi idrici superficiali. Inoltre il contenuto di ossigeno disciolto in acqua dipende da diversi fattori: pressione atmosferica, temperatura, possibilità di aerazione, concentrazione di sostanze organiche, attività batterica e contenuto in sali disciolti. In generale le analisi hanno mostrato che il 73 % delle acque campionate (Figura 5.5) risultano caratterizzate da bassi contenuti di ossigeno disciolto variabili fra 0.4 e 5 mg/L, i cui pozzi sono distribuiti su tutta la regione Emilia-Romagna, ma quelli con i valori più bassi inferiori a 3 mg/L sono ubicati prevalentemente nelle province da Reggio-Emilia a Ferrara ed interessano tutto l'acquifero freatico costiero. Per l'ossigeno disciolto, espresso in percentuale rispetto alla saturazione (Figura 5.6), essendo altamente correlato con quello disciolto, valgono le stesse considerazioni appena esposte. Nel caso di compresenza del dato di laboratorio e del dato di campo (sonda multiparametrica) per l'elaborazione cartografica è stato utilizzato il primo (campioni della Provincia di Forlì-Cesena).

5.2.2.5 Calcio

Il 35 % dei campioni analizzati risultano avere concentrazioni di calcio superiori a 150 mg/L. Le acque minerali si classificano in base agli ioni (sali) dei minerali predominanti. Quando gli ioni di calcio superano i 150 mg/L le acque sono classificabili come calciche. Nella Figura 5.7, si può vedere che i pozzi con le suddette acque calciche aventi concentrazioni comprese fra 150 e 350 mg/L sono distribuiti principalmente nella porzione centrale e orientale dell'Emilia-Romagna, dal confine che separa le province di Reggio Emilia e di Modena alla provincia di Rimini.

Per quanto riguarda la provincia di Ferrara, i pozzi caratterizzati da acque calciche sono ubicati a semicerchio all'incirca fra Ferrara e S. Biagio, oltre che presso Ostellato e interessano la zona della pianura deltizia caratterizzata da sabbie da medie a fini di depositi di canale distributore ed argine, i cui suoli sono molto calcarei (Unità Cartografica 1C della Carta dei Suoli dell'Emilia-Romagna in scala 1: 500000, [20]).

Da segnalare nell'acquifero freatico costiero ravennate il piezometro RA-F04-00, a 3.5 km NO di Casalborgorsetti, con una concentrazione anomala molto elevata pari a 4122 mg/L.

La restante parte dei pozzi con concentrazioni di calcio inferiori ai 150 mg/L interessa soprattutto le province emiliane da Piacenza a porzioni di quella modenese, oltre a grossa parte della provincia di Ferrara, compreso il suo acquifero freatico costiero.

5.2.2.6 Magnesio

Il 56 % dei campioni analizzati (Figura 5.8) presenta concentrazioni di magnesio superiori a 50 mg/L. Quando gli ioni di magnesio superano tale valore le acque minerali sono classificabili come magnesiache. Tali valori sono distribuiti principalmente nelle province orientali dell'Emilia-Romagna, da Modena a Forlì-Cesena. La provincia di Ravenna è quella caratterizzata dai valori più alti compresi per lo più fra i 100 e i 250 mg/L, con punte variabili fra i 600 e i 1000 mg/L per due piezometri ubicati nell'acquifero freatico costiero (RA-F04-00 e RA-F16-00).

Da segnalare il pozzo BO-F17-00, ubicato presso Medicina con 362 mg/L, ed il pozzo BO-F16-00 con 206 mg/L, che presentano valori anomali rispetto a quelli circostanti. Queste concentrazioni potrebbero essere ricondotte ad un eventuale apporto al suolo di fertilizzanti.

I valori inferiori a 50 mg/L riguardano principalmente i pozzi delle province da Piacenza a porzioni di quelle di Modena e Ferrara.

Figura 5.5: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori dell'ossigeno disciolto

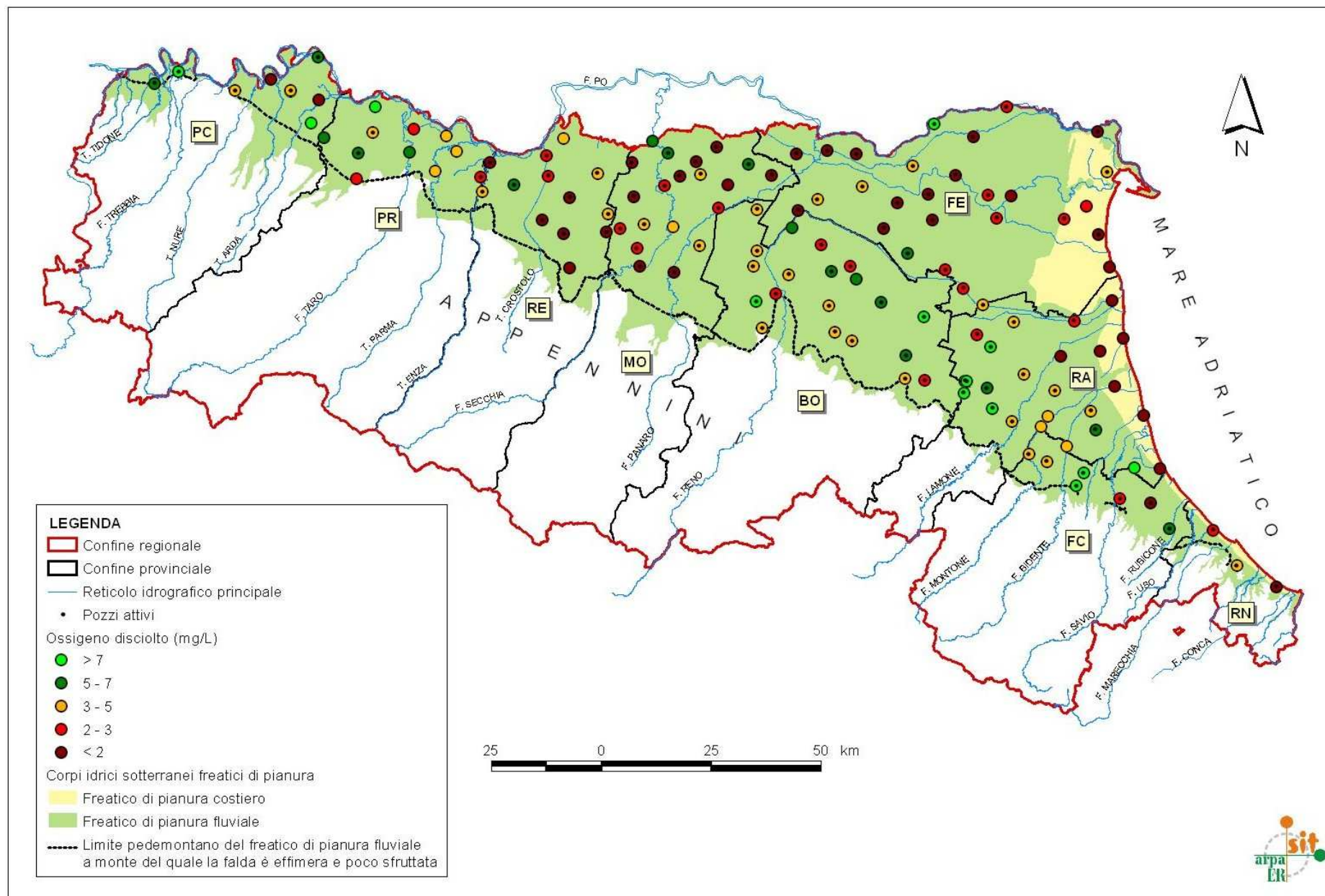


Figura 5.6: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori dell'ossigeno disciolto in percentuale rispetto alla saturazione

