



POLITECNICO
MILANO 1863

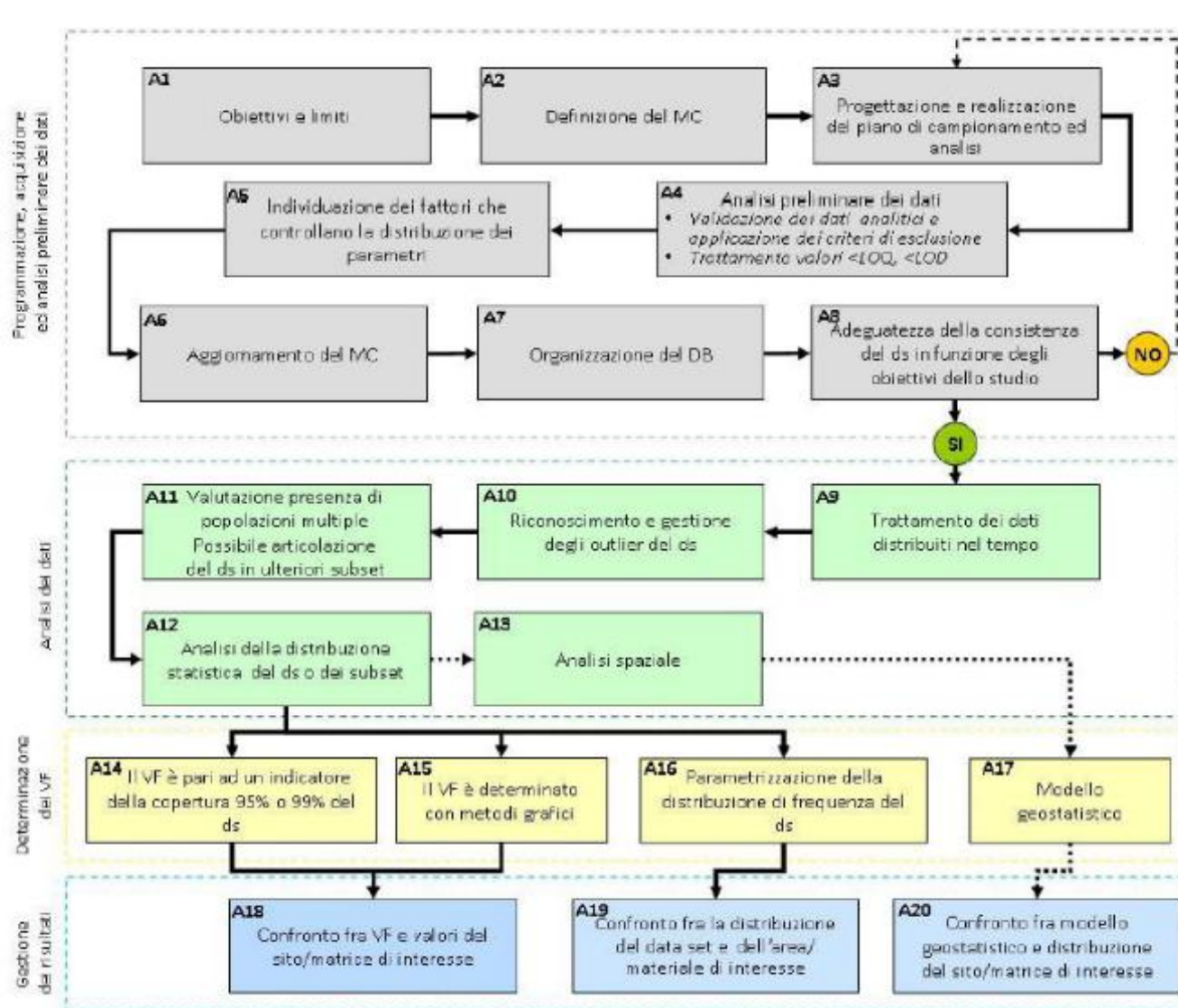
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE

Analisi Multivariata per la definizione degli areali ad inquinamento diffuso e proposta di Valori di Fondo Antropico

Arianna Azzellino, Ramon Pedrini, Pietro Mazzon, Silvia Lombi,
Claudia Medina Montecinos



Metodologia SNPA



Abbreviazioni

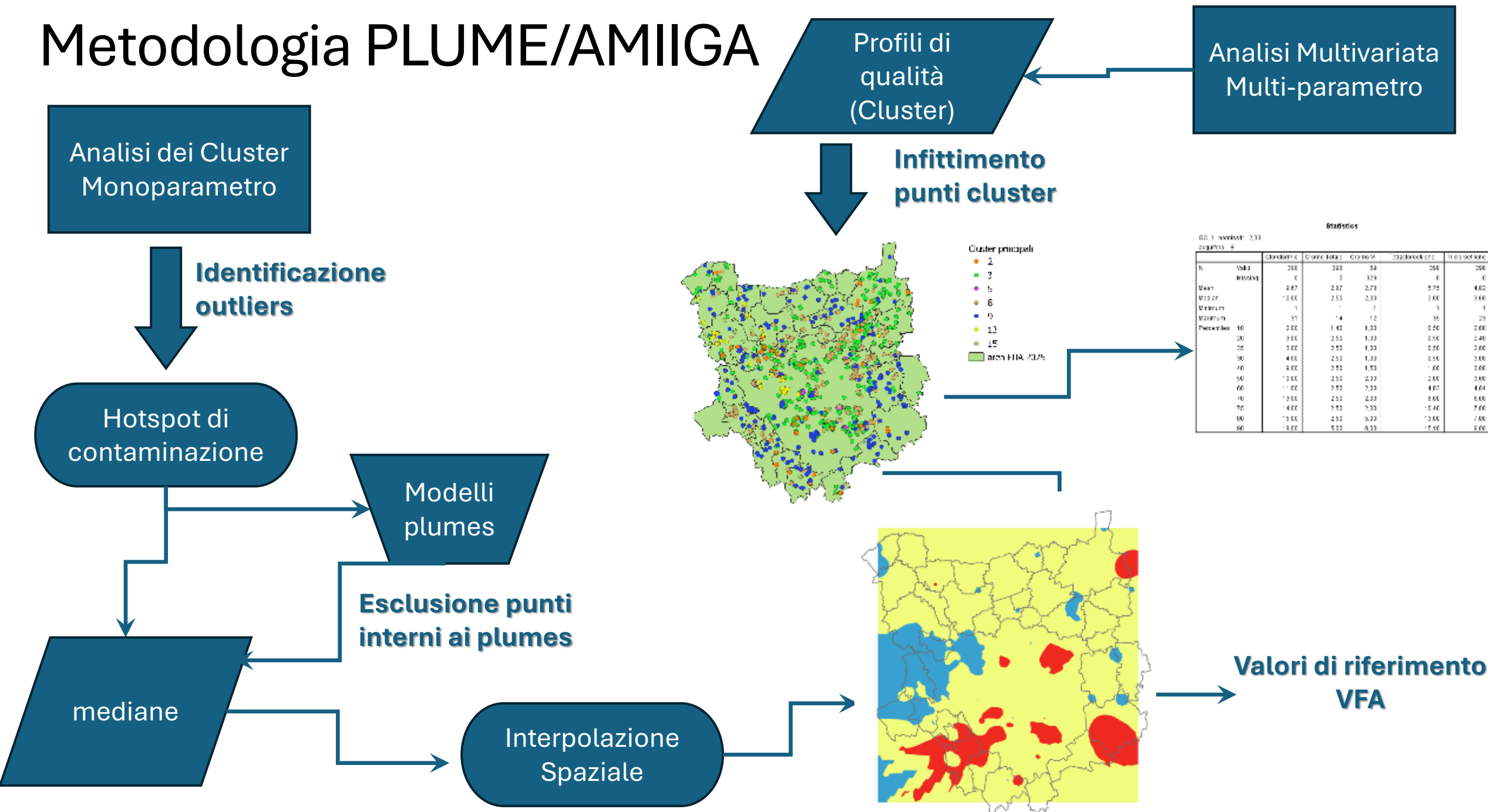
MC modello concettuale
DB database
ds dataset
VF valore di fondo
LOD Limite di rilevabilità
LOQ Limite di quantificazione



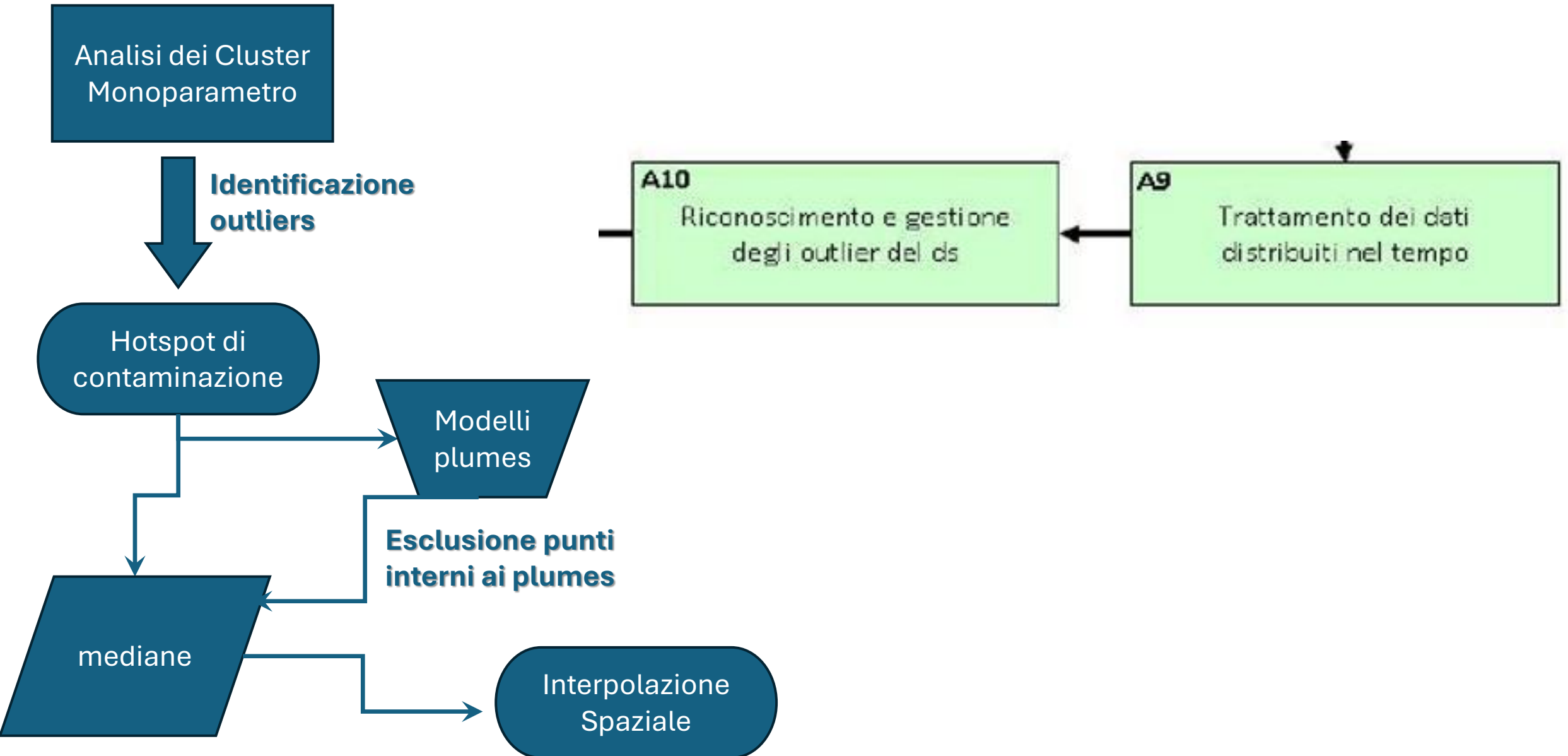
LINEA GUIDA PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO PER I SUOLI E PER LE ACQUE SOTTERRANEE

