

3. CARATTERISTICHE IDROCHIMICHE DELLA FALDA SUPERFICIALE DELLA PIANURA VERCELLESE

3.1 - INTRODUZIONE

Al fine di definire i caratteri chimici della falda superficiale della Pianura Vercellese, nel 2001 sono state eseguite due campagne di prelievo di campioni d'acqua dai pozzi che captano nell'acquifero superficiale. A questi sono stati aggiunti i campioni prelevati dai fiumi e torrenti che scorrono nell'area in esame.

Sulla base dei valori dei parametri chimici analizzati, sono state realizzate numerose cartografie, riferite alla campagna di luglio 2001, inerenti la distribuzione dei diversi parametri chimici analizzati nelle due diverse campagne di prelievo e analisi.

Le carte presentano i dati sia sottoforma di isolinee che di valori puntuali, al fine di consentire una migliore lettura del singolo dato.

I dati dei campioni prelevati dai corsi d'acqua sono stati inseriti come elementi puntuali, ma non sono stati utilizzati per l'interpolazione dei dati.

3.2 - IL CHIMISMO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NELLA PIANURA VERCELLESE

Allo scopo di definire i caratteri chimici della falda superficiale della pianura vercellese, sono state eseguite due campagne di prelievo e analisi di campioni d'acqua da pozzi che captano l'acquifero superficiale.

Nel corso delle campagne di campionamento sono stati prelevati e analizzati i seguenti campioni di acqua:

- **prima campagna di campionamento** (giugno-luglio 2001)
n. 93 campioni (69 prelevati da pozzi + 24 dai principali corsi d'acqua)
- **seconda campagna di campionamento** (settembre-ottobre 2001)
n. 83 campioni (59 prelevati da pozzi + 24 dai principali corsi d'acqua).

I campionamenti delle acque superficiali sono stati condotti nei principali fiumi e torrenti che scorrono nell'area in esame (Dora Baltea, Sesia, Elvo, Cervo, Rovasenda, Marchiazza, Canale Marcova).

I punti di campionamento della falda superficiale sono indicati in Figura 1.

Le analisi chimiche dei principali parametri chimico-fisici analizzati (pH, conducibilità elettrolitica, Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{--} , NO_3^-) sono state eseguite presso il Laboratorio del Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino.

Sulla base dei risultati delle analisi chimiche, sono state costruite alcune cartografie che rappresentano la distribuzione dei parametri; al fine di consentire una migliore lettura del singolo parametro, i dati vengono presentati sia mediante isolinee sia come valori puntuali. Le analisi chimiche dei campioni prelevati nei corsi d'acqua sono state inserite come elementi puntuali, ma non sono state utilizzate per l'interpolazione statistica.

Nelle tabelle seguenti (Tabella 1a - 1b, Tabella 2, Tabella 3a - 3b, Tabella 4) vengono riportati i risultati delle analisi chimiche svolte sui campioni prelevati dai pozzi e lungo i fiumi durante le due campagne piezometriche.

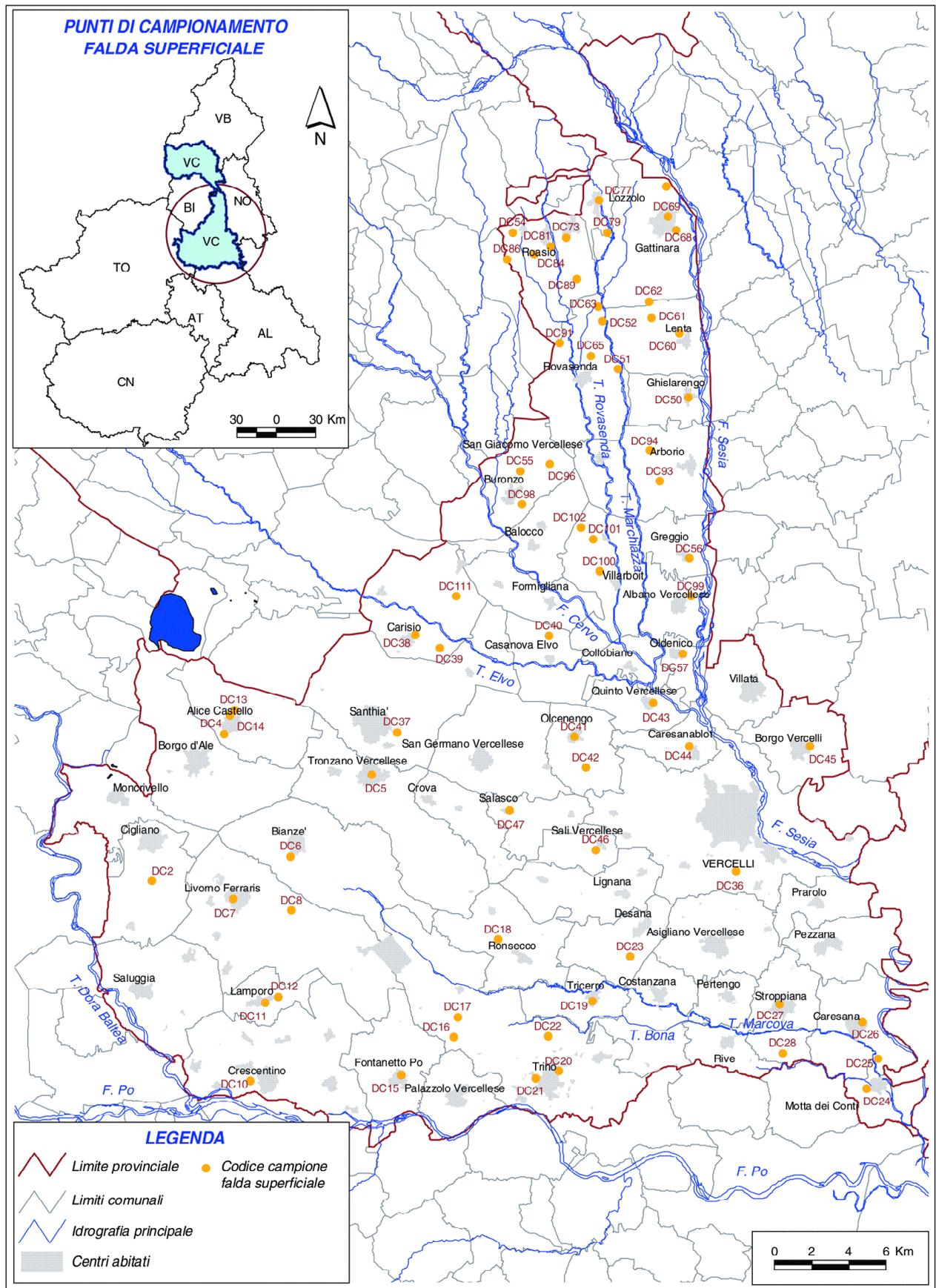


Figura 1 – Carta della ubicazione dei punti di campionamento della falda superficiale.

CAMPIONE	pH	C, F, µs/cm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺ ppm	Mg ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Durezza °	S.A.R.
DC2	6.1	377	4.85	2.37	34.35	22.90	11.84	119.6	33.93	54.07	18	0.157232
DC4	6.2	328	4.26	1.42	33.92	18.26	6.36	123.3	31.44	39.25	16	0.146559
DC5	6.6	442	3.90	1.37	76.77	13.90	4.98	244.1	14.76	19.53	25	0.107523
DC6	5.9	409	6.73	1.22	53.99	19.36	23.97	118.4	34.56	58.55	21	0.199878
DC7	6.2	409	9.59	1.54	52.76	19.90	16.59	152.6	38.80	39.86	21	0.285384
DC8	6.3	377	3.62	1.25	40.42	22.38	10.10	145.2	37.72	33.49	19	0.113331
DC10	6.5	381	4.22	2.39	55.43	22.63	9.35	145.2	37.31	32.07	19	0.133028
DC11	6.2	447	7.22	2.10	59.16	22.65	20.58	172.1	48.07	25.21	24	0.202319
DC12	6.1	430	6.42	2.00	58.72	16.36	24.62	118.4	42.60	52.84	21	0.190909
DC13	6.9	410	6.83	3.93	59.17	14.78	8.66	161.1	36.32	41.76	21	0.205703
DC14	6.2	303	7.75	2.50	29.73	13.44	10.16	86.6	27.01	52.65	13	0.296169
DC15	7.2	503	9.15	2.33	81.26	19.59	13.28	275.8	38.58	2.07	28	0.23636
DC16	6.7	517	22.62	2.17	41.21	34.27	30.42	201.4	41.14	33.47	24	0.629953
DC17	6.6	514	22.90	1.71	40.34	34.62	30.46	212.3	41.00	31.96	24	0.63871
DC18	6.6	458	8.68	1.21	38.37	37.91	15.91	189.2	59.73	15.44	25	0.237917
DC19	6.7	522	25.77	0.83	38.94	35.10	19.26	217.2	54.02	31.84	24	0.721016
DC20	7.2	409	14.63	10.50	63.56	0.00	7.08	205.0	28.93	11.79	16	0.505113
DC21	7.3	630	11.18	1.61	110.02	19.18	17.32	306.3	54.26	29.92	35	0.258584
DC22	6.6	430	13.71	2.46	52.46	21.61	14.80	202.6	44.36	10.85	22	0.402115
DC23	6.6	462	9.39	1.08	57.36	24.90	18.26	200.1	58.01	0.09	25	0.260563
DC24	7.2	510	7.66	2.07	85.89	14.81	14.78	253.8	41.09	7.63	27	0.200762
DC25	7.1	648	7.81	1.46	115.04	20.31	13.35	366.1	37.70	6.57	37	0.176403
DC26	7.2	618	12.40	12.33	93.29	18.56	16.74	281.9	45.17	34.38	31	0.306663
DC27	6.6	428	8.01	1.08	46.24	26.99	17.52	166.0	56.26	20.75	23	0.231482
DC28	6.8	511	9.42	3.90	79.57	17.95	17.28	244.1	46.58	12.83	27	0.248182
DC36	7.2	761	9.92	1.64	132.16	27.11	18.74	410.1	67.01	8.88	44	0.205334
DC37	7.3	477	8.23	3.29	76.99	13.87	11.38	217.2	36.83	40.20	25	0.226708
DC38	6.3	303	6.25	2.00	39.26	10.19	13.64	103.7	39.27	8.51	14	0.229782
DC39	6.4	306	4.77	2.19	38.46	12.54	10.29	114.7	42.34	3.59	15	0.170751
DC40	6.6	574	24.70	1.46	58.02	33.52	39.21	244.1	44.64	17.92	28	0.638839
DC41	7.1	668	7.38	1.53	118.05	22.73	19.92	356.4	58.28	0.75	39	0.162897
DC42	7.1	532	8.67	1.47	85.87	19.89	18.35	268.5	50.74	0.78	30	0.21909
DC43	6.8	453	9.21	4.11	59.60	23.05	13.88	227.0	42.77	4.34	24	0.256625
DC44	7.3	453	9.72	1.87	98.99	18.54	17.83	214.8	53.54	8.73	32	0.235068
DC45	6.6	379	8.49	2.10	46.83	14.63	16.21	134.2	44.11	17.69	18	0.277457
DC46	7.3	300	4.75	1.52	42.65	11.84	1.25	173.3	12.34	3.71	15	0.165831
DC47	6.6	379	7.00	2.27	50.33	14.58	13.61	164.8	40.15	2.59	19	0.223444
DC50	6.4	203	5.96	4.77	21.14	7.13	9.71	62.2	16.11	25.32	8	0.286054