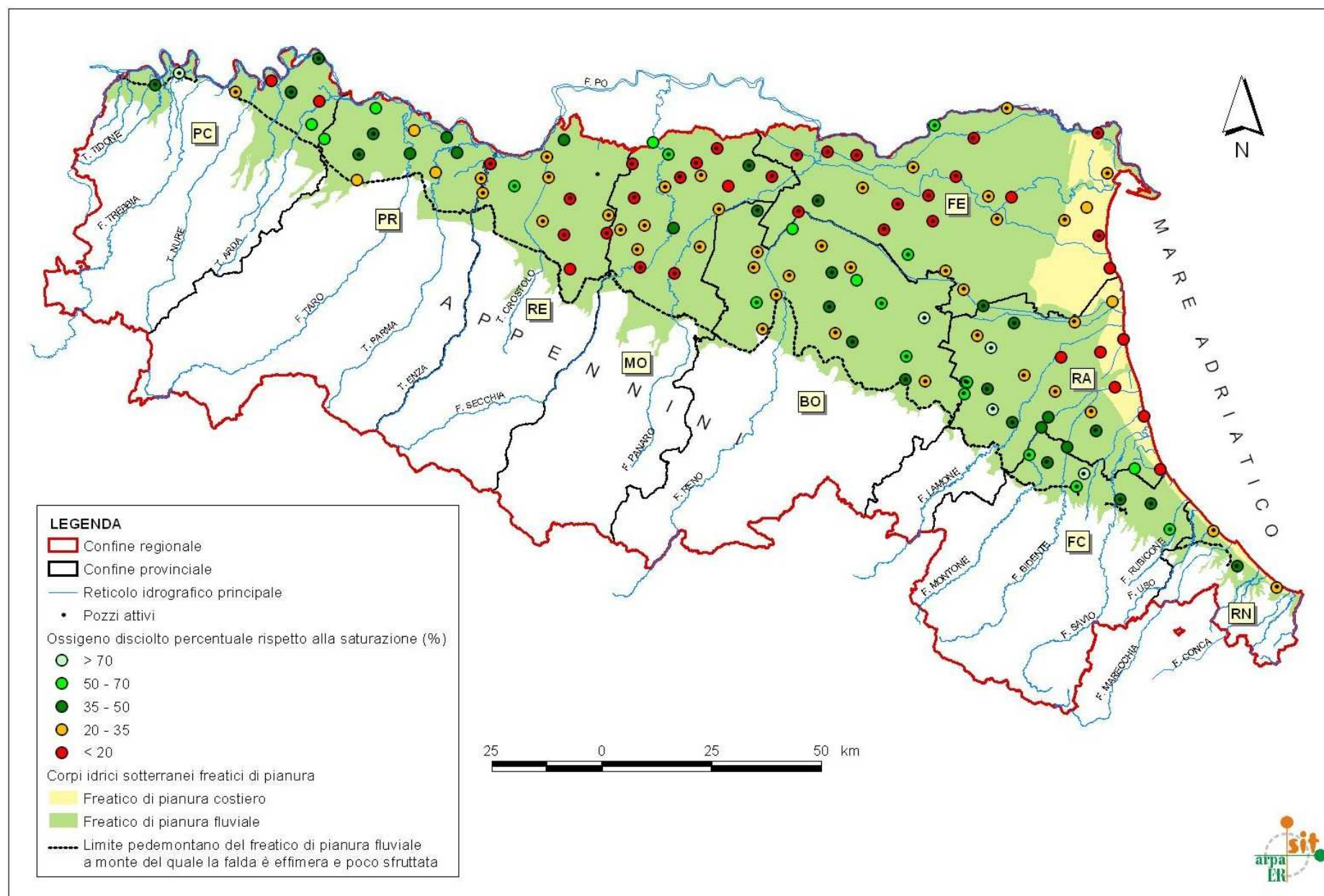


Figura 5.7: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori di calcio

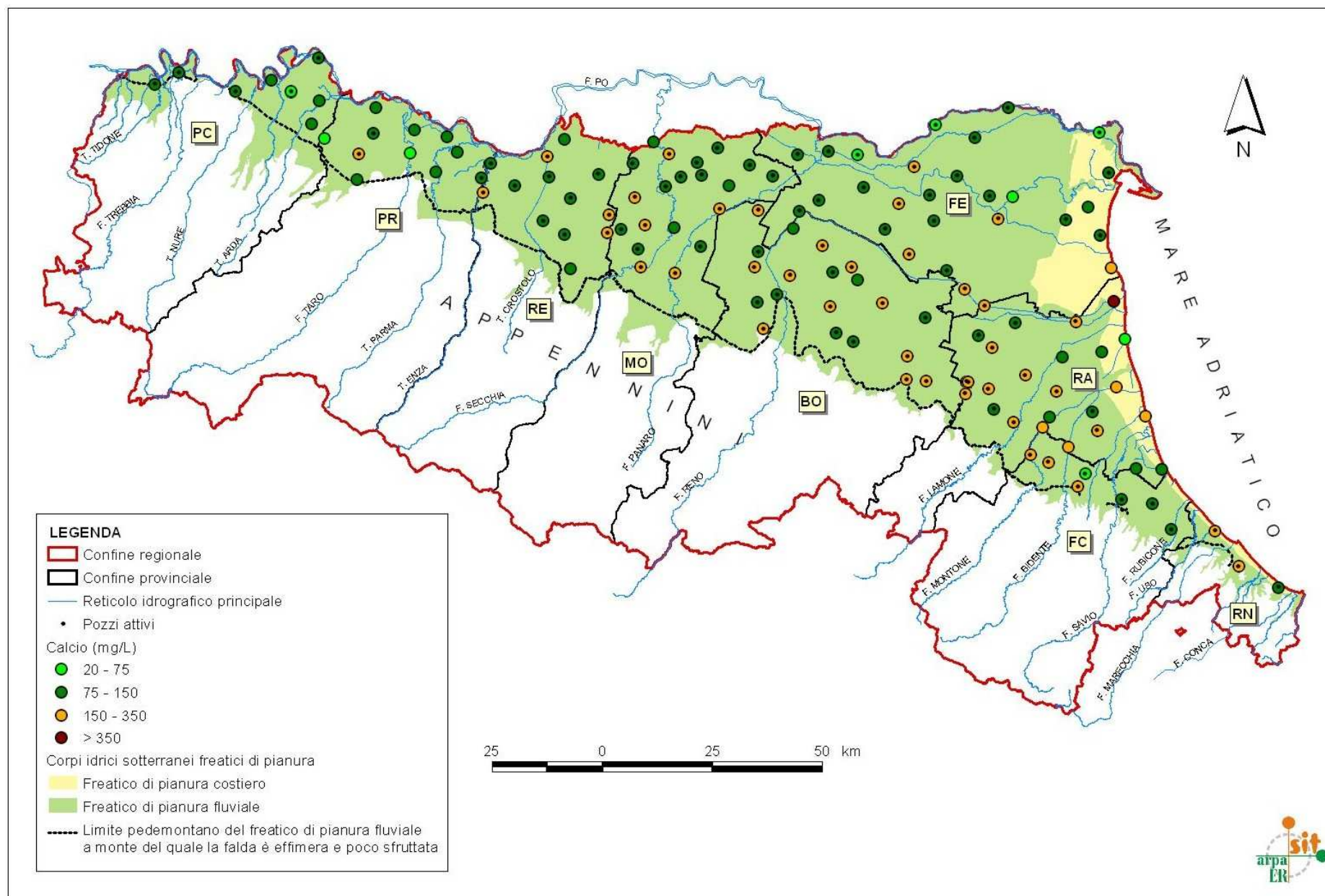
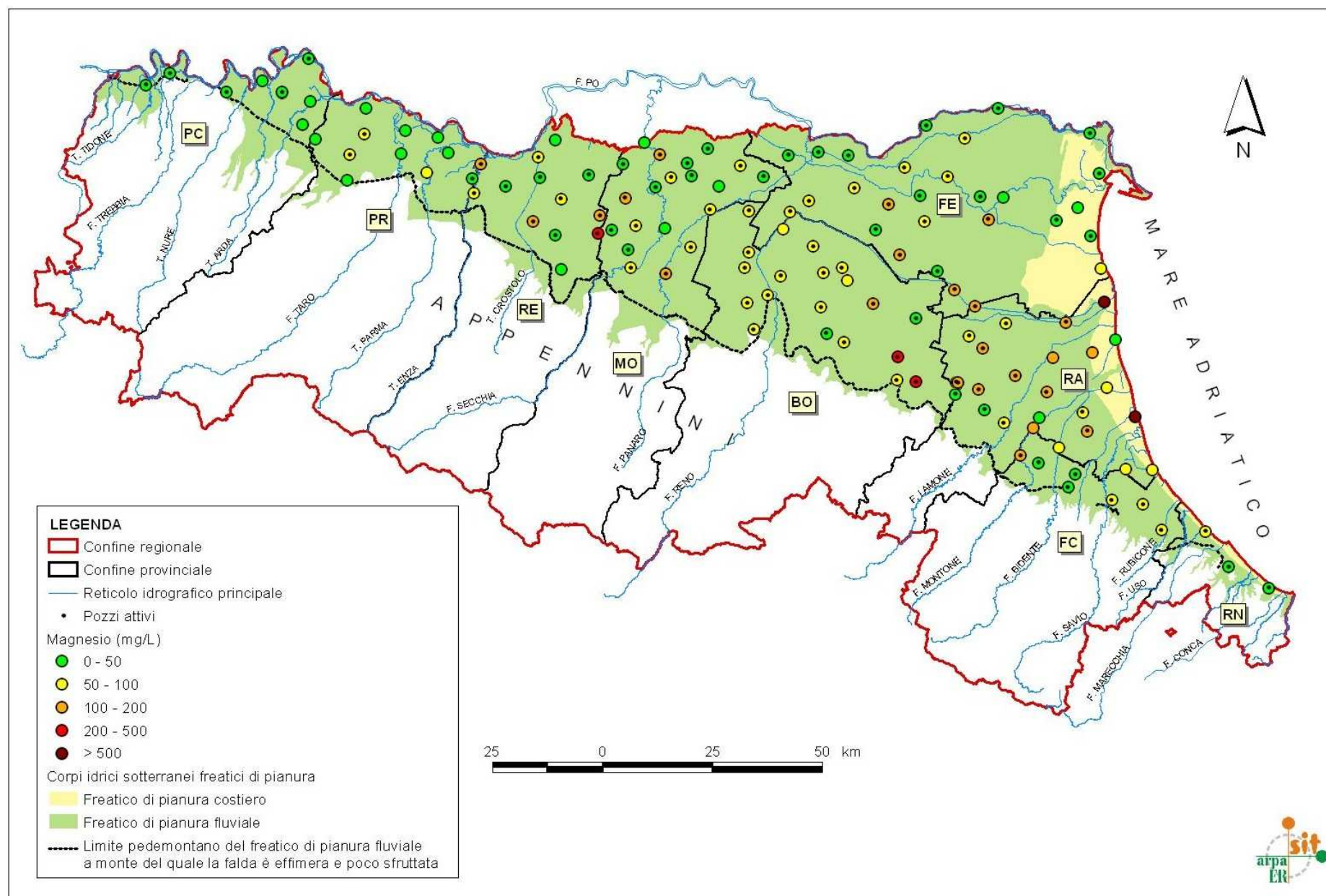


Figura 5.8: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori di magnesio



5.2.2.7 *Potassio*

La presenza del potassio nelle acque di falda dal punto di vista naturale potrebbe derivare da una matrice argillosa, dal punto di vista antropico potrebbe segnalare un apporto al suolo di fertilizzanti.

La maggior parte dei campioni (il 68 %) è caratterizzata da valori superiori a 10 mg/L, distribuiti abbastanza uniformemente su tutta la regione (Figura 5.12); di questi il 68 % ha valori compresi fra 10 e 80 mg/L, il 20 % tra 80 e 160 mg/L, il 5.5 % tra 160 e 250 mg/L ed il restante 6.5 % tra 250 e 400 mg/L.

Il rimanente 32 % dei campioni analizzati presenta valori compresi fra 0.3 e 10 mg/L, distribuiti su tutta la regione Emilia Romagna, caratterizzando particolarmente la provincia di Modena e la Romagna. I valori più elevati si riscontrano localmente nelle province di Ravenna, Ferrara e Bologna.

5.2.2.8 *Sodio*

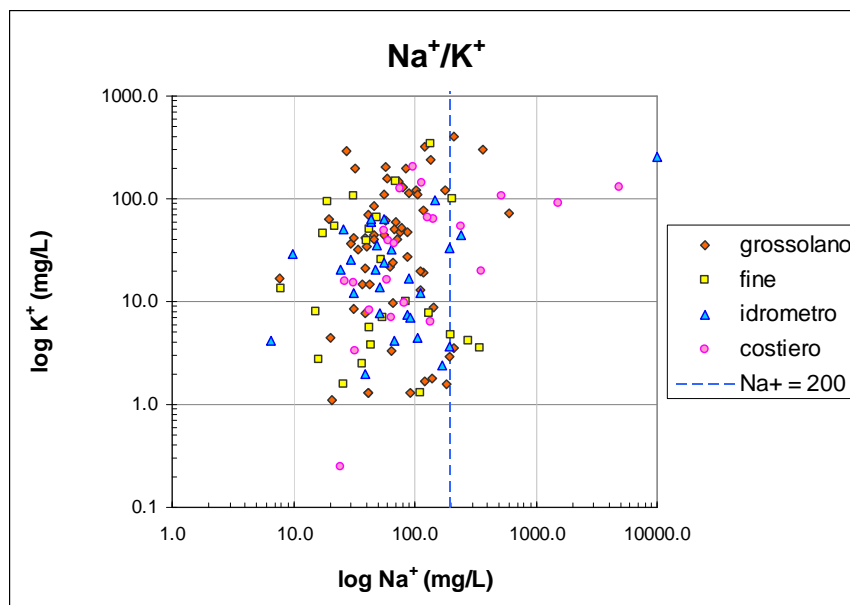
L'89 % dei campioni analizzati (Figura 5.13) presenta valori di concentrazione di sodio che non superano i 200 mg/L, valore indicato nell'Allegato 1 Parte C del Dlgs. 31/2001 per le acque potabili. Di questi il 77 % sono inferiori a 100 mg/L. Tali campioni interessano tutta la regione Emilia-Romagna, in particolare le province emiliane di Piacenza; Parma e Reggio Emilia, oltre a quelle di Rimini e Forlì-Cesena.

Il restante 11 % delle acque è caratterizzato da valori superiori a 200 mg/L e possono essere classificate come sodiche; si rilevano localmente nel basso territorio modenese, nella provincia di Ferrara, nella zona orientale della Provincia di Bologna e nell'acquifero freatico costiero ravennate. In particolare:

- i pozzi con le concentrazioni più elevate comprese circa fra circa 1500 e 10000 mg/L sono ubicati nell'acquifero freatico costiero ravennate e danno indicazioni di fenomeni di intrusione del cuneo salino; è da segnalare inoltre il pozzo FE-F12-00, ubicato presso Ostellato e caratterizzato da una concentrazione di circa 500 mg/L, che risente delle acque salmastre delle vicine Valli di Comacchio;
- concentrazioni maggiori di 200 mg/L, ma più contenute, comprese fra circa 210 e 240 mg/L si riscontrano nella zona a NE e SE di Ferrara, indicatori di acque salate/salmastre probabilmente rimaste come acque fossili in seguito alle bonifiche ferraresi;
- sempre dalla carta di Figura 5.13, si può notare la presenza di altri pozzi con concentrazioni variabili da valori di poco superiori ai 200 mg/L fino a 300-400 mg/L (da segnalare il pozzo BO-F17-00 presso Castel Guelfo con un valore anomalo di 600 mg/L).

Nella Figura 5.9, le concentrazioni di sodio rilevate nei 136 campioni vengono messe in relazione con le concentrazioni di potassio rilevate nei medesimi campioni. La nuvola dei punti, rappresentati singolarmente in funzione della tipologia di area cui il pozzo appartiene, nel suo complesso presenta un evidente dispersione.

Figura 5.9: relazione tra le concentrazioni di Na^+ e le concentrazioni di K^+ .



5.2.2.9 Cloruri

L'85 % dei campioni analizzati (Figura 5.14) presenta valori di concentrazione dei cloruri inferiori al valore soglia di 250 mg/L indicato dalla Tabella 3, Allegato 3 del Dlgs. 30/2009. Tali valori interessano interamente le province emiliane da Piacenza a Reggio Emilia, oltre che a quelle di Rimini (caratterizzate dai valori più bassi inferiori a 100 mg/L), Forlì-Cesena ed ampie porzioni dell'acquifero freatico fluviale delle restanti province.

Il restante 15% dei pozzi presenta valori superiori a 250 mg/L, ed in particolare:

- i pozzi con le concentrazioni più elevate comprese circa fra i 3000 e i 14000 mg/L sono ubicati nell'acquifero freatico costiero ravennate e danno indicazioni di fenomeni di intrusione del cuneo salino. È da segnalare inoltre il pozzo FE-F12-00, ubicato presso Ostellato e caratterizzato da una concentrazione di cloruri di 1028 mg/L, che risente delle acque salmastre delle vicine Valli di Comacchio;
- concentrazioni maggiori di 250 mg/L, ma più contenute, comprese fra circa 275 e 375 mg/L si riscontrano nella zona a NE e SE di Ferrara, indicatori di acque salate/salmastre rimaste come acque fossili in seguito alle bonifiche ferraresi.
- sempre dalla carta di Figura 5.14, si può notare la presenza di altri pozzi con concentrazioni variabili da valori di poco superiori ai 250 mg/L fino a 400-500 mg/L (da segnalare il pozzo BO-F17-00 presso Castel Guelfo). Tali casi sono ubicati nelle province di Modena, Bologna e nell'area a Nord di Forlì,.

Nelle successive figure (Figura 5.10 e Figura 5.11) le concentrazioni di cloruri rilevate nei 136 campioni di acque freatiche vengono analizzate in relazione ai valori delle concentrazioni di sodio e conducibilità elettrica specifica rilevate sugli stessi 136 pozzi.

Per entrambe le coppie di parametri messi in relazione (conducibilità elettrica specifica a 20 °C e cloruri, concentrazione di sodio e cloruri) si è riscontrata un'elevata correlazione lineare (si veda il successivo paragrafo 5.2.3.2). In entrambi i casi infatti i campioni analizzati mostrano una distribuzione regolare lungo una fascia di punti ben individuabile (Figura 5.10 e Figura 5.11).

La Figura 5.14 e la Figura 5.13 evidenziano che i pozzi con concentrazioni di cloruri comprese fra i 250 e i 500 mg/L e con concentrazioni di sodio comprese fra 200 e 400 mg/L risultano distribuiti abbastanza uniformemente nelle province di Modena, Bologna, Ferrara e Ravenna. I

pozzi con le concentrazioni più alte, sia in cloruri (>1000 mg/L), che in sodio (>500 mg/L), sono ubicati nell'acquifero freatico costiero ravennate e nella zona a NO delle Valli di Comacchio presso Ostellato.

Figura 5.10: analisi della relazione tra le concentrazioni di Na^+ e quelle di Cl^-

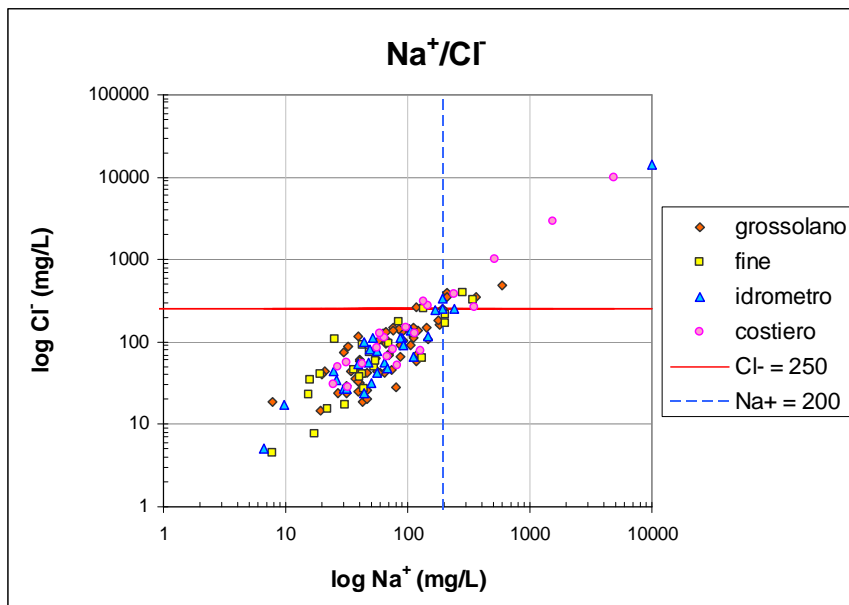


Figura 5.11: analisi della relazione tra conducibilità elettrica e cloruri.