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 14.11.2017. Doc. n. 20/17

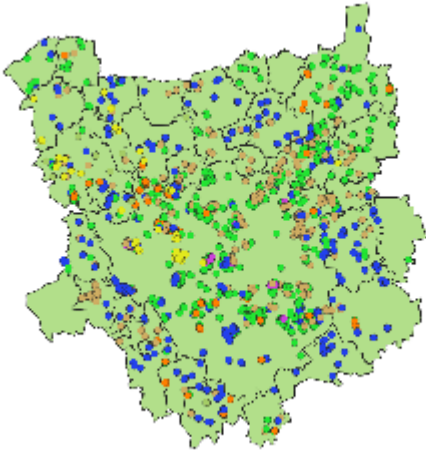
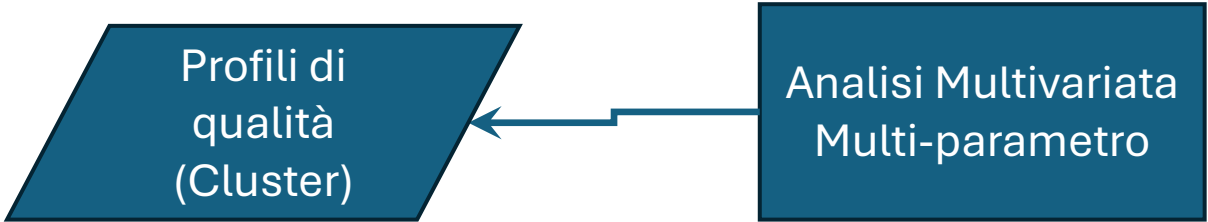
Metodologia PLUME/AMIIGA



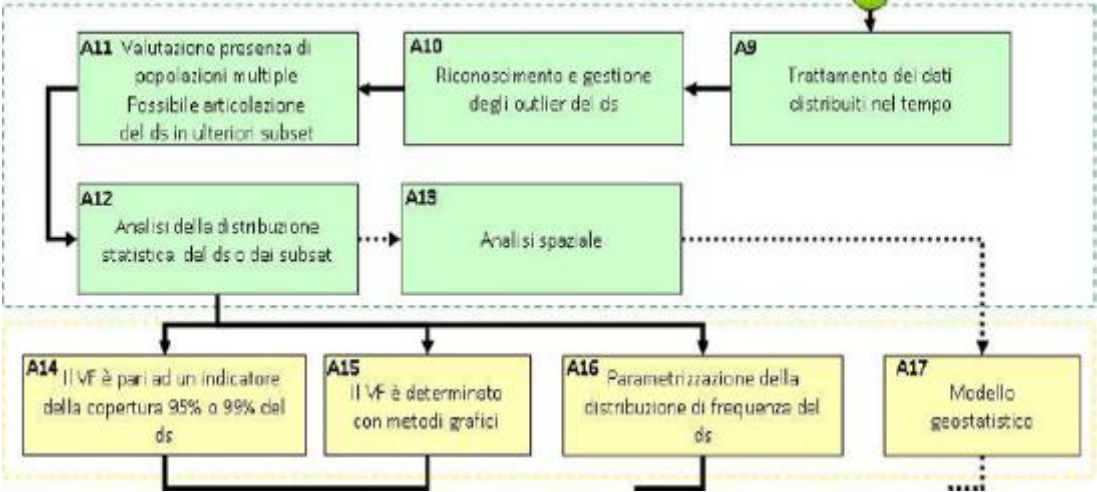
Riconoscimento e gestione outliers



Identificazione popolazioni multiple, distribuzione



		Cluster 2	Cluster 3	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 9	Cluster 11
N	Valid	250	250	250	250	250	250
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07
Std. Dev.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minimum		1	1	1	1	1	1
Maximum		5	5	5	5	5	5
Percentiles							
	10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	30	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	60	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	80	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	90	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00



Analisi Multivariata

(Analisi Fattoriale + Analisi dei Cluster)

- **Analisi Componenti Principali/Fattoriale** → Identificare le relazioni tra le componenti (idrochimica/inquinante) del dataset. Estrarre i fattori che riassumono le relazioni identificate.

$$F_1 = w_{11}X_1 + w_{12}X_2 + \dots + w_{1k}X_k$$

$$F_2 = w_{21}X_1 + w_{22}X_2 + \dots + w_{2k}X_k$$

- **Analisi dei Cluster** → Identificare gruppi di casi con caratteristiche simili tra cui individuare i cluster rappresentativi dell'inquinamento diffuso. Escludere i cluster outlier.

Analisi fattoriale - Dataset multiparametro

Identificare le relazioni multivariate tra gli inquinanti/parametri del dataset.

Periodo analisi: 2015-2023

Statistiche descrittive

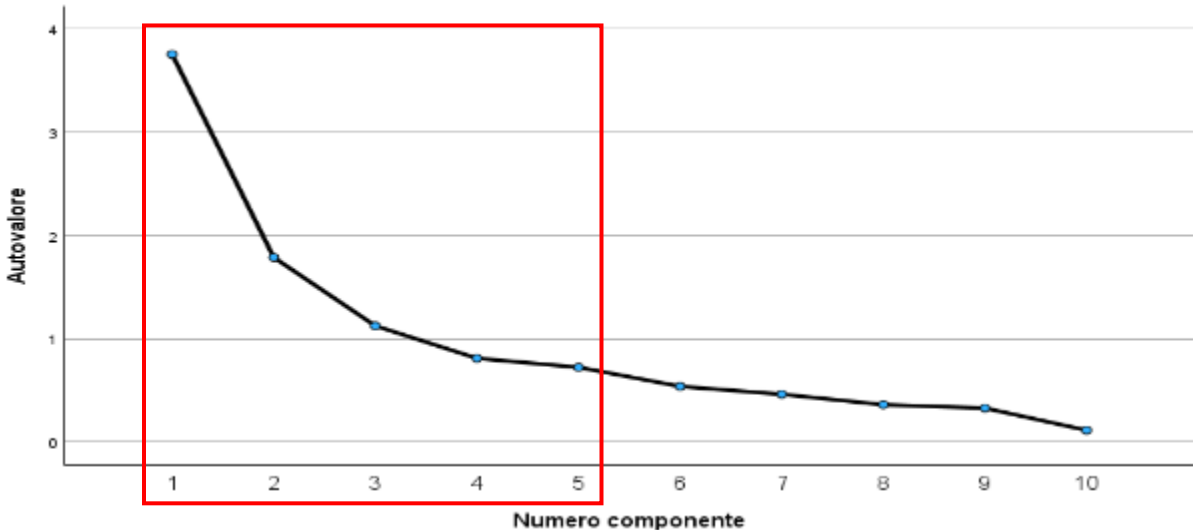
	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Calcio	13809	,09	600	68,14	26,64
Cloroformio	14144	,00	125	2,54	6,26
Cromo Totale	15866	,02	7363	6,26	90,81
Magnesio	13815	,01	51	14,30	5,12
Nitrato (come NO3)	14293	,50	93	22,75	12,94
Potassio	13808	,00	35	1,25	,73
Sodio	13808	,01	57	11,12	6,84
Solfato (SO4)	14819	,50	886	30,60	22,37
Tetracloroetilene	15105	,03	19650	10,29	175,12
Tricloroetilene	15044	,03	17500	3,43	144,77
Numero di casi validi (listwise)	10245				

Varianza totale spiegata

Componente	Autovalori iniziali			Caricamenti somme dei quadrati di estrazione			Caricamenti somme dei quadrati di rotazione		
	Totale	% di varianza	% cumulativa	Totale	% di varianza	% cumulativa	Totale	% di varianza	% cumulativa
1	3,755	37,550	37,550	3,755	37,550	37,550	2,976	29,764	29,764
2	1,788	17,877	55,427	1,788	17,877	55,427	1,590	15,901	45,664
3	1,125	11,245	66,673	1,125	11,245	66,673	1,530	15,303	60,968
4	,810	8,100	74,773	,810	8,100	74,773	1,055	10,554	71,522
5	,723	7,228	82,000	,723	7,228	82,000	1,048	10,479	82,000
6	,538	5,377	87,378						
7	,462	4,615	91,993						
8	,360	3,604	95,597						
9	,327	3,274	98,871						
10	,113	1,129	100,000						

Metodo di estrazione: Analisi dei componenti principali.

Grafico scree



Analisi fattoriale - Dataset multiparametro

Periodo analisi: 2015-2023

Matrice dei componenti ruotati^a

	Componente				
	1	2	3	4	5
Calcio	,903				
Magnesio	,838				
Solfato (SO4)	,756				
Nitrato (come NO3)	,753				
Cloroformio		,919			
Tricloroetilene		,834			
Potassio			,870		
Sodio	,504		,666		
Cromo Totale				,980	
Tetracloroetilene					,961

Metodo di estrazione: Analisi dei componenti principali.
Metodo di rotazione: Varimax con normalizzazione Kaiser. ^a

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 6 iterazioni.