Tabella 1a – Risultati delle analisi chimiche delle acque sotterranee prelevate da pozzi (campagna di campionamento giugno-luglio 2001).

CAMPIONE	pH	C. E. µS/cm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Durezza °F	S.A.R.
DC51	6.6	397	17.45	0.60	33.32	22.27	8.96	166.0	27.83	35.08	17	0.574005
DC52	6.6	308	9.02	0.86	24.47	16.96	35.58	81.8	13.07	27.37	13	0.342919
DC54	7.1	686	19.71	116.60	22.74	20.15	20.25	223.3	41.40	89.16	14	0.725323
DC55	6.7	463	28.79	1.66	43.95	22.13	23.47	224.6	24.43	14.84	20	0.883677
DC56	6.4	325	12.69	4.99	30.19	10.16	32.03	56.1	22.36	39.67	12	0.509864
DC57	6.5	290	10.30	3.01	31.81	9.94	17.97	103.7	25.97	4.33	12	0.408403
DC60	6.4	155	5.27	0.67	15.84	3.31	4.68	30.5	11.65	23.26	5	0.314346
DC61	6.7	269	10.94	0.53	21.97	14.46	10.54	114.7	4.96	23.23	11	0.444957
DC62	6.6	208	10.56	0.60	15.53	12.29	5.33	115.9	2.30	4.41	9	0.485908
DC63	6.1	239	8.56	0.78	18.44	11.99	20.98	79.3	11.77	6.48	10	0.381223
DC65	6.4	245	8.98	0.35	18.94	13.17	13.35	86.6	15.52	18.60	10	0.387714
DC68	6.1	150	7.40	1.59	14.68	3.84	5.30	36.6	16.86	17.80	5	0.444397
DC69	6.6	382	23.56	7.37	28.82	12.16	26.76	89.1	37.39	34.31	12	0.927758
DC70	5.9	217	8.60	1.30	16.36	8.99	10.02	15.9	32.76	39.32	8	0.423961
DC73	5.9	368	18.76	2.18	29.79	13.70	25.71	86.6	13.99	55.75	13	0.713569
DC77	5.5	90	4.04	2.03	7.53	2.89	2.48	15.9	11.97	14.33	3	0.31717
DC79	6.3	255	9.18	4.21	20.37	13.34	4.88	97.6	25.23	12.94	11	0.388265
DC81	6.5	441	11.25	1.51	53.81	22.37	16.91	220.9	23.17	14.52	23	0.325193
DC84	5.7	85	3.51	2.22	7.77	2.20	3.31	25.6	1.94	11.01	3	0.286203
DC86	6.5	640	15.84	62.23	38.15	25.79	14.32	178.2	49.35	96.03	20	0.485492
DC89	6.2	135	10.92	0.53	8.23	6.04	3.28	58.6	9.44	5.61	5	0.704876
DC91	6.4	300	7.68	0.94	33.16	13.68	10.15	151.3	11.25	6.49	14	0.283237
DC93	6.7	612	37.27	2.96	95.54	30.63	22.11	313.6	26.35	13.50	36	0.848967
DC94	6.7	368	14.76	1.71	33.75	17.88	20.02	168.4	17.02	0.60	16	0.510983
DC96	6.6	307	14.19	0.51	31.37	15.50	9.83	166.0	9.05	5.62	14	0.517735
DC98	6.3	269	9.65	0.72	28.45	10.51	16.44	94.0	22.29	5.27	11	0.392617
DC99	7.2	242	11.17	0.41	27.33	9.28	2.49	140.3	0.33	2.49	11	0.470938
DC100	7.2	257	12.58	0.72	28.71	10.40	2.69	158.7	0.55	1.02	11	0.511387
DC101	6.6	435	23.60	0.61	46.01	29.19	12.01	277.0	14.43	4.54	23	0.669602
DC102	6.7	455	25.61	0.72	37.96	27.46	17.29	244.1	11.30	15.60	21	0.772761
DC111	7.8	137	8.07	0.84	8.68	8.67	1.28	86.6	0.18	0.05	6	0.463494

Tabella 1b – Risultati delle analisi chimiche delle acque sotterranee prelevate da pozzi (campagna di campionamento giugno-luglio 2001).

CAMPIONE	pH	C. F. $\mu\text{S/cm}$	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm
CERV1	6.6	281	12.10	2.81	32.00	7.70	13.86	105.0	27.16	3.04
CERV2	6.0	384	18.77	2.86	42.13	8.77	5.00	89.1	41.93	0.00
CERV3	7.2	274	25.01	4.77	19.92	5.77	21.47	85.4	24.11	2.03
ELV1	7.0	275	6.64	2.07	35.00	9.21	7.61	108.6	28.89	3.03
ELV2	7.0	254	5.96	1.97	33.83	7.00	6.25	95.2	28.26	3.49
ELV3	6.6	219	5.35	1.99	29.34	5.50	5.56	83.0	24.23	3.23
ELV4	7.1	207	6.23	1.80	26.46	5.45	5.81	74.4	23.56	3.42
MARC1	7.4	419	8.31	2.18	67.02	15.08	12.13	216.0	31.27	2.66
MARC2	7.2	399	7.03	1.94	55.72	13.54	11.79	183.1	31.80	3.29
MARC3	6.5	391	7.77	2.30	53.64	13.29	35.33	152.6	30.89	0.00
MARC4	7.0	375	8.50	2.26	49.84	13.08	13.51	167.2	32.15	1.33
MARC5	6.0	391	11.16	3.18	56.56	15.33	0.40	108.6	2.52	0.00
MARC6	6.3	357	7.32	1.80	45.49	13.12	39.85	117.2	28.14	0.00
MARC7	6.8	338	6.25	1.93	43.61	13.16	9.81	153.8	29.18	3.75
MARC8	6.8	317	5.74	2.12	42.81	10.97	8.94	136.7	25.72	5.53
MARCH1	6.6	151	5.96	3.55	15.77	3.74	11.77	48.8	8.60	2.51
ROVA1	8.2	355	5.34	2.14	42.97	18.96	5.05	201.4	12.32	3.93
ROVA2	7.0	110	5.20	2.16	11.56	3.17	5.61	43.9	7.77	1.76
ROVA3	6.7	206	10.66	4.20	18.17	6.61	14.39	79.3	9.86	0.80
ROVA4	6.5	164	6.79	3.44	16.47	5.34	10.90	68.3	6.67	0.00
ROVA5	6.6	179	6.53	3.73	18.32	5.97	9.71	74.4	7.66	1.20
SESIA1	6.4	153	5.46	1.23	16.83	4.59	5.68	46.4	13.03	12.30
SESIA2	7.0	294	11.03	2.71	34.12	8.14	13.11	106.2	27.81	6.55
SESIA3	7.3	366	8.42	2.19	49.15	11.11	11.83	161.1	32.21	3.28

Tabella 2 – Risultati delle analisi chimiche delle acque dei corsi d'acqua (campagna di campionamento giugno-luglio 2001).