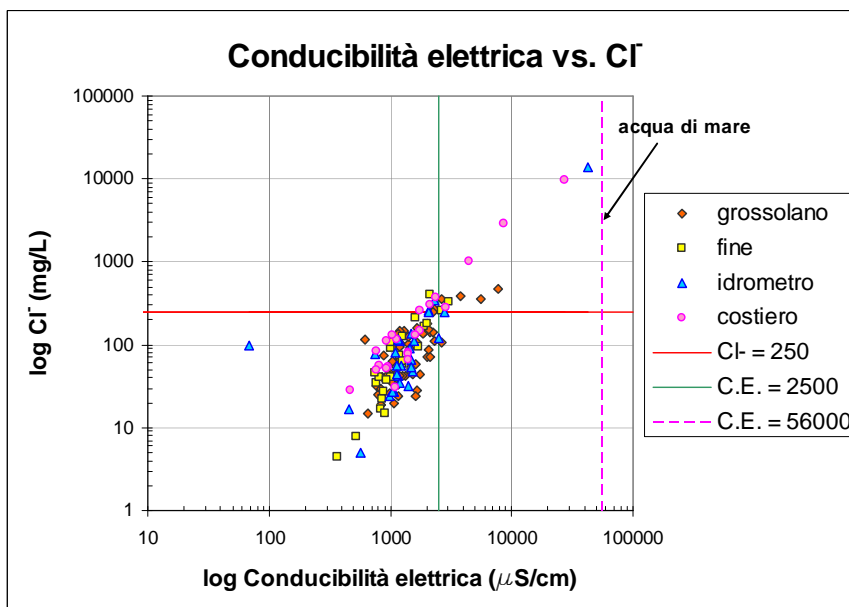
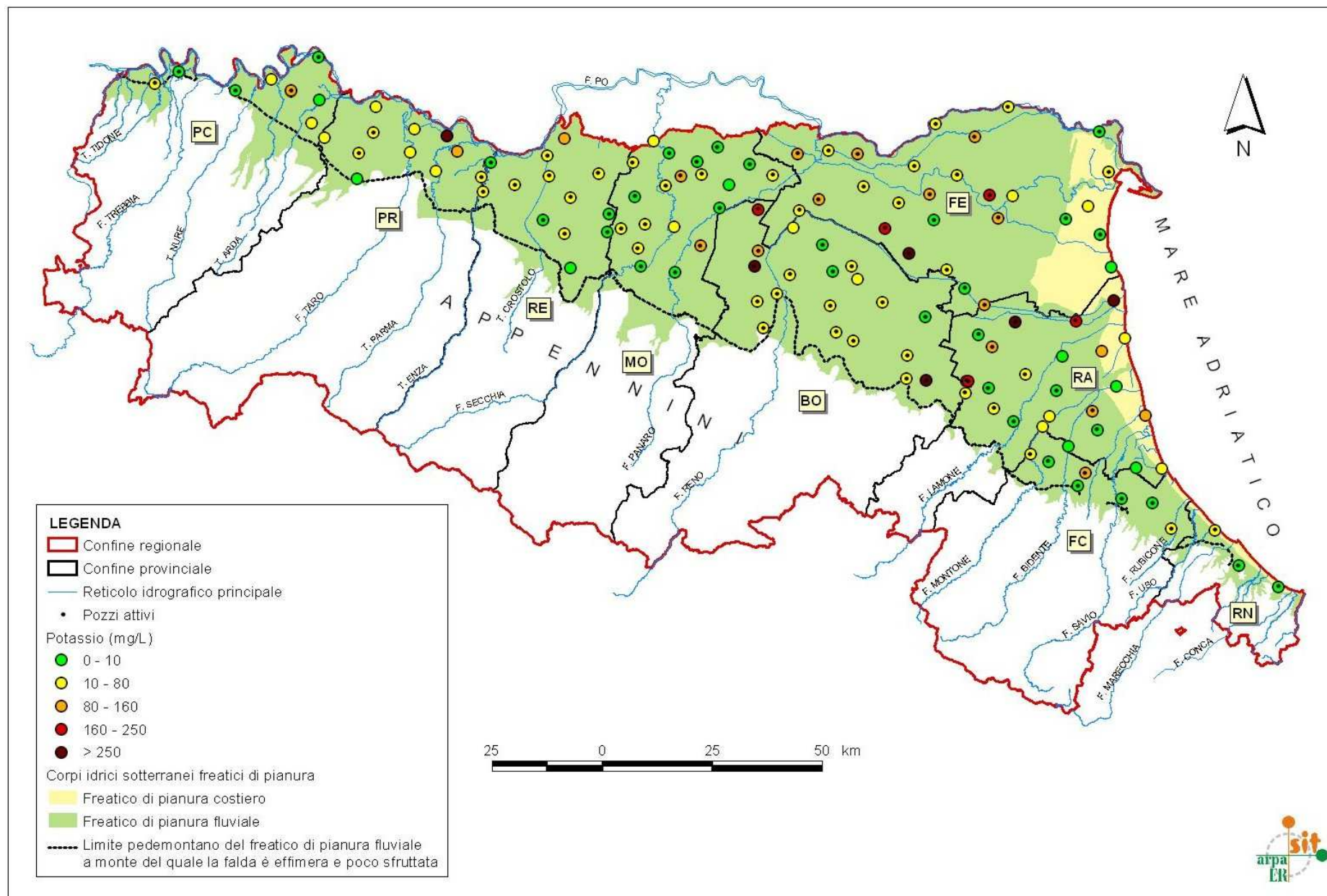


Figura 5.12: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori di potassio



LEGENDA

- Confine regionale
- Confine provinciale
- Reticolo idrografico principale
- Pozzi attivi

Sodio (mg/L)

- 0 - 20
- 20 - 100
- 100 - 200
- 200 - 400
- 400 - 1600
- > 1600

Corpi idrici sotterranei freatici di pianura

- Freatico di pianura costiero
- Freatico di pianura fluviale

----- Limite pedemontano del freatico di pianura fluviale a monte del quale la falda è effimera e poco sfruttata

LEGENDA

- Confine regionale
- Confine provinciale
- Reticolo idrografico principale
- Pozzi attivi

Cloruri (mg/L)

- 0 - 100
- 100 - 200
- 200 - 250
- 250 - 500
- 500 - 3000
- > 3000

Corpi idrici sotterranei freatici di pianura

- Freatico di pianura costiero
- Freatico di pianura fluviale
- Limite pedemontano del freatico di pianura fluviale a monte del quale la falda è effimera e poco sfruttata

5.2.2.10 Solfati

La presenza di solfati nelle acque di falda può essere legata ad un ambiente naturale (rocce della Formazione Gessoso-Solfifera) o a cause di tipo antropico (terme, apporti al suolo di fertilizzanti). Per quanto riguarda gli affioramenti della Formazione Gessoso-Solfifera ([19], Regione Emilia-Romagna Ufficio Geologico (1999), *Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna alla scala 1: 250.000*. S.EL.CA., Firenze.), questi sono ubicati più a sud, nel margine appenninico e quindi la prima causa, ovvero l'origine naturale dei solfati per cessione dalle rocce gessose, non sembra trovare riscontro nei pozzi campionati, in quanto le loro posizioni sono spostate di diversi chilometri rispetto ai corsi d'acqua che attraversano tali formazioni.

Circa l'80 % dei campioni analizzati (Figura 5.15) presenta valori di concentrazione dei solfati entro il valore soglia di 250 mg/L indicato dalla Tabella 3, Allegato 3 del Dlgs. 30/2009. I relativi pozzi sono distribuiti su tutta la regione Emilia-Romagna e interessano più abbondantemente le province da Piacenza a Reggio Emilia e da Forlì-Cesena a Rimini. Di questi pozzi, il 56 % hanno valori inferiori a 100 mg/L.

Del restante 20 % dei campioni analizzati, con i valori superiori a 250 mg/L, la maggior parte non è superiore a 500 mg/L ed i relativi pozzi sono distribuiti per lo più nelle province di Modena, Bologna, Ravenna e nella porzione meridionale di quella di Ferrara.

Da segnalare il pozzo BO-F17-00, presso Medicina con i valori più alti (2748 mg/L) e quattro pozzi ubicati in una fascia allungata fra S. Biagio (RE) e Concordia sulla Secchia (MO), in cui sono consistenti anche i contenuti di magnesio, per cui sembra ragionevole pensare che in tali zone venga fatto utilizzo di solfati di magnesio.

5.2.2.11 Bicarbonati

La carta di Figura 5.16, mostra che il 51 % dei pozzi campionati risultano caratterizzati da acque di falda classificabili come bicarbonate, ovvero con concentrazioni di bicarbonati > 600 mg/L. Tali valori sono ubicati principalmente nella porzione nord orientale del territorio regionale (Bologna, Modena, Ferrara, Ravenna e Forlì-Cesena). A sua volta all'interno della suddetta area si riscontra una zona della pianura deltizia ferrarese caratterizzata da sabbie da medie a fini di depositi di canale distributore ed argine, in cui le concentrazioni dei bicarbonati delle acque di falda sono intorno ai 1000-1100 mg/L, superiori rispetto ai territori circostanti. Tali valori potrebbero essere legati alla presenza dei relativi suoli molto calcarei (Unità Cartografica 1C della Carta dei Suoli dell'Emilia-Romagna in scala 1: 500000, [20]) ubicati a semicerchio all'incirca fra Coccanelle, Ferrara e S. Biagio.

Inoltre, altre zone le cui acque di falda hanno concentrazioni superiori ai 600 mg/L si trovano: una fra le province di Reggio Emilia e Modena, all'incirca fra Cadelbosco di Sopra, Concordia sulla Secchia e Modena; un'altra in provincia di Parma fra Soragna, Colorno e Coenzo.

Le concentrazioni di bicarbonati più contenute, fra i 200 e i 600 mg/L interessano principalmente le province emiliane da Piacenza a Modena, oltre all'acquifero freatico costiero, ad eccezione del pozzo RA-F04-00, a 3.5 km NO di Casalborsetti. Tale pozzo mostra infatti una concentrazione del tutto anomala pari a 6747 mg/L.

Nella successiva Figura 5.17 le concentrazioni dei bicarbonati rilevate nei 136 campioni vengono messe in relazione con i cloruri rilevati nei medesimi campioni. La nuvola dei punti, rappresentati singolarmente in funzione della tipologia di area cui il pozzo appartiene, nel suo complesso presenta una certa dispersione, comunque non troppo marcata.

LEGENDA

- Confine regionale
- Confine provinciale
- Reticolo idrografico principale
- Pozzi attivi

Solfati (mg/L)

- 0 - 100
- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- > 1000

Corpi idrici sotterranei freatici di pianura

- Freatico di pianura costiero
- Freatico di pianura fluviale

----- Limite pedemontano del freatico di pianura fluviale a monte del quale la falda è effimera e poco sfruttata

LEGENDA

- Confine regionale
- Confine provinciale
- Reticolo idrografico principale
- Pozzi attivi

Bicarbonati (mg/L)

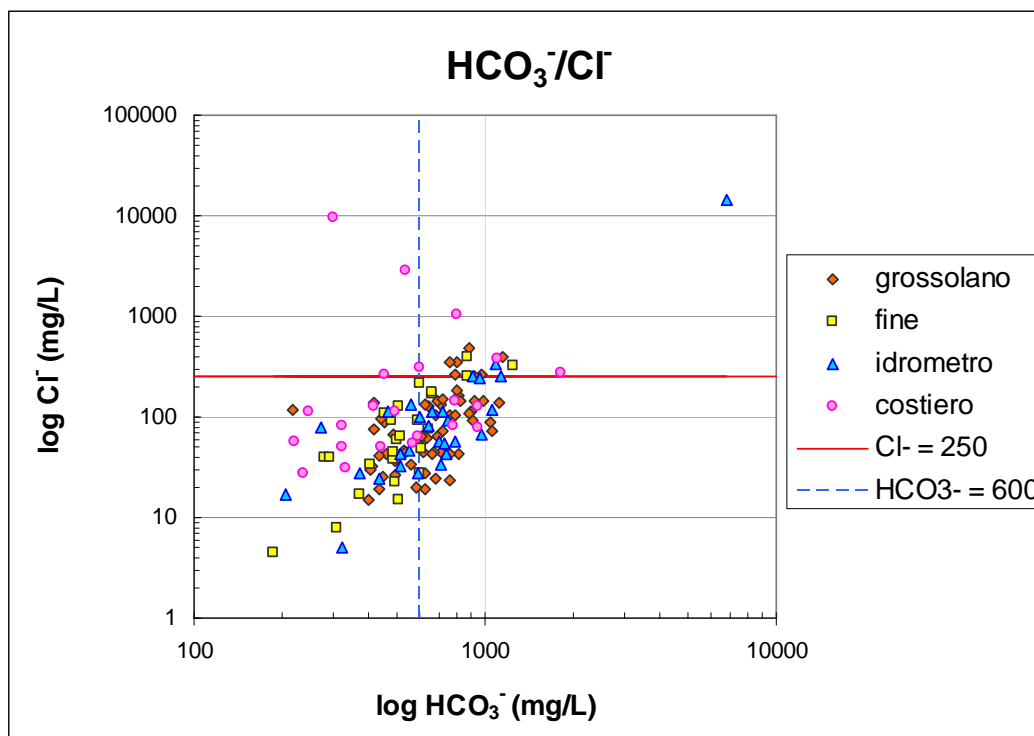
- 200 - 400
- 400 - 600
- 600 - 900
- 900 - 1500
- > 1500

Corpi idrici sotterranei freatici di pianura

- Freatico di pianura costiero
- Freatico di pianura fluviale

----- Limite pedemontano del freatico di pianura fluviale a monte del quale la falda è effimera e poco sfruttata

Figura 5.17: analisi della relazione tra bicarbonati e cloruri



5.2.2.12 Nitrati

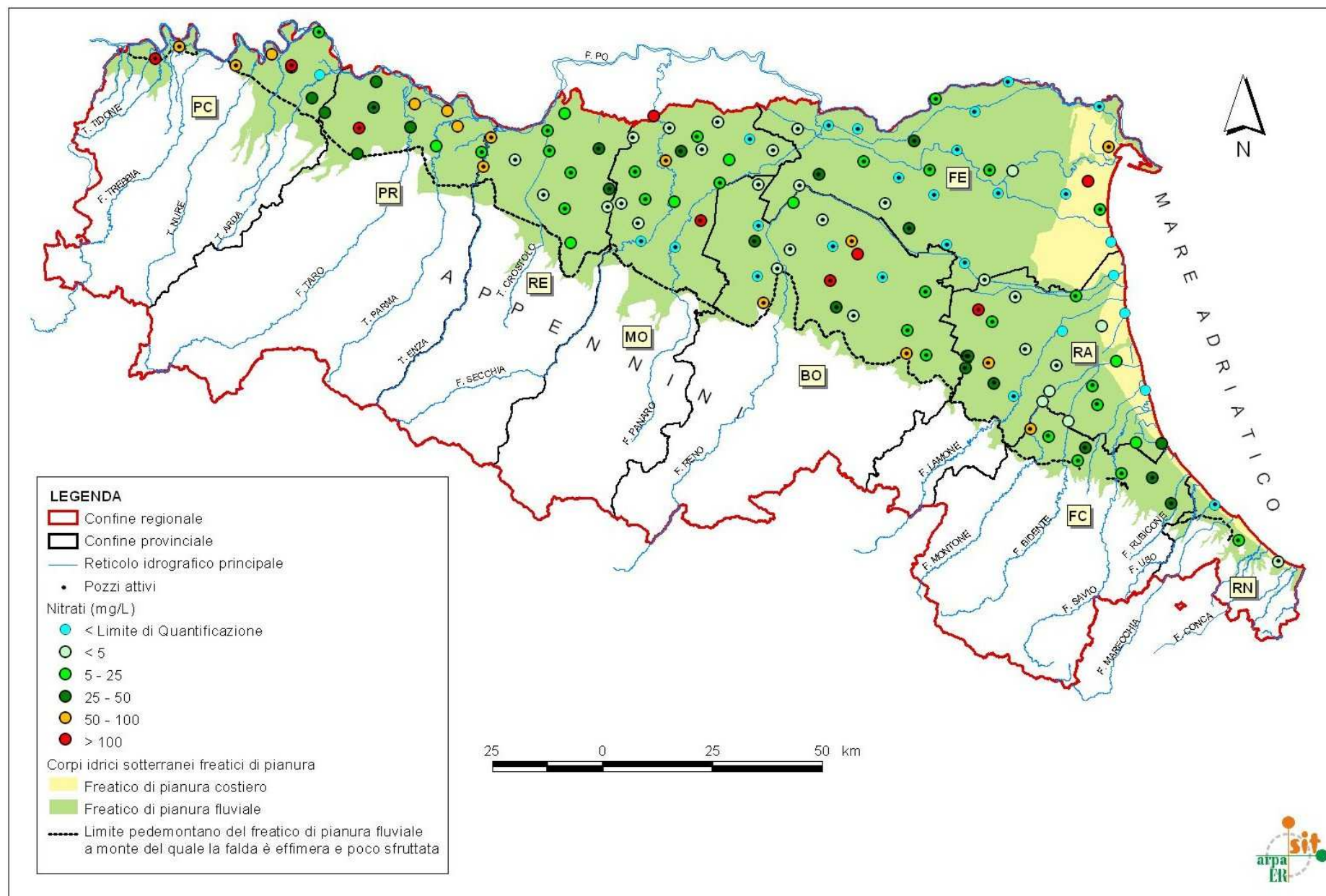
La maggior fonte di nitrati deriva da inquinamenti di tipo organico (zootecnia, reflui urbani) o chimico (apporti di fertilizzanti).