- 1. Componente idrochimica-1 (**Ca, Mg, SO4, NO3, Na**)
- 2. Componente inquinante **TCE/TCM**
- 3. Componente idrochimica-2 (**K, Na**)
- 4. Componente inquinante **Cr-tot**
- 5. Componente inquinante **PCE**

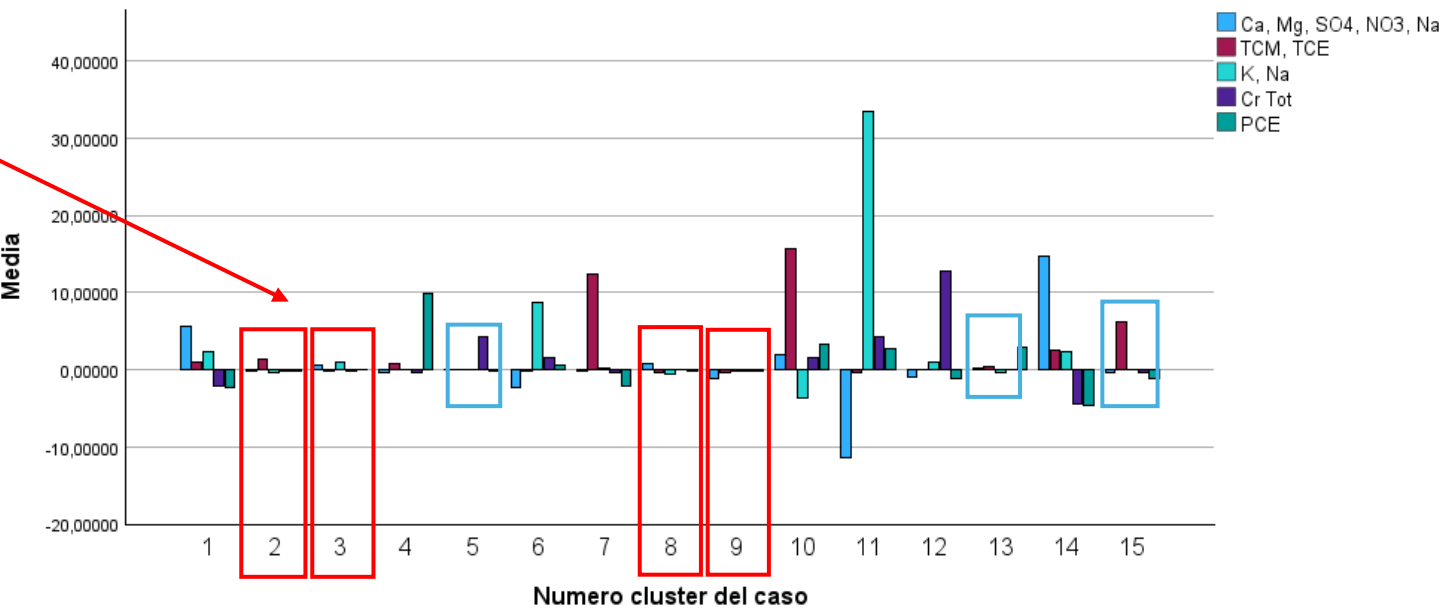
Analisi dei Cluster K-means

Identificare gruppi di casi con caratteristiche simili tra cui individuare i cluster rappresentativi dell'inquinamento diffuso. Escludere i cluster outlier.

- Sulla base delle 5 componenti idrochimiche e inquinanti individuate in base all'Analisi Fattoriale è stata effettuata un'Analisi dei Cluster K-Means
 - Centroidi iniziali: 15
 - Metrica: Distanza Euclidea

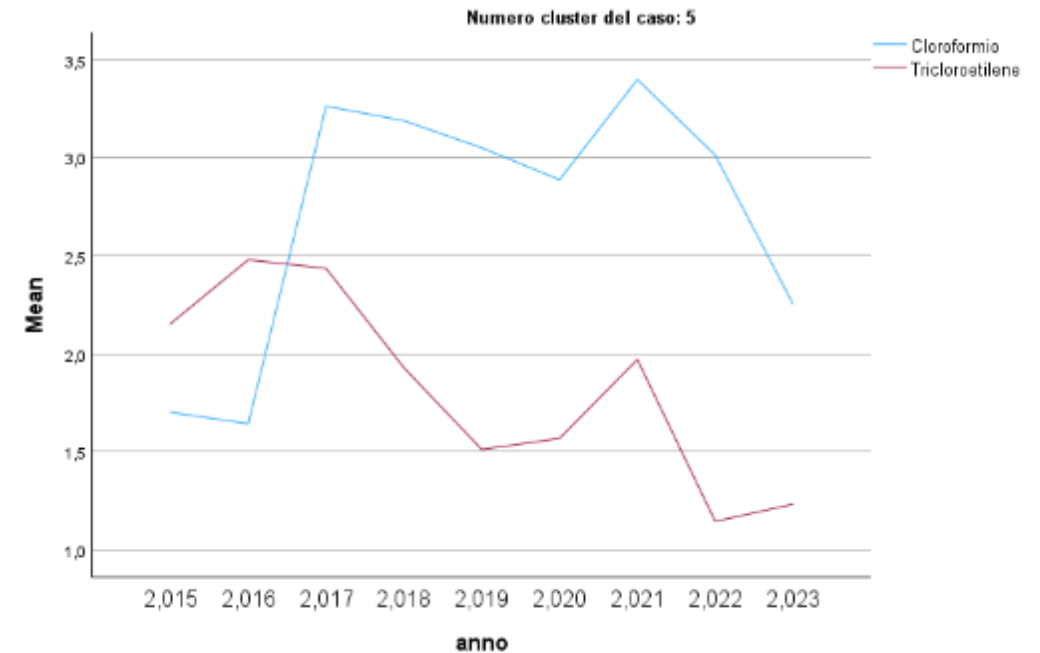
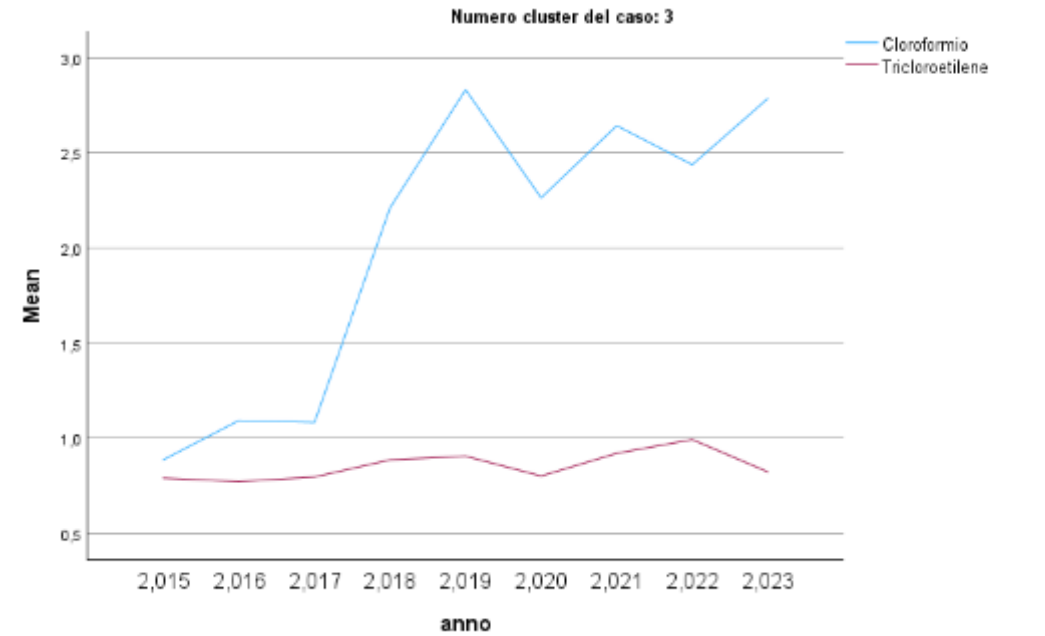
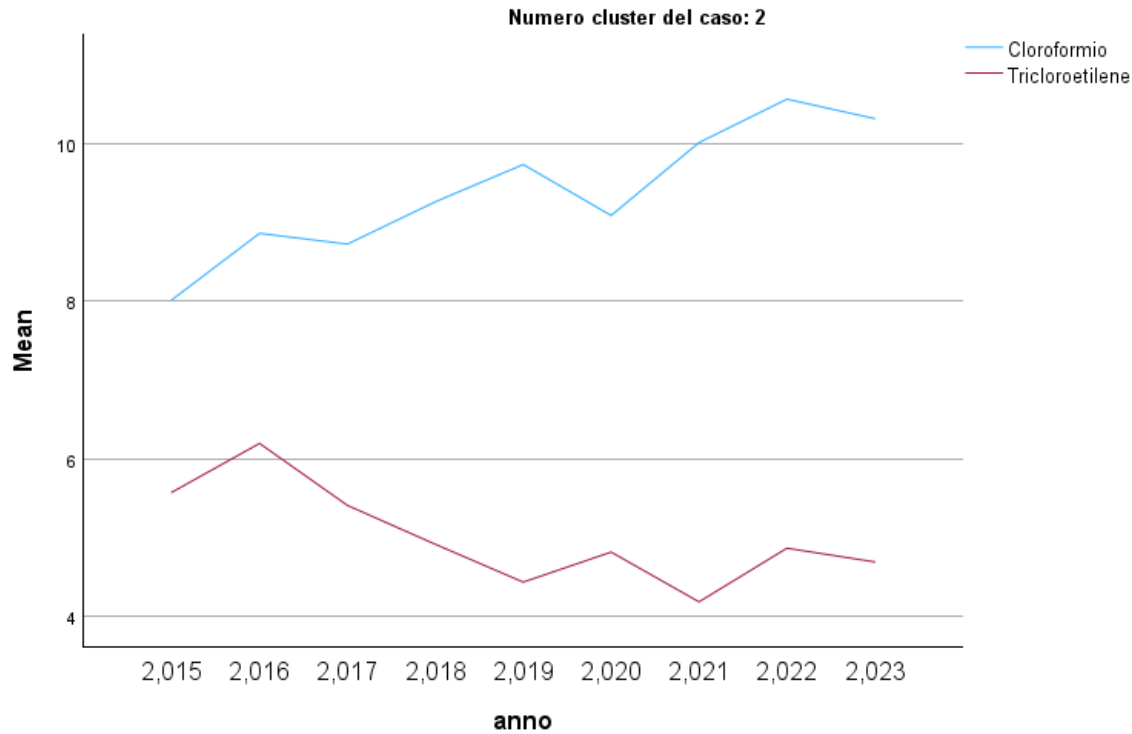
Numero cluster del caso					
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	1	6	,0	,1	,1
	2	820	4,3	8,0	8,1
	3	2582	13,6	25,2	33,3
	4	57	,3	,6	33,8
	5	270	1,4	2,6	36,5
	6	28	,1	,3	36,7
	7	6	,0	,1	36,8
	8	3128	16,5	30,5	67,3
	9	2916	15,3	28,5	95,8
	10	1	,0	,0	95,8
	11	1	,0	,0	95,8
	12	11	,1	,1	95,9
	13	283	1,5	2,8	98,7
	14	2	,0	,0	98,7
	15	134	,7	1,3	100,0
Totale		10245	53,9	100,0	
Mancante	Sistema	8769	46,1		
Totale		19014	100,0		