CAMPIONE	pH	C. E. µS/cm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Durezza °F	S.A.R.
DC2	5.8	349	5.63	4.10	27.25	25.29	10.20	122.04	24.19	44.09	17	0.18673118
DC4	6.2	303	6.41	3.41	20.84	22.37	7.46	98.85	30.58	37.65	14	0.23210507
DC5	6.7	413	4.78	2.88	64.13	17.51	8.94	190.38	28.32	37.47	23	0.13638171
DC7	6.6	399	7.24	2.72	44.89	22.37	14.86	157.43	35.39	32.46	20	0.22030059
DC8	6.4	363	3.99	2.39	35.27	25.29	8.97	150.11	35.82	28.28	19	0.12525677
DC11	6.3	413	6.40	2.85	48.10	21.40	14.65	170.86	42.70	18.22	21	0.19286383
DC12	6.1	393	6.90	3.20	49.70	16.54	18.97	114.72	36.24	51.35	19	0.21648439
DC13	7.1	424	7.50	3.67	62.52	17.51	8.69	212.35	35.10	23.25	23	0.21603699
DC14	6.3	297	6.97	3.40	30.46	15.56	9.00	75.66	29.75	51.73	14	0.25622872
DC15	7.0	485	9.43	3.80	70.54	46.21	12.38	364.90	39.79	2.75	37	0.21432407
DC16	6.8	245	12.79	5.00	24.05	7.78	6.17	129.36	11.82	5.33	9	0.57975166
DC17	6.5	624	30.99	2.47	41.68	46.69	33.92	272.15	48.80	31.26	30	0.78306684
DC18	6.4	435	7.64	1.77	20.84	44.75	14.92	176.96	57.10	15.82	24	0.21623812
DC19	6.5	507	27.58	2.06	14.43	48.64	16.55	225.77	51.66	27.93	24	0.78050516
DC20	7.0	283	11.45	2.07	33.67	14.59	5.10	168.42	16.45	2.24	14	0.41501449
DC21	6.8	651	12.36	3.01	107.41	22.37	18.86	313.64	49.03	33.54	36	0.28326446
DC23	6.5	413	11.38	2.82	43.29	27.24	16.43	189.16	52.49	2.93	22	0.33352667
DC24	6.6	508	9.64	4.23	84.97	19.46	15.60	299.00	34.10	0.00	29	0.24520884
DC25	6.9	536	9.47	3.01	92.99	18.48	11.19	303.88	37.66	4.66	31	0.23468694
DC27	6.4	379	8.96	1.98	36.87	27.24	16.30	147.67	45.52	22.07	20	0.27260409
DC28	6.7	567	14.54	4.24	83.37	22.37	15.79	256.28	48.63	44.43	30	0.36486529
DC30	6.5	604	12.42	17.95	67.33	40.37	18.55	274.59	68.42	38.08	33	0.29538445
DC36	6.9	457	9.36	2.46	112.22	31.13	15.93	375.88	68.52	4.87	41	0.20141754
DC37	6.9	455	8.31	4.25	68.94	16.54	8.96	212.35	30.44	31.11	24	0.23330515
DC38	5.9	290	6.93	3.42	33.67	13.62	11.39	114.72	39.15	7.35	14	0.25452739
DC39	5.9	295	5.43	3.52	41.68	11.67	7.70	130.58	40.58	1.69	15	0.19155176
DC40	6.2	542	22.12	2.15	51.30	32.10	32.00	225.77	44.09	17.22	26	0.59644799
DC41	6.7	628	7.07	2.67	112.22	19.46	18.55	347.81	57.39	0.96	36	0.16210339
DC42	6.5	511	7.90	2.31	81.76	18.48	17.39	258.72	49.86	0.09	28	0.20537665
DC43	7.5	165	7.55	1.50	19.24	6.81	0.92	108.62	1.40	0.07	8	0.37675051
DC44	7.0	529	9.31	2.63	94.59	17.51	15.80	275.81	51.87	6.79	31	0.23069337
DC45	6.2	352	9.25	3.39	41.68	14.59	13.81	147.67	41.10	10.18	18	0.30305823
CD46	6.7	288	5.22	2.65	40.08	14.59	0.94	186.72	12.07	2.67	16	0.17933552
DC47	6.2	368	7.73	3.19	49.70	17.51	13.10	172.08	43.57	0.99	20	0.24014596
DC49	6.5	360	6.46	3.32	49.70	18.48	10.20	169.64	37.30	11.15	20	0.19849102

CAMPIONE	pH	σ _v F _v /cm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺ ppm	Mg ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Durezza °F	S.A.R.
DC51	6.3	368	18.16	1.42	28.86	23.35	9.24	174.52	23.77	19.16	17	0.60900178
DC52	5.9	317	9.13	1.53	22.44	24.32	36.67	102.51	10.86	24.42	16	0.31793793
DC54	6.3	489	16.63	36.50	17.64	15.56	11.37	109.84	34.49	78.92	11	0.69567779
DC55	6.1	441	26.78	1.92	36.87	24.32	22.61	208.69	23.69	12.71	19	0.84042431
DC56	5.8	312	17.45	6.46	27.25	10.70	26.20	91.53	7.88	33.71	11	0.7169945
DC57	6.0	269	11.15	4.31	35.27	8.76	18.84	112.28	23.62	0.00	12	0.43527735
DC60	6.2	156	5.07	1.77	17.64	6.81	3.63	64.68	11.27	15.57	7	0.25954918
DC61	6.1	342	12.22	1.48	25.65	22.37	16.98	136.68	3.15	36.00	16	0.42553361
DC62	6.2	194	10.44	1.08	12.83	15.56	4.82	124.48	1.52	3.73	10	0.46341506
DC63	5.8	239	9.09	1.62	19.24	12.65	22.57	80.55	9.83	5.15	10	0.39540435
DC65	5.9	185	7.17	0.73	14.43	11.67	7.68	81.77	14.19	6.46	8	0.33990283
DC70	5.7	320	23.78	3.76	20.84	10.70	31.96	58.58	22.26	32.45	10	1.05502008
DC73	5.6	311	17.92	4.15	22.44	14.59	23.16	101.29	7.93	34.47	12	0.723336812
DC77	5.2	94	4.98	3.65	4.81	4.77	2.53	21.97	9.75	15.16	3	0.38508981
DC81	6.3	428	10.24	3.54	49.70	22.37	17.86	209.91	20.31	7.93	22	0.3030149
DC84	5.6	63	3.49	3.24	4.17	3.21	3.30	29.29	1.06	2.96	2	0.31213526
DC86	6.2	605	13.03	34.91	35.27	25.29	14.25	176.96	39.82	91.69	19	0.40878909
DC89	6.0	128	10.52	1.07	8.02	7.78	3.03	72.00	9.33	4.76	5	0.63454085
DC93	6.5	556	31.16	3.74	48.10	32.10	18.55	305.10	23.58	8.76	25	0.8535013
DC96	6.4	284	12.96	1.54	27.25	16.54	8.64	163.53	8.43	5.04	14	0.48315625
DC100	7.4	244	12.22	1.61	27.25	11.67	2.51	165.97	0.39	0.86	12	0.4934571
DC111	6.6	236	9.41	1.81	14.43	19.46	3.41	145.23	3.30	3.43	12	0.38000129
DC112	6.3	340	4.26	1.92	30.46	27.24	7.92	158.65	39.56	6.10	19	0.13494731

Tabella 3b – Risultati delle analisi chimiche delle acque sotterranee prelevate da pozzi (campagna di campionamento settembre-ottobre 2001).

CAMPIONE	pH	C. E. µS/cm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm
MARC1	6.4	379	8.45	3.57	43.29	20.43	11.01	172.08	37.90	12.68
MARC2	6.9	374	8.43	3.52	43.29	20.43	10.86	163.53	36.00	12.92
MARC3	7.1	363	8.29	3.10	41.68	18.48	10.05	161.09	38.52	11.83
MARC4	6.5	366	8.53	3.24	38.48	21.40	10.30	163.53	38.11	12.85
MARC5	6.4	371	8.56	3.12	43.29	19.46	10.94	158.65	40.38	12.15
MARC6	6.5	364	8.48	3.38	40.08	20.43	10.58	161.09	34.84	13.43
MARC7	6.4	356	7.18	3.27	40.08	19.46	10.53	146.45	38.08	13.74
MARC8	6.5	348	7.36	3.32	35.27	22.37	12.83	151.33	35.21	14.23
ROVA1	6.8	376	7.08	3.25	44.89	23.35	5.85	231.88	9.71	5.63
ROVA2	6.2	214	9.50	4.09	22.44	11.67	9.40	115.94	8.26	7.49
ROVA3	6.3	222	10.84	4.36	12.83	17.51	10.93	119.60	9.03	2.73
ROVA4	6.2	213	10.29	5.49	14.43	15.56	11.55	109.84	11.16	1.15
ROVA5	6.3	235	11.61	5.29	24.05	10.70	13.00	115.94	11.83	2.13
CERV1	6.4	391	14.98	3.93	48.10	14.59	16.52	146.45	55.58	7.36
CERV2	6.4	412	11.11	3.28	56.11	16.54	12.20	158.65	62.58	8.53
CERV3	6.3	468	48.26	11.53	17.64	7.78	55.59	74.44	49.47	18.01
ELV1	6.3	292	12.05	3.68	33.67	12.65	10.11	118.38	38.40	4.92
ELV2	6.2	281	10.35	3.17	38.48	12.65	8.05	124.48	39.81	4.00
ELV3	6.3	265	11.01	3.09	24.05	17.51	8.26	122.04	36.82	3.68
ELV4	6.1	300	30.86	4.45	19.24	12.65	24.13	111.06	29.93	10.83
SESIA1	6.1	154	7.13	2.53	24.05	3.89	7.75	72.00	12.03	7.70
SESIA2	6.4	370	13.98	3.62	46.49	14.59	12.72	147.67	47.40	8.14
SESIA3	6.5	377	13.97	3.79	49.70	14.59	13.47	158.65	46.75	7.10

Tabella 4 – Risultati delle analisi chimiche delle acque dei corsi d'acqua (campagna di campionamento settembre-ottobre 2001).

3.2.1 - Conducibilità elettrolitica

La conducibilità elettrolitica consente una valutazione della quantità dei sali disciolti nell'acqua. Poiché nell'acqua la conduzione elettrica avviene con trasferimento di materia (ioni), il valore di conducibilità elettrolitica (espresso in $\mu\text{S}/\text{cm}$) aumenta con il contenuto di sali disciolti.