L'82 % dei campioni analizzati (Figura 5.18) presenta valori inferiori allo standard di qualità di 50 mg/L indicato dalla Tabella 2, Allegato 3 del Dlgs. 30/2009; di questi:

- il 24 % mostra valori inferiori al limite di quantificazione (distribuiti principalmente nelle province di Modena, Bologna, Ferrara e Ravenna);
- il 56 % mostra valori inferiori a 25 mg/L. Questi pozzi sono distribuiti su tutto il territorio regionale, principalmente da Reggio Emilia a Rimini;
- il rimanente 30 % ha valori compresi tra 25 e 50 mg/L distribuiti localmente su tutta la regione.

I campioni con valori superiori a 50 mg/L (il 18%) risultano distribuiti da Calendasco (PC) a S. Sisto (RE) e in alcune zone: in provincia di Modena fra S. Caterina, Cavezzo e Ravarino; in provincia di Bologna fra Altedo, Baricella e Lovoleto; presso Conselice (RA) e nell'acquifero freatico costiero ferrarese fra Gigliola e Lagosanto. Da segnalare il pozzo PC-F01-00 presso Sarmato con 183 mg/L, il pozzo PC-F06-00 presso S. Pietro in Cerro con 110 mg/L ed il pozzo PR-F09-00 presso Soragna con 136 mg/L.

Figura 5.18: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori dei nitrati



5.2.2.13 Ione Ammonio

Il 76.5 % dei campioni analizzati (Figura 5.19) presenta valori inferiori al valore soglia di 0.5 mg/L indicato dalla Tabella 3, Allegato 3 del Dlgs. 30/2009; di questi il 62.5 % sono inferiori al limite di quantificazione e sono distribuiti su tutto il territorio regionale, in maggior numero nelle province emiliane e nella Romagna a Sud di Lugo e Ravenna.

Il rimanente 23.5 % dei campioni presenta valori di concentrazione prevalentemente compresi tra 1 e 5 mg/L (territorio modenese, bolognese, ferrarese e ravennate); da segnalare inoltre la presenza di valori più elevati, intorno ai 10-15 mg/L in due pozzi dell'acquifero freatico costiero (RA-F04-00 e RA-F16-00) e nel pozzo FE-F17-00, presso Consandalo (FE).

5.2.2.14 Ferro

Per quanto riguarda la concentrazione del ferro nelle acque sotterranee, il Dlgs. 30/2009 non fissa un valore soglia, pertanto è stato preso come riferimento, in misura cautelativa, il valore di 200 µg/L previsto dal Dlgs. 152/2006 (Allegato 5 al Titolo V della parte IV, relativo alla bonifica dei siti contaminati).

L'82% dei campioni analizzati (Figura 5.20) è caratterizzato da concentrazioni inferiori ai 200 µg/L; di questi:

- il 54 % ha valori inferiori al limite di quantificazione ed interessa le province di Piacenza e Parma e larga parte di quelle di Reggio-Emilia, Modena, Bologna e Forlì-Cesena;
- i valori inferiori a 100 µg/L (38 %) interessano buona parte della provincia di Modena, oltre a quasi tutta la provincia di Ravenna, estendendosi fino alla porzione orientale di quella di Bologna, a quella centro-meridionale di Ferrara e a quella di Forlì-Cesena;
- i rimanenti valori, compresi tra 100 e 200 µg/L si riferiscono a 9 pozzi distribuiti principalmente nella parte centro orientale del territorio regionale.

Il restante 18 % dei campioni presenta valori superiori a 200 µg/L, distribuiti principalmente nella provincia di Ferrara estendendosi anche più ad Ovest fino circa a Massa Finalese (MO) ed a SO fino alla porzione della provincia di Bologna compresa fra S. Pietro in Casale e S. Martino in Argine. È da segnalare il pozzo MO-F02-00 con una concentrazione di ferro anomala molto elevata pari a 6150 µg/L.

5.2.2.15 Manganese

Per quanto riguarda la concentrazione del manganese nelle acque sotterranee, il Dlgs. 30/2009 non fissa un valore soglia, pertanto è stato preso come riferimento, in misura cautelativa, il valore di 50 µg/L previsto dal Dlgs. 152/2006 (Allegato 5 al Titolo V della parte IV, relativo alla bonifica dei siti contaminati).

I valori inferiori al limite di quantificazione (5 µg/L) caratterizzano 20 pozzi (15 %) ubicati principalmente nelle province di Parma e Piacenza e sporadicamente in provincia di Bologna e Modena (Figura 5.21).

I pozzi con valori inferiori a 50 µg/L (17 %) sono distribuiti principalmente nella bassa pianura emiliana e nella media pianura romagnola. Ulteriori 3 pozzi sono situati nel basso ferrarese.

Il rimanente 68 % dei campioni analizzati presenta concentrazioni di manganese superiori a 50 µg/L; tali valori sono distribuiti in modo omogeneo sull'intero territorio.

[illegible]

Figura 5.20: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori del ferro

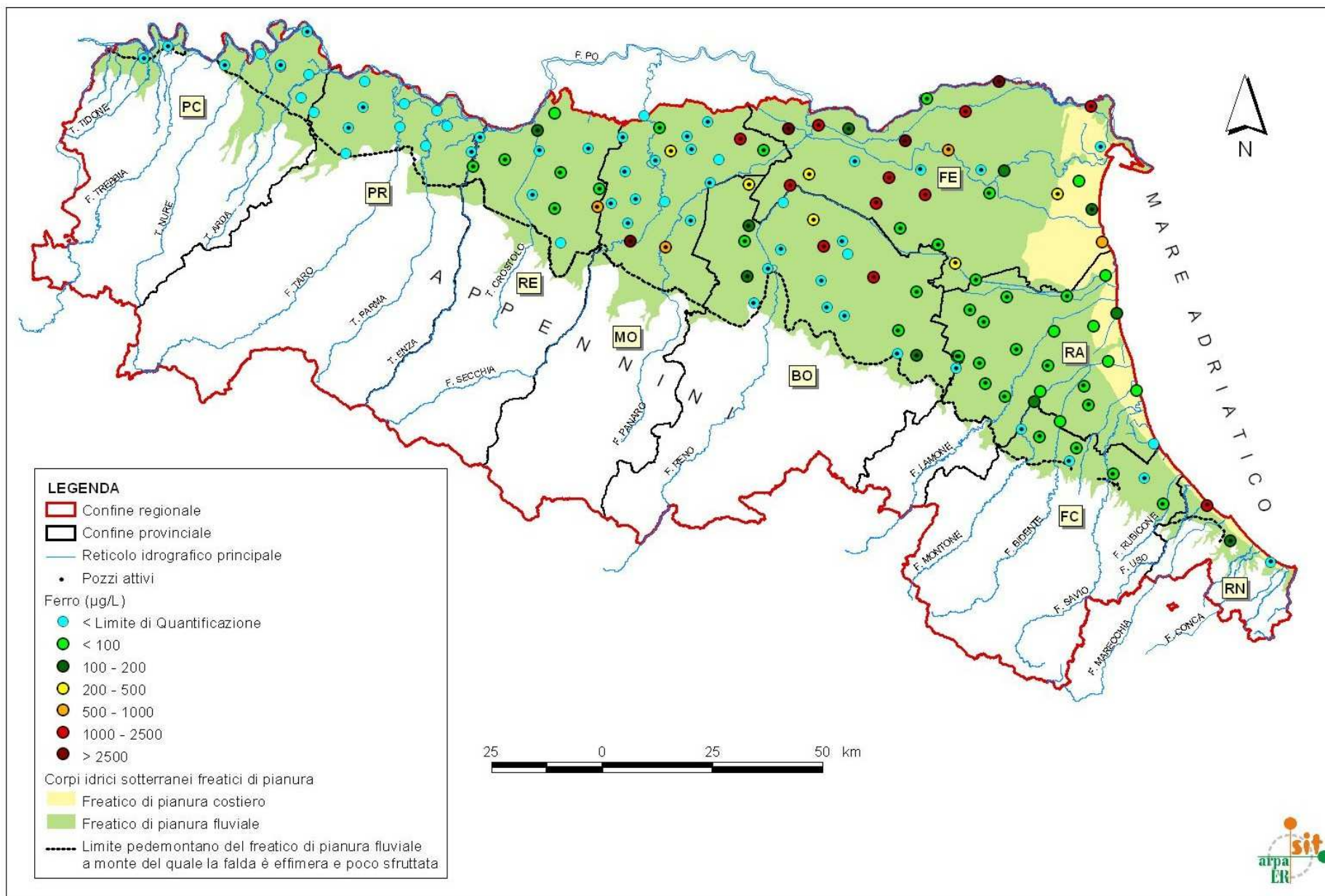
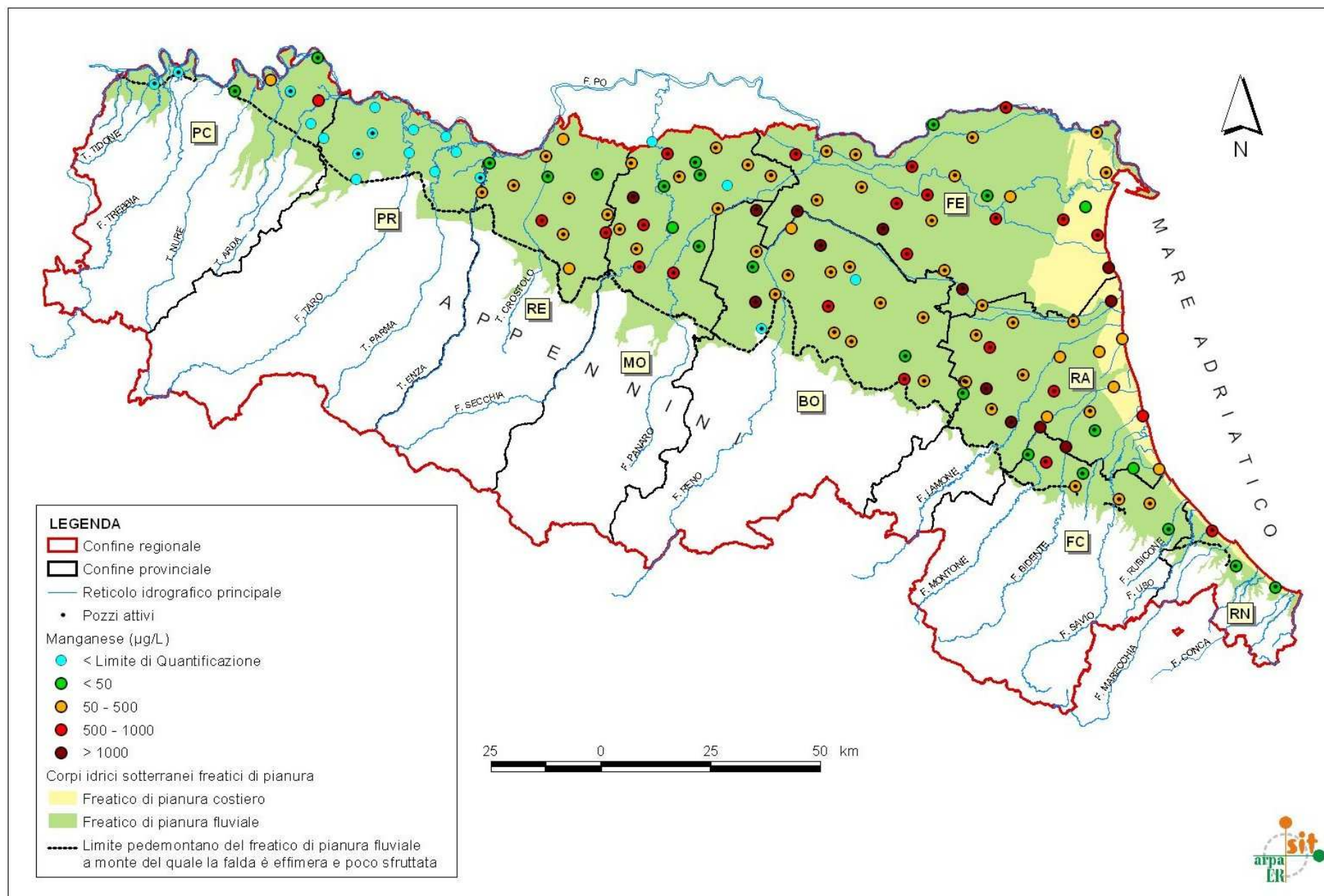


Figura 5.21: screening analitico dei 136 pozzi freatici: classi di valori del manganese



5.2.2.16 *Altri parametri*

In aggiunta ai parametri previsti per lo screening analitico condotto a livello regionale, su alcune province si è ritenuto opportuno effettuare alcune determinazioni aggiuntive. In particolare:

- i nitriti nei campioni prelevati nelle province di Bologna e Ferrara (48 pozzi);
- il Boro nei campioni delle province di Reggio Emilia e Modena (33 pozzi);
- l'Arsenico nei campioni delle provincia di Modena (20 pozzi).