Periodo analisi: 2015-2023



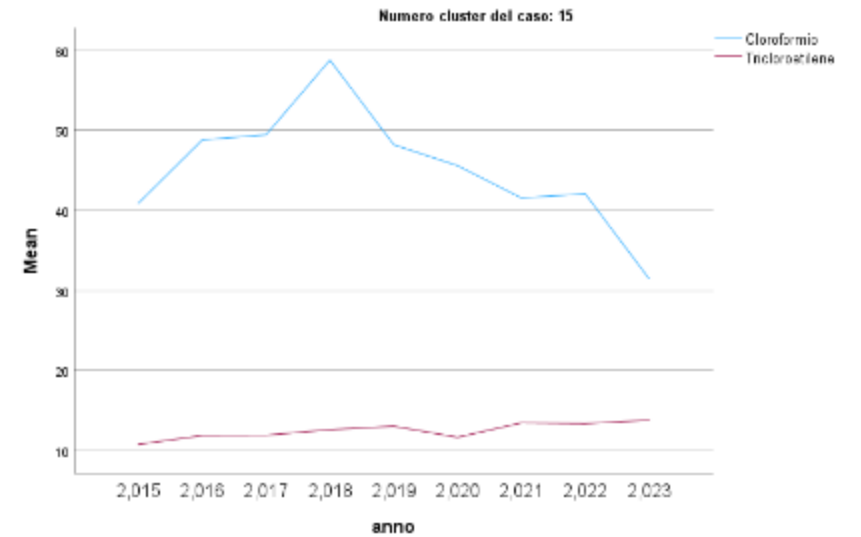
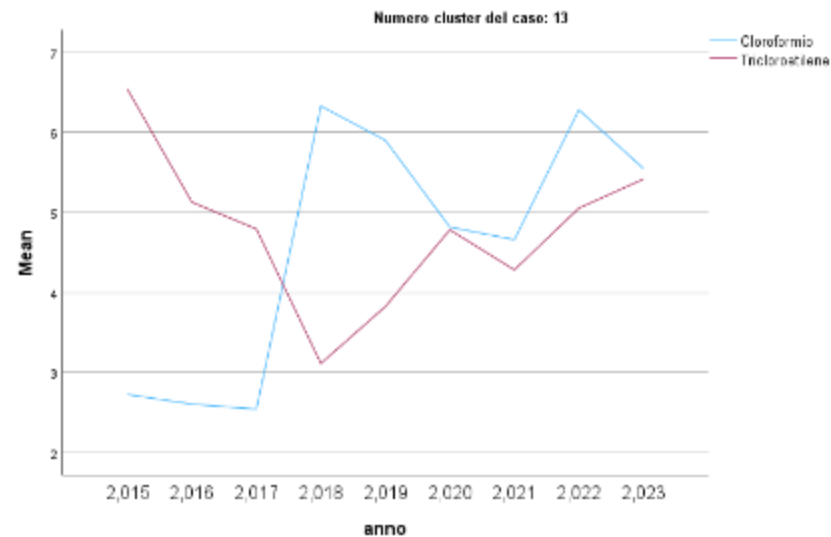
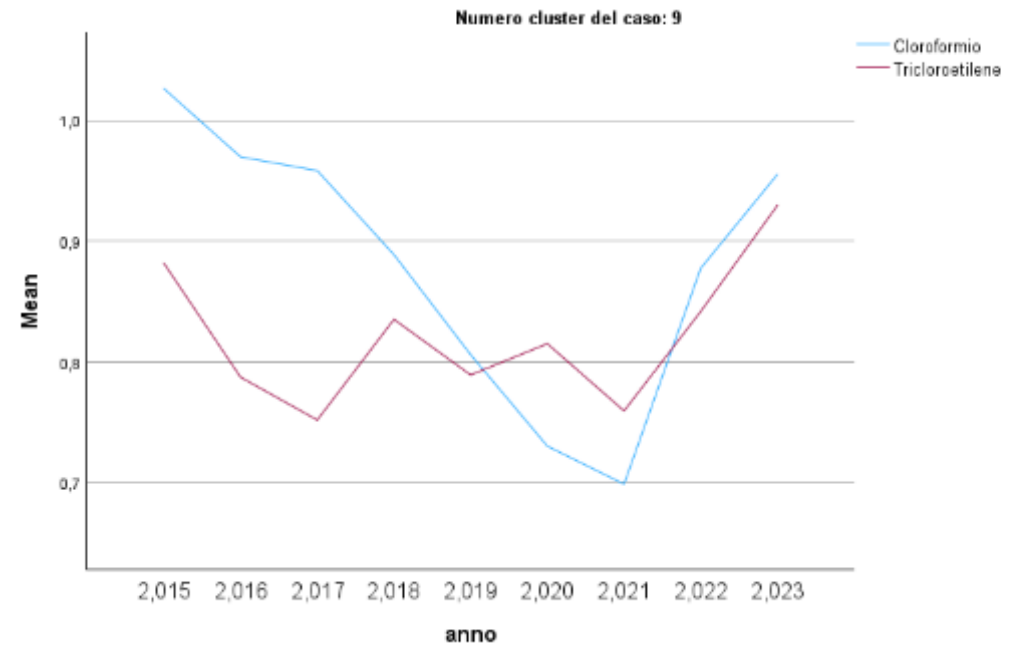
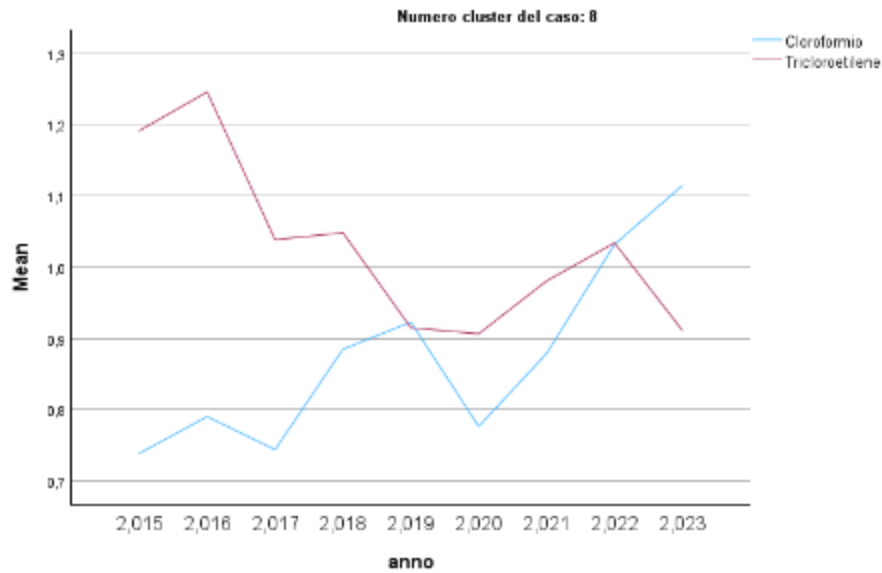
Trend TCM, TCE

Aggiornamento Analisi al 2023



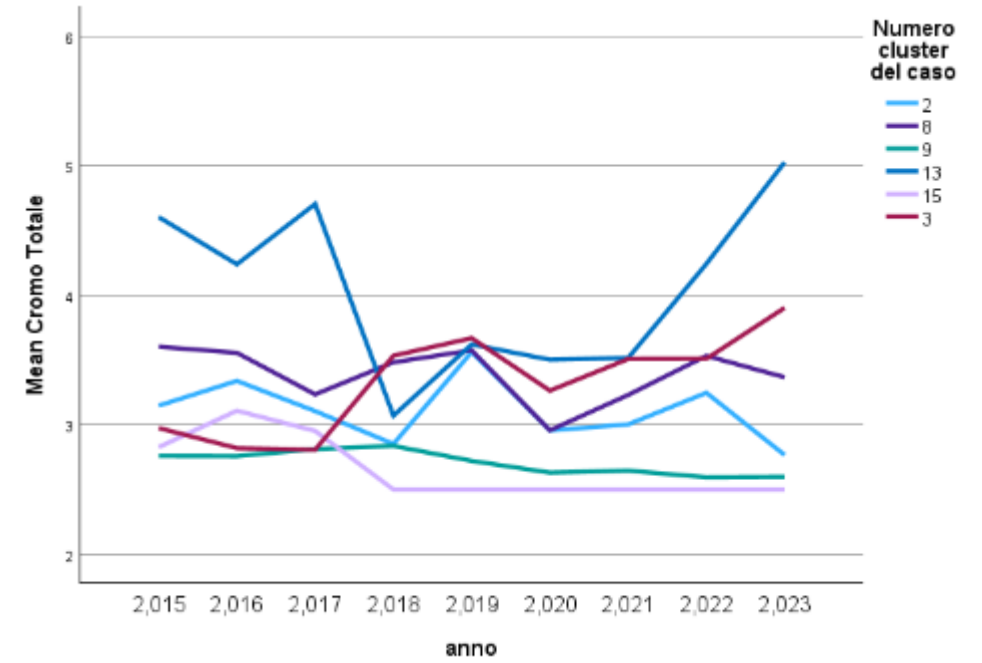
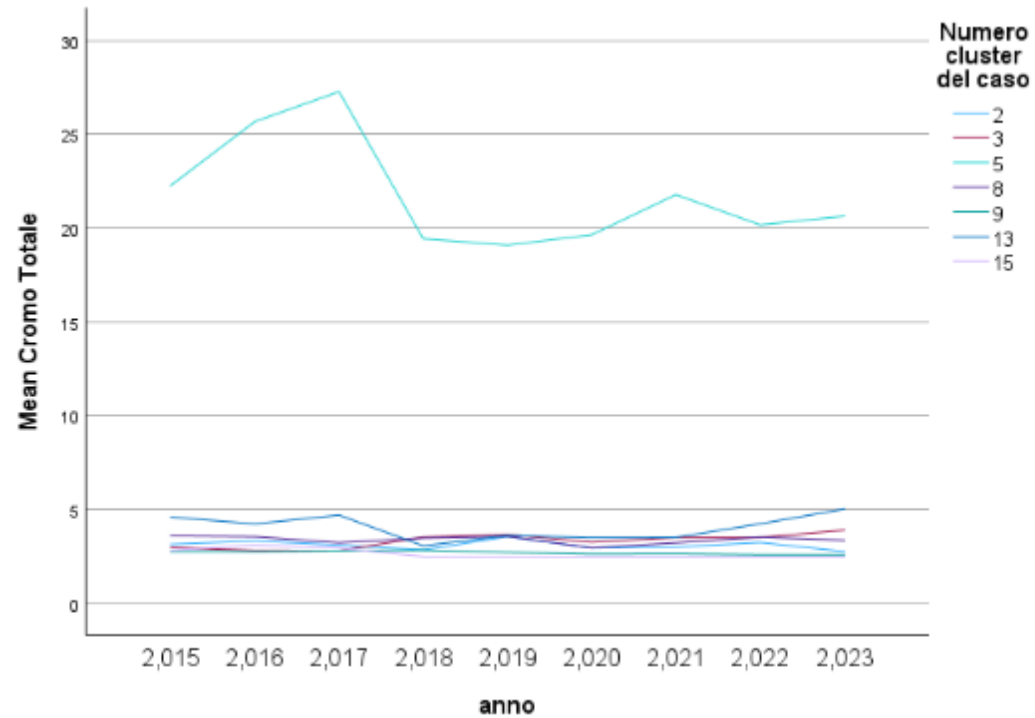
Trend TCM, TCE

