

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle acque sotterranee e superficiali

Dinamiche di infiltrazione di sostanze indesiderate e nitrati nell'acquifero della Val di Chiana

27 ottobre 2023

Dr. Geol. Stefano Menichetti – ARPAT Dipartimento di Arezzo - s.menichetti@arpat.toscana.it

Dr. Geol. Marcello Panarese – ARPAT Dipartimento di Siena – m.panarese@arpat.toscana.it

Argomenti

I dati del monitoraggio ambientale dei corpi idrici sotterranei

- Rapporto triennale ARPAT 2019-2021
 - LG SNPA 161/17
 - Analisi di dettaglio e aggiornamento al 2022

I rapporti con lo stato quantitativo

- Analisi serie temporali rappresentative
 - Stazione ARPAT: ferro manganese nitrati
 - Pluviometro Cesa
 - Freatimetro Cesa
 - Cross correlazione quantità – qualità

Il focus sul 2022

- I dati di monitoraggio del gestore Nuove Acque

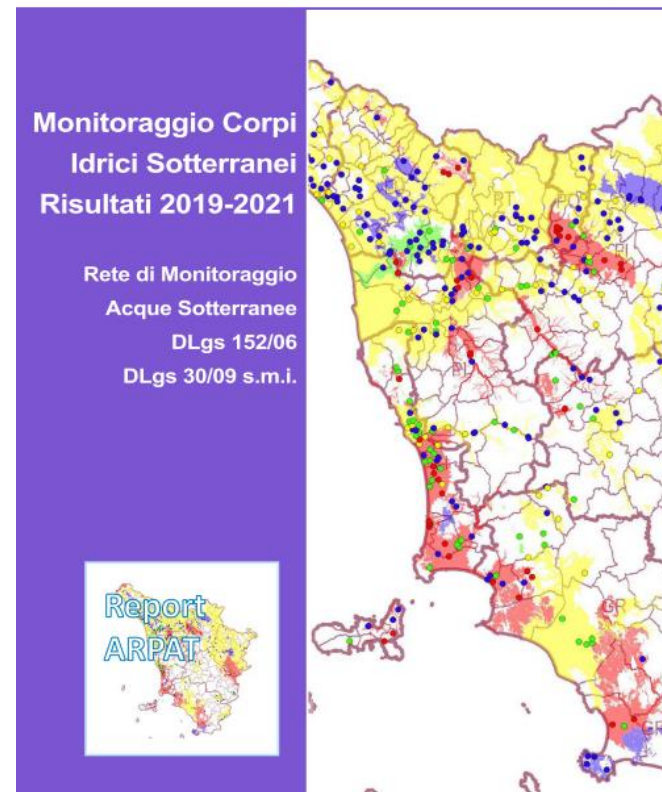
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale – rapporto triennale ARPAT 19-21

- Rapporto triennale di ARPAT di classificazione dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei significativi
 - WFD 2000/60/CE, GWD 2006/118/CE).
 - DLgs 152/06, DLgs 30/2009s.m.i.)
 - DGRT 100/2010 e DGRT 847/2013
- Il programma prevede:
 - monitoraggio di sorveglianza eseguito ogni tre anni con ricerca estesa di potenziali inquinanti.
 - monitoraggio operativo di frequenza annuale limitato ai parametri critici per i corpi idrici classificati a rischio del non raggiungimento del buono stato chimico



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

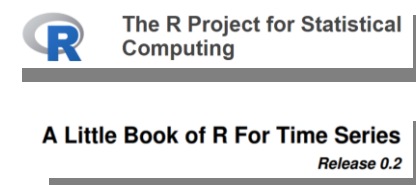
Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale – rapporto triennale ARPAT 19-21

periodo	stato chimico	corpo idrico		sostanze
2019 - 2021	SCARSO	11ar030-1	VAL DI CHIANA FALDA PROFONDA	ferro, manganese, sodio, nitrito
2019 - 2021	SCARSO	11ar030	VAL DI CHIANA	ione ammonio

- Stato scarso nel triennio 2019-2021
 - ferro, manganese, sodio e nitrito per la falda profonda
 - Ione ammonio per l'acquifero superiore
- I parametri dello stato scarso della falda profonda hanno esibito, attraverso l'analisi indicata dalla LG SNPA CNR 161/17 *tendenze statisticamente significative*
 - **Incremento ambientalmente significativo per Fe, Mn**
 - **Inversione nitrati**



Tendenze

- incremento statisticamente significati
- incremento ambientalmente significat
- inversione
- stazionaria / decremento

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023

I dati del monitoraggio ambientale –tendenze FERRO e MANGANESE

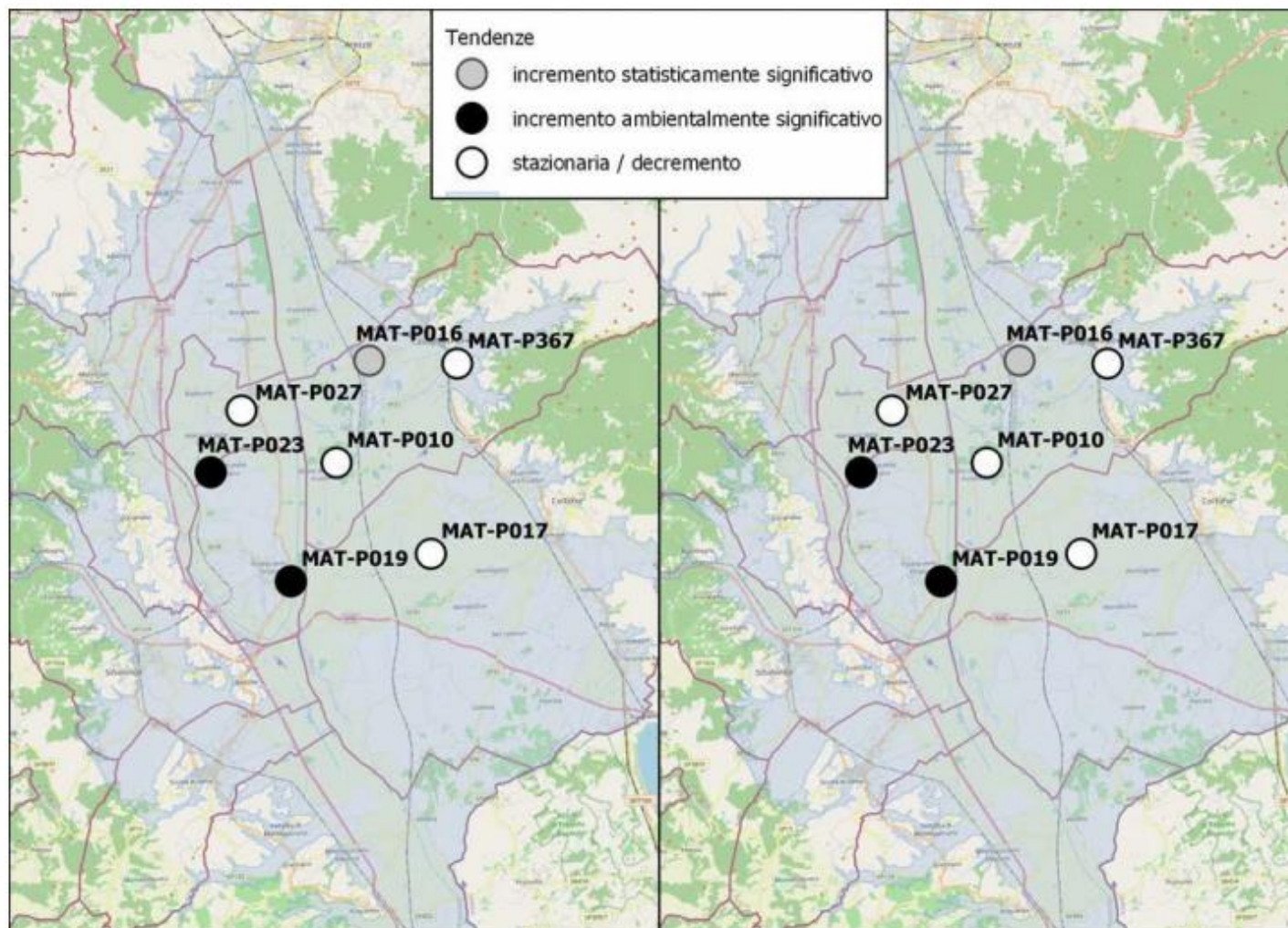


Figura 16: Mappa delle tendenze di ferro e manganese nella falda profonda della Chiana