Dall'analisi delle carte della conducibilità elettrolitica, costruite utilizzando i dati della prima e della seconda campagna di campionamento, è stato possibile distinguere tre zone principali:

- una zona settentrionale, a nord del Torrente Cervo, che mostra valori di conducibilità elettrolitica variabili tra 100 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con locali superamenti. Tali valori sono verosimilmente connessi con acque di origine alpina, veicolate in depositi prevalentemente di natura cristallina;
- una zona centrale a sud del Fiume Elvo che, dal centro dell'area, si estende verso ovest: qui si registrano valori medi di conducibilità elettrolitica, normalmente al di sotto dei 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, legati alla natura prettamente silicatica dei depositi quaternari attraversati;
- una zona meridionale ed orientale, prossima al bordo collinare del Monferrato, nella quale i valori di conducibilità elettrolitica aumentano oltre la soglia dei 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tali valori potrebbero essere messi in relazione al locale mescolamento della falda a superficie libera con acque sotterranee profonde. Nella Figura 2, che rappresenta i dati della campagna di ottobre 2001, la isolina 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ corre grosso modo lungo i lineamenti tettonici profondi presenti al di sotto dei terreni quaternari e che costituiscono una via preferenziale per la risalita di acque sotterranee profonde.

In Figura 2 viene riportata la carta della conducibilità elettrolitica riferita alla campagna di luglio 2001.

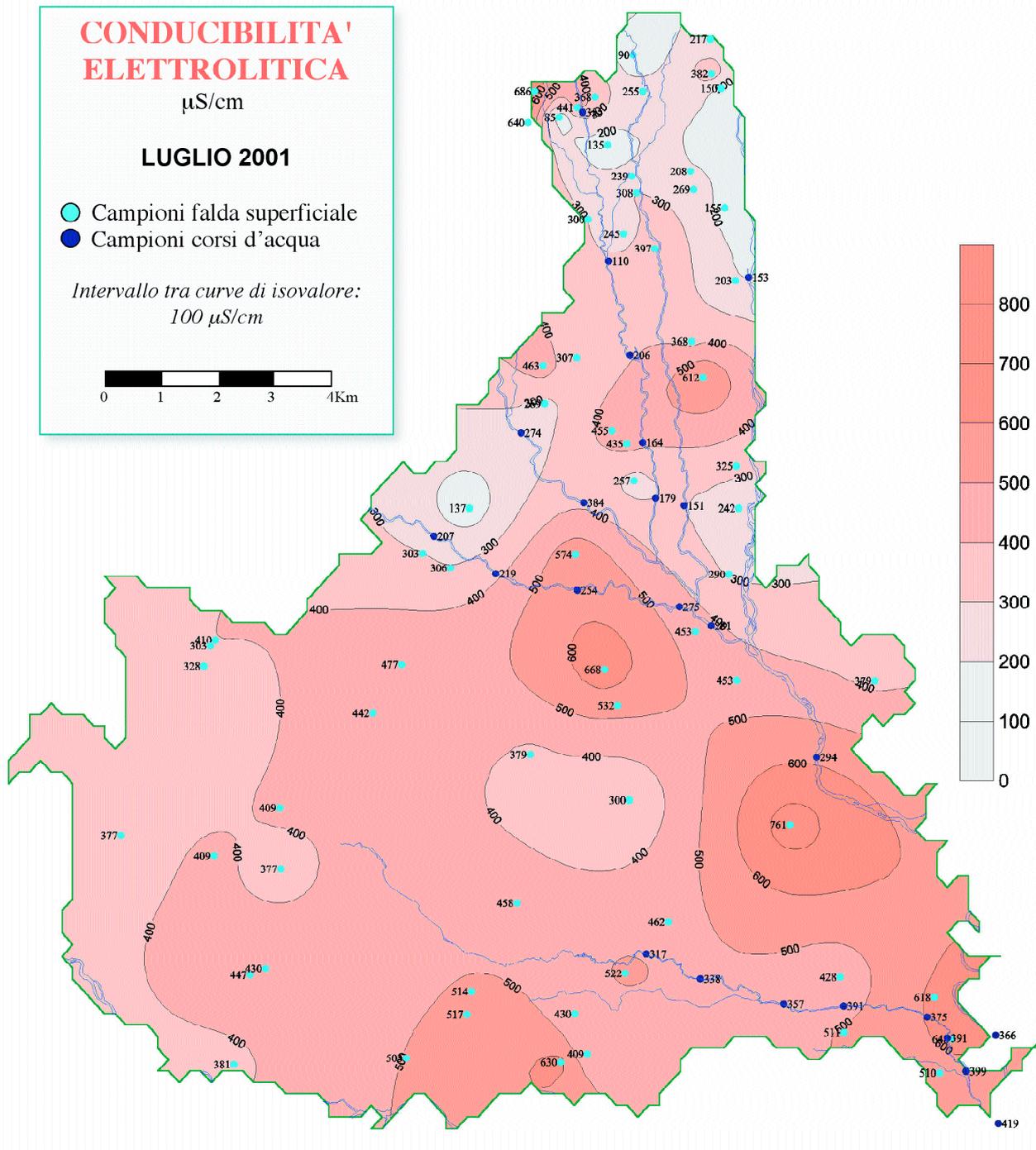


Figura 2 – Carta della distribuzione della conducibilità elettrolitica (campagna di campionamento: luglio 2001).

3.2.2 - Durezza

La durezza dell'acqua è causata principalmente dagli elementi alcalino-terrosi in essa presenti; solitamente contribuiscono in maniera rilevante ad aumentare tale parametro il calcio ed il magnesio, in quanto generalmente gli altri elementi non sono presenti in concentrazioni tali da influenzare la durezza totale di un'acqua.

La durezza dell'acqua può portare alla formazione di incrostazioni. Tale processo è connesso alla liberazione di CO₂, presente nell'acqua sotto forma di gas, e alla conseguente deposizione del carbonato in eccesso: in effetti un'acqua priva di CO₂ può contenere solo 14 mg/l di carbonato di calcio in soluzione.

Il valore della durezza viene misurato in gradi francesi (F°); un grado francese corrisponde a una concentrazione di 10 mg/l di carbonato di calcio equivalente. Secondo la classificazione proposta da Desio (1965), le acque possono essere così distinte, in funzione della propria durezza:

- **acque molto dolci**, con valore di durezza nell'ambito di 0÷4 °F;
- **acque dolci**, con durezza tra 4÷8 °F;
- **acque medio-dure**, con durezza 8÷12 °F;
- **acque discretamente dure**, con valori di durezza di 12÷18 °F;
- **acque dure**, con durezza nell'ambito di 18÷30 °F;
- **acque molto dure**, caratterizzate da durezza > 30 °F.

Le carte della durezza mostrano, nel settore a nord del Torrente Cervo, valori di durezza crescenti da nord verso sud, fino a valori compresi tra 10 e 20° F; tali acque possono, quindi, essere classificate come dolci o medio-dure.

Nel settore centrale ed in quello occidentale della pianura, i valori della durezza rimangono in un range compreso tra 20 e 30°F, rientrando nella categoria delle acque discretamente dure o dure.

Nel settore meridionale e sud-orientale di Vercelli, i valori risultano maggiori, generalmente compresi tra 30-40 °F, con punte oltre i 40 °F, e le acque sono classificabili come dure o molto dure.

In Figura 3 viene riportata la carta della durezza riferita alla campagna di luglio 2001.

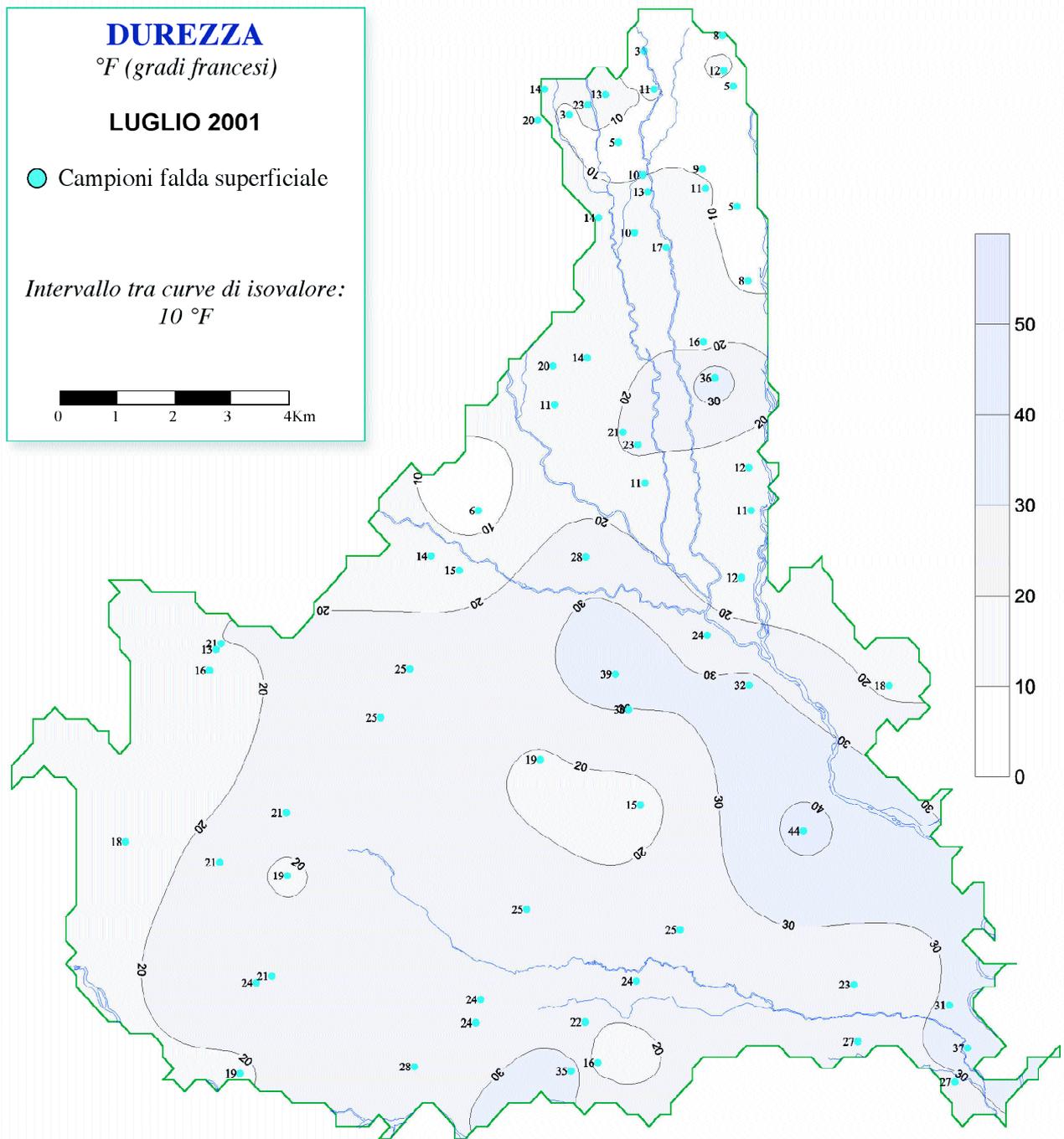


Figura 3 – Carta della distribuzione della durezza (campagna di campionamento: luglio 2001).