Analisi 2015-2023



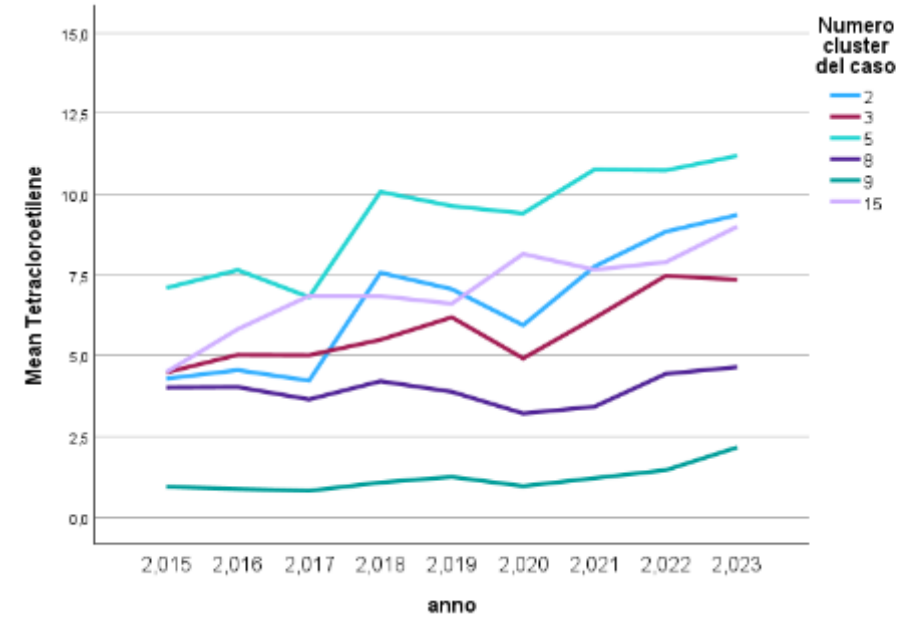
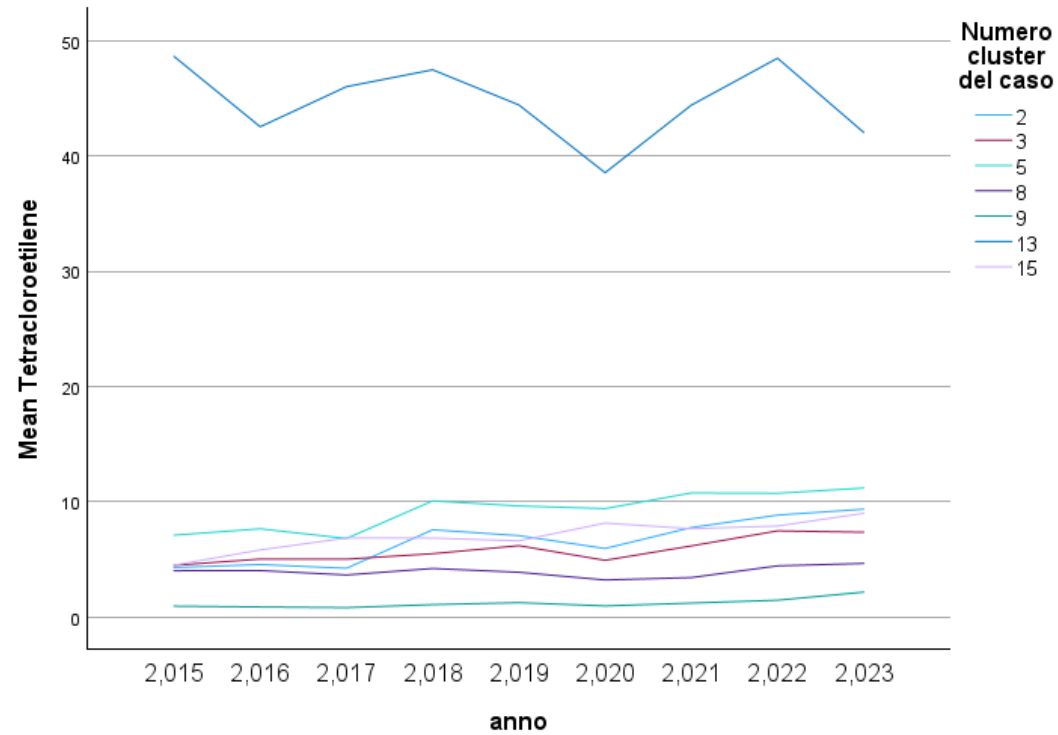
Trend Cr-tot