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale - FERRO

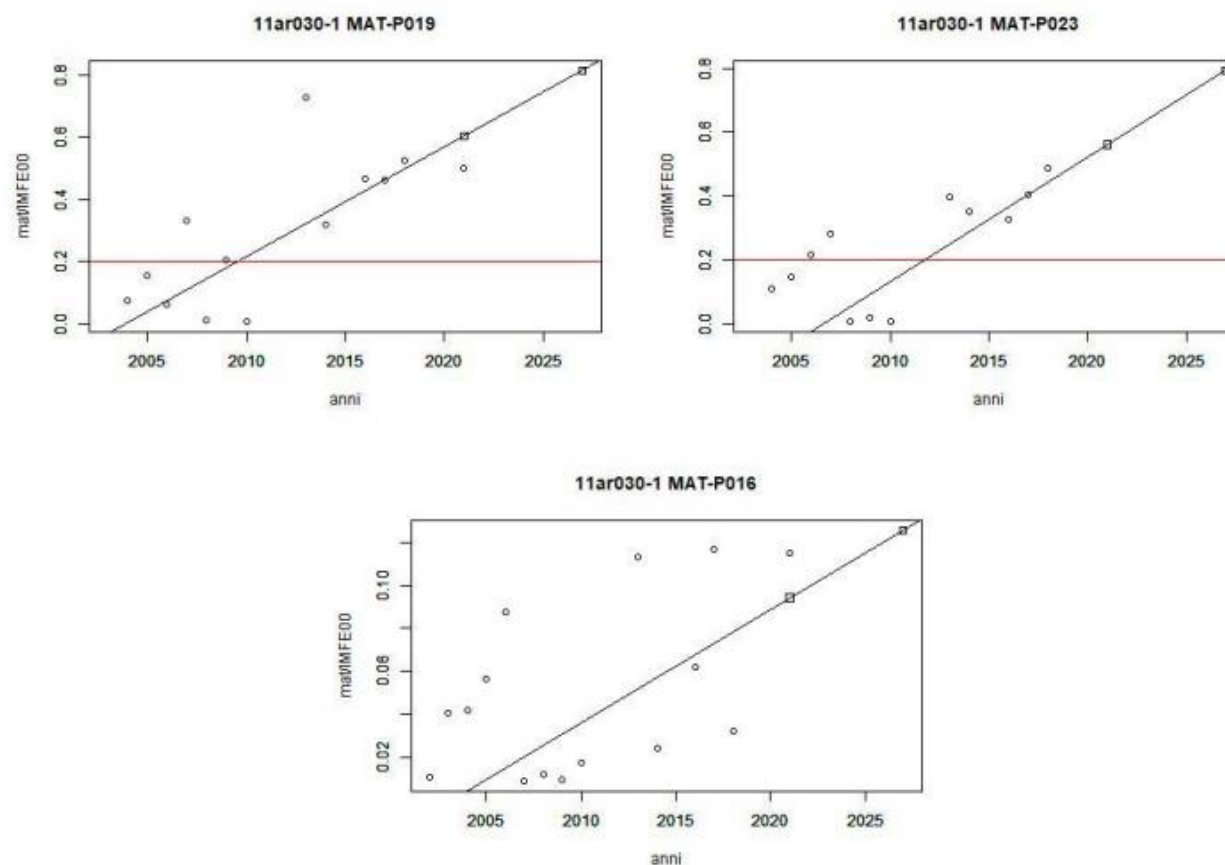


Figura 17: Tendenze ascendenti del ferro nella falda profonda della Chiana

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale - MANGANESE

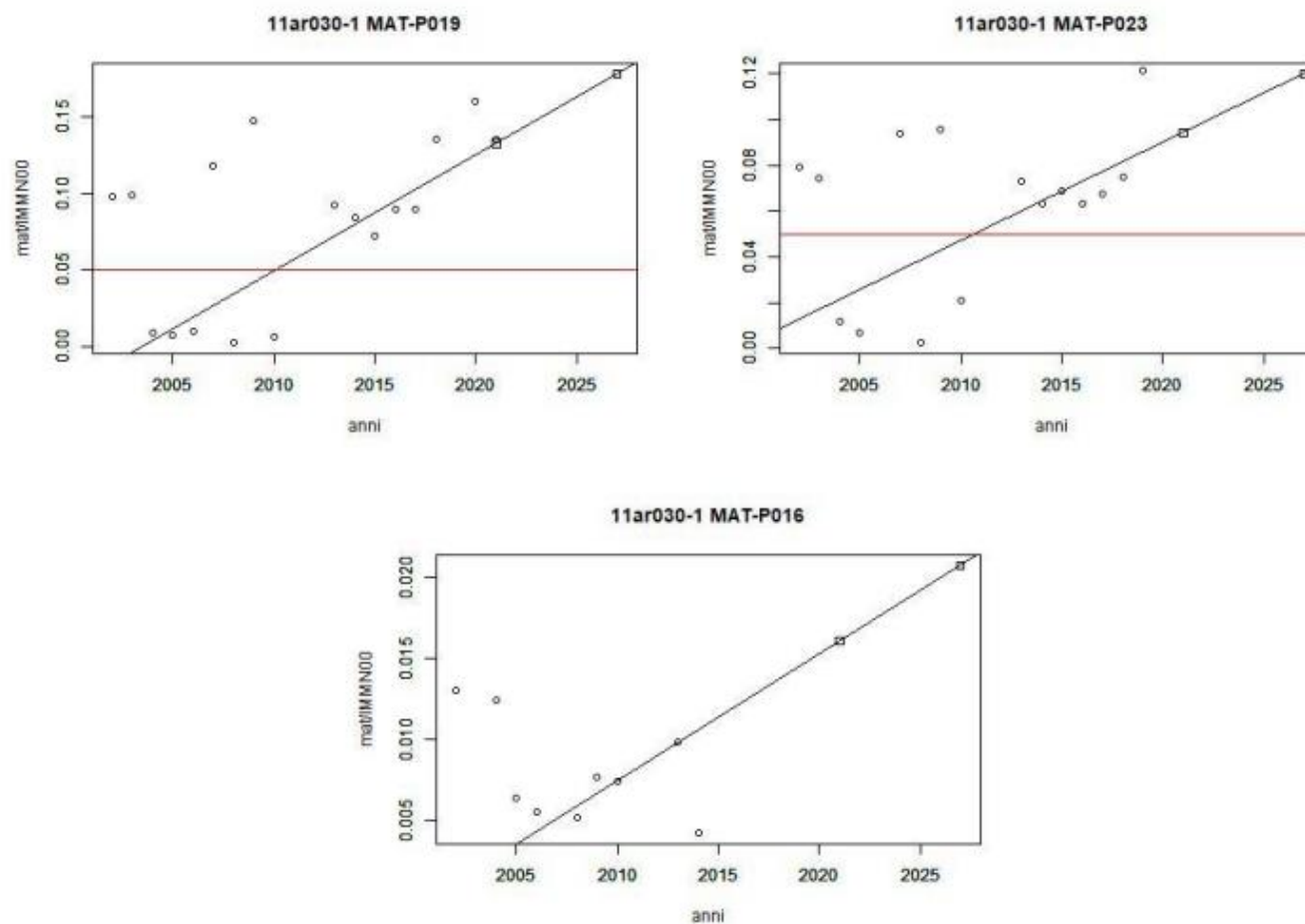


Figura 18: Tendenze ascendenti del manganese nella falda profonda della Chiana

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale – tendenze NITRATI

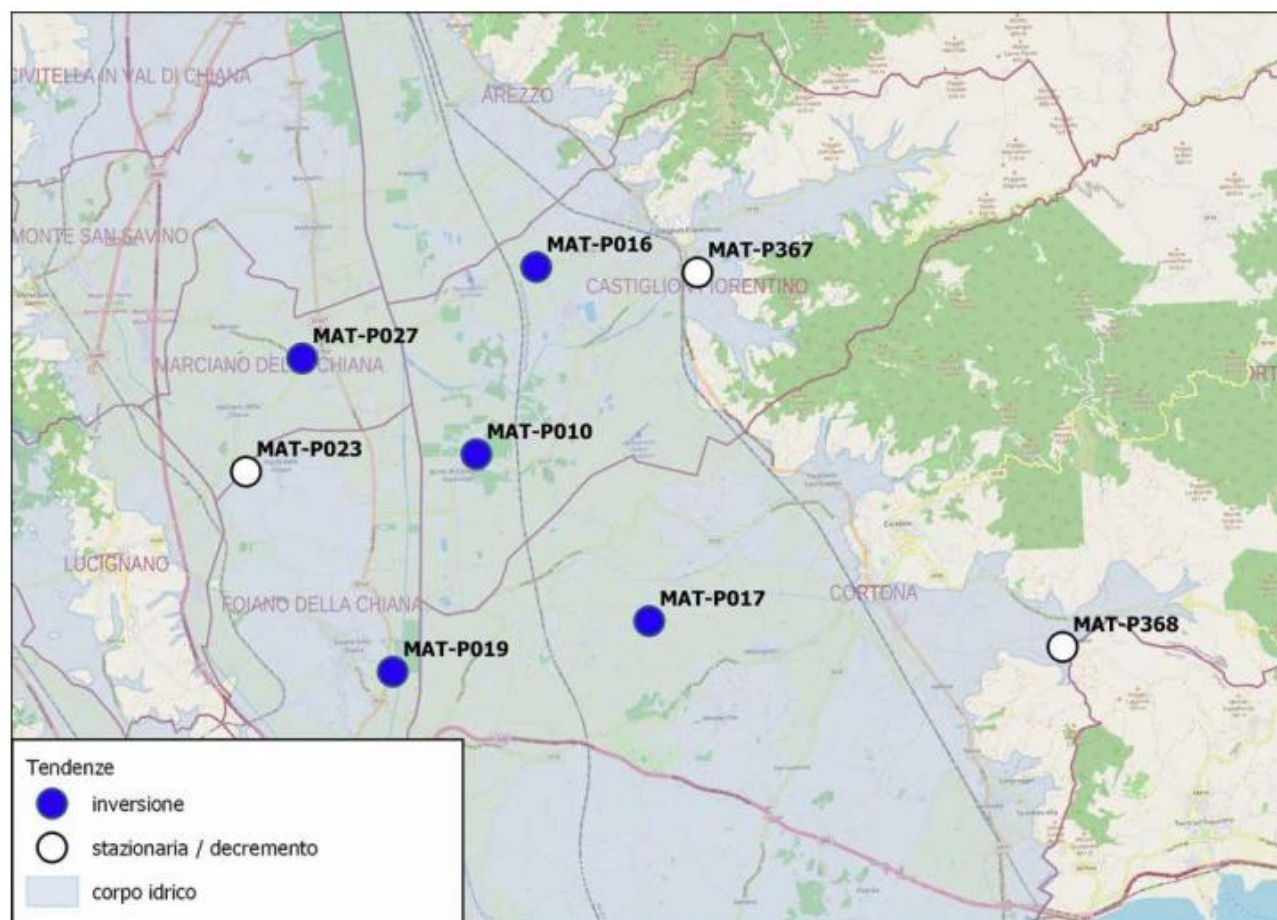


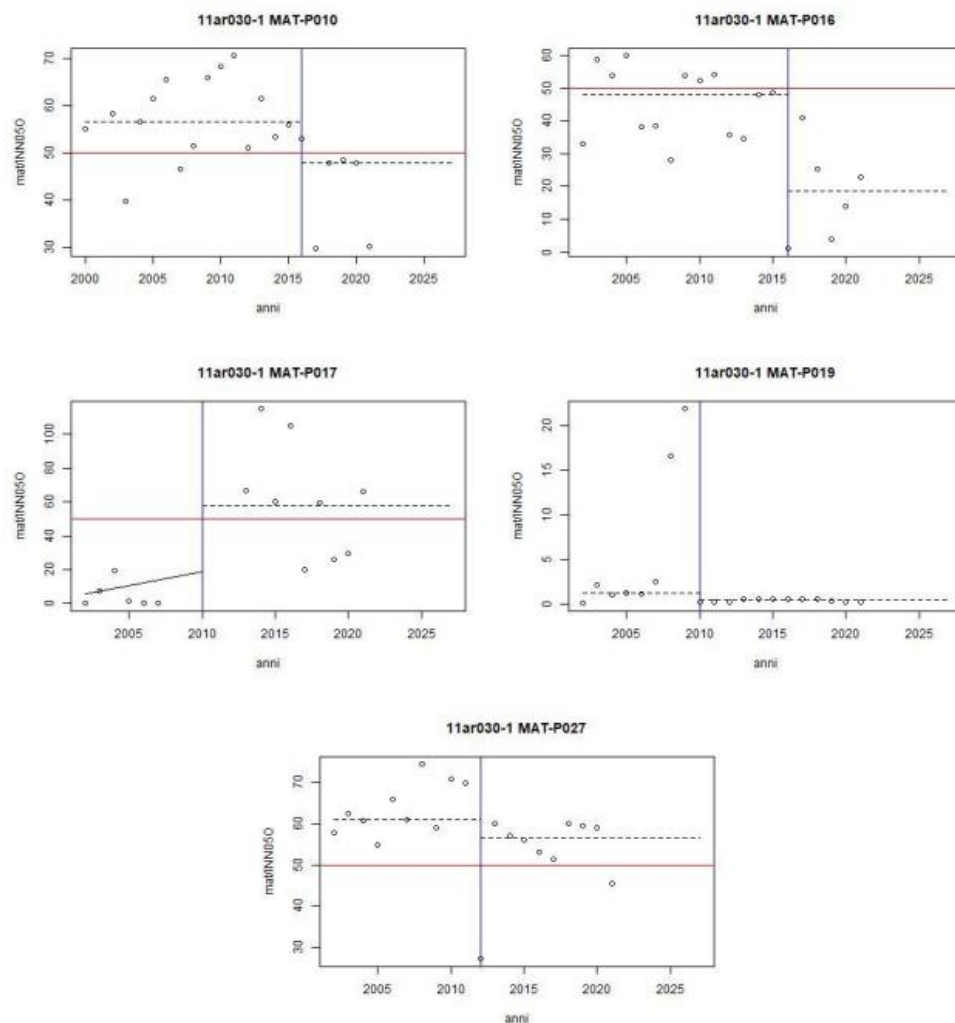
Figura 19: Mappa delle tendenze dei nitrati nella falda profonda della Chiana

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale - NITRATI



- **Inversione** in s.l.
 - Le due sezioni pre / pos possono esibire tendenze
 - **Incremento**
 - Stazionarie e caratterizzate dal valore mediano
 - **Decremento**

		<i>pos</i>		
		<i>inc</i>	<i>sta</i>	<i>dec</i>
<i>pre</i>	<i>inc</i>	ii+ ii-	is	id
	<i>sta</i>	si	ss+ ss-	sd
	<i>dec</i>	di	ds	dd+ dd-

Figura 20: Tendenze d'inversione dei nitrati nella falda profonda della Chiana

*precedente o posteriore alla separazione dal test di Pettitt

I dati del monitoraggio ambientale – SISTEMA ACQUIFERO CHIANA

- *Sistema Acquifero Val di Chiana:*
 - **Alluvioni «recenti» post glaciali fondovalle:**
 - ghiaie a max 30 – 40 m da p,c,
 - **Sintema pleistocenico Val di Chiana (Depositi fluviolacustri)**
 - **Sub-sintema Cantarino (ciottoli arrossati) – pleistocene medio superiore**
 - **Sub-sintema Marciano (sabbie) – pliocene sup pleistocene inferiore**
 - **Formazioni Sabbie plioceniche (pliocene inferiore medio)**
 - **Arenarie substrato**