5.2.2.16.1 *Nitriti*

Il 94 % dei campioni analizzati presenta valori inferiori al valore soglia indicato nella Tabella 3 del Dlgs. 30/2009 (0.5 mg/L), di cui il 78 % è caratterizzato da valori inferiori al limite di quantificazione di 0.01 mg/L. Soltanto tre pozzi presentano concentrazioni comprese fra 1 e 1.7 mg/L; si tratta del: BO-F03-00, FE-F18-00 e FE-F26-00, i quali ricadono nell'acquifero freatico fluviale e sono rispettivamente ubicati: presso Lovoletto, fra Spinazzino e Ospital Monacale e presso Migliaro.

5.2.2.16.2 *Boro*

I valori riscontrati nelle acque dell'acquifero freatico fluviale reggiano e modenese sono quasi tutti inferiori al valore soglia indicato nella Tabella 3 del Dlgs. 30/2009 (1000 µg/L), ad eccezione di due pozzi ubicati in provincia di Reggio Emilia: il RE-F12-00, presso Gualtieri a soli 200 m dal T. Crostolo con concentrazione di 2263 µg/L e il RE-F02-00, nei pressi di S. Biagio che insiste su litologie fini limoso argillose, avente concentrazione di 1052 µg/L.

5.2.2.16.3 *Arsenico*

I valori riscontrati nelle acque dell'acquifero freatico fluviale modenese sono tutti inferiori al valore soglia indicato nella Tabella 3 del Dlgs. 30/2009 (10 µg/L).

Dei 20 pozzi campionati, 15 presentano concentrazioni di arsenico inferiori anche al limite di quantificazione (1 µg/L) ed i restanti 5 hanno valori comunque contenuti pari a 1-2 µg/L. Di questi ultimi pozzi, quattro ricadono nelle vicinanze di corsi d'acqua: tre presso il F. Secchia, all'incirca fra Modena e Cavezzo, ed uno nei pressi del F. Panaro fra Modena e Nonantola; infine un altro pozzo ricade in area che insiste su litotipi limoso-argillosi a Nord di Massa Finalese.

5.2.3 *Elaborazione ed interpretazione delle analisi chimiche*

5.2.3.1 *Facies idrogeochimiche*

Per rappresentare le caratteristiche idrogeochimiche complessive di più acque, di cui si vogliono ottenere correlazioni o comparazioni, si possono utilizzare metodi grafici che, attraverso le relative composizioni ioniche, permettono di classificare i diversi tipi di acque.

A tal fine è stato utilizzato il diagramma di Piper che è formato dall'unione di un campo centrale a forma di rombo e di due triangoli equilateri posti alla base in cui si riportano rispettivamente le quantità dei cationi e degli anioni espresse in meq/L. Un vantaggio significativo del diagramma consiste nel poter rappresentare simultaneamente una grossa quantità di dati analitici e raggruppare acque simili in aree ben definite dello stesso, anche se si ricorda che vengono rappresentate le concentrazioni percentuali degli ioni e non quelle assolute,

per cui acque con diversa concentrazione totale, ma con medesimo chimismo, sono rappresentate nello stesso punto.

In Figura 5.22 è riportato il diagramma di Piper relativo ai 136 campioni di acque di falda dello screening analitico.

Dai diagrammi si può vedere che i campioni delle acque di falda, a livello regionale, presentano una distribuzione abbastanza concentrata in porzioni del grafico ben definite, mentre i campioni a scala provinciale non mostrano particolari polarizzazioni di dati.

I diagrammi triangolari, posti nella parte bassa della figura evidenziano le seguenti informazioni:

1. il diagramma triangolare degli anioni mostra che la maggior parte dei campioni sono concentrati nell'angolo in basso a sinistra, corrispondente ad acque ricche in carbonati e bicarbonati, più povere invece in solfati e in cloruri. Una parte più contenuta dei campioni mostra valori di carbonati e bicarbonati più ridotti e una minoranza si discosta invece dalla situazione prevalente, in quanto si tratta di acque ricche in cloruri e povere in solfati, carbonati e bicarbonati (3 campioni nell'angolo in basso a destra); da segnalare infine un campione con un alto tenore in solfati e basso in carbonati, bicarbonati e cloruri (punto più in alto nel grafico);
2. il diagramma triangolare dei cationi mostra che buona parte dei campioni sono concentrati al centro del triangolo, ovvero non risulta una predominanza fra magnesio, calcio, o sodio e potassio; un'altra parte dei campioni sono più spostati verso l'angolo di sinistra in basso, e quindi più ricchi in calcio rispetto ai precedenti. Infine una minoranza dei campioni staccati nell'angolo di destra in basso, risulta caratterizzata da alte concentrazioni di sodio e potassio.

Complessivamente la proiezione dei dati sul diagramma romboidale centrale mostra che la maggior parte dei campioni ricadono nella porzione di sinistra centrale del diagramma, a cui corrisponde una facies idrogeochimica bicarbonato-calcica e/o magnesiaca. Una minoranza dei campioni risulta invece spostata verso la facies solfato-calcica, un'altra nella facies cloruro-alcalina e una minima parte verso la facies bicarbonato-alcalina.

[illegible]

5.2.3.2 Analisi di correlazione dei dati (Pearson)

Al fine di individuare eventuali correlazioni tra le distribuzioni dei valori dei diversi parametri analizzati nello screening analitico sui 136 pozzi è stata effettuata l'analisi riportata nella Tabella 5.4 che riporta la matrice dei coefficienti di Pearson calcolati tra le diverse coppie di parametri analizzati. Il coefficiente di Pearson (r) misura l'estensione di una relazione lineare tra due insiemi di dati ed assume un valore compreso tra -1 e 1, dove a valori assoluti compresi fra 0.7 e 1 corrisponde una correlazione lineare forte. Tali valori sono riportati in grassetto nella successiva Tabella 5.4 dove vengono omessi i valori del coefficiente di Pearson risultati inferiori in valore assoluto a 0.3 e quindi indicativi di una correlazione di tipo debole. La matrice di correlazione secondo Pearson evidenzia una buona correlazione ($r > 0.80$) tra i seguenti parametri: Conducibilità Elettrica Specifica, Sodio, Cloruri, Bicarbonati, Ione Ammonio, Calcio e Magnesio, con i valori maggiori ($r > 0.98$) relativi ai primi tre parametri elencati.

Tabella 5.4: matrice di correlazione (coefficienti di Pearson) fra i diversi parametri analizzati per i 136 pozzi.

	T°acqua	pH	O ₂ disciolto	O ₂ disciolto % sat.	Cond. Ele. (20°C)	Bicarbonati (HCO ₃ ⁻)	Ione ammonio (NH ₄ ⁺)	Solfati (SO ₄ ⁼)	Sodio (Na ⁺)	Cloruri (Cl ⁻)	Calcio (Ca ⁺⁺)	Magnesio (Mg ⁺⁺)	Potassio (K ⁺)	Nitrati (NO ₃ ⁻)	Ferro (Fe)	Manganese (Mn)
T°acqua																
pH						-0.34						-0.33				-0.31
O ₂ disciolto				0.98												
O ₂ disciolto % sat.																
Cond. Ele. (20°C)						0.76	0.79	0.47	0.98	0.99	0.85	0.95	0.31			
Bicarbonati (HCO ₃ ⁻)							0.58	0.49	0.80	0.72	0.93	0.79	0.34			0.38
Ione ammonio (NH ₄ ⁺)									0.78	0.80	0.60	0.74				
Solfati (SO ₄ ⁼)									0.40	0.34	0.50	0.61				
Sodio (Na ⁺)										0.99	0.90	0.92				
Cloruri (Cl ⁻)											0.83	0.91				
Calcio (Ca ⁺⁺)												0.82				0.31
Magnesio (Mg ⁺⁺)																0.32
Potassio (K ⁺)																
Nitrati (NO ₃ ⁻)																-0.30
Ferro (Fe)																
Manganese (Mn)																

5.2.3.3 *Rapporti ionici*

Ai fini dell'interpretazione idrogeochimica delle acque di falda campionate, sono stati presi in considerazione i seguenti rapporti ionici: Na^+/Cl^- , Na^+/K^+ , e $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$. Tali rapporti sono calcolati in base alla concentrazione ionica in meq/L e le applicazioni interpretative sono riportate nei paragrafi seguenti.

5.2.3.3.1 *Rapporto Na^+/Cl^-*

Il rapporto degli ioni sodio e cloro risulta utile per verificare se sono in atto fenomeni di scambio ionico e quindi contatto con litotipi argillosi. Le variazioni di questo rapporto possono essere imputate oltre che a cause naturali (miscelazione con acque fossili o connate, ricche di sali), anche ad impatti antropici (ad es scarichi fognari)

In assenza di fenomeni antropici, questo rapporto in generale fornisce le seguenti informazioni:

- $\text{Na}^+/\text{Cl}^- = 0.876$ nell'acqua di mare;
- $\text{Na}^+/\text{Cl}^- > 1$ in seguito a scambio ionico, in cui il magnesio ed il calcio sono sostituiti dallo ione sodio; si tratta di acque che si trovano in rocce ricche di ioni alcalini;
- $\text{Na}^+/\text{Cl}^- < 0.876$ in presenza di miscele con acque molto salate, per precipitazione degli ioni sodio o per scambio cationico tra gli ioni sodio contenuti nell'acqua e quelli di calcio presenti nelle rocce; questo fenomeno è possibile anche quando l'acqua di mare si mescola all'acqua di falda in acquiferi costieri ([7], Cerbini G. & Gorla M. (2004), *Idrogeologia Applicata Principi, metodi e misure*. Edizioni Geo-Graph, Segrate.).

I 136 campioni esaminati mostrano un'elevata correlazione degli ioni Na^+ e Cl^- (coefficiente di Pearson = 0.99) (Tabella 5.4).

Il 71 % dei campioni analizzati (Figura 5.23 e relativo dettaglio di Figura 5.24) risulta avere un rapporto $\text{Na}^+/\text{Cl}^- > 1$ con una distribuzione pressoché uniforme in tutta la regione Emilia-Romagna (Figura 5.25).

Il 25 % dei campioni presenta, invece un rapporto $\text{Na}^+/\text{Cl}^- \leq 0.876$. Si tratta di 9 pozzi ricadenti nella provincia di Ferrara, 5 in provincia di Ravenna, 3 in provincia di Forlì-Cesena, 6 in provincia di Modena e altri 10 distribuiti nelle restanti province emiliane. Per i pozzi ricadenti nell'acquifero freatico costiero (Ferrara e Ravenna), questo valore è indicatore di fenomeni di intrusione del cuneo salino, e per quelli ubicati nell'acquifero fluviale del territorio ferrarese, sono probabilmente indicativi di miscelazione delle acque di falda con acque fossili salate, che rappresentano ciò che rimane delle vaste aree interessate a più riprese da interventi di bonifica. Tali rapporti ionici derivano dalla precipitazione del Na^+ , o sono dovuti allo scambio ionico del Na^+ dell'acqua con il Ca^{2+} dell'acquifero.

Il rimanente 4 % dei campioni presenta un rapporto Na^+/Cl^- maggiore di 0.876 e minore o uguale a 1, ovvero si tratta di acque di falda che non sembrano avere subito significative interazioni con gli acquiferi, né con acque salate. Tali pozzi sono ubicati nelle vicinanze di corsi d'acqua o insistono su paleovalvei e sono distribuiti in quasi tutto il territorio. Nello specifico sono i seguenti pozzi:

- PR-F09-00 a 200 m dal T. Stirone
- PR-F07-00 a 120 m dal F. Taro
- MO-F09-00 distante 5 km dal Cavo Tresinaro, ma impostato su un paleovalveo allungato che sembra rappresentare una via preferenziale di drenaggio del corso d'acqua verso la falda
- BO-F02-00 a 1000 m dal F. Reno, a Ovest di una sua ansa in cui si concentrano le linee di flusso di drenaggio del fiume verso la falda
- FE-F14-00 a 170 m dalla Fossetta Val d'Albero
- RA-F11-01 a 630 m da un'ansa del Santerno Morto, che ora riceve acqua dallo Scolo Forzato, il quale dista 250 m dal pozzo.

Figura 5.23: rapporto Na^+/Cl^- .

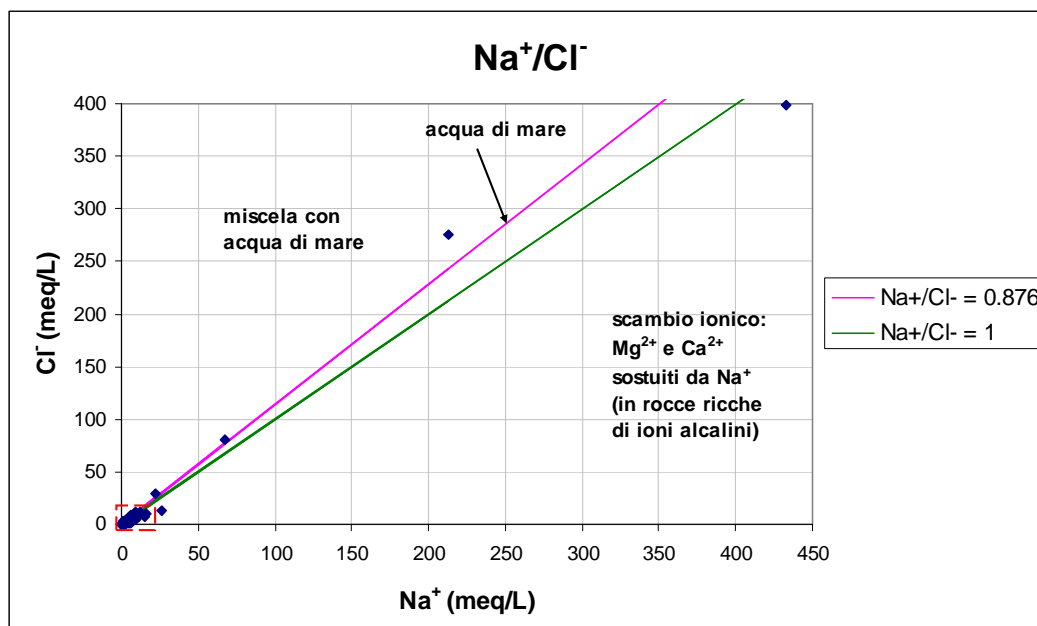


Figura 5.24: rapporto Na^+/Cl^- : dettaglio di Figura 5.23.