Analisi 2015-2023

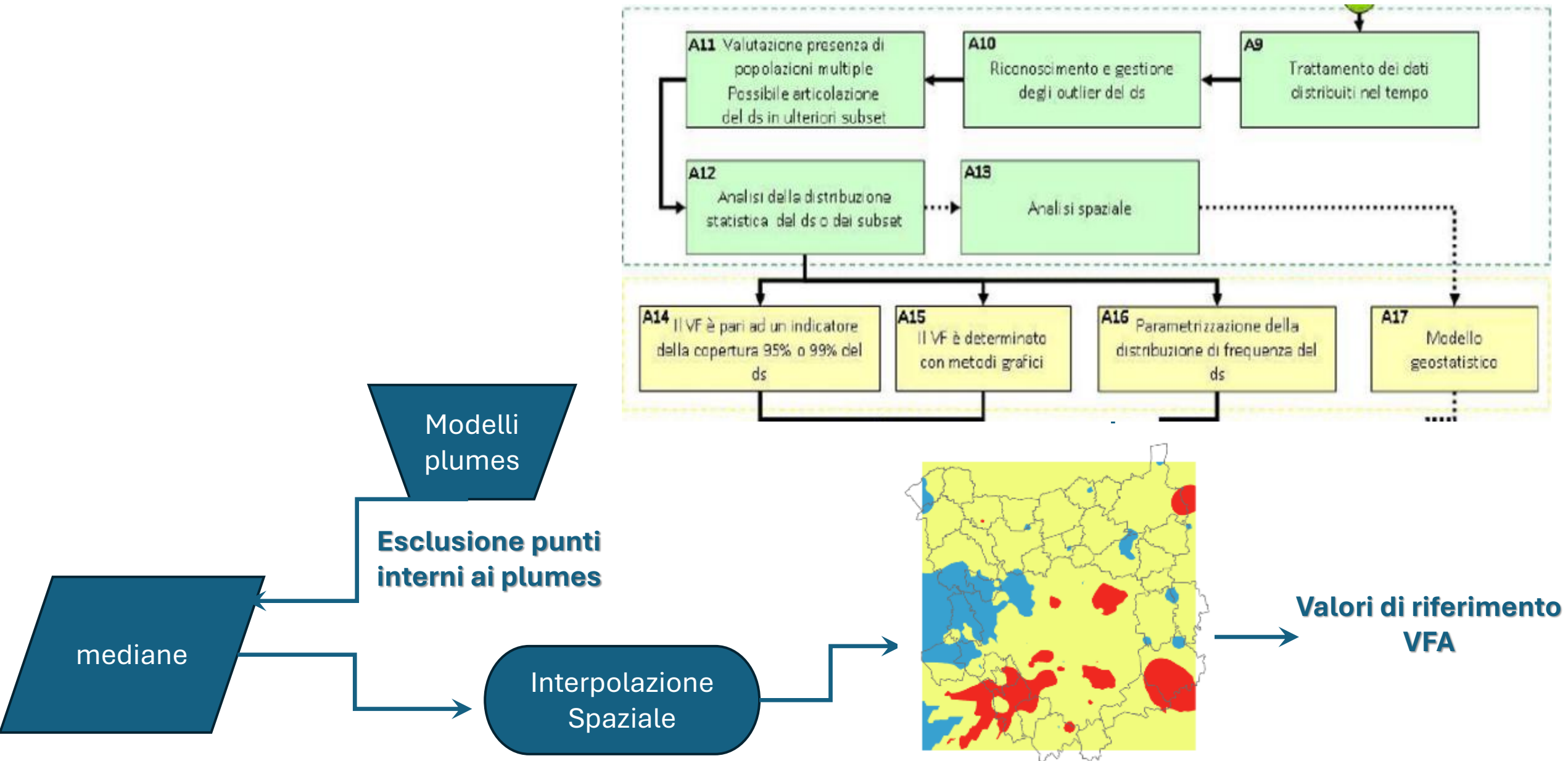


Trend PCE

Analisi 2015-2023

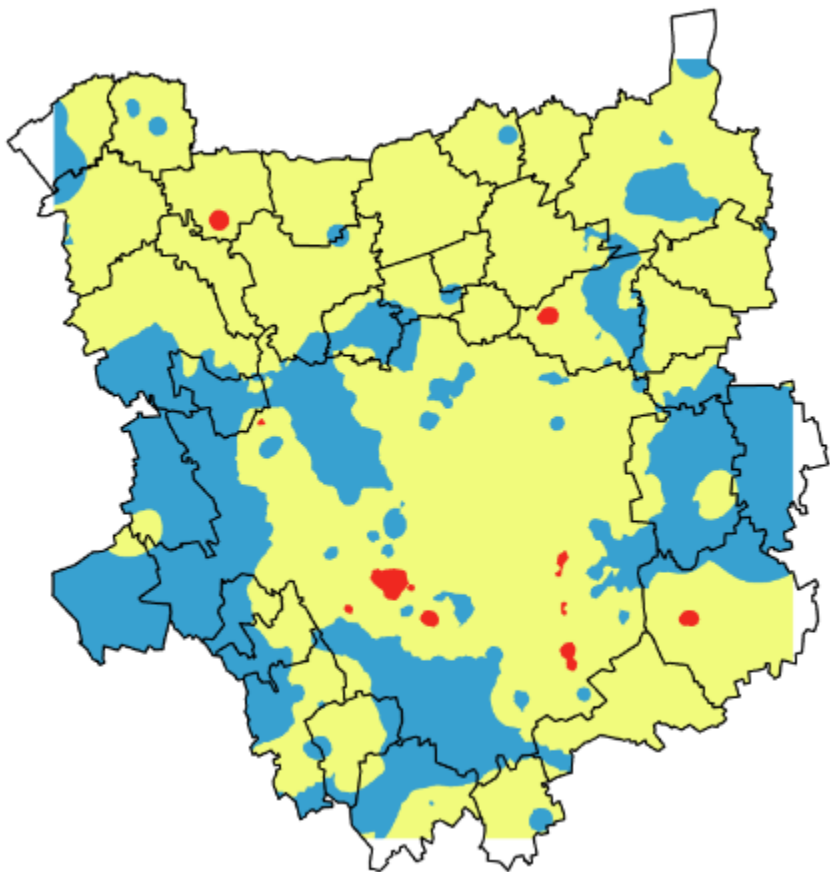


Analisi Spaziale e definizione dei VFA



Stima VFA: esempio di elaborazione

Acquifero A - PCE



Statistiche

Tetracloroetilene
acquiferi_num: A

		QCL1_nomiss					
		2,00	3,00	5,00	8,00	9,00	13,00
N	Valido	117	808	8	236	413	1
	Mancante	0	6	0	0	388	0
Media		375,62	20,27	11,55	4,78	0,60	25,00
Minimo		0	0	7	0	0	25
Massimo		19.650	3.345	18	76	17	25
Percentili	25	8,25	2,90	7,38	2,41	0,16	25,00
	50	23,00	5,90	10,70	3,40	0,44	25,00
	75	122,50	11,00	15,75	4,30	0,97	25,00
	90	644,80	25,00	.	8,63	1,24	25,00

Frequenza dei singoli cluster nella fascia gialla

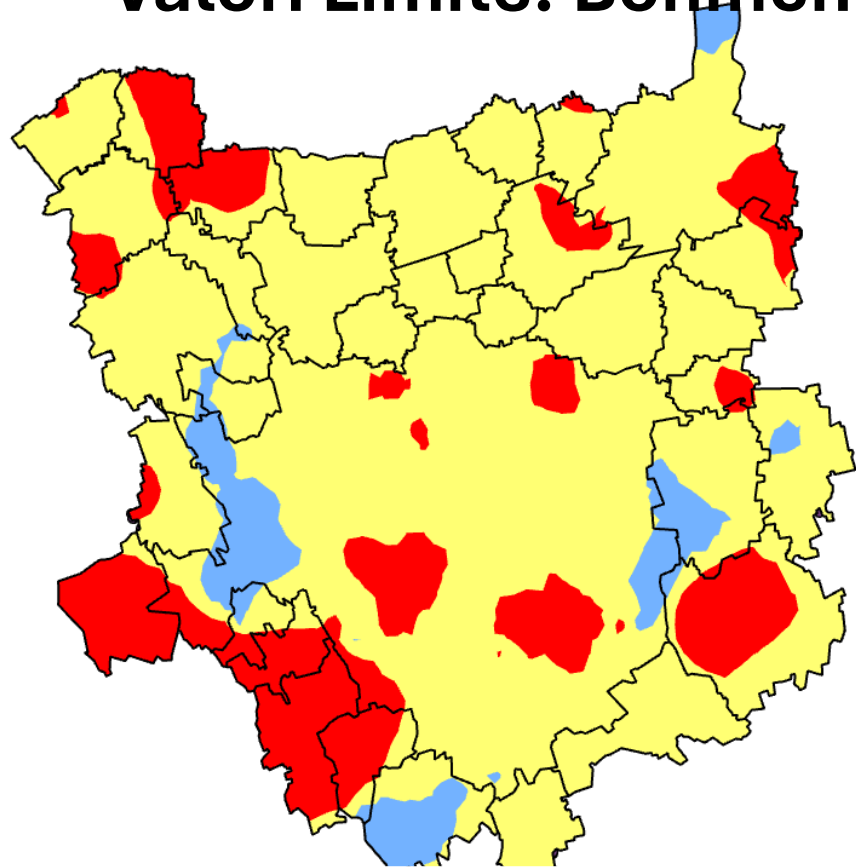
			QCL1_nomis						
			2	3	5	8	9	13	15
Predicted (Raccolto) <= 1,1	Conteggio		136	144	48	223	202	31	3
	% in Predicted (Raccolto)		17,0%	18,0%	6,0%	27,9%	25,3%	3,9%	0,4%
1,1 - 10	Conteggio		259	907	38	697	1.415	65	86
	% in Predicted (Raccolto)		7,4%	26,0%	1,1%	20,0%	40,6%	1,9%	2,5%
> 10	Conteggio		93	53	34	302	254	0	0
	% in Predicted (Raccolto)		12,5%	7,1%	4,6%	40,7%	34,2%	0,0%	0,0%
Totale		Conteggio	488	1.104	120	1.222	1.871	96	89
		% in Predicted (Raccolto)	9,7%	22,0%	2,4%	24,3%	37,2%	1,9%	1,8%

VFA: media pesata in base alle frequenze delle statistiche dei cluster

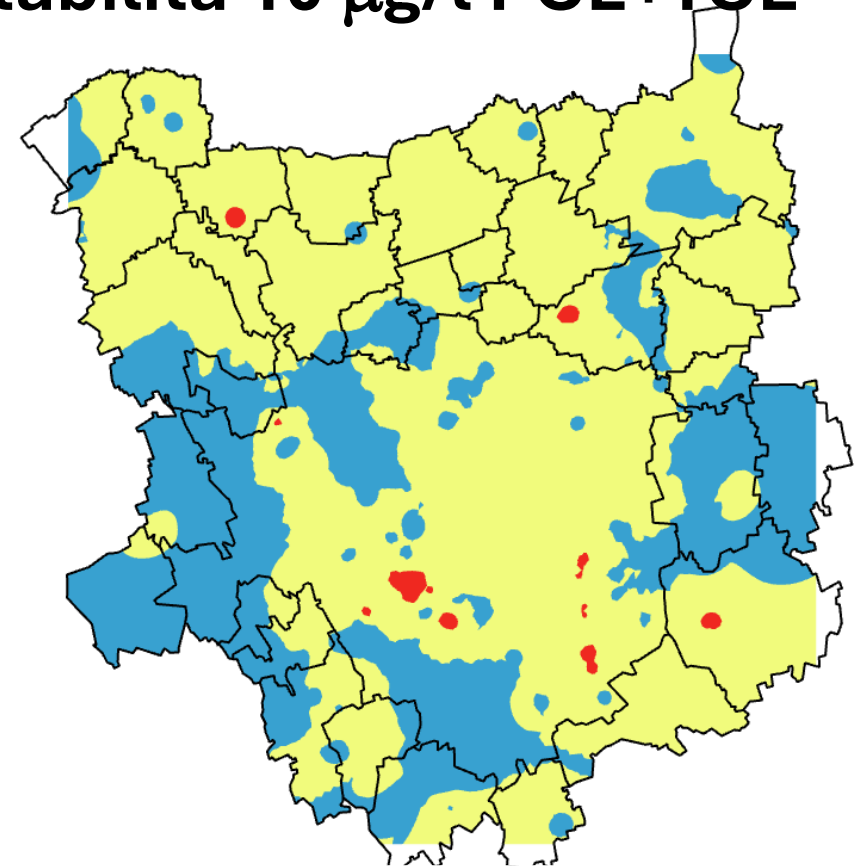
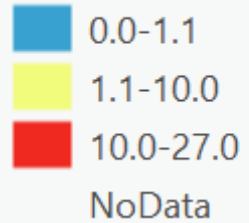
$$PCE_A = 0.074 \times 23 + 0.26 \times 5.9 + 0.01 \times 10.7 + 0.2 \times 3.4 + 0.406 \times 0.44 + 0.019 \times 25$$