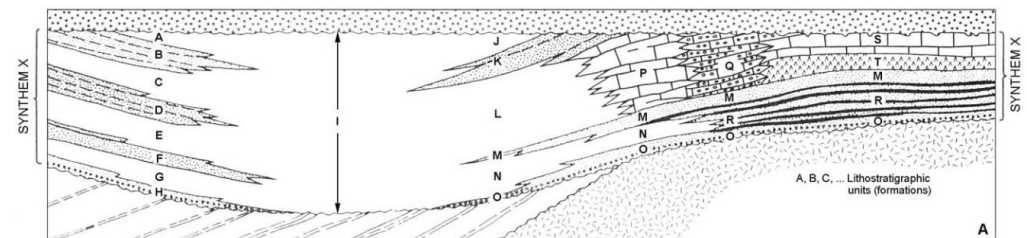


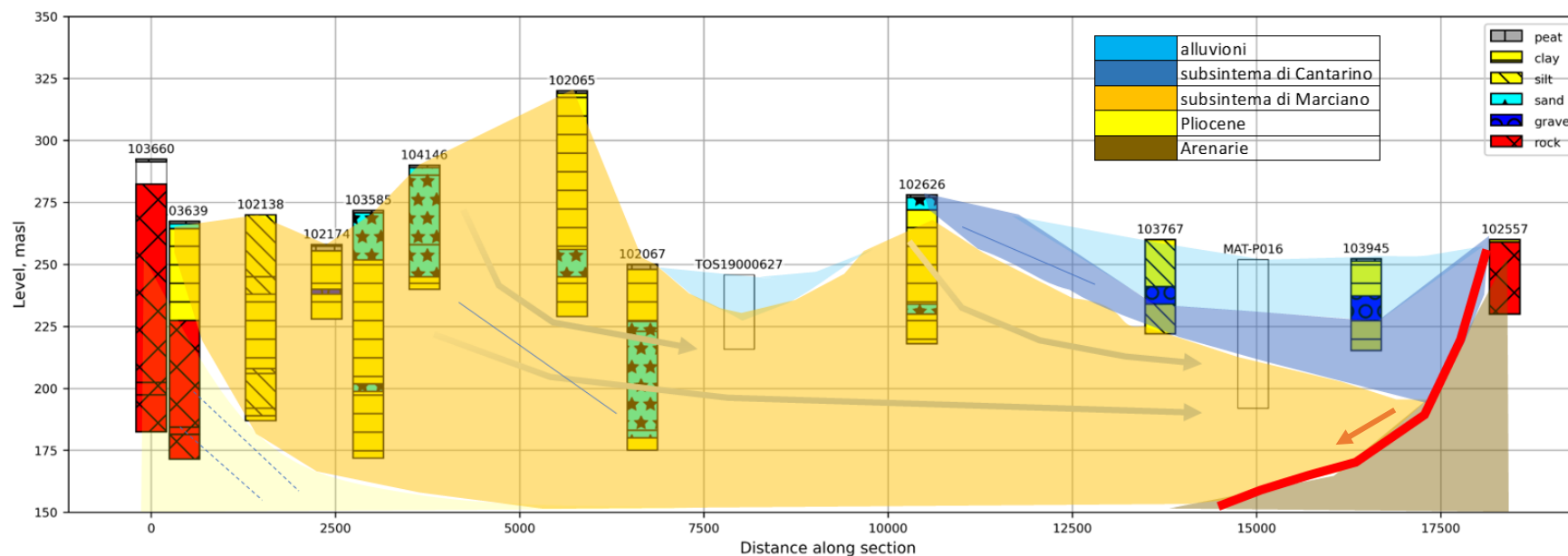
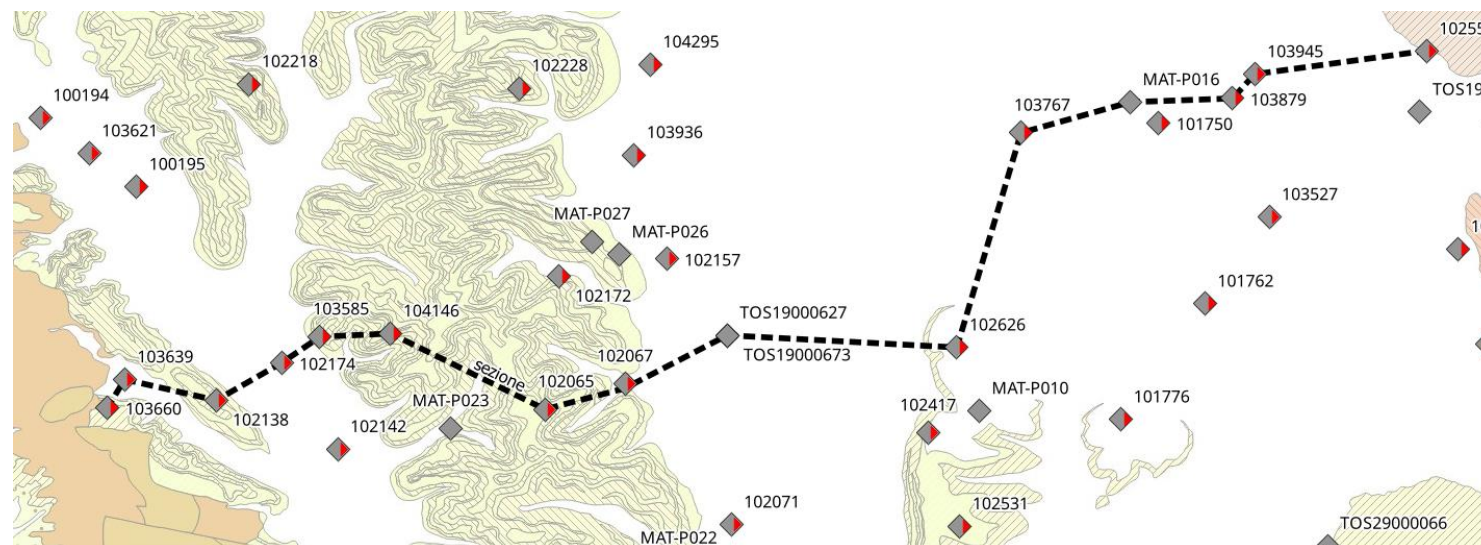
Fig. 2 - Unità a limiti inconformi così formalizzate da SALVADOR, 1994.

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



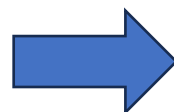
I dati del monitoraggio ambientale – CONTESTO GEOLOGICO



I dati del monitoraggio ambientale – SERIE SEMESTRALI

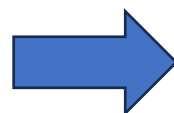
- L'analisi di dettaglio sui **dati semestrali** sulla falda profonda della Val di Chiana

Analisi
tendenze
monotoniche



Frequenza di monitoraggio	Numero minimo di anni	Numero massimo di anni	Numero minimo di misure
Annuale	8	15	8
Semestrale	5	15	10
Trimestrale	5	15	15

Analisi
inversione



Frequenza di monitoraggio	Numero minimo di anni	Numero massimo di anni	Numero minimo di misure
Annuale	14	30	14
Semestrale	10	30	18
Trimestrale	10	30	30

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale – ANALISI DETTAGLIO FERRO

- Ferro => generale INCREMENTO

stazione	periodo	anni	median	slope	change_time	med_pre	slope_pre	med_pos	slope_pos	esito
MAT-P010	2002-2022	18	0,01	0E+00						sta
MAT-P012	2002-2007	6	0,01	0E+00						sta
MAT-P016	2002-2022	18	0,03	1E-03	2011	0,01	0E+00	0,07	0E+00	ss+
MAT-P017	2003-2022	14	0,12	-8E-03						dec
MAT-P019	2003-2022	17	0,32	2E-02	2012,5	0,13	0E+00	0,52	0E+00	ss+
MAT-P023	2003-2022	17	0,29	2E-02	2012	0,11	0E+00	0,40	1E-01	si
MAT-P027	2002-2022	17	0,01	3E-04						inc
MAT-P028	2002-2010	9	0,11	-3E-02	2004,5	0,60		0,03	0E+00	dec
MAT-P367	2002-2022	18	0,03	0E+00						sta
MAT-P368	2002-2022	17	0,08	2E-03	2013,5	0,03	-5E-03	0,32	0E+00	ds
MAT-P804	2016-2022	7	0,85	0E+00						sta

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale – SERIE SEMESTRALI

- **Manganese = > generale INCREMENTO**

stazione	periodo	anni	median	slope	change_time	med_pre	slope_pre	med_pos	slope_pos	esito
MAT-P010	2002-2022	19	0,003	0E+00						sta
MAT-P012	2002-2007	6	0,003	0E+00						sta
MAT-P016	2002-2022	19	0,01	2E-03	2015	0,01	0E+00	0,75	0E+00	ss+
MAT-P017	2002-2022	16	0,03	0E+00	2015,5	0,02	-2E-03	0,06	0E+00	ds
MAT-P019	2002-2022	19	0,09	3E-03	2016,5	0,07	0E+00	0,15	0E+00	ss+
MAT-P023	2002-2022	19	0,07	3E-03	2019,5	0,07	0E+00	0,45		inc
MAT-P027	2002-2022	19	0,00	0E+00						sta
MAT-P028	2002-2010	9	0,03	0E+00						sta
MAT-P367	2002-2022	19	0,48	1E-02	2011,5	0,18	0E+00	0,56	0E+00	ss+
MAT-P368	2002-2022	19	0,25	4E-03						inc
MAT-P804	2015-2022	8	0,23	0E+00						sta

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale – SERIE SEMESTRALI

• Nitrati => generale INVERSIONE

stazione	periodo	anni	median	slope	change_time	med_pre	slope_pre	med_pos	slope_pos	esito
MAT-P028	2002-2011	10	0,9	7E-02						inc
MAT-P367	2002-2022	21	1,5	0E+00	2008,5	2,165	0E+00	1,1	3E-02	si
MAT-P017	2002-2022	16	20	4E-01	2012	1,0375	1E-01	43,8	0E+00	is
MAT-P010	2002-2022	21	53,75	-4E-01	2015,5	57,8	0E+00	48	-6E-01	sd
MAT-P016	2002-2022	21	42,9	-9E-01	2012	52	0E+00	31	0E+00	ss-
MAT-P027	2002-2022	21	60	0E+00	2012	61,6	0E+00	54,9	0E+00	ss-
MAT-P012	2002-2007	6	42,3	0E+00						sta
MAT-P019	2002-2022	21	0,5	0E+00						sta
MAT-P023	2002-2022	21	0,5	0E+00						sta
MAT-P368	2002-2022	21	0,375	0E+00						sta
MAT-P804	2015-2022	8	0,5	0E+00						sta

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

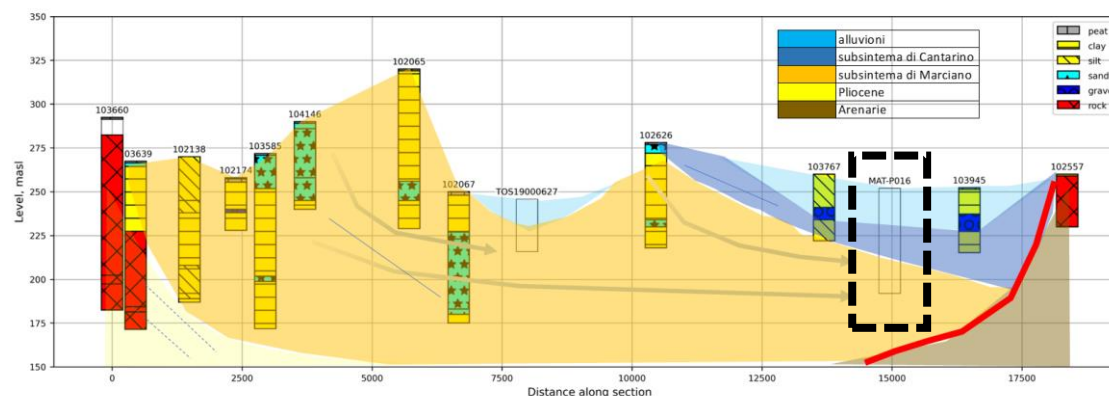
Venerdì 27 ottobre 2023



I dati del monitoraggio ambientale: ANALISI DI DETTAGLIO SERIE TEMPORALE

stazione	parametro	periodo	anni	median	slope	change_time	med_pre	slope_pre	med_pos	slope_pos	esito
MAT-P016	mat/IMFE00	2002-2022	18	0,03	1E-03	2011	0,01	0E+00	0,07	0E+00	SS+
MAT-P016	mat/IMMN00	2002-2022	19	0,01	2E-03	2015	0,01	0E+00	0,75	0E+00	SS+
MAT-P016	mat/INN050	2002-2022	21	42,9	-9E-01	2012	52	0E+00	31	0E+00	SS-