3.2.3 - Cloruri

La presenza dei cloruri nell'acqua può avere varie origini; tuttavia nelle falde superficiali, se non si verificano mescolamenti con acque profonde, la presenza dei cloruri dipende dagli input meteorici (con concentrazioni di circa 5 mg/l) o, più di frequente, da fattori antropici quali fertilizzazione e irrigazione, scarichi fognari, contaminazioni industriali, scarichi di liquami.

Sono generalmente considerati valori bassi le concentrazioni inferiori a 25 mg/l, ed elevati tra 50 e 250 mg/l.

I valori dei cloruri nelle acque sotterranee della pianura vercellese non presentano una distribuzione legata a particolari condizionamenti.

In gran parte della pianura vercellese i valori medi si attestano tra 10 e 20 mg/l.

Valori inferiori alla media si riscontrano a Ghislarengo, Lenta, Gattinara e parte del Comune di Rosaio; nel settore occidentale basse concentrazioni sono presenti tra Alice Castello e Borgo d'Ale mentre, nel settore centrale, a Trino e a Sali V.se.

Valori superiori a 20 mg/l si osservano, nel settore settentrionale della pianura, a nord di Roasio e a sud presso Rovasenda. Inoltre, valori superiori alla media sono presenti tra Casanova Elvo ed Olcenengo e, nel settore meridionale, tra Fontaneto Po e Palazzolo V.se. La distribuzione casuale dei valori elevati, riscontrati in un numero esiguo di pozzi, è verosimilmente connessa ad apporti locali.

In Figura 4 viene riportata la carta dei cloruri riferita alla campagna di luglio 2001.

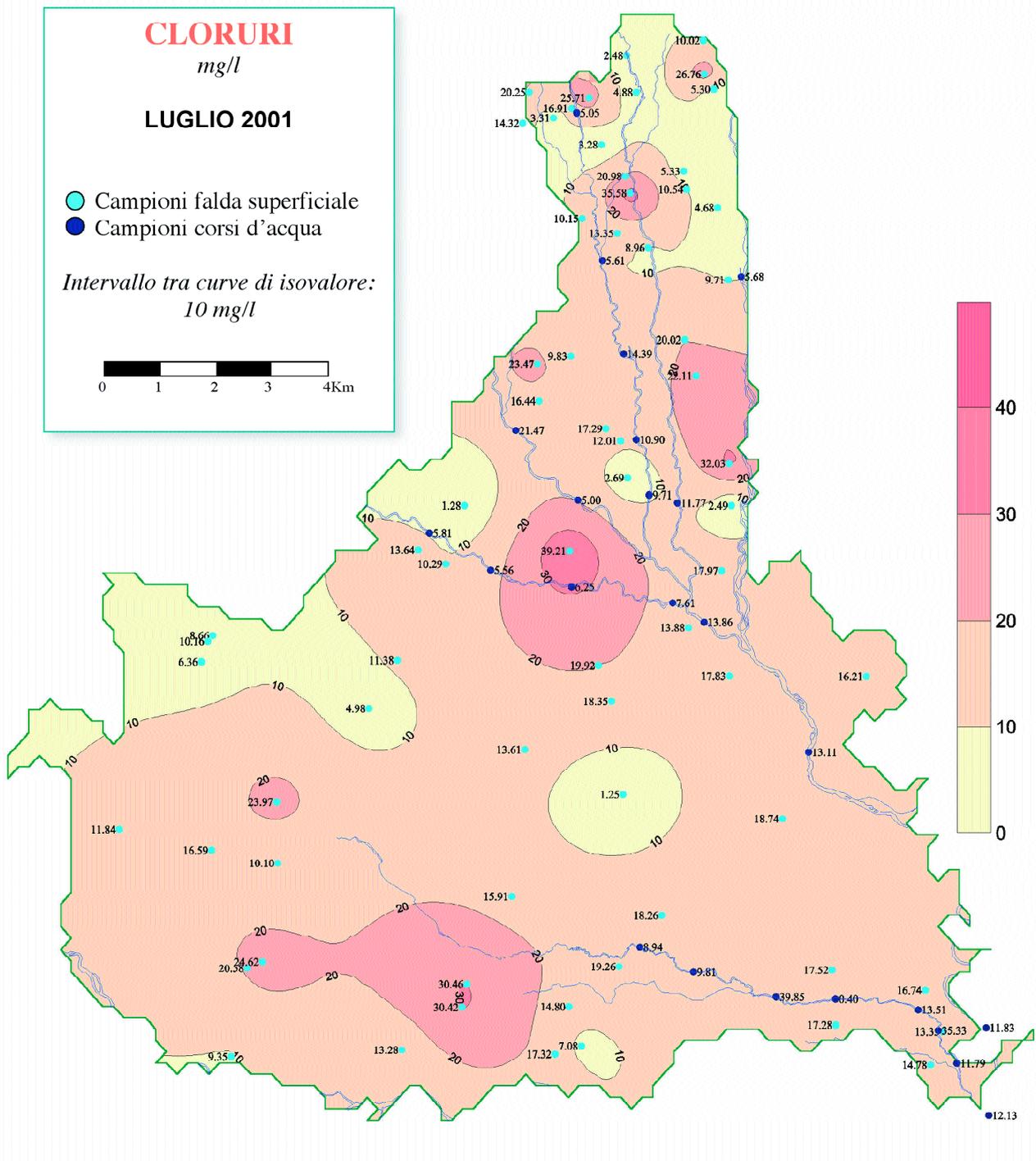


Figura 4 – Carta della distribuzione dei cloruri (campagna di campionamento: luglio 2001).

3.2.4 - Alcalinità

L'alcalinità nelle acque a pH medio è connessa allo ione bicarbonato (HCO_3^-) che deriva dalla CO_2 atmosferica o dalla dissoluzione dei carbonati.

Le carte idrochimiche relative alle due campagne di prelievo mostrano un generale aumento dei valori di HCO_3^- da nord-ovest verso sud-est e da nord a sud.

Nel settore settentrionale i tenori aumentano progressivamente spostandosi dal bordo alpino, con picchi di valori in prossimità dei comuni di Rovasenda e tra Buronzo e Balocco.

Nel settore centrale sono presenti picchi massimi di 410 mg/l in una ristretta area a sud di Vercelli. Tuttavia tale valore, essendo arealmente limitato, potrebbe essere legato ad un inquinamento locale.

Valori più elevati rispetto alla media si rinvencono in tutta la fascia pedecollinare prossima al Monferrato; qui i valori sono influenzati dalla litologia dei depositi quaternari, che derivano dallo smantellamento delle rocce carbonatiche del Monferrato.

In Figura 5 viene riportata la carta dell'alcalinità riferita alla campagna di luglio 2001.

3.2.5 - Solfati

I solfati nelle acque sotterranee possono avere un'origine naturale, legata alle concentrazioni naturalmente presenti nelle precipitazioni o alla dissoluzione di gessi, oppure un'origine antropica, connessa ad inquinamenti quali scarichi, apporti da fertilizzanti in agricoltura ecc.

Nelle acque dolci i tenori in solfati sono generalmente compresi tra 2 e 150 mg/l.

Le concentrazioni di solfati riscontrate nella falda superficiale della pianura vercellese presentano una crescita progressiva da nord a sud e nord-ovest a sud-est.

I valori maggiori si riscontrano nelle aree a sud del Torrente Elvo, presso Olcenengo (58.28 mg/l), e a sud di Vercelli (67.01 mg/l); tali valori possono essere dovuti ad apporti locali. In particolare, presso Olcenengo, erano già stati riscontrati valori più elevati rispetto alla media per quanto concerne la conducibilità elettrolitica, la durezza, i cloruri e l'alcalinità.

In Figura 6 viene riportata la carta dei solfati riferita alla campagna di luglio 2001.