Mappa Tetracloroetilene (PCE) – ACQUIFERI A E A/B

Valori Limite: Bonifiche CSC 1,1 µg/l – Potabilità 10 µg/l PCE+TCE



Filled Contours



DGR 6737/2017

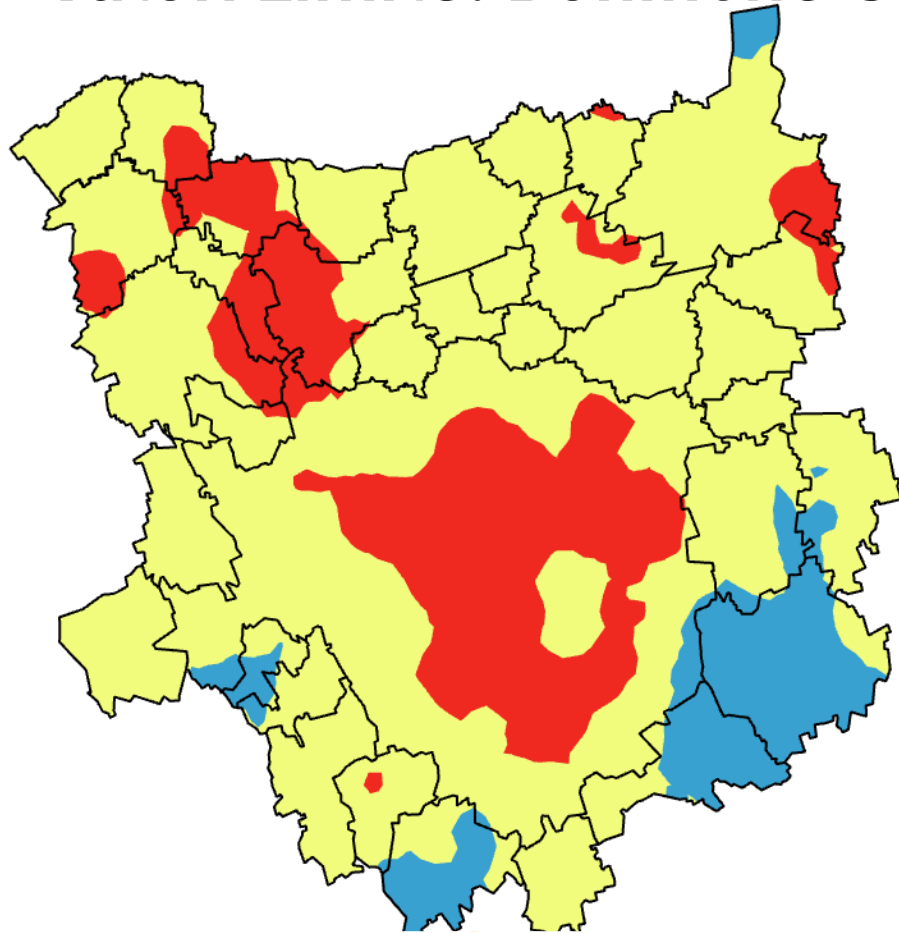
Area Separata (Acq. A)	5.1 µg/l	9.4 µg/l
Area indifferenziata (Acq. AB)	2.9 µg/l	7.4 µg/l

VFA AGGIORNATI AL 2023

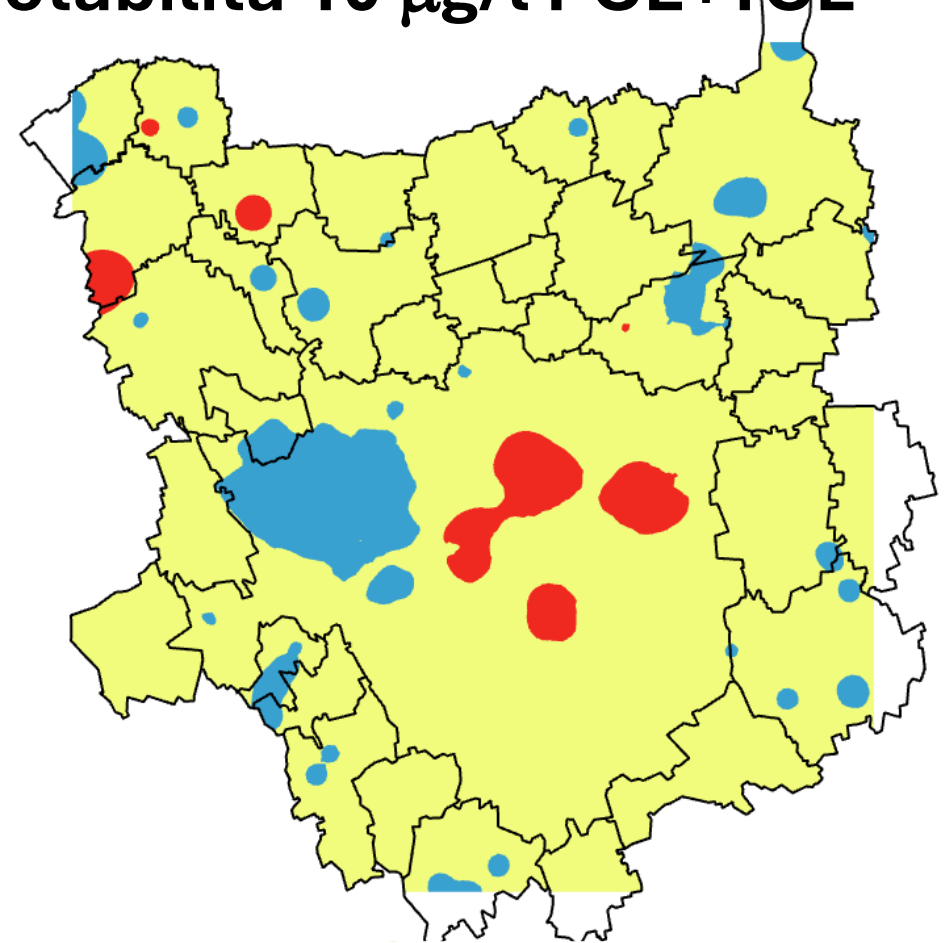
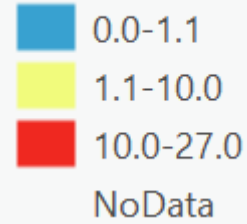
Area Separata (Acq. A)	6.3 µg/l	9.0 µg/l
Area indifferenziata (Acq. AB)	3.4 µg/l	

Mappa Tetracloroetilene (PCE) – ACQUIFERO B

Valori Limite: Bonifiche CSC 1,1 µg/l – Potabilità 10 µg/l PCE+TCE



Filled Contours



DGR 6737/2017

Area Separata
(Acq. B)

6.1

18.1

VFA AGGIORNATI AL 2023

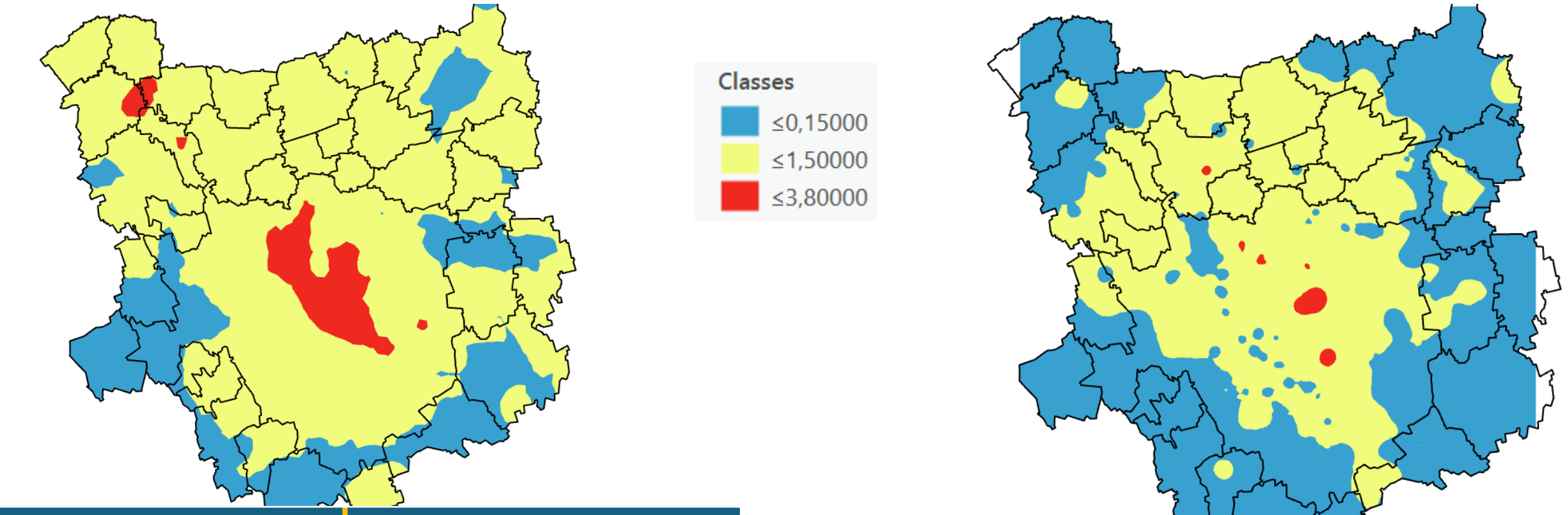
Area Separata
(Acq. B)

4.8

11.8

Mappa Triclorometano (TCM) – ACQUIFERI A E A/B

Valori Limite: CSC 0,15 µg/l – Potabilità 30 µg/l Somma trialometani

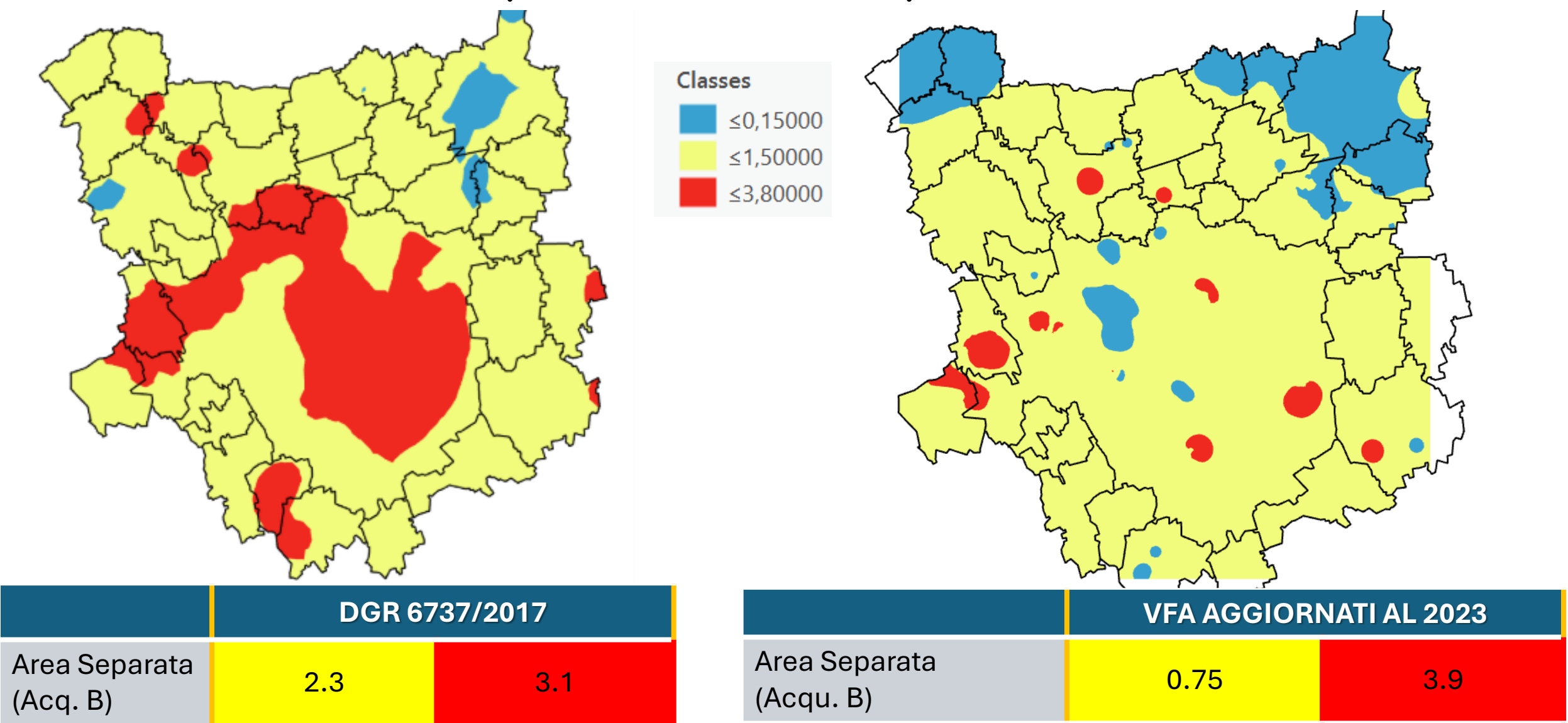


	DGR 6737/2017	
Area Separata (Acq. A)	0.7	1.5
Area indifferenziata (Acq. AB)	0.5	-