- MAT-P016 POZZO MANCIANO
- Profondità 60 metri



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

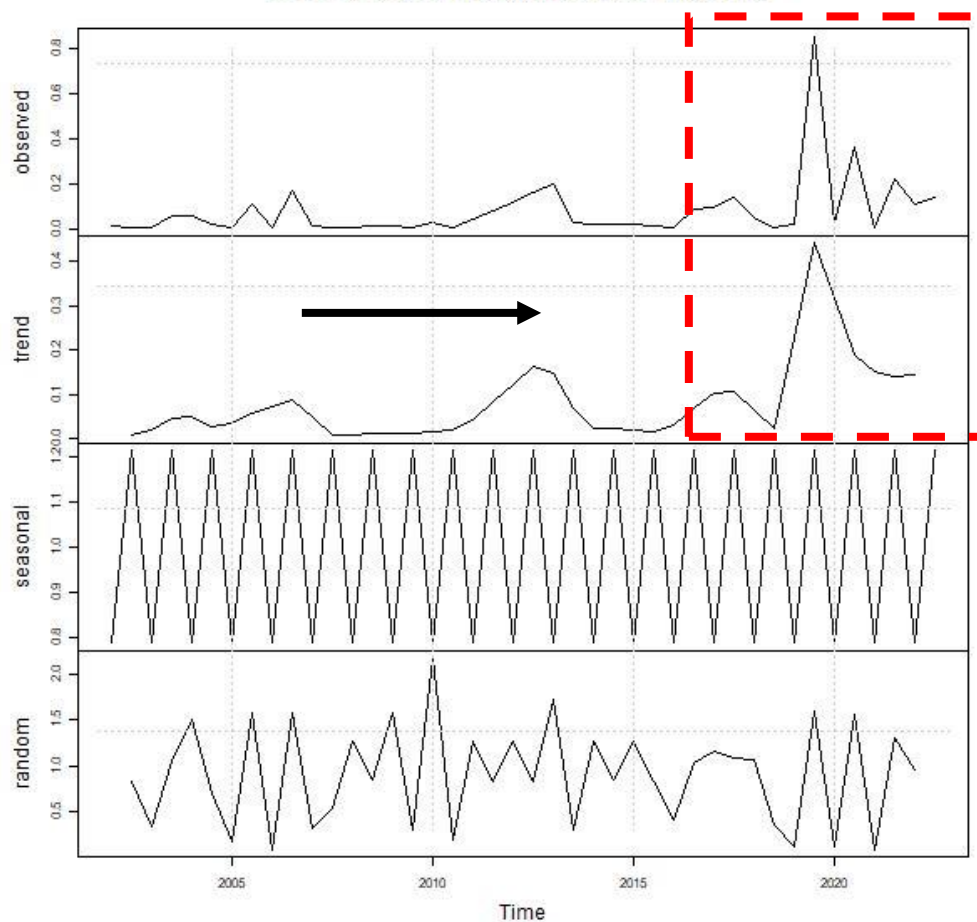
Venerdì 27 ottobre 2023



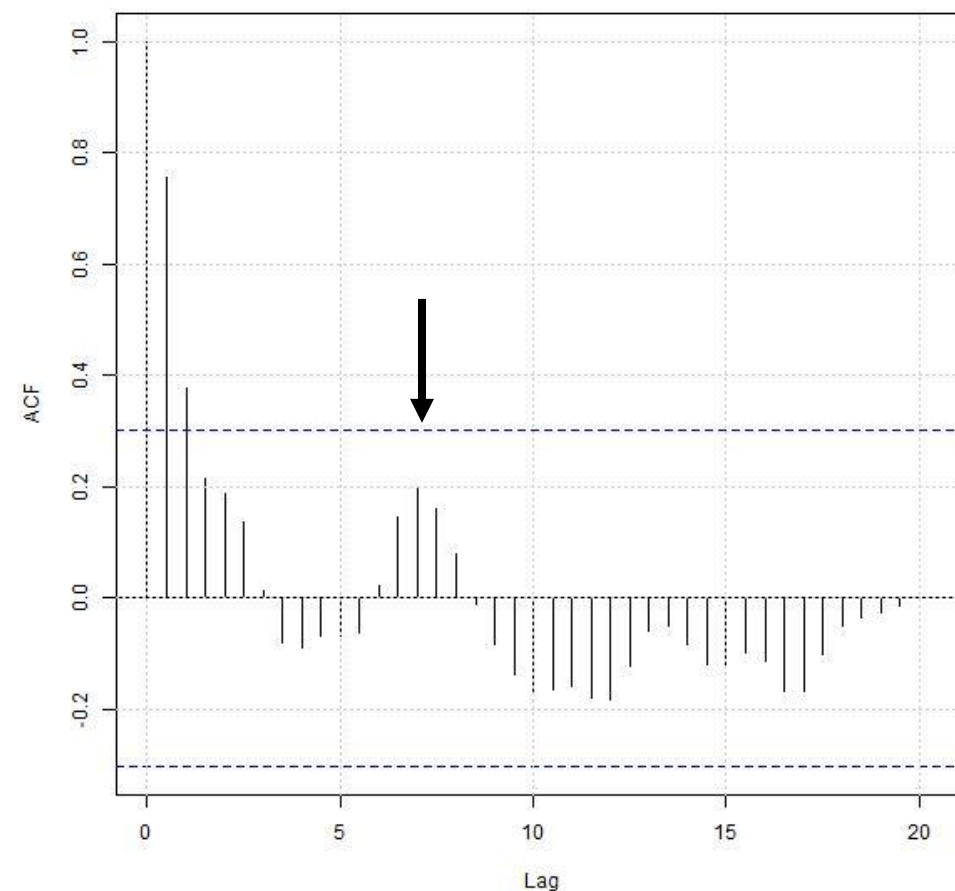
I rapporti con lo stato quantitativo

- MAT-P016 POZZO MANCIANO – FERRO**

Decomposition of multiplicative time series

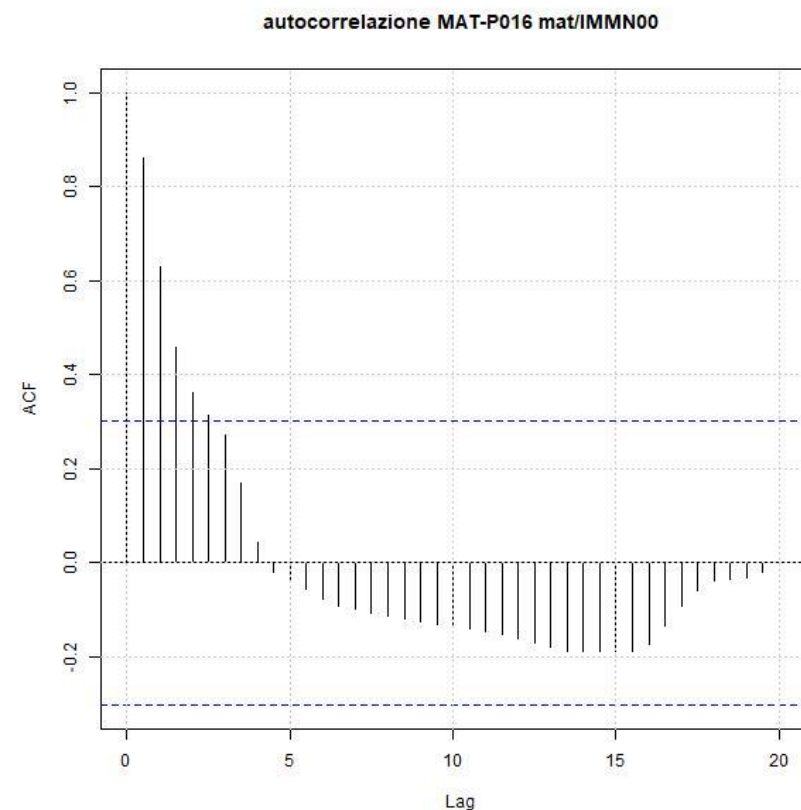
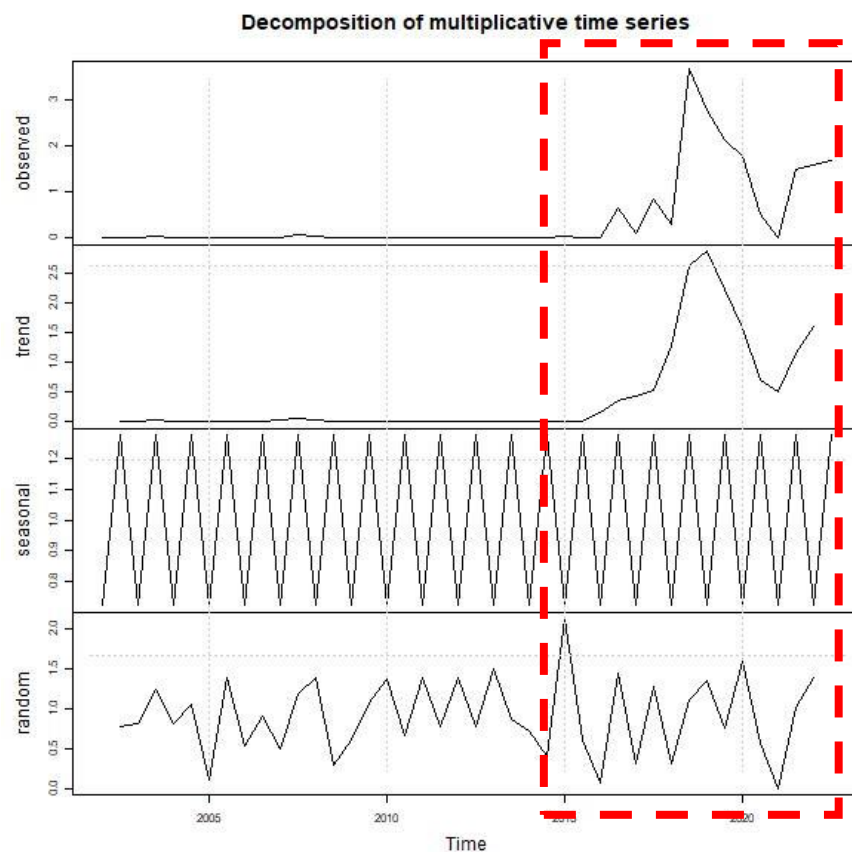


autocorrelazione MAT-P016 mat/IMFE00



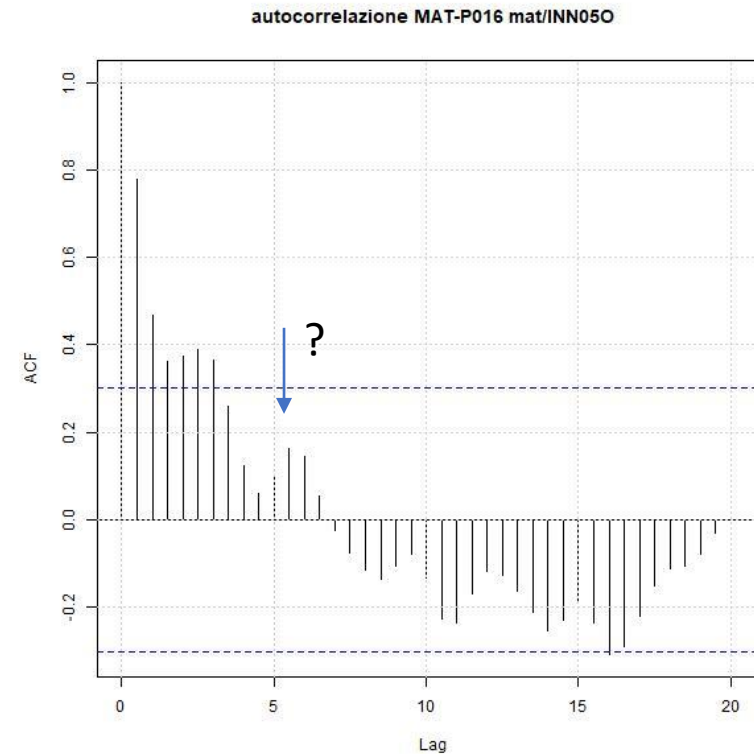
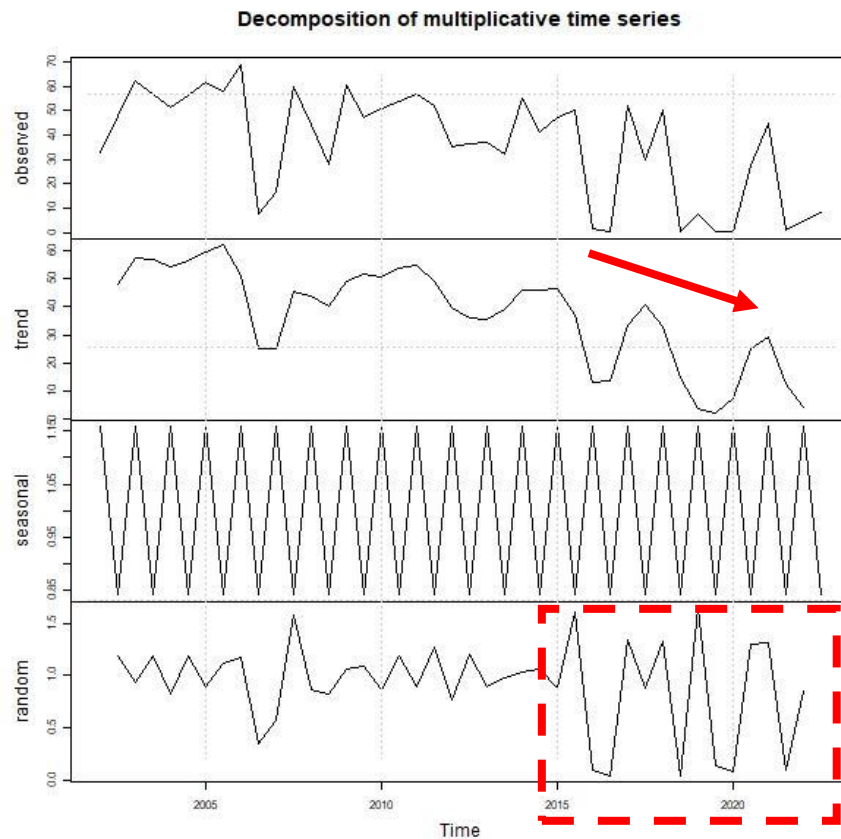
I rapporti con lo stato quantitativo