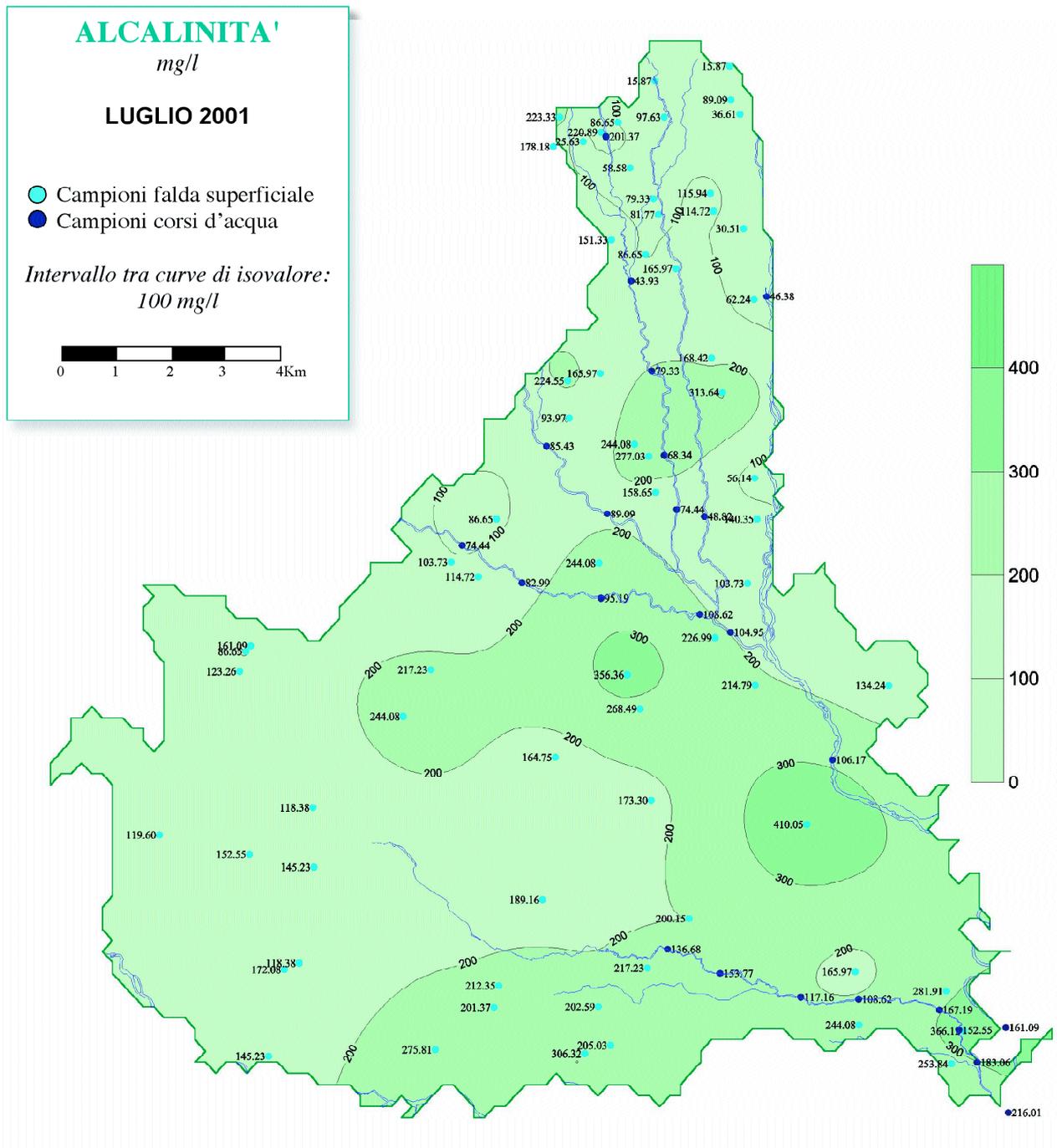


Figura 5 – Carta della distribuzione dell'alcalinità (campagna di campionamento: luglio 2001).

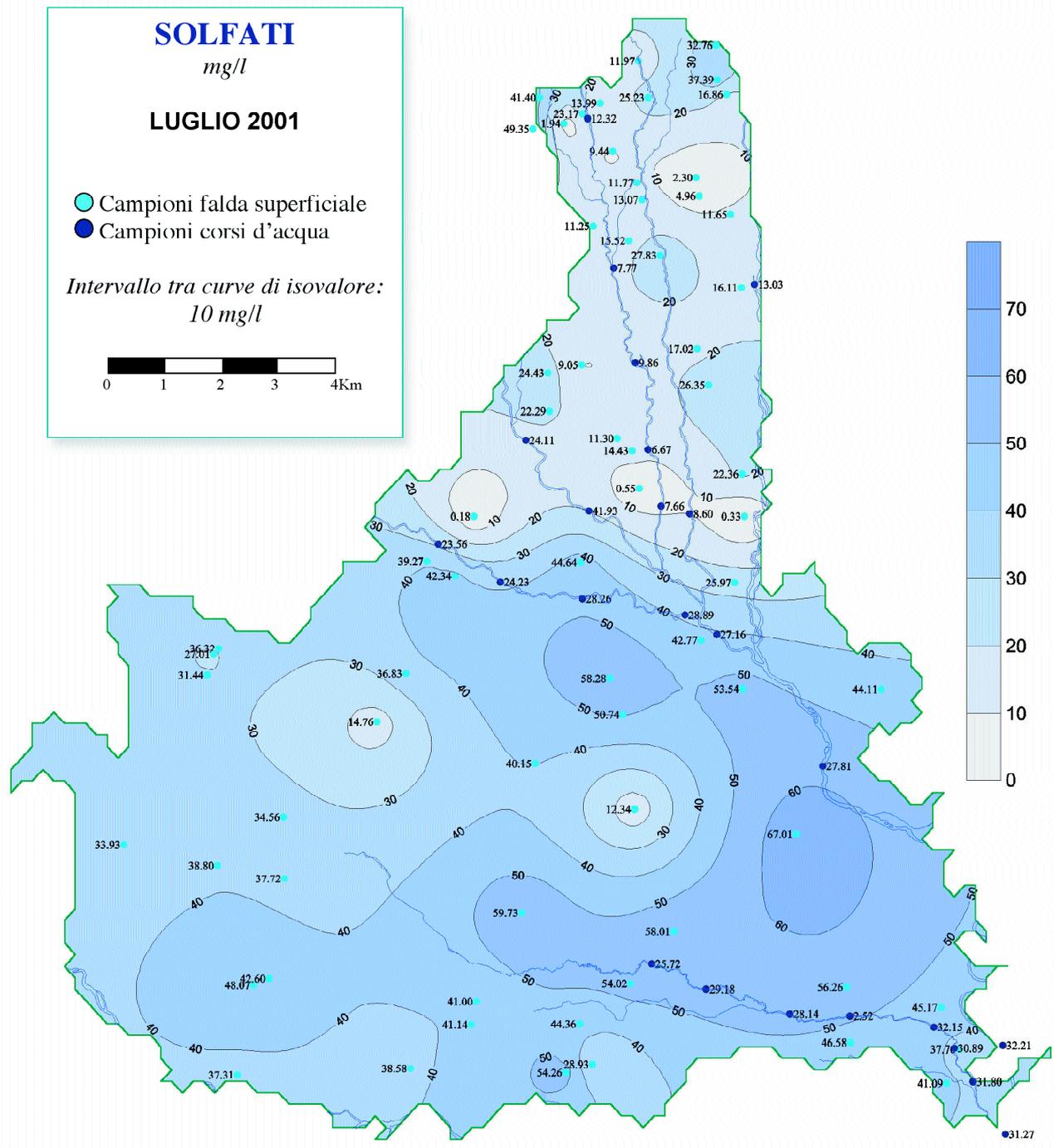


Figura 6 – Carta della distribuzione dei solfati (campagna di campionamento: luglio 2001).

3.2.6 Nitrati

In natura i nitrati sono presenti nelle acque sotterranee in concentrazioni molto basse (pochi mg/l) e derivano dall'ossidazione di composti azotati provenienti da processi di decomposizione di sostanze organiche. Un apporto naturale di questi composti è legato, inoltre, alle acque piovane, sebbene le concentrazioni siano molto basse.

La presenza di nitrati nelle acque sotterranee, tuttavia, è soprattutto legata a processi antropici.

Le fonti di contaminazione antropica possono essere di due tipi: puntiformi, legate alla presenza di scarichi industriali, fognature urbane e impianti di depurazione, o diffuse, per l'utilizzo sempre più frequente di fertilizzanti azotati sintetici e concimi organici in agricoltura.

Alte concentrazioni di nitrati nelle acque sotterranee possono essere ricondotte principalmente ad un apporto eccessivo di fertilizzanti azotati al suolo, sia di origine chimica (fertilizzanti di sintesi) sia organica (liquami zootecnici), ma anche ad un contributo di tipo civile (pozzi perdenti e perdite da reti fognarie), che localmente può divenire predominante. Il D.L. 02/02/2001 n. 31 fissa il valore massimo nelle acque per uso potabile in 50 mg/l.

I nitrati attraversano la zona insatura dell'acquifero trasportati in falda dalle acque di infiltrazione o sono presi in carico dalla falda stessa durante le oscillazioni del livello piezometrico; la concentrazione può, quindi, subire variazioni stagionali al variare degli input infiltrativi e della soggiacenza.

Le maggiori concentrazioni si registrano nelle aree tra Alice Castello e Borgo d'Ale nel settore occidentale della pianura vercellese, e presso i Comuni di Roasio e Rovasenda nel settore settentrionale.

Le concentrazioni rilevate sono le medesime in entrambe le campagne di campionamento. In Figura 7 viene riportata la carta dei nitrati riferita alla campagna di luglio 2001.