	VFA AGGIORNATI AL 2023	
Area Separata (Acq. A)	0.3	1.1
Area indifferenziata (Acq. AB)	0.4	-

Mappa Triclorometano (TCM) – ACQUIFERO B

Valori Limite: CSC 0,15 µg/l – Potabilità 30 µg/l Somma trialometani

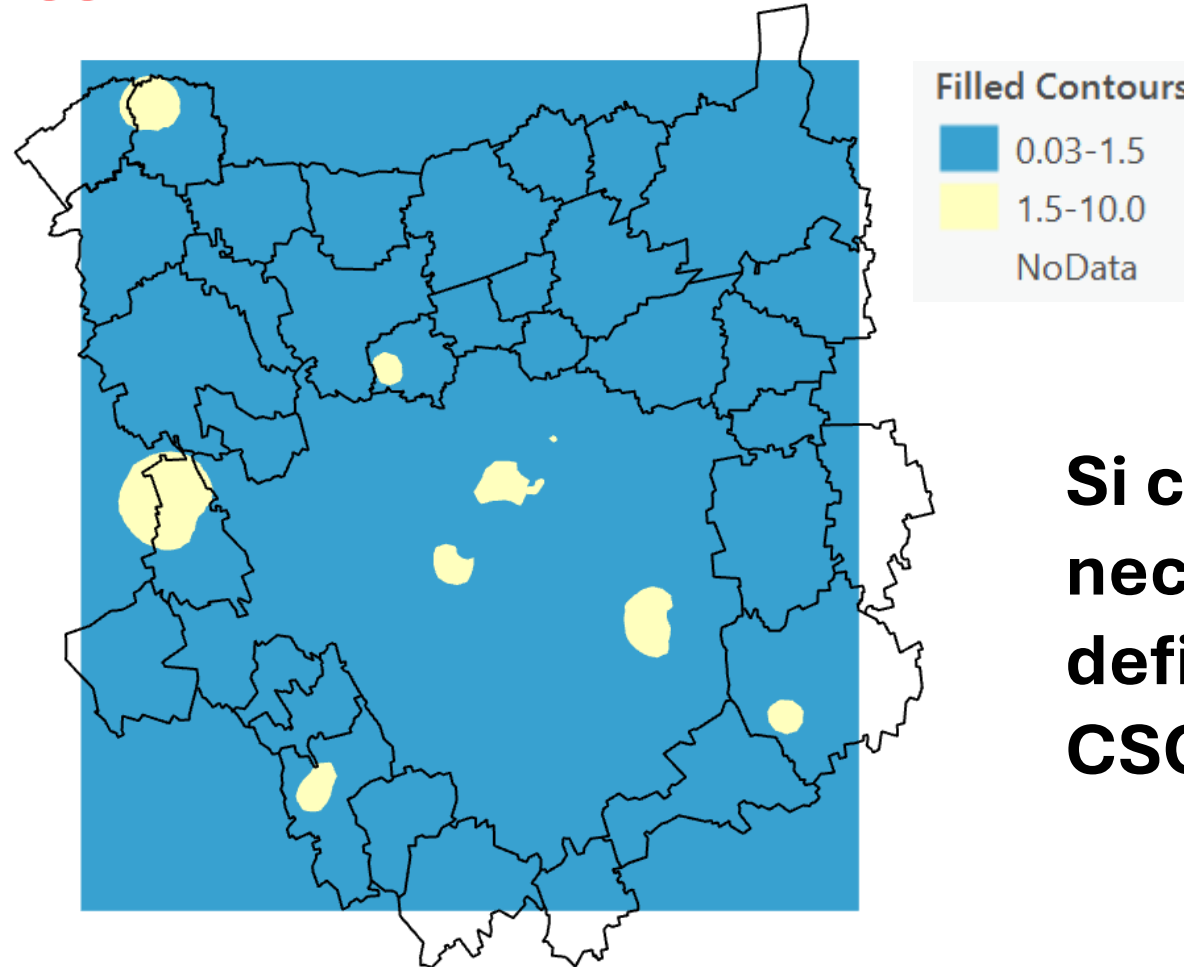


Mappa Tricloroetilene (TCE) – ACQUIFERO B

Valori Limite: Bonifiche CSC 1,5 µg/l – Potabilità 10 µg/l PCE+TCE

Aggiornamento al 2023

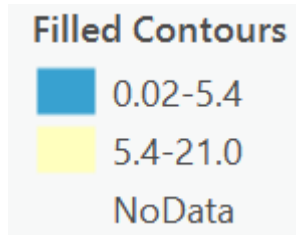
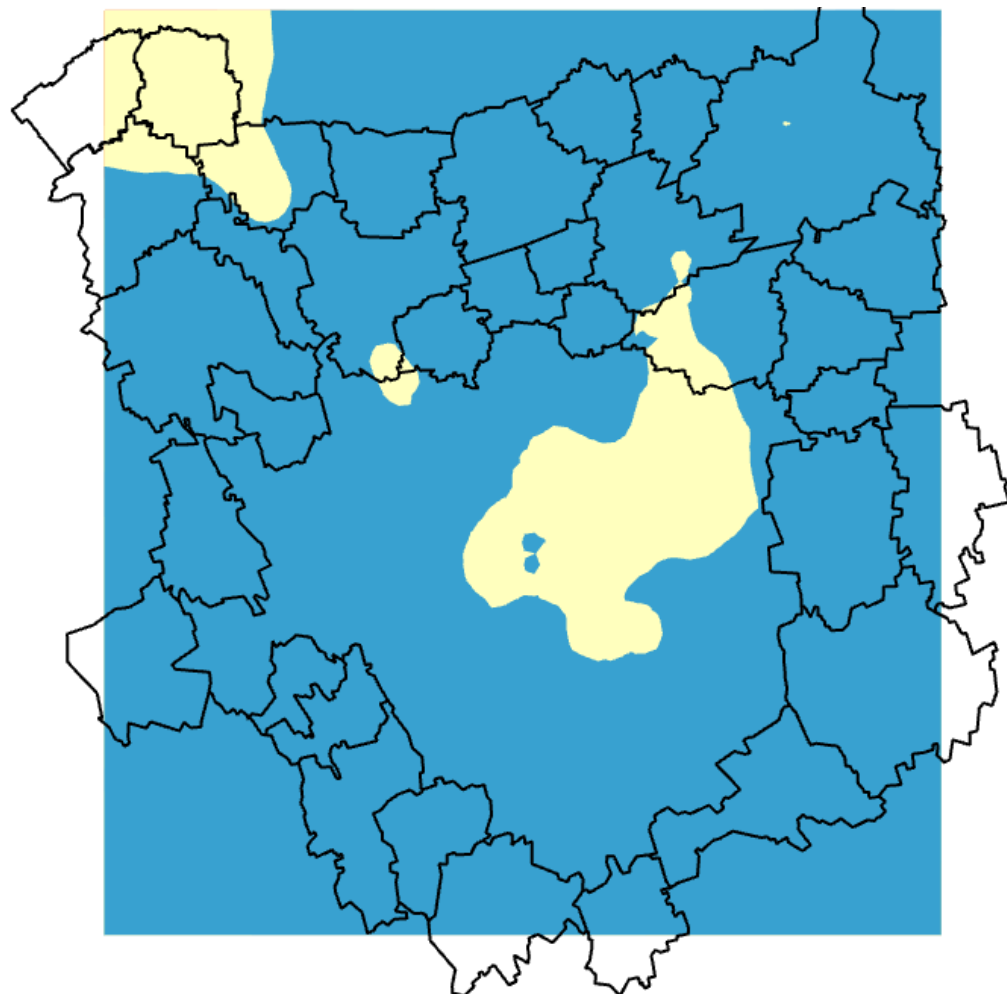
Acquifero B



**Si conferma la non
necessità di
definizione di un VFA >
CSC normativa**

Mappa Cromo totale (Cr-tot) – ACQUIFERO B

Valori Limite Cr-tot: CSC 50 µg/l – Potabilità 25 µg/l Cromo tot (dal 01.01.2026)



**Proposta VFA Cr-VI:
CSC 5 µg/l ; Potabilità 25 µg/l Cromo tot**

	VFA AGGIORNATI AL 2023	
Area Separata (Acq. B)	-	7.8
Area indifferenziata (Acq. AB)	-	6.0

CONFRONTO PROPOSTA NUOVI VFA RISPETTO AI VALORI VIGENTI

	Tetracloroetilene (PCE, µg/l)		Triclorometano (TCM, µg/l)		Cromo VI (Cr VI, µg/l)
	Fascia gialla 50° Percentile	Fascia rossa 75° Percentile	Fascia gialla 50° Percentile	Fascia rossa 75° Percentile	Fascia rossa 75° Percentile
	DGR 6737/2017				
Area Separata (A)	5.1	9.4	0.7	1.5	-
Area Separata (B)	6.1	18.1	2.3	3.1	-
Area indifferenziata (AB)	2.9	7.4	0.5	-	-
	VFA AGGIORNATI AL 2023				
Area Separata (A)	6.3	9.0	0.3	1.1	
Area Separata (B)	4.8	11.8	0.75	3.9	7,8
Area indifferenziata (AB)	3.4		0.4	-	6.0



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE

Grazie per l'attenzione