- MAT-P016 POZZO MANCIANO – MANGANESE**



I rapporti con lo stato quantitativo

- MAT-P016 POZZO MANCIANO – NITRATI**



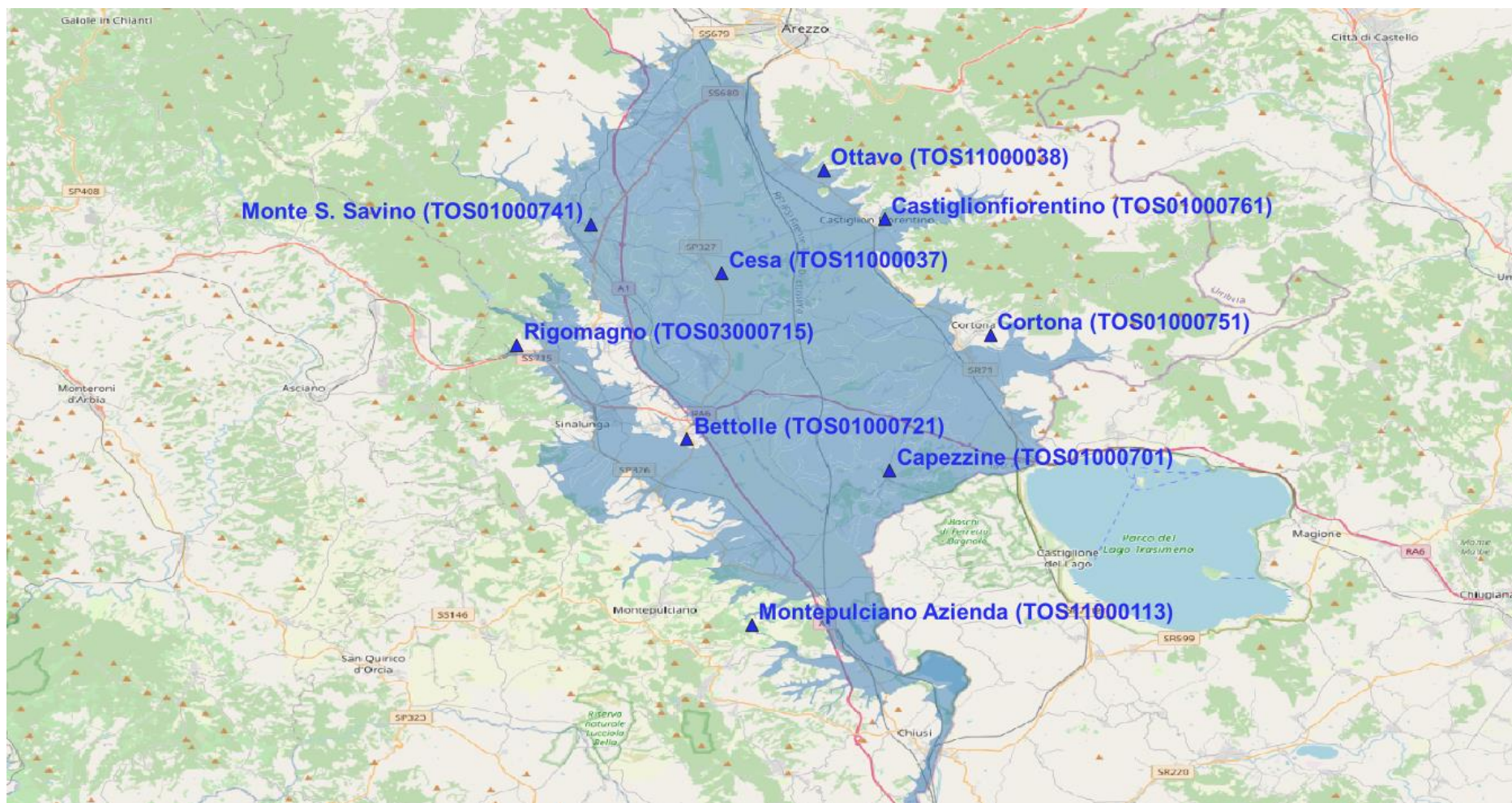
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

- Pluviometri



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

- Pluviometri

stazione	Nome	Comune	Provi	periodo	N
prec_TOS01000701	Capezzine	Cortona	AR	2004 - 2023	7174
prec_TOS01000741	Monte S. Savino	Monte San Savino	AR	2004 - 2023	7171
prec_TOS01000751	Cortona	Cortona	AR	2004 - 2023	7174
prec_TOS11000037	Cesa	Marciano della Chiana	AR	1990 - 2023	12235
prec_TOS11000038	Ottavo	Arezzo	AR	1993 - 2023	11072
prec_TOS01000721	Bettolle	Sinalunga	SI	2004 - 2023	7172
prec_TOS11000113	Montepulciano Azienda	Montepulciano	SI	2004 - 2023	6823

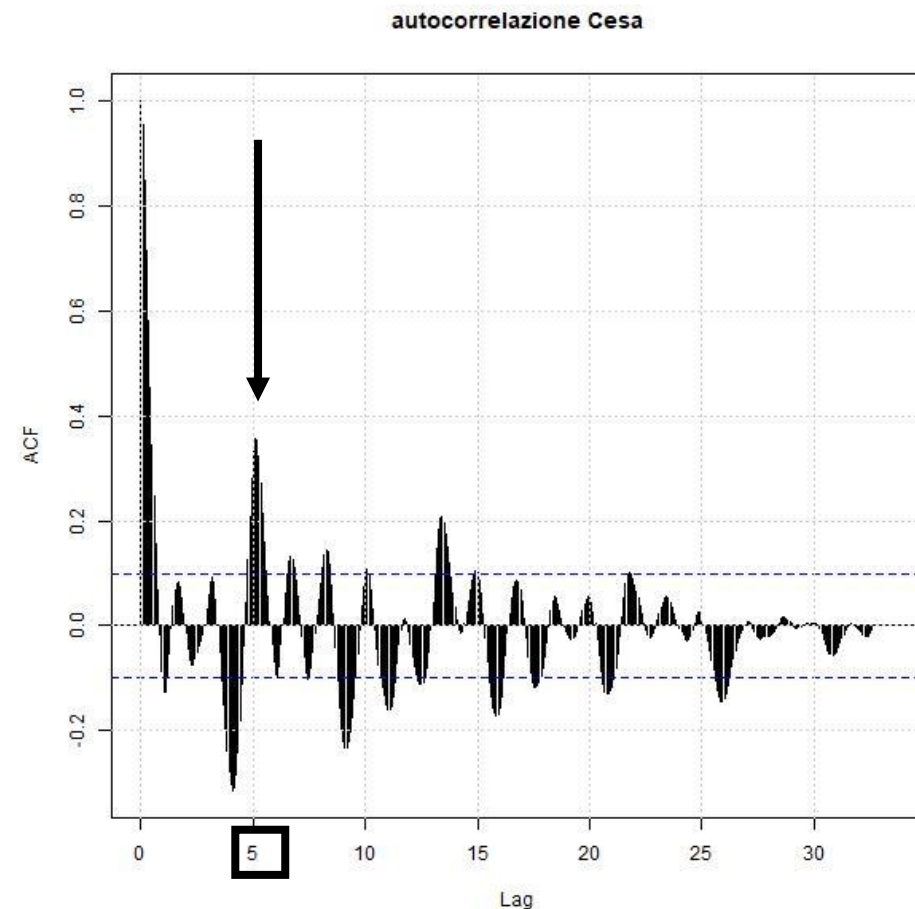
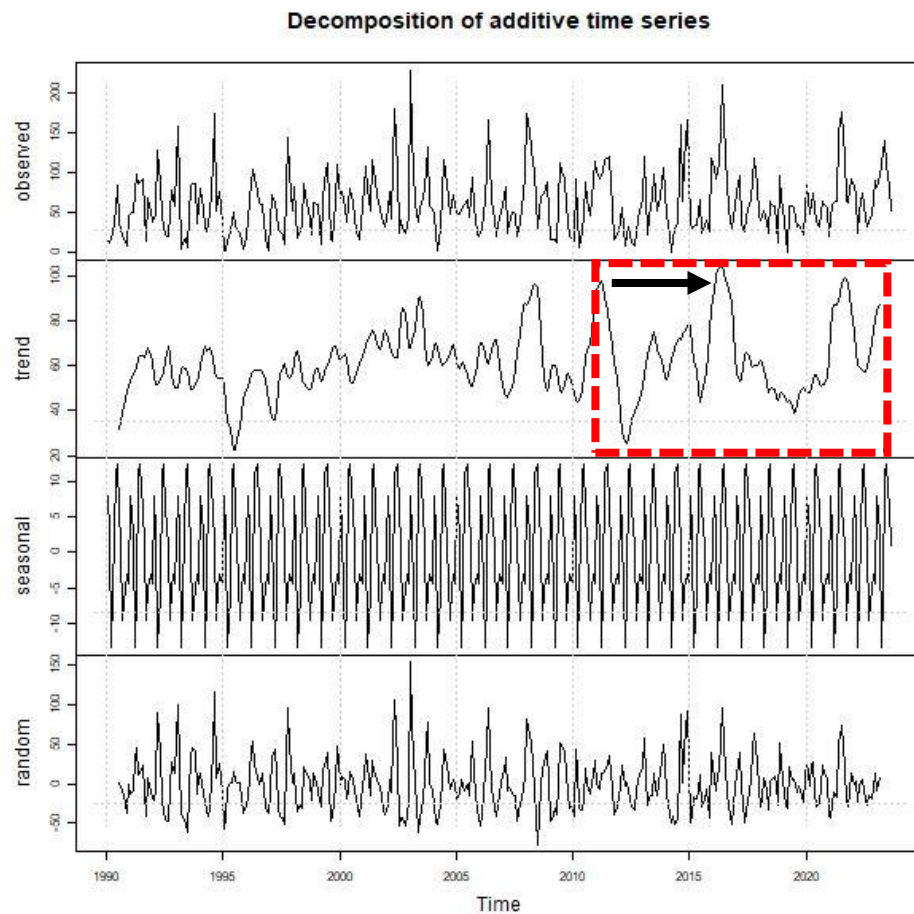
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