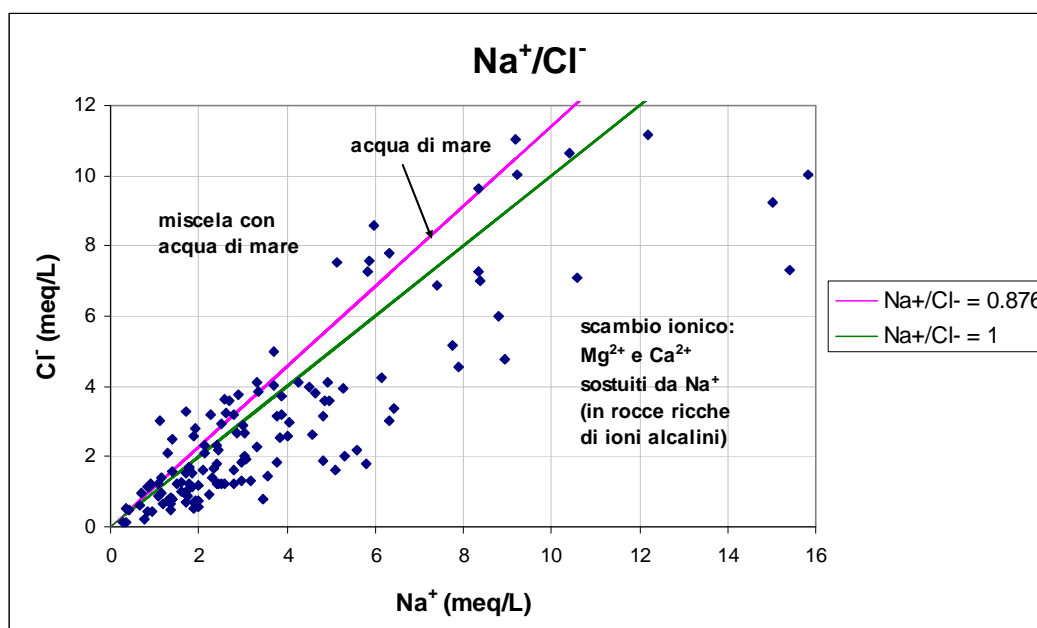
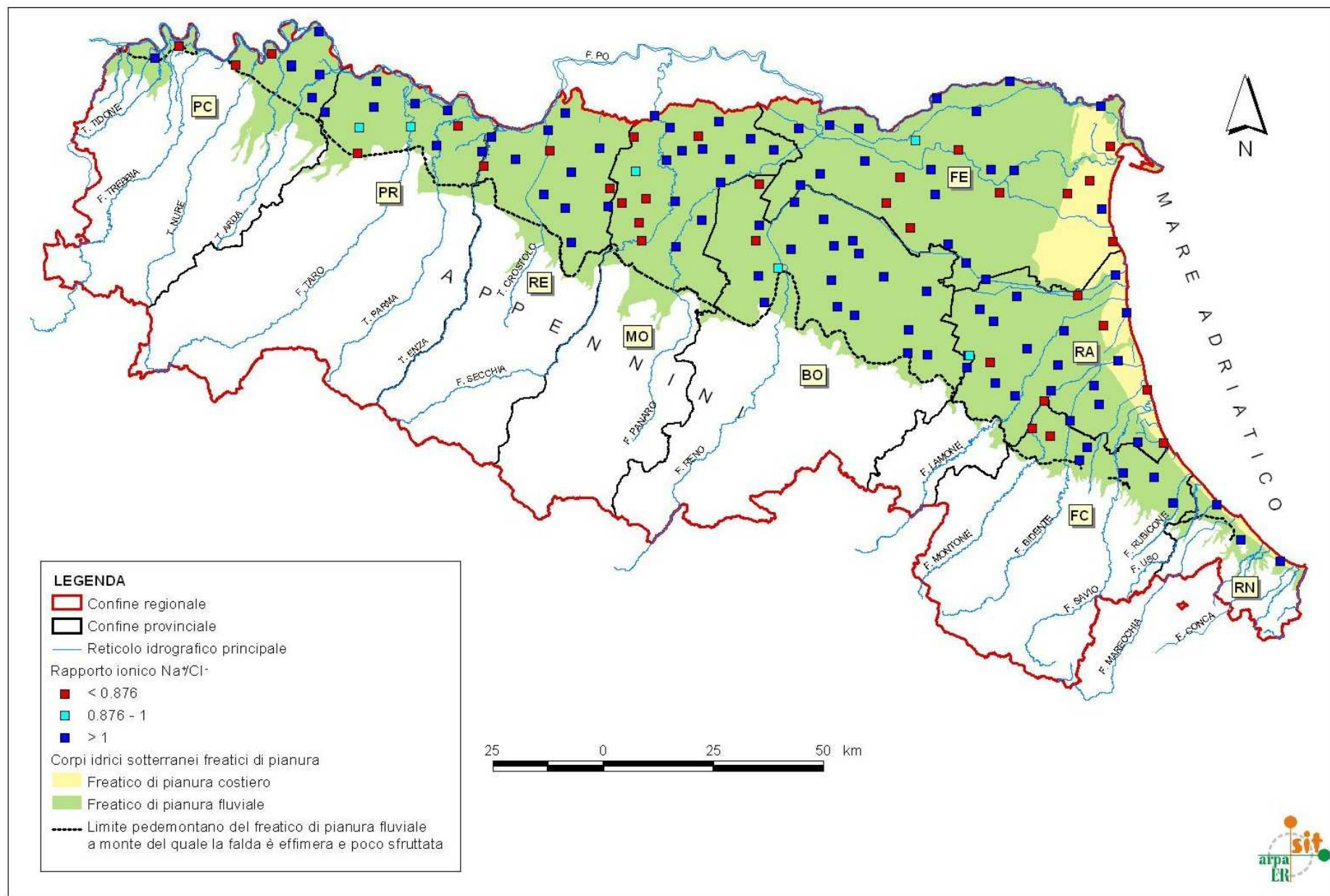


Figura 5.25: distribuzione spaziale dei rapporti Na^+/Cl^-



5.2.3.3.2 Rapporto Na^+/K^+

Questo rapporto risulta molto influenzato dalle condizioni locali, soprattutto in acquiferi alluvionali a falda libera quali quelli oggetto del presente studio, dove piccole variazioni nella concentrazione dello ione potassio possono determinare valori molto diversi.

In generale si può affermare che:

- $\text{Na}^+/\text{K}^+ = 47$ acqua di mare;
- $\text{Na}^+/\text{K}^+ < 10$ nelle acque di precipitazione meteorica;
- Na^+/K^+ compreso tra 10 e 15 in corrispondenza delle aree di alimentazione. Il valore di rapporto tende peraltro ad aumentare verso valle, in particolare per adsorbimento del potassio da parte dell'argilla o dei silicati ([7], Cerbini G. & Gorla M. (2004), *Idrogeologia Applicata Principi, metodi e misure*. Edizioni Geo-Graph, Segrate.).

L'analisi di correlazione condotta al precedente paragrafo 5.2.3.2 mostra però una bassa correlazione tra le concentrazioni di Na^+ e K^+ misurate sui 136 campioni (coefficiente di Pearson = 0.26, Tabella 5.4).

Il 67 % dei campioni analizzati (Figura 5.26 e relativo dettaglio di Figura 5.27) è risultato avere un rapporto $\text{Na}^+/\text{K}^+ < 10$, tali valori indicherebbero quindi che si tratta di acque fresche che non hanno avuto modo di interagire con gli acquiferi; la distribuzione dei relativi pozzi è praticamente omogenea su tutta la regione Emilia-Romagna (Figura 5.28).

Un altro 12.5% dei campioni esaminati risulta caratterizzato da rapporti Na^+/K^+ compresi fra 10 e 25, tipici di zone di ricarica, dove sussistono interazioni contenute con gli acquiferi. La maggior parte dei pozzi risultano ubicati in una fascia allungata parallela al margine appenninico con un'ampiezza dell'ordine della decina di km, che va all'incirca dalle porzioni distali delle conoidi alla pianura appenninica (padana per due pozzi in provincia di Parma e Piacenza). Altri tre pozzi risultano ubicati, invece in provincia di Ferrara: uno a 150 m dal F. Po presso Mesola e due nell'acquifero freatico costiero nella zona all'incirca fra Lido degli Scacchi e Lagosanto.

L'8 % dei campioni ha rapporti Na^+/K^+ compresi fra 25 e 47 e il rimanente 12.5 % > 47 . I campioni analizzati con rapporti Na^+/K^+ superiori a 25 ricadono per lo più in provincia di Modena, Ravenna e Forlì-Cesena e sembrano mostrare caratteristiche locali in cui potrebbe avvenire un'interazione dell'acqua di falda con gli acquiferi attraverso l'adsorbimento del potassio da parte dei minerali argillosi. Nell'acquifero freatico costiero (Ferrara Ravenna e Rimini) da Lido di Spina a Lido di Classe e presso Misano Adriatico i rapporti $\text{Na}^+/\text{K}^+ > 25$ potrebbero essere imputati all'intrusione del cuneo salino.

Figura 5.26: rapporto Na^+/K^+ .

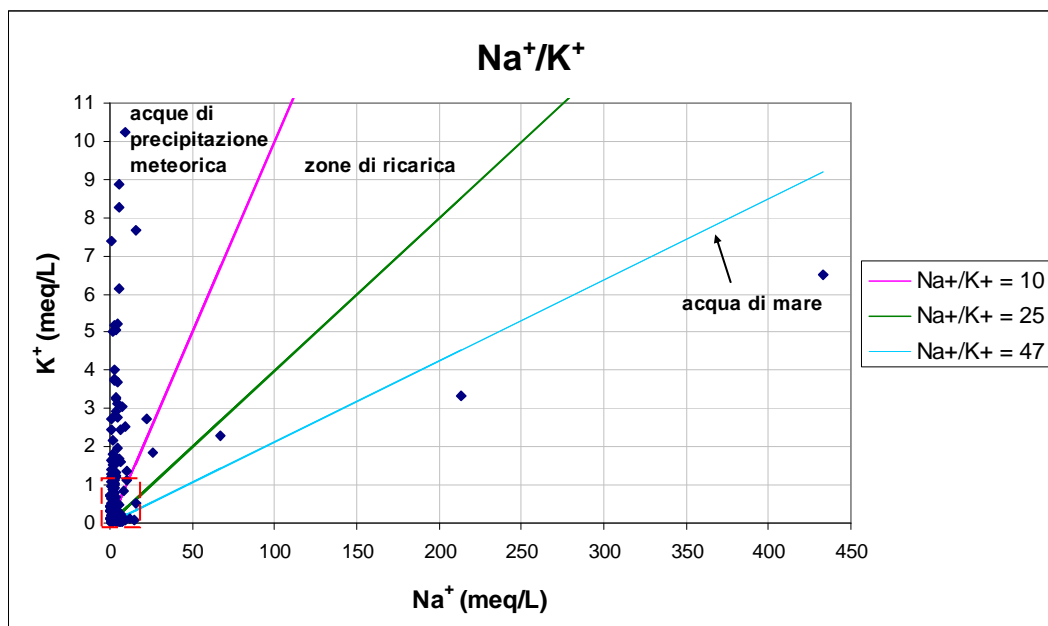


Figura 5.27: rapporto Na^+/K^+ : dettaglio di Figura 5.26.

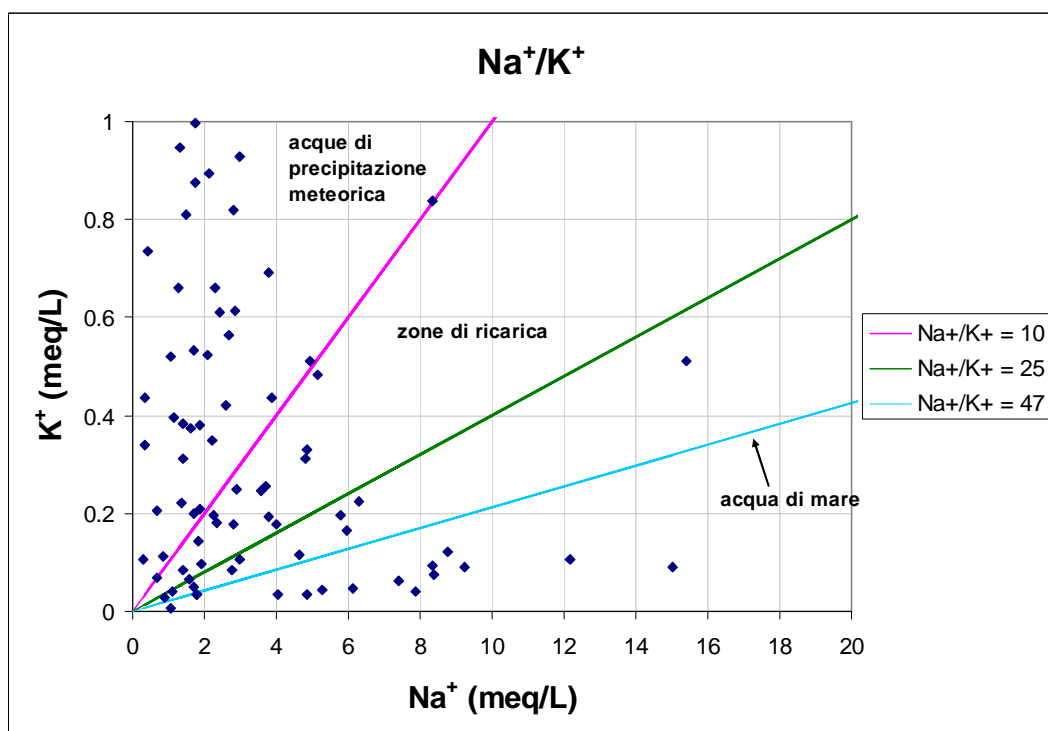
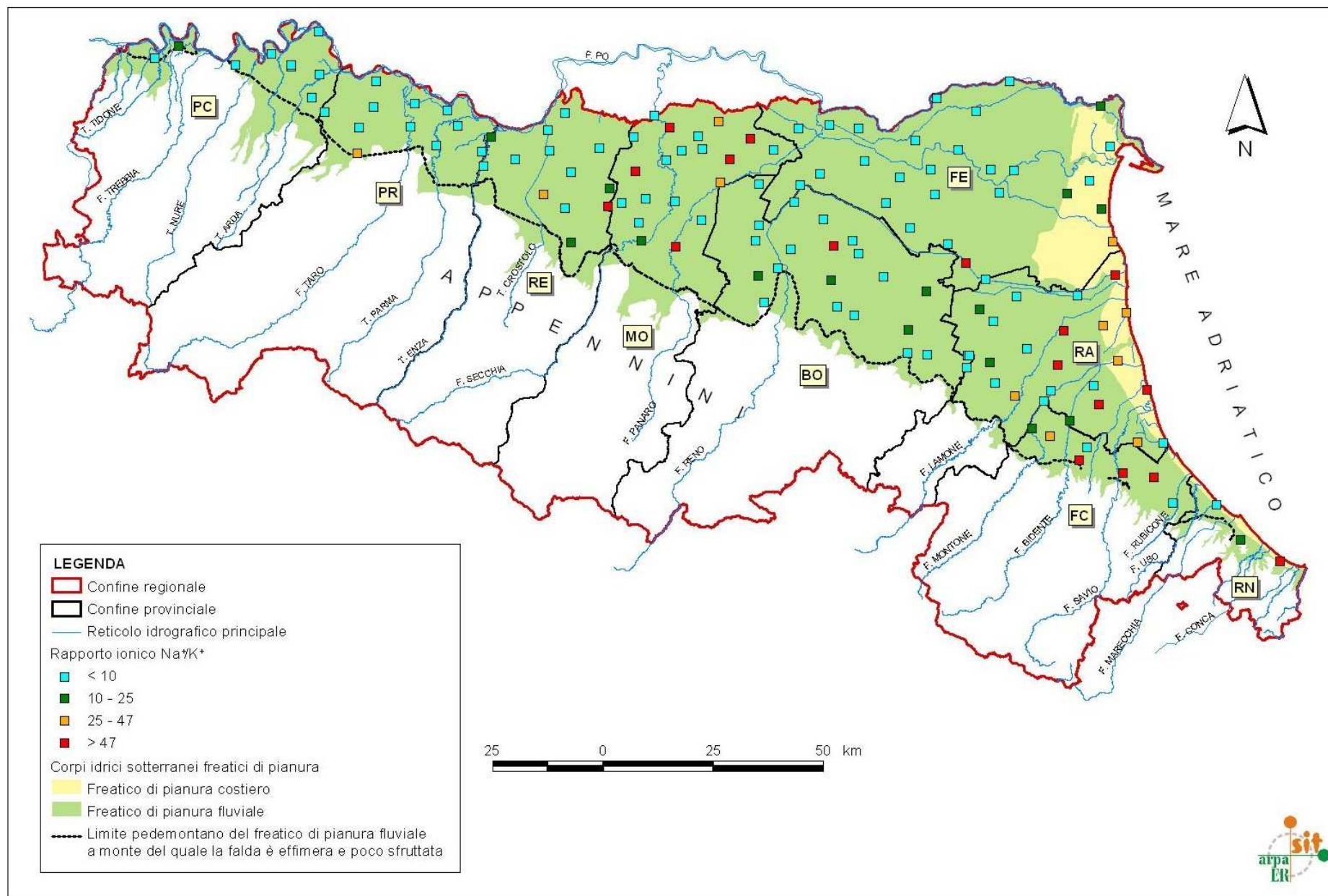