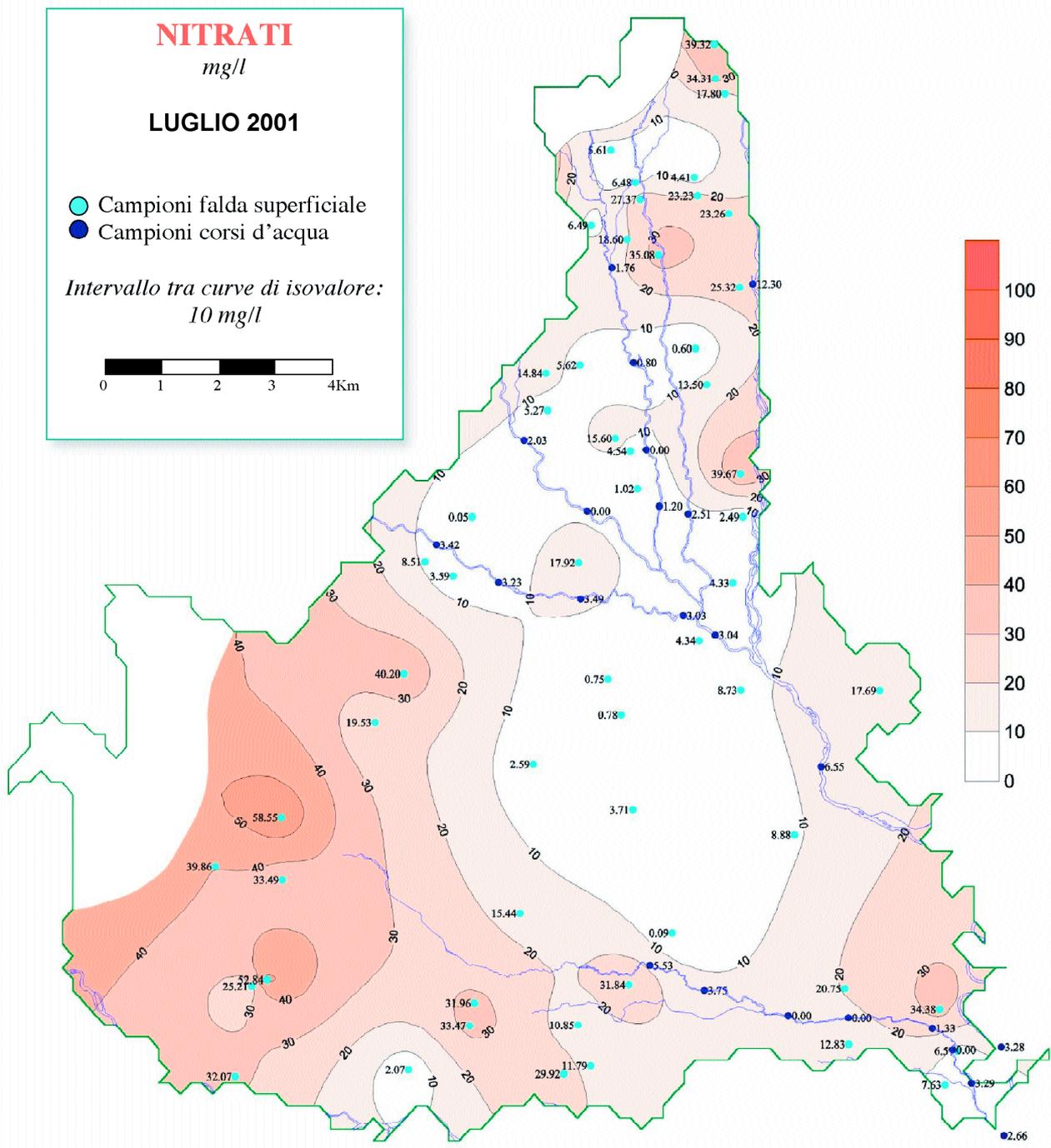


Figura 7 – Carta della distribuzione dei nitrati (campagna di campionamento: luglio 2001).

3.2.7 - SAR (Sodium Adsorption Ratio)

Il sodio, in elevate concentrazioni, può rappresentare una sostanza tossica per le piante, ritardando o addirittura impedendo la crescita di alcune specie vegetali.

Il sodio, inoltre, potendo sostituire il calcio e il magnesio nelle argille del terreno, può provocare danni alla struttura di quest'ultimo.

Il pericolo di alcalinizzazione del suolo è favorito da acque caratterizzate da un SAR (Sodium Adsorption Ratio) elevato; acque con concentrazioni di calcio e magnesio che eguagliano quella del sodio minimizzano tale rischio.

Il parametro SAR (USDA, 1954) è dato dalla seguente relazione:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

dove gli ioni sono espressi in meq/l.

Alti valori di SAR, quindi, implicano un alto rischio che il sodio sostituisca calcio e magnesio nel terreno, con pericolo di alcalinizzazione del suolo e possibile danneggiamento della struttura e della fertilità dello stesso. Al contrario, SAR poco elevati indicano acque che presentano basso rischio di alcalinizzazione dei suoli.

In base al valore del SAR, le acque possono essere suddivise nelle quattro classi riportate in Tabella 5 (USDA, 1954).

SAR	Classe di qualità dell'acqua	Grado di utilizzazione irrigua
< 10 Basso	Eccellente	E' irrigabile ogni tipo di terreno
10 ÷ 18 Medio	Buona	Sono irrigabili i terreni con bassa capacità di scambio
18 ÷ 26 Alto	Tollerabile	Per l'uso irriguo, i terreni richiedono un buon drenaggio, l'aggiunta di sostanze organiche e cure particolari
> 26 Molto alto	Inutilizzabile	L'uso irriguo è possibile solo se la salinità dell'acqua è bassa

Tabella 5 - Classificazione delle acque in base all'indice SAR (U.S., Department of Agriculture, 1954; semplificato).

Valori del SAR al di sotto di 10 indicano una buona qualità per l'acqua ad uso irriguo. Nella carta di Figura 8, i valori di SAR calcolati per acque prelevate dai pozzi della falda superficiale risultano bassi, solitamente inferiori ad 1 o prossimi all'unità. Tali acque sotterranee si possono, quindi, considerare idonee all'uso irriguo.

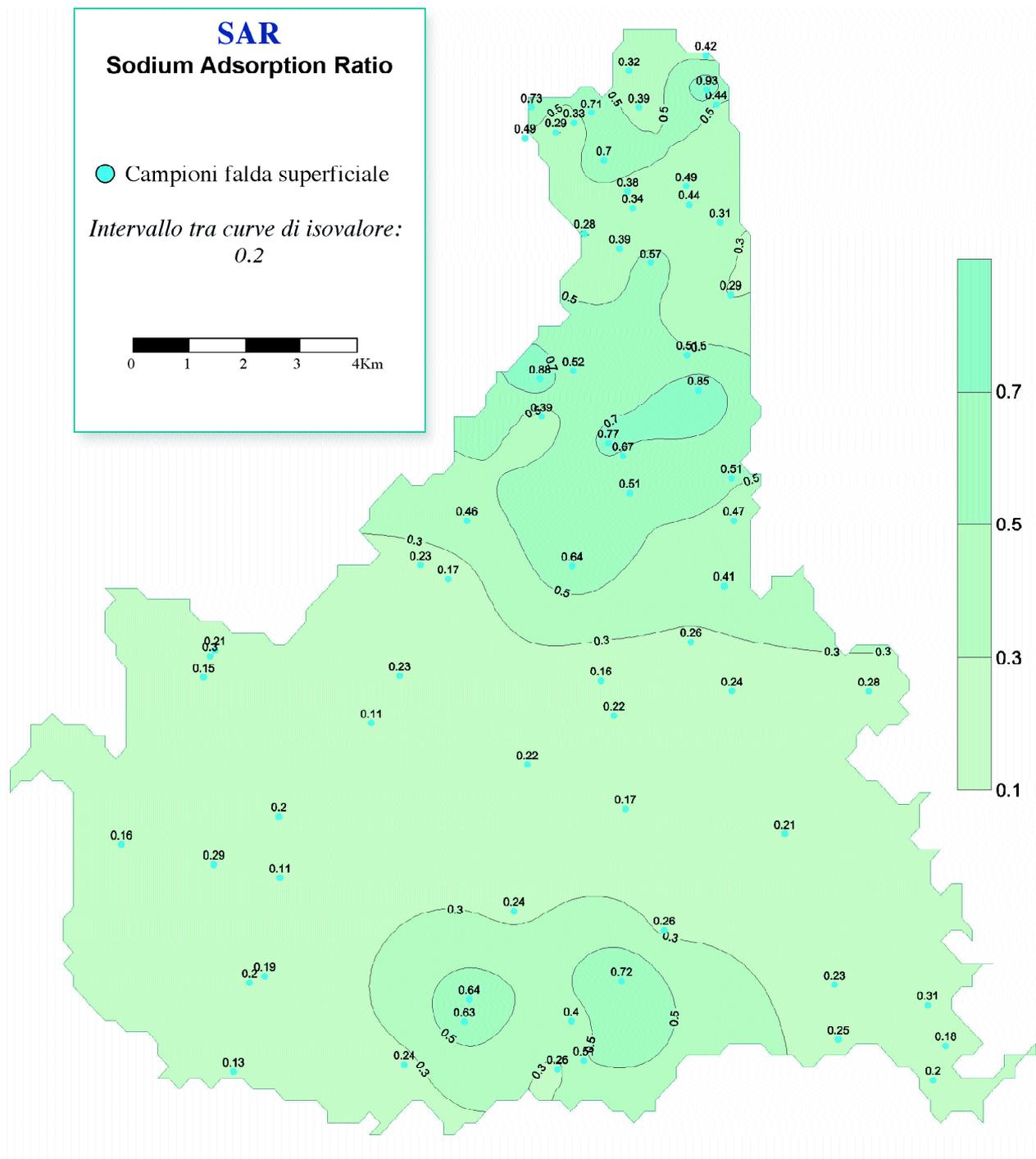


Figura 8 – Carta del SAR (Sodium Adsorption Ratio). (Campagna di campionamento: luglio 2001).

3.3 - LE FACIES IDROCHIMICHE

I dati delle analisi chimiche, elaborati mediante il diagramma di Piper (Figura 9), hanno permesso di visualizzare il chimismo delle acque sotterranee.

Il diagramma di Piper è costituito da due triangoli ed un rombo: nel triangolo sinistro vengono rappresentati i cationi ed in quello destro gli anioni. Dai punti rappresentativi per ogni campione vengono tracciate, a partire dai due triangoli, due rette che si intersecano all'interno del rombo rappresentativo del chimismo dell'acqua.

Il diagramma di Piper fornisce una rappresentazione qualitativa delle acque, ma non consente di ricavare indicazioni sulla mineralizzazione. Dall'osservazione della posizione dei punti nel rombo del diagramma, è possibile definire la facies idrochimica delle acque analizzate.

In particolare, le acque sotterranee possono essere classificate come:

- acque cloruro e solfato-calciche e magnesiache;
- acque cloruro-sodiche e potassiche, o solfato-sodiche;
- acque carbonato-sodiche e potassiche;
- acque bicarbonato-calciche e magnesiache.