- Precipitazioni mensili stazione di Cesa



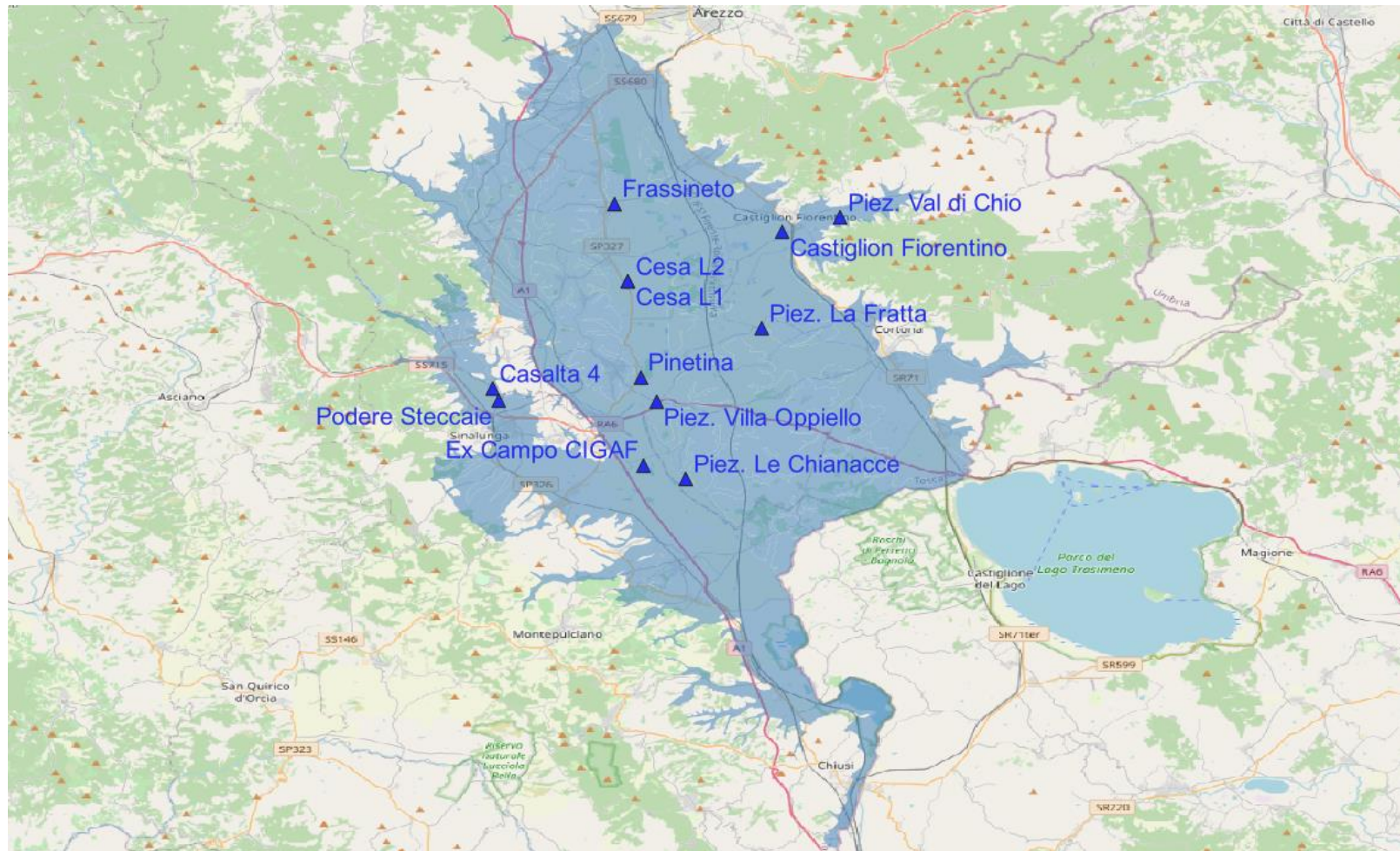
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

- Freatimetri



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

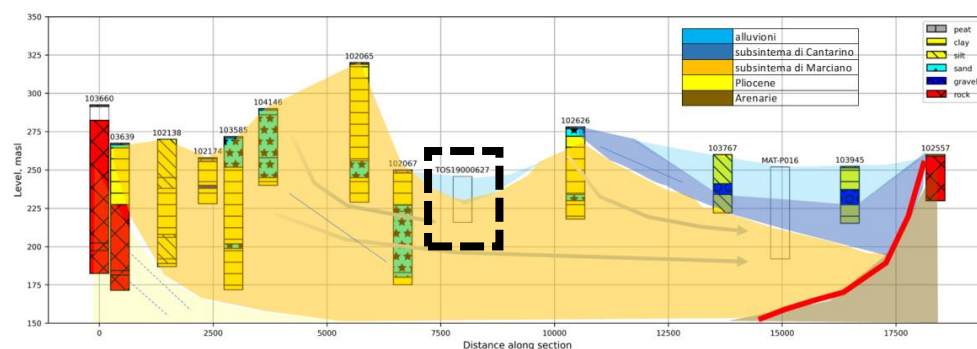
Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

• Freatimetri

stazione	profondità	Nome	Comune	Provir	periodo	N
liv_TOS19000627	30	Cesa L1	Marciano della Chiana	AR	2009 - 2023	4896
liv_TOS19000643	35	Castiglion Fiorentino	Castiglion Fiorentino	AR	2009 - 2023	4595
liv_TOS19000673	15	Cesa L2	Marciano della Chiana	AR	2009 - 2023	4722
liv_TOS29000007	30	Ex Campo CIGAF	Torrita di Siena	SI	2010 - 2023	3892
liv_TOS29000038	45	Podere Steccaie	Sinalunga	SI	2011 - 2023	3705
liv_TOS29000065	40	Piez. Val di Chio	Castiglion Fiorentino	AR	2014 - 2023	3056
liv_TOS29000066	40	Piez. La Fratta	Cortona	AR	2014 - 2023	3259
liv_TOS29000067	40	Piez. Villa Oppiello	Cortona	AR	2014 - 2023	2898
liv_TOS29000068	30	Piez. Le Chianacce	Cortona	AR	2014 - 2023	3192



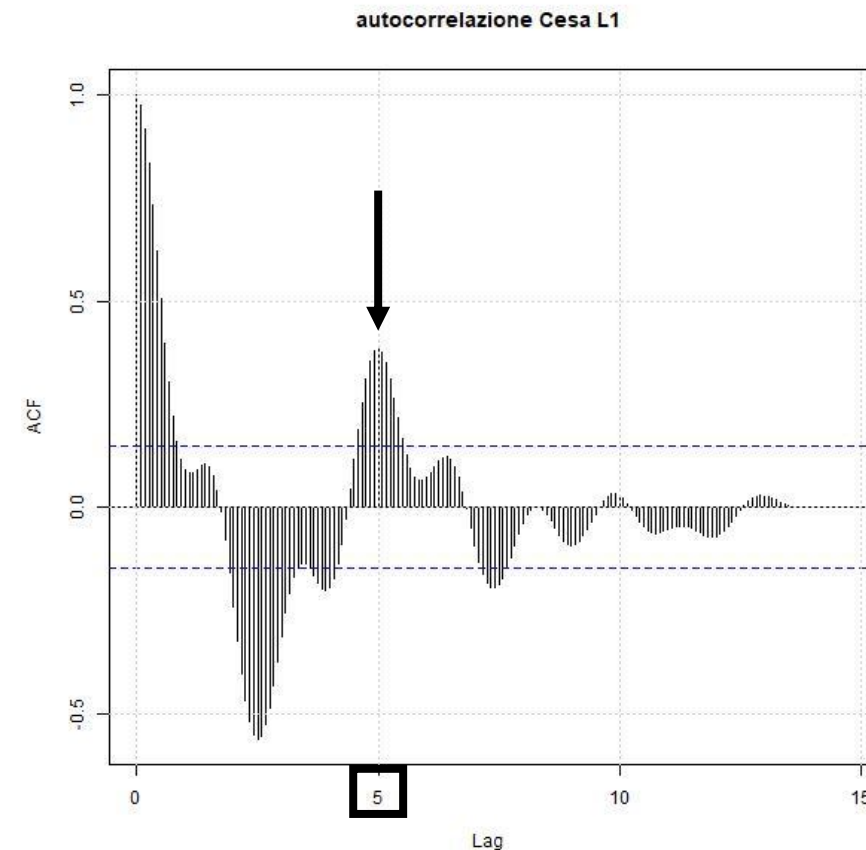
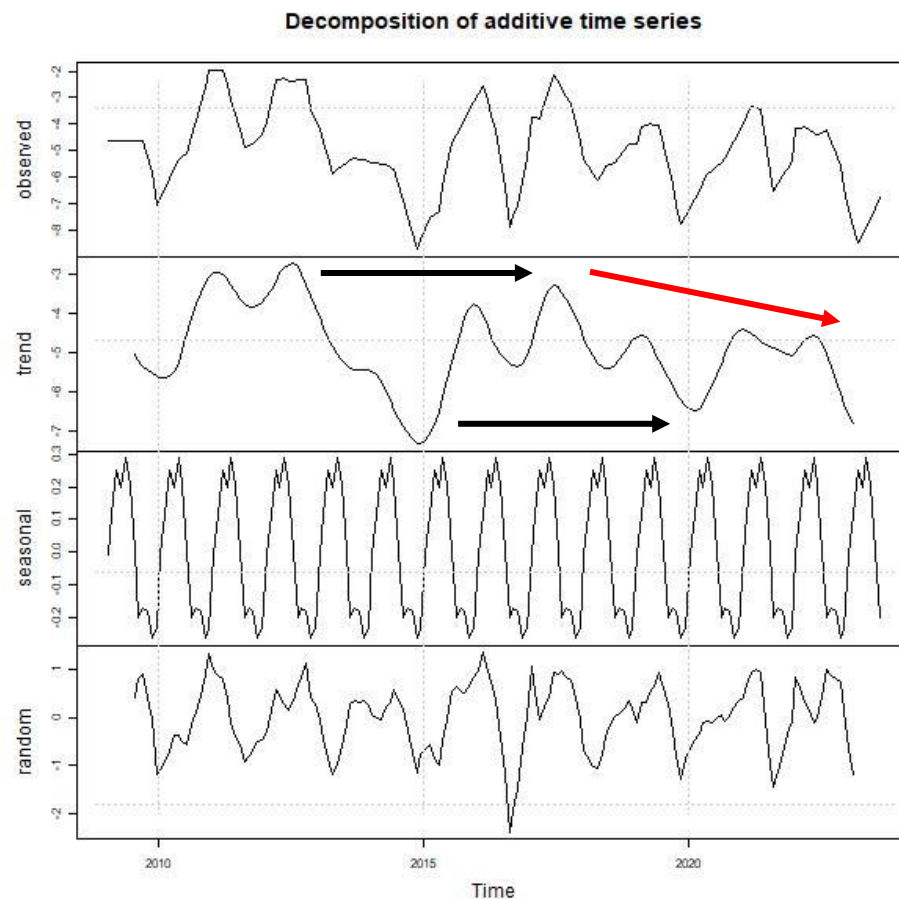
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

- Livelli piezometrici stazione Cesa L1



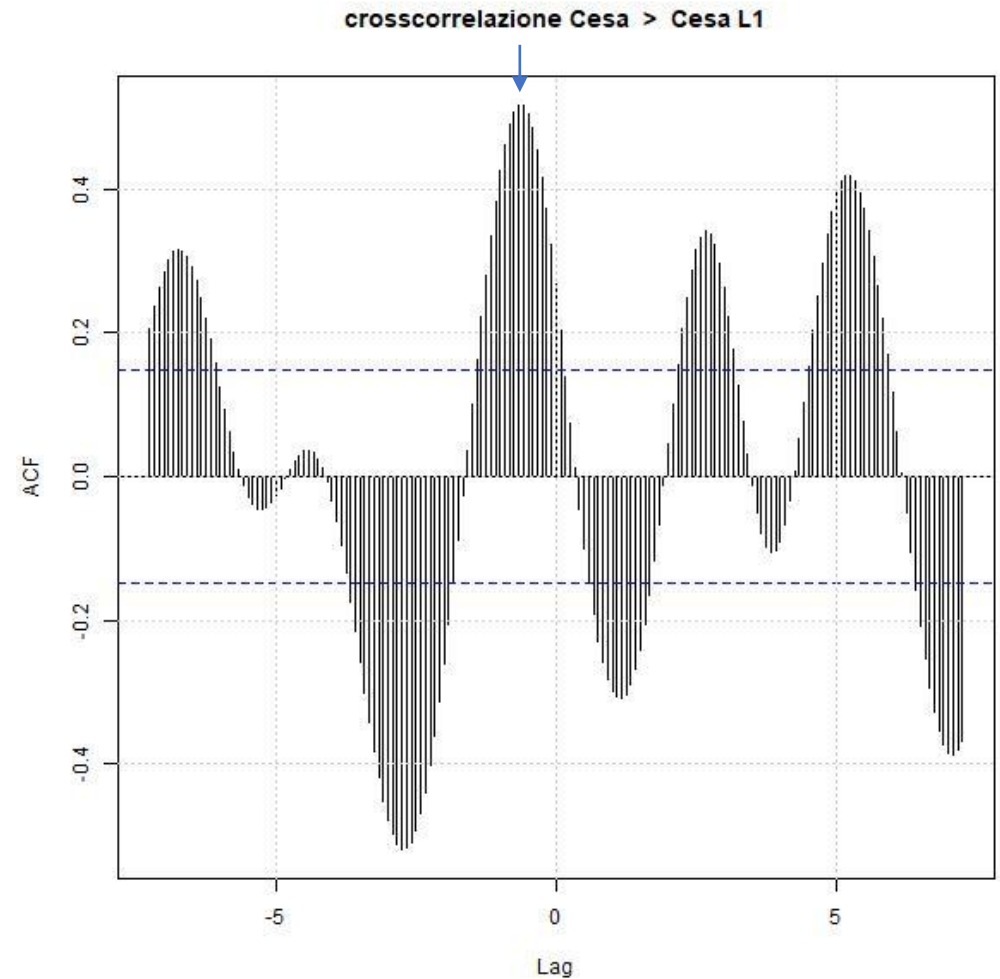
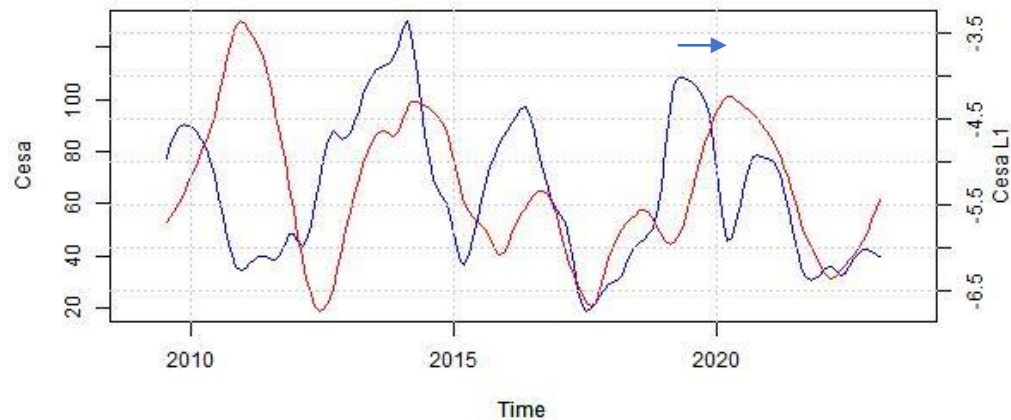
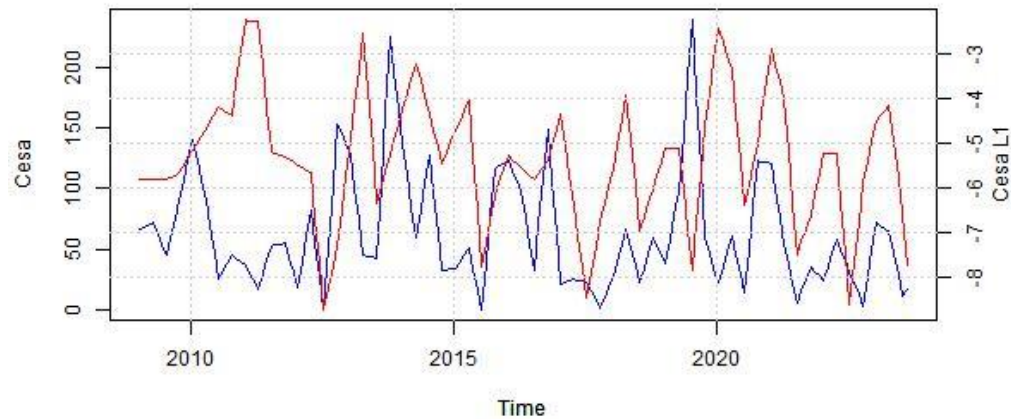
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