Figura 5.28: distribuzione spaziale dei rapporti Na^+/K^+



5.2.3.3.3 Rapporto $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$

Il rapporto $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ può essere utilizzato per distinguere soprattutto le acque continentali (valori compresi tra 0.2 e 2) dalle acque marine (valori compresi tra 0.02 e 0.05). In corrispondenza delle aree di ricarica, gli anioni bicarbonato sono dominanti e la loro concentrazione lungo la direzione del flusso normalmente aumenta fino al raggiungimento della condizione di solubilità del carbonato di calcio ([7], Cerbini G. & Gorla M. (2004), *Idrogeologia Applicata Principi, metodi e misure*. Edizioni Geo-Graph, Segrate.).

Figura 5.29: rapporto $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$.

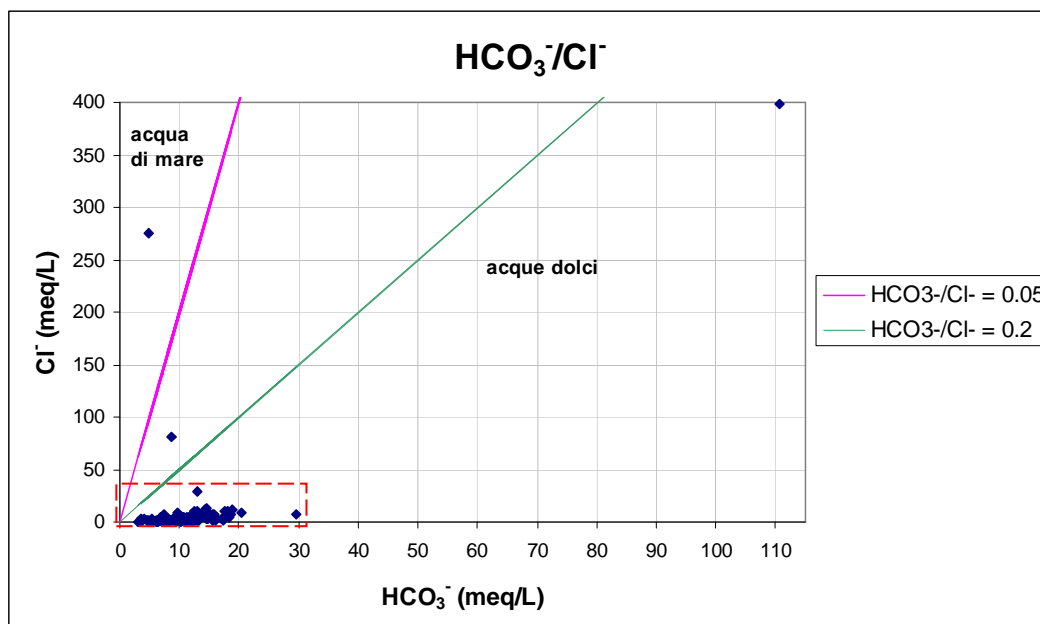


Figura 5.30: rapporto $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$: dettaglio di Figura 5.29.

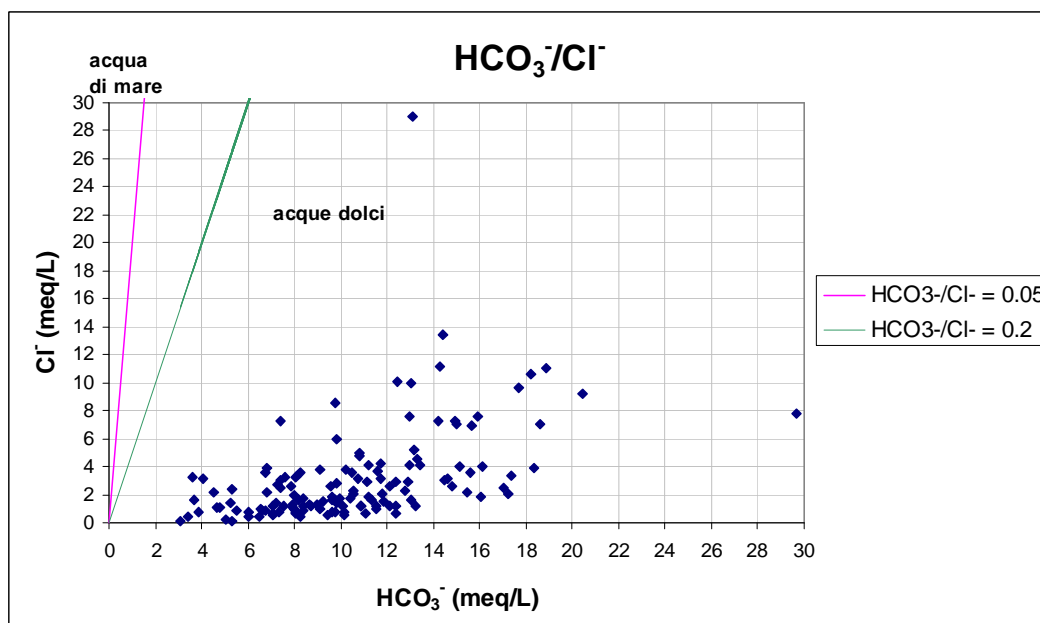
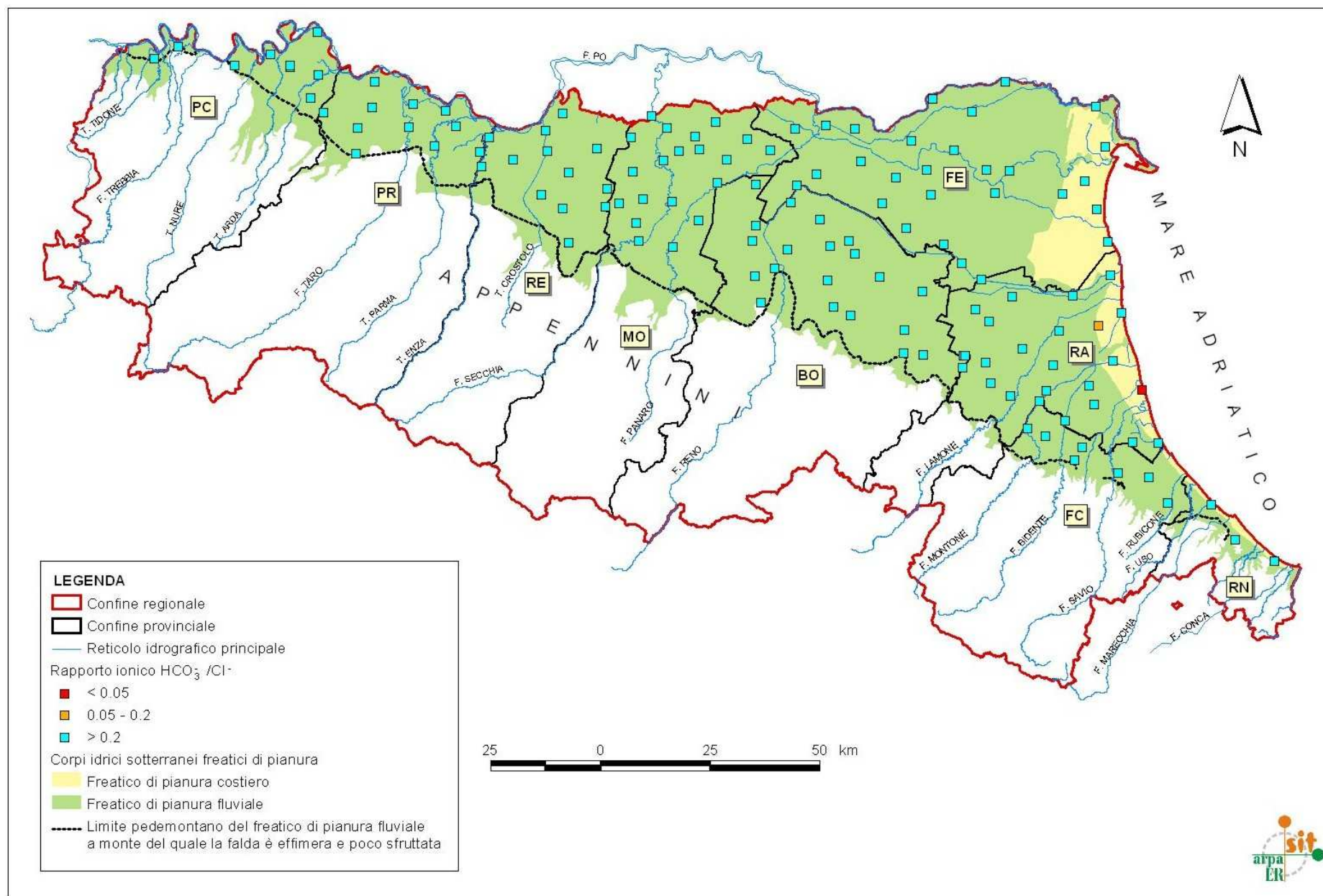


Figura 5.31: distribuzione spaziale dei rapporti $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$.



I 136 campioni analizzati mostrano una discreta correlazione degli ioni HCO_3^- e Cl^- (coefficiente di Pearson = 0.72, Tabella 5.4).

Tutti i campioni, ad eccezione di due ubicati nell'acquifero costiero ravennate (RA-F16-00 e RA-F06-00 con valori < 0.2 che potrebbero indicare la presenza di acqua marina – fenomeno di intrusione del cuneo salino) risultano avere rapporti $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^- > 0.2$, indicativi quindi di acque dolci (Figura 5.29, Figura 5.30 e Figura 5.31).

6. SCHEDE MONOGRAFICHE DEI POZZI

Nel precedente paragrafo 3.2 sono state definite le informazioni da raccogliere sui punti di misura oggetto dello screening analitico ed è stata impostata la relativa scheda monografica (Figura 3.5). Molti elementi sono stati oggetto di rilevazione sul campo sia nel primo sopralluogo necessario alla individuazione del punto di misura ed alla verifica della sua disponibilità ed idoneità in corrispondenza dei criteri tecnici precedentemente descritti (paragrafo 3.3), sia nella seconda e successiva uscita, effettuata per il campionamento, dove poi tutte le informazioni sono state ulteriormente verificate e perfezionate (paragrafo 4).

Una volta constatata l'idoneità del pozzo/piezometro ad essere misurato, questo è stato inserito nella rete di screening quali-quantitativo, e si è proceduto quindi al completamento della scheda monografica. Tutte le schede monografiche relative ai pozzi oggetto dello screening analitico sono riportate nell'Allegato 1 alla presente Relazione.

7. ATTIVITÀ DI SUPPORTO ALLA DEFINIZIONE DI UNA RETE PERMANENTE DI MONITORAGGIO DELLE FALDE FREATICHE DI PIANURA

Come già anticipato nella premessa (paragrafo 1) e nel paragrafo 2, il processo di adeguamento ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque, ha portato all'individuazione degli acquiferi freatici di pianura come corpi idrici ai sensi della Direttiva stessa. L'ulteriore necessità, derivante dalla Legge 27 febbraio 2009, n.13, di adottare i Piani di Gestione entro il 22/12/2009 ha provocato una ulteriore accelerazione del processo, peraltro già in corso, volto all'individuazione, ai sensi della nuova normativa, delle reti di monitoraggio per tutti i corpi idrici e così definire i programmi di monitoraggio che per le acque sotterranee si riferiscono al periodo 2010-2015. Lo screening quali-quantitativo, in corso nel 2009 nell'ambito del presente progetto, è stato quindi elemento fondante per la definizione della nuova rete di monitoraggio degli acquiferi freatici di pianura che, come già precedentemente ricordato in premessa non sono mai stati prima d'ora oggetto di monitoraggio.

Oltre ai criteri di scelta dei punti di misura, precedentemente descritti al paragrafo 3.1 e già propri e caratterizzanti la rete di screening del presente progetto ne sono stati definiti altri:

- rappresentatività dei due corpi idrici freatici individuati, fluviale e costiero;
- omogeneità nella distribuzione spaziale;
- prevalenza dei punti di misura su depositi grossolani;
- scelta di alcuni punti in vicinanza di corsi d'acqua con presenza di stazioni idrometriche.

Sono stati così individuati 52 pozzi/piezometri freatici che costituiscono l'attuale assetto della rete di monitoraggio degli acquiferi freatici. Complessivamente sono così distribuiti:

- fascia di territorio posta al margine tra conoidi e pianura alluvionale (23 pozzi);
- zona costiera – freatico costiero (6 pozzi/piezometri);
- zona di pianura (11 pozzi con misure collegabili a misure idrometriche, 12 pozzi in sedimenti grossolani in modo da ottenere una distribuzione complessiva omogenea).