Per quanto concerne le acque della falda superficiale campionate nella pianura vercellese, per la quasi totalità dei campioni rientra nelle acque a chimismo bicarbonato-calcico e magnesiacico, mentre un solo campione appartiene alla facies carbonato-sodico e potassico.

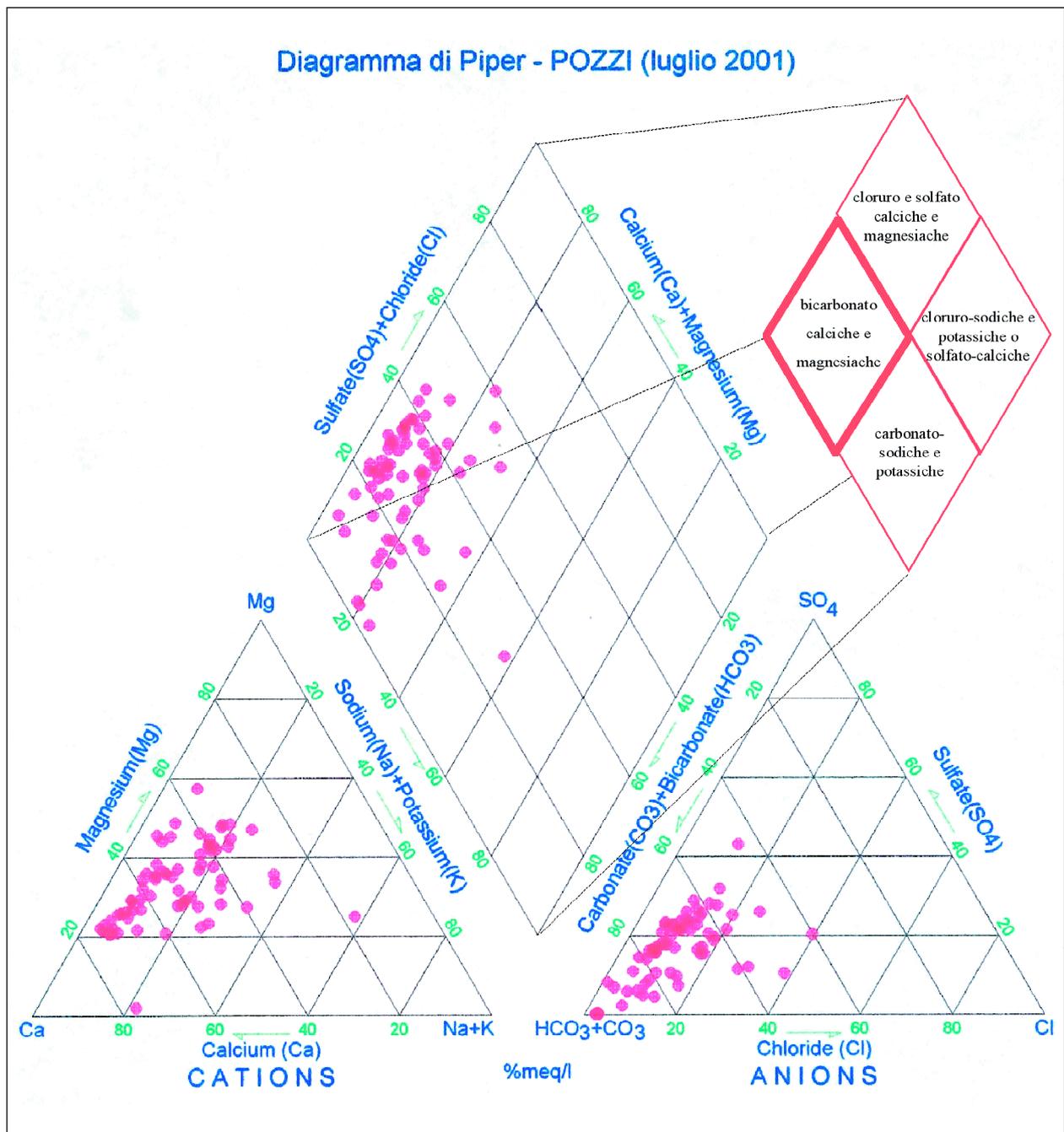


Figura 9 - Diagramma di Piper per le acque della falda superficiale.

3.4 - CONCLUSIONI

Dalle carte tematiche realizzate, relative alle due campagne di prelievo e analisi del 2001, emerge la distribuzione dei diversi parametri chimici nella pianura vercellese.

Per quanto concerne la conducibilità elettrolitica, sono state distinte tre zone: una settentrionale, a nord del Torrente Cervo, che mostra valori di conducibilità elettrolitica variabili tra 100 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$; una zona centrale a sud del Torrente Elvo che, dal centro dell'area, si estende verso ovest dove si registrano valori medi di conducibilità elettrolitica, normalmente al di sotto dei 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$; infine una zona meridionale ed orientale, prossima al bordo collinare del Monferrato, nella quale i valori di conducibilità elettrolitica aumentano oltre la soglia dei 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Le carte della durezza mostrano, nel settore a nord del Torrente Cervo, valori di durezza crescenti da nord verso sud, fino a valori compresi tra 10 e 20° F; tali acque possono, quindi, essere classificate come dolci o medio-dure. Nel settore centrale ed in quello occidentale della pianura, i valori della durezza rimangono in un range compreso tra 20 e 30° F, rientrando nella categoria delle acque discretamente dure o dure. Nel settore a meridionale e sud-orientale di Vercelli, i valori risultano maggiori, generalmente compresi tra 30-40 °F, con punte oltre i 40 °F, e le acque sono classificabili come dure o molto dure.

I valori dei cloruri nelle acque sotterranee della pianura vercellese si attestano generalmente tra 10 e 20 mg/l.

Per quanto concerne l'alcalinità, le carte idrochimiche mostrano un generale aumento dei valori di HCO_3^- da nord-ovest verso sud-est e da nord a sud.

Le concentrazioni di solfati riscontrate nella falda superficiale della pianura vercellese presentano una crescita progressiva da nord a sud e da nord-ovest a sud-est. I valori maggiori si riscontrano nelle aree a sud del Torrente Elvo e a sud di Vercelli.

Le maggiori concentrazioni di nitrati, infine, si registrano nelle aree tra Alice Castello e Borgo d'Ale nel settore occidentale della pianura vercellese, e presso i Comuni di Roasio e Rovasenda nel settore settentrionale.

Per quanto concerne le acque della falda superficiale campionate nella pianura vercellese, la quasi totalità dei campioni rientra nelle acque a chimismo bicarbonato-calcico e magnesiaco, mentre un solo campione appartiene alla facies carbonato-sodico e potassico.

La stima del SAR (Sodium Adsorption Ratio) per le acque prelevate dai pozzi della falda superficiale evidenzia valori generalmente bassi, solitamente inferiori ad 1 o prossimi all'unità. Tali acque sotterranee si possono, quindi, considerare idonee all'uso irriguo.

3.5 - BIBLIOGRAFIA

- Beretta G.P., De Luca D.A., Filippini G., Masciocco L., Negro G., Viotto C. (1999). *Monitoraggio delle acque sotterranee: criteri generali ed esempio di applicazione del D.Lvo 152/99 sulla tutela delle acque dall'inquinamento in un settore della pianura piemontese*. Atti del 3° convegno nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio. Quaderni di geologia applicata, 1999, Pitagora Editrice, Bologna, pp. 3.49-3.59.
- Canavese P.A., De Luca D.A., Filippini G., Governa M.E., Masciocco L., Negro G. (2004). *Progettazione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Regione Piemonte: i Progetti PR.I.S.M.A.S., PR.I.S.M.A.S. II e Valle Tanaro*. PRISMAS: il monitoraggio delle Acque Sotterranee nella Regione Piemonte, REGIONE PIEMONTE, pp. 11-30.
- Canavese P.A., De Luca D.A., Masciocco L. (2004a). *La rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Regione Piemonte: quadro idrogeologico*. PRISMAS: il monitoraggio delle Acque Sotterranee nella Regione Piemonte, REGIONE PIEMONTE, pp. 33-65.
- Canavese P.A., De Luca D.A., Masciocco L. (2004b). *Idrochimica e stato di qualità delle acque sotterranee della pianura piemontese: prime indicazioni derivanti dalla rete di monitoraggio della Regione Piemonte (Biennio 1999-2000)*. PRISMAS: il monitoraggio delle Acque Sotterranee nella Regione Piemonte, REGIONE PIEMONTE, pp. 69-113.
- Castany G. (1982). *Idrogeologia – principi e metodi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 243 pp.
- Celico P. (1988). *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli, 2 vol.
- Civita M., Fisso G., Governa M.E., Rossanigo P. (1990). *Schema idrogeologico, qualità e vulnerabilità degli acquiferi della Pianura Vercellese*. Acque Sotterranee, 21, pp. 57-68.
- Civita M., Fisso G., Governa M.E., Rossanigo P. (1991). *Potenzialità idriche e caratteristiche idrochimiche degli acquiferi profondi della pianura vercellese*. Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi idrogeologiche (CNR) - Provincia di Vercelli, Settore Assetto Ambiente.
- Desio A. (1965). *Il problema delle acque sotterranee in Italia*. Atti Conv. Probl. Acque in Italia, F.A.S.T., Milano.
- Fetter C. W. (2001). *Applied Hydrogeology*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 598 pp.
- Repubblica Italiana (2001). *Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano*. D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 , G.U. 3 marzo 2001, n. 52, Roma.

U.S., Department of Agriculture (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agriculture Handbook N0-60, pp. 160.

Wilcox L.V. (1948). *The quality of water for irrigation use*. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull., 962.

Wilcox L.V. (1955). *Classification and use of irrigation waters*. U.S. Dept. Agric. Circ., 969.