I rapporti con lo stato quantitativo

- Correlazione piogge – livelli



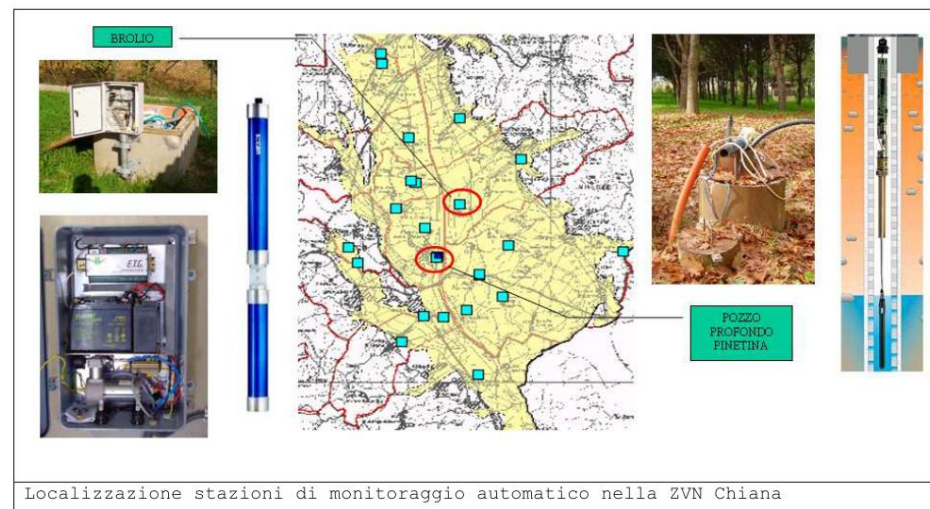
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



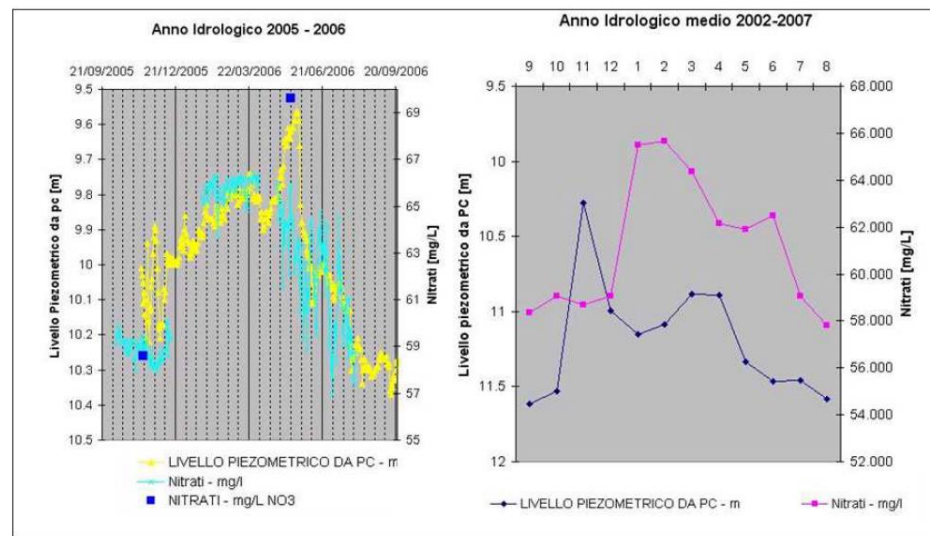
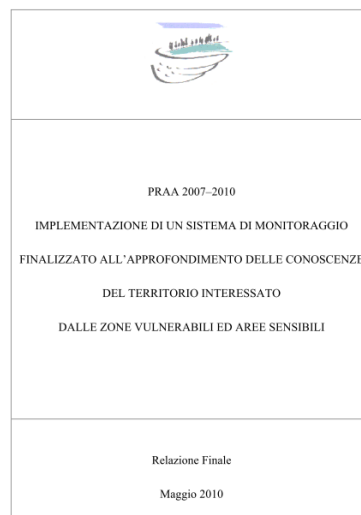
I rapporti con lo stato quantitativo – PRAA 2007 - 2010

- **PRAA 2007-2010 studio ARPAT** «Implementazione di un sistema di **monitoraggio** finalizzato all'approfondimento delle conoscenze del territorio interessato dalle **zone vulnerabili** ed aree sensibili»
- Dal **settembre 2005** al **settembre 2006** ARPAT installò una **stazione sperimentale** con **spettrometro UV-VIS** per il monitoraggio in continuo del tenore dei **nitrati** nella stazione di **BROLIO** (Castiglion Fiorentino).
- Il riferimento dei livelli piezometrici il **piezometro** sul pozzo profondo al campo pozzi **Pinetina**



Localizzazione stazioni di monitoraggio automatico nella ZVN Chiana

- Il monitoraggio in continuo mostrò che le **concentrazioni dei nitrati** seguivano le **oscillazioni della falda** secondo la stagionalità caratteristica con aumento nella fase di morbida in concomitanza con la ricarica e la risalita della falda.



Monitoraggio dei Nitrati e del Livello Piezometrico: anno idrologico 2005-2006 e medio 2002-2007

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

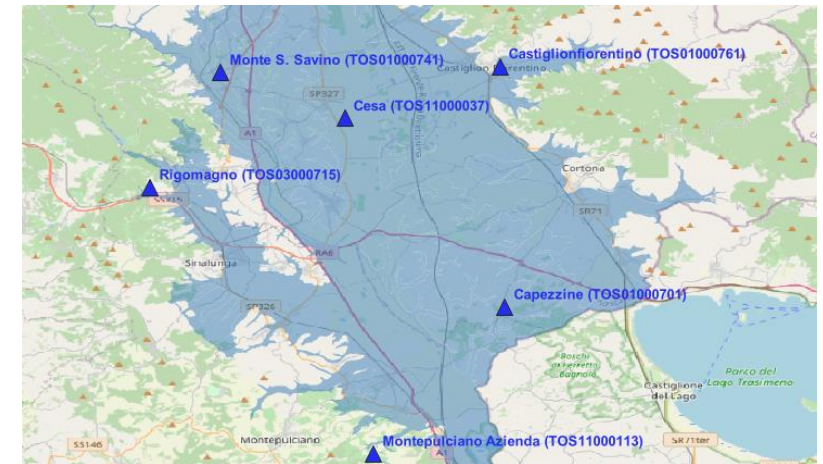
Venerdì 27 ottobre 2023



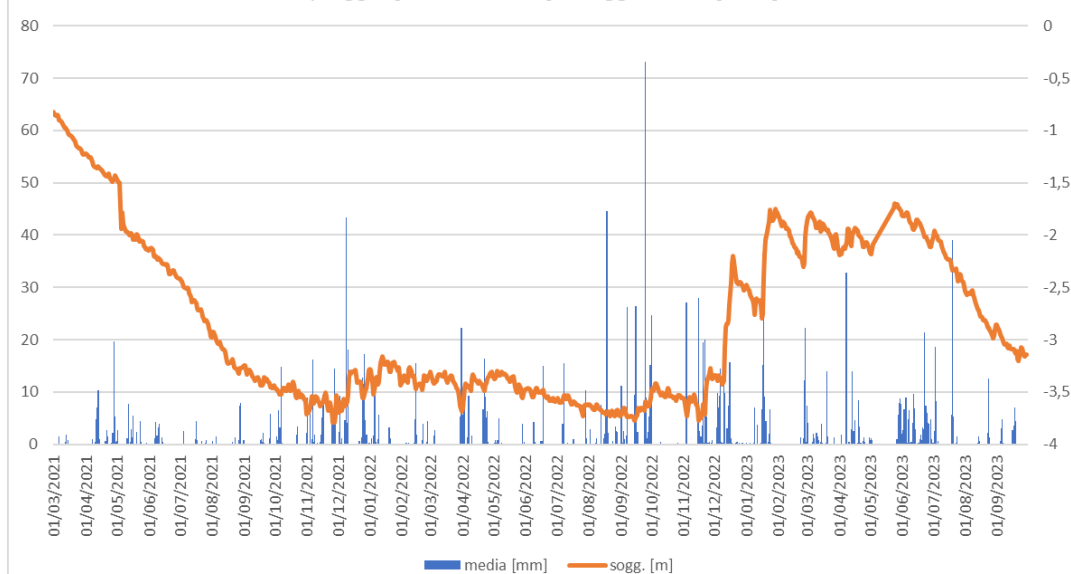
Il focus marzo 2021 settembre 2023

Relazione fra pioggia e stile della pioggia medie vs soggiacenza della falda a Cesa

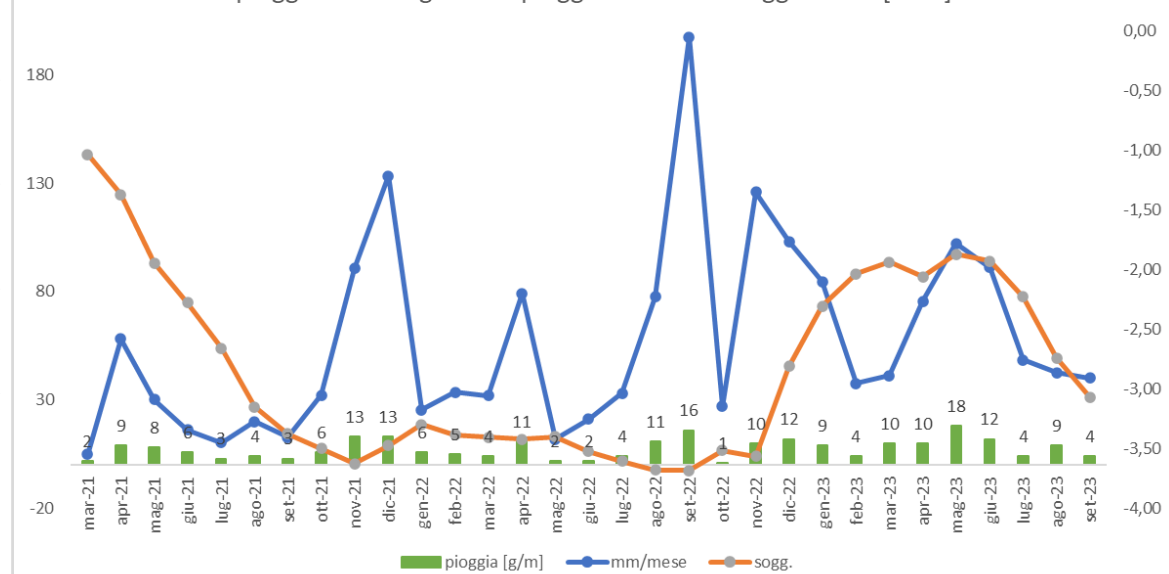
- Anomalia delle precipitazioni nell'ultimo trimestre 2021 e nel 2022
- Andamento anomalo delle precipitazioni influisce sulla falda
- Presenza di picchi di precipitazioni che non ricostituiscono adeguatamente i livelli della falda
- Dilazione temporale di circa un mese fra pioggia e risalita della falda



pioggia [media Chiana] e soggiacenza [Cesa]



pioggia media - giorni di pioggia nel mese - soggiacenza [Cesa]