Tabella 7.1: elenco dei pozzi della rete di monitoraggio dell'acquifero freatico

Codice Pozzo Rete	Codice Pozzo Progetto	XUTM (F32)	YUTM (F32)	XWGS84 (F32)	YWGS84 (F32)	Acquifero freatico	Distretto Idrografico
FPF-01-00	PC-F01-00	541113	4990545	541033	4990345	fluviale	Padano
FPF-02-00	PC-F05-00	571955	4988621	571875	4988421	fluviale	Padano
FPF-03-00	PC-F03-00	559352	4988853	559272	4988653	fluviale	Padano
FPF-04-00	PC-F09-00	578079	4996474	577998	4996274	fluviale	Padano
FPF-05-00	PR-F10-00	579816	4977277	579736	4977077	fluviale	Padano
FPF-06-00	PR-F07-00	599006	4974969	598925	4974769	fluviale	Padano
FPF-07-00	PR-F11-00	586844	4968884	586764	4968684	fluviale	Padano
FPF-08-00	PR-F01-00	591110	4985140	591030	4984940	fluviale	Padano
FPF-09-00	PR-F06-00	604800	4970710	604719	4970510	fluviale	Padano
FPF-10-00	RE-F11-00	617116	4972616	617035	4972416	fluviale	Padano
FPF-11-00	RE-F12-00	630031	4974161	629950	4973961	fluviale	Padano
FPF-12-00	RE-F05-00	628962	4959631	628880	4959431	fluviale	Padano
FPF-13-00	RE-F01-00	635214	4948737	635132	4948538	fluviale	Padano
FPF-14-00	RE-F03-00	643993	4960998	643911	4960798	fluviale	Padano
FPF-15-00	MO-F02-00	651069	4949084	650986	4948884	fluviale	Padano
FPF-16-00	MO-F20-00	654097	4977432	654015	4977232	fluviale	Padano
FPF-17-00	MO-F05-00	658793	4958030	658710	4957830	fluviale	Padano
FPF-18-00	MO-F01-00	658925	4947730	658842	4947530	fluviale	Padano
FPF-19-00	MO-F08-00	668971	4962225	668888	4962025	fluviale	Padano
FPF-20-00	MO-F14-00	660172	4969569	660090	4969369	fluviale	Padano
FPF-21-00	BO-F18-00	724638	4920452	724553	4920253	fluviale	App.Sett.
FPF-22-00	BO-F21-00	678888	4935105	678804	4934906	fluviale	App.Sett.
FPF-23-00	BO-F02-00	682048	4942852	681964	4942652	fluviale	App.Sett.
FPF-24-00	BO-F04-00	698895	4949050	698811	4948850	fluviale	App.Sett.
FPF-25-00	BO-F13-00	695368	4934207	695284	4934007	fluviale	App.Sett.
FPF-26-00	BO-F12-00	699363	4932255	699279	4932055	fluviale	App.Sett.
FPF-27-00	BO-F11-00	705941	4940926	705857	4940726	fluviale	App.Sett.
FPF-28-00	BO-F15-00	711315	4923628	711230	4923428	fluviale	App.Sett.
FPF-29-00	BO-F16-00	715726	4923208	715641	4923008	fluviale	App.Sett.
FPF-30-00	BO-F08-00	684985	4947266	684901	4947066	fluviale	App.Sett.
FPC-01-00	FE-F24-00	757197	4970416	757113	4970215	costiero	Padano
FPC-02-00	FE-F22-00	747454	4959858	747370	4959657	costiero	Padano
FPC-03-00	FE-F21-00	755215	4956258	755131	4956057	costiero	Padano
FPF-41-00	FE-F01-00	686687	4974599	686604	4974399	fluviale	Padano
FPF-42-00	FE-F04-00	687078	4961779	686995	4961579	fluviale	Padano
FPF-43-00	FE-F03-00	700272	4974544	700189	4974343	fluviale	Padano
FPF-44-00	FE-F09-00	717569	4959598	717486	4959397	fluviale	Padano
FPF-45-00	FE-F13-00	726746	4978346	726663	4978145	fluviale	Padano
FPF-46-00	FE-F26-00	735439	4965026	735355	4964825	fluviale	Padano
FPC-04-00	RA-F06-00	755659	4929842	755574	4929642	costiero	App.Sett.
FPC-05-00	RA-F16-00	765433	4915409	765347	4915209	costiero	App.Sett.
FPF-31-00	RA-F14-00	745276	4920955	745190	4920755	fluviale	App.Sett.
FPF-32-00	RA-F13-00	738210	4924654	738125	4924454	fluviale	App.Sett.
FPF-33-00	RA-F23-00	758746	4902686	758661	4902487	fluviale	App.Sett.
FPF-34-00	RA-F22-00	748057	4908286	747972	4908087	fluviale	App.Sett.
FPF-35-00	RA-F01-00	729043	4940377	728959	4940177	fluviale	App.Sett.

Codice Pozzo Rete	Codice Pozzo Progetto	XUTM (F32)	YUTM (F32)	XWGS84 (F32)	YWGS84 (F32)	Acquifero freatico	Distretto Idrografico
FPF-36-00	FC-F04-00	750115	4899423	750030	4899224	fluviale	App.Sett.
FPF-37-00	FC-F06-00	760018	4896456	759933	4896257	fluviale	App.Sett.
FPF-38-00	FC-F07-00	771297	4889663	771212	4889464	fluviale	App.Sett.
FPC-06-00	RN-F01-00	781252	4889404	781166	4889205	costiero	App.Sett.
FPF-39-00	RN-F03-00	795623	4876602	795537	4876403	fluviale	App.Sett.
FPF-40-00	RN-F02-00	786547	4881381	786461	4881182	fluviale	App.Sett.

L'elenco dei punti con le relative codifiche (codici di rete di progetto) è riportato nella Tabella 7.1 dove è anche indicato il distretto idrografico di appartenenza. Le schede monografiche relative ai 52 pozzi della rete regionale di monitoraggio dell'acquifero freatico di pianura, così come definita in [3](Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 2 “Tipizzazione/caratterizzazione e individuazione dei corpi idrici superficiali e sotterranei, prima individuazione delle reti di monitoraggio”. sono riportate nell’Allegato 2 alla presente Relazione.

I programmi di monitoraggio, articolati per distretto idrografico ([4], Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 3 “Programma di monitoraggio del Distretto Idrografico Padano”. e [5], Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 4 “Programma di monitoraggio del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale”), contengono le modalità con le quali verrà affrontato il monitoraggio per questo nuovo corpo idrico e per le quali si rimanda ai documenti citati.

8. CONCLUSIONI

Le attività condotte nell'ambito del presente progetto, riguardante la ricostruzione del quadro conoscitivo relativo ai principali acquiferi freatici di pianura, da un lato hanno evidenziato alcune problematiche, principalmente collegate all'avvio di un monitoraggio su di un “nuovo” corpo idrico fino a questo momento non considerato nel livello regionale di insieme qui trattato (1), dall'altro lato hanno permesso di ottenere le prime indicazioni derivanti dai risultati dello screening quali-quantitativo condotto a tale scala (2).

Per quel che riguarda le problematiche di cui al punto (1) occorre ricordare:

- la necessità di intervento diretto sul territorio per l'individuazione sul campo dei punti di misura da inserire all'interno della rete di screening di progetto e successivamente all'interno della rete di monitoraggio permanente;
- le problematiche connesse alla scelta dei punti di misura in una ottica di continuità (rete di monitoraggio permanente) e di rappresentatività degli stessi in funzione dei nuovi corpi idrici individuati (freatico di pianura, freatico costiero);
- le problematiche relative al campionamento (in funzione delle caratteristiche del manufatto individuato, pozzo o piezometro, della possibile assenza di acqua nei periodi estivi o siccitosi, ecc) e di tipo analitico (ad esempio ossigeno disciolto).

Per quel che riguarda invece le indicazioni di cui al punto (2) occorre ricordare che lo screening quali-quantitativo condotto ha permesso di ottenere un primo quadro sinottico regionale relativamente ai soli parametri di base oggetto di indagine ed elencati al precedente paragrafo 4. L'analisi condotta sulle risultanze analitiche ha cercato di individuare:

- le eventuali relazioni tra la presenza di determinati parametri ed il contesto naturale od antropico cui questi potrebbero essere riferiti (paragrafo 5.2.2);

- b) le distribuzioni spaziali dei valori dei diversi parametri sul territorio, anche in relazione tra loro, e significative delle possibili problematiche o fenomeni in atto (paragrafo 5.2.2);
- c) una caratterizzazione complessiva delle acque campionate attraverso l'analisi delle facies idrochimiche (diagramma di Piper, paragrafo 5.2.3.1);
- d) le possibili correlazioni tra le distribuzioni dei diversi parametri (matrice di Pearson, paragrafo 5.2.3.2);
- e) una possibile applicazione interpretativa di carattere idrogeochimico (paragrafo 5.2.3.3) attraverso l'analisi di alcuni rapporti ionici significativi relativamente alla:
 - presenza di acque miscelate con acque salmastre/salate (intrusione del cuneo salino);
 - presenza di fenomeni di scambio ionico in atto tra acqua e matrice;
 - presenza di acque con caratteristiche simili alle acque di precipitazione meteorica o a quelle tipiche delle zone di ricarica.

A tali indicazioni si aggiunge la prima caratterizzazione di tipo quantitativo condotta attraverso l'analisi delle soggiacenze e delle escursioni stagionali (paragrafo 5.1).

Come ricordato al precedente paragrafo 7, i contenuti del presente progetto sono stati elemento fondante della costituzione della parte di Rete Regionale di Monitoraggio delle acque sotterranee relativa ai corpi idrici freatici di pianura. Su questi punti di misura (52 pozzi) è stato definito il monitoraggio da eseguirsi nel 2010 che prevede, per il nuovo corpo idrico, un monitoraggio di *sorveglianza ed iniziale* con frequenza trimestrale. I parametri analitici saranno quelli dei profili B (di base), I (iniziale), O (addizionale organoalogenati) ed F (addizionale fitofarmaci) riportati in [4] e [5].

I dati analitici e quantitativi che ne deriveranno consentiranno di effettuare nel corso del 2010 un ulteriore **approfondimento del quadro conoscitivo** ad oggi disponibile per gli acquiferi freatici di pianura (attività già avviata da ARPA Direzione Tecnica). Particolare interesse, anche per il carattere di complementarietà che avranno nei confronti del presente progetto, saranno i dati qualitativi relativi ai parametri addizionali (organoalogenati, fitofarmaci ed altri) che non sono stati considerati all'interno dello screening di base del presente progetto. Tali dati, relativi ai parametri addizionali, potranno inoltre essere integrati anche con le risultanze del progetto [1], Arpa Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna (2009), *Esecuzione di misure piezometriche e campionamenti per determinazioni analitiche in corpi idrici che necessitano di informazioni e/o approfondimenti relativamente agli acquiferi freatici di pianura, considerando due aree campione*.

Occorre infine ricordare l'attività in corso da parte del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, relativa all'approfondimento della specifica problematica dell'intrusione del cuneo salino all'interno dell'acquifero freatico costiero. Proseguono infatti le misure dei profili di conducibilità elettrica e l'acquisizione dati dalle sonde in continuo sui piezometri appositamente perforati nel corso del 2009 in questa porzione del sistema freatico di pianura.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Arpa Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna (2009), *Esecuzione di misure piezometriche e campionamenti per determinazioni analitiche in corpi idrici che*

necessitano di informazioni e/o approfondimenti relativamente agli acquiferi freatici di pianura, considerando due aree campione.

- [2] Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 1 “*Analisi delle pressioni e degli impatti*”.
- [3] Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 2 “*Tipizzazione/caratterizzazione e individuazione dei corpi idrici superficiali e sotterranei, prima individuazione delle reti di monitoraggio*”.
- [4] Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 3 “*Programma di monitoraggio del Distretto Idrografico Padano*”.
- [5] Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 4 “*Programma di monitoraggio del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale*”.
- [6] Celico P. (1986), *Prospezioni Idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.
- [7] Cerbini G. & Gorla M. (2004), *Idrogeologia Applicata Principi, metodi e misure*. Edizioni Geo-Graph, Segrate.
- [8] Chiesa G. (1994), *Inquinamento delle acque sotterranee*. Hoepli, Milano.
- [9] Coviello M. T. (2009), *Sorgenti di salinizzazione e analisi dei processi - Applicazione di indagini chimiche ed isotopiche al sistema acquifero della Piana Pontina*. Corso di Gestione e Controllo dei Sistemi Idrogeologici 20 Aprile 2009. Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade Università degli Studi di Roma La Sapienza.
- [10] Cucchi F., Franceschini G., Zini L. (2007), *Hydrogeochemical investigations and groundwater provinces of the Friuli Venezia Giulia Plain aquifers, northeastern Italy*. In *Environmental Geology*, Vol. 55, n. 5, September 2008. Springer, Berlin.
- [11] Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006 “*Norme in materia ambientale*”. G.U. n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96.
- [12] Decreto Legislativo n. 30 del 16 marzo 2009 “*Attuazione della Direttiva 2006/118/CE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall’inquinamento e dal deterioramento*”. G.U. n. 79 del 4 aprile 2009.
- [13] Decreto Legislativo n. 31 del 2 febbraio 2001 “*Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano*”. G.U. n. 52 del 3 marzo 2001 - Supplemento Ordinario n. 41.
- [14] Decreto Legislativo n. 105 del 25 gennaio 1992 “*Attuazione della Direttiva 80/777/CEE relativa all'utilizzazione e alla commercializzazione delle acque minerali naturali*” e successive modifiche ed integrazioni.
- [15] Freeze R.A., Cherry J.A. (1979), *Groundwater*, Prentice.Hall
- [16] <http://www.requisite.it/index.asp>. WICOS, Bollettino n. 1 di marzo 2009.
- [17] <http://gias.regione.emilia-romagna.it/gias/falda/falda.asp>, Rete Regionale di Monitoraggio della Falda Ipodermica.
- [18] Piccinini L., Vincenzi V., Gargini A (2008), *Modellazione di flusso a densità variabile di un acquifero freatico salinizzato*. *Giornale di Geologia Applicata* 2008, 9 (2).
- [19] Regione Emilia-Romagna Ufficio Geologico (1999), *Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna alla scala 1: 250.000*. S.EL.CA., Firenze.

- [20] Regione Emilia-Romagna Ufficio Pedologico (1994), *Carta dei Suoli della Regione Emilia-Romagna alla scala 1: 500.000*. S.EL.CA., Firenze.
- [21] Wagner R.J., Boulger R.W., Oblinger Jr.C.J., Smith B.A. (2006), *Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Station Operation, Record Computation, and Data Reporting*. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 1-D3.