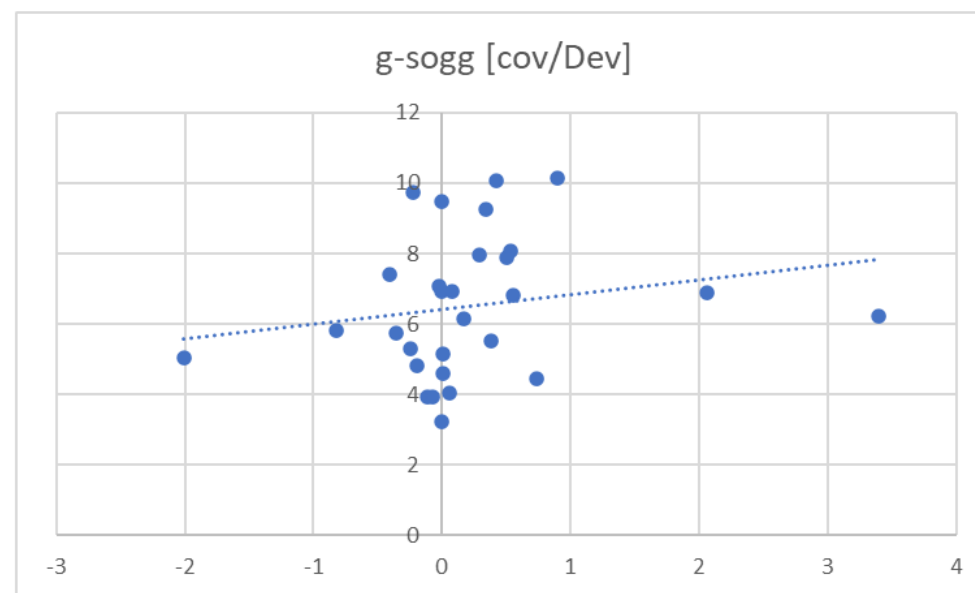
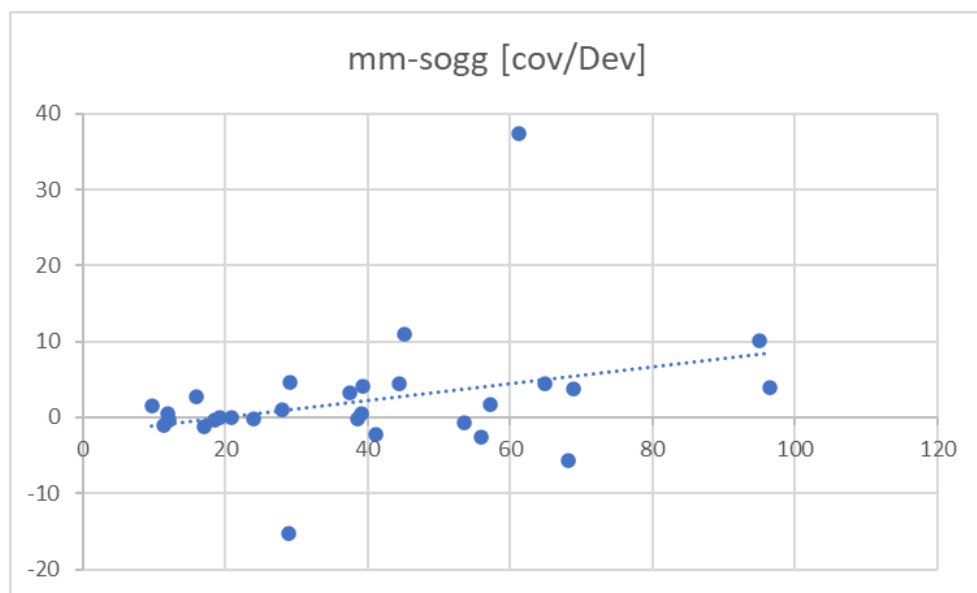
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Il focus marzo 2021 settembre 2023

Studio sulla relazione fra pioggia media, giorni di pioggia nel mese e soggiacenza della falda a Cesa



mm-sogg [cov/Dev]	-15,2560	4,6160	2,6675	1,4589	-1,1045	0,4543	-1,2771	4,4822	3,7397	4,5121	-0,0886	0,0124	0,5004	4,1361	-0,3941	-0,4357	-0,1462	10,1134	3,9315	37,3163	-5,7415	-2,5141	-2,2707	-0,2224	3,2044	-0,7341	1,6590	10,9729	0,9721
dev stand	28,9607	29,0457	15,8814	9,6779	11,3996	11,8652	17,0611	44,4551	68,8515	64,9682	19,3164	20,9358	39,1118	39,4123	12,2204	18,4475	38,6082	95,0013	96,4369	61,2022	68,2314	55,9254	41,1204	23,9577	37,5817	53,5107	57,1492	45,1940	28,0513
g-sogg [cov/Dev]	-2,0086	0,1651	0,3847	0,7335	-0,1128	0,0617	-0,1958	0,5382	0,0000	0,2929	0,0109	0,0077	0,0744	0,5531	0,0000	-0,0732	-0,0230	0,4221	0,3463	3,3970	0,5029	-0,4055	-0,2419	-0,3606	0,0000	-0,2213	0,8995	2,0606	-0,8192
dev stand	5,0291	6,1398	5,5279	4,4504	3,9252	4,0247	4,8130	8,0583	9,4603	7,9448	5,1502	4,5856	6,9158	6,8237	3,2116	3,9202	7,0595	10,0815	9,2632	6,2235	7,8711	7,4167	5,3071	5,7430	6,9075	9,7423	10,1589	6,8804	5,8021

	covarianza	correlazione	corr + 1	Dev St	cov +1
mm mese/g mese	160,116	0,845			
giorni/sogg	0,229	0,069	0,223	6,157	0,708
mm mese/sogg	-5,408	-0,164	0,054	43,374	1,704

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

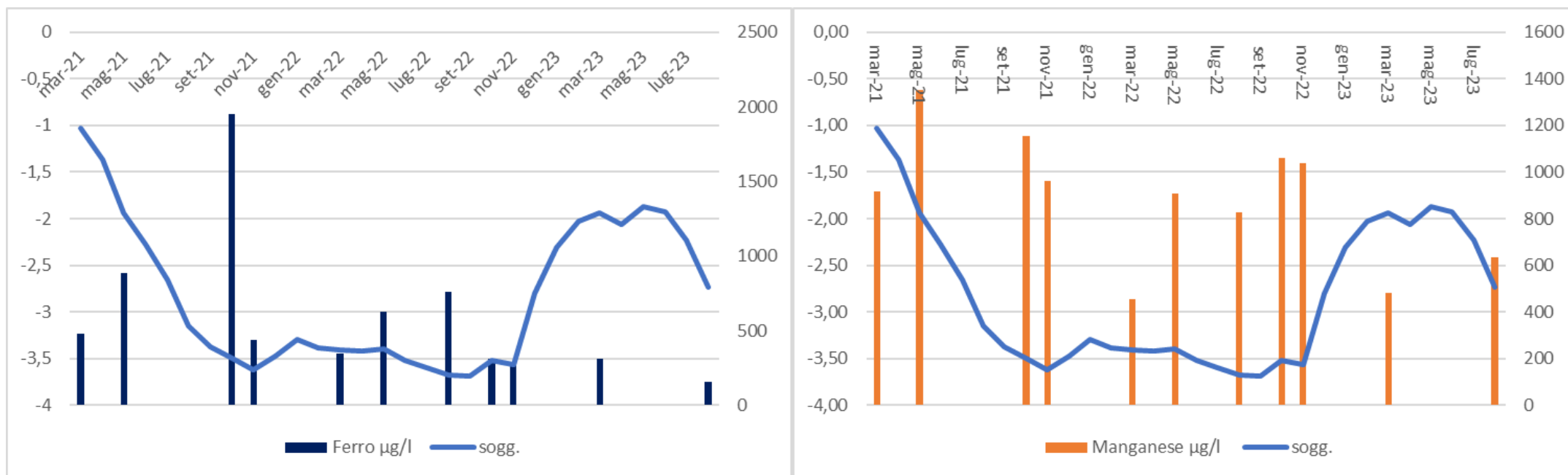
Venerdì 27 ottobre 2023



Il focus marzo 2021 settembre 2023

Relazione fra soggiacenza della falda a Cesa e aumento di contaminanti indesiderati

- Si evidenzia la necessità di implementazione dei dati del monitoraggio
- Anomalia delle precipitazioni nell'ultimo trimestre 2021 e nel 2022
- All'interno della disomogeneità della distribuzione della popolazione dei dati si evidenzia una tendenza opposta fra livello della falda e concentrazione
- Comportamento di tendenziale aumento della concentrazione in ferro e manganese al variare dell'andamento delle precipitazioni



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

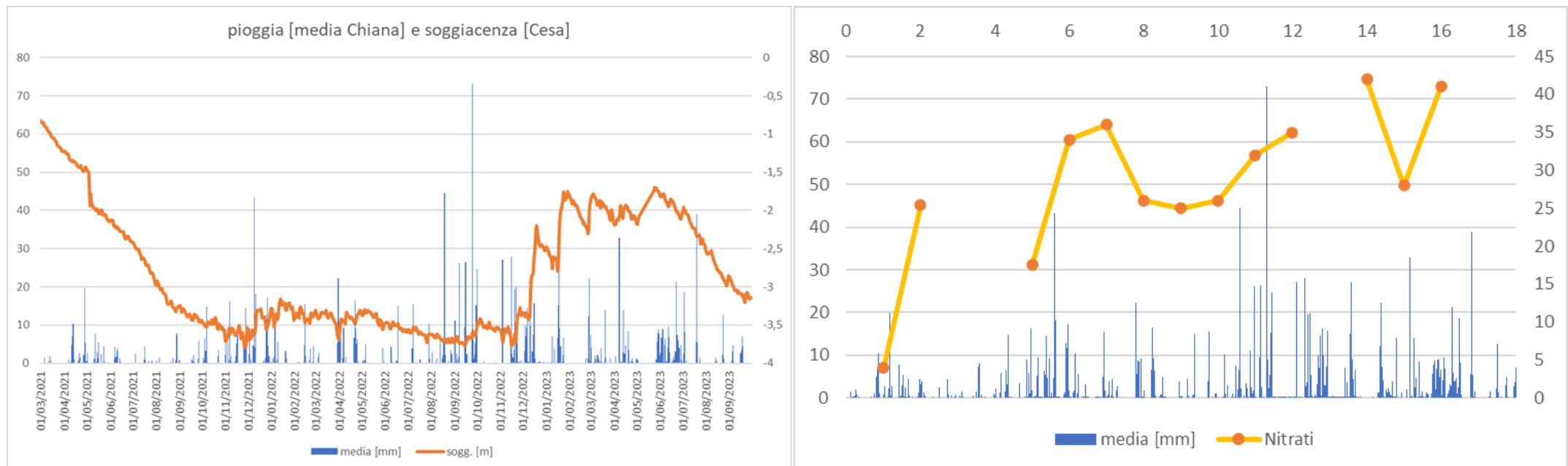
Venerdì 27 ottobre 2023



Il focus marzo 2021 settembre 2023

Relazione fra soggiacenza della falda a Cesa e ipotesi di studio sull'inversione dei nitrati

- Si evidenzia la necessità implementare i dati del monitoraggio
- Anomalia delle precipitazioni nell'intervallo ultimo trimestre 2021 e novembre 2022
- All'interno della disomogeneità della distribuzione della popolazione dei dati si evidenzia una tendenza inversa morbida vs concentrazione
- Comportamento di tendenziale aumento della concentrazione in nitrati con la regolarità dell'andamento delle precipitazioni
- Diminuzione della pressione antropica di tipo agricolo e pastorale



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Grazie dell'attenzione

Si ringrazia Nuove Acque SpA per i dati chimici messi a disposizione