

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola

Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

UOC Ambienti Naturali
UOC Acqua e Suolo

Dicembre 2021



Acqua

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola

Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

UOC AMBIENTI NATURALI

Nicola Ungaro
Erminia Sgaramella
Enrico Barbone
Caterina Rotolo
Vito La Ghezza

UOC ACQUA E SUOLO

Vincenzo Musolino
Mina Lacarbonara
Silvia Di Cunsolo
Claudia Marcella Placentino

Editing e copertina: Unità Comunicazione e Informazione - ARPA Puglia

ARPA Puglia
Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione dell'Ambiente
Corso Trieste, 27
70126 - Bari



Acqua

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in
funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	3
1.1 IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI	3
1.2 IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI	4
2. ANALISI DELLE PRESSIONI SECONDO LE LINEE GUIDA ISPRA SNPA 177/2018	5
2.1 METODOLOGIA	5
2.2 CASO STUDIO "ARCO IONICO-TARANTINO"	11
2.2.1 CARATTERISTICHE DELL'AREA	11
2.2.2 RISULTATI DELL'ANALISI PRESSIONI-IMPATTO	14
3. STUDIO DELLE CORRELAZIONI TRA CORPI IDRICI SUPERFICIALI E CORPI IDRICI SOTTERRANEI	19
3.1 INTRODUZIONE	19
3.2 METODOLOGIA	19
3.2.1 DESCRIZIONE DELL'AREA DI STUDIO	19
3.2.2 CARATTERISTICHE DEI DATI	20
3.3 RISULTATI	25
3.3.1 ANALISI UNIVARIATA	25
3.3.2 ANALISI MULTIVARIATA	37
4. CONCLUSIONI	39

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Elenco delle pressioni e dei relativi criteri di priorità	6
Tabella 2 - Indicatori di pressione e soglie di significatività per la pressione agricola nei corpi idrici fluviali e sotterranei	8
Tabella 3 - Elenco tipologie di impatto.....	9
Tabella 4 - Relazione pressioni-impatto-stato per i corpi idrici fluviali e sotterranei	10
Tabella 5 - Elenco dei CIS Superficiali considerati	12
Tabella 6 - Elenco dei CIS Sotterranei considerati.....	12
Tabella 7 - Valutazione della significatività della pressione agricola per i corpi idrici oggetto di approfondimento	15
Tabella 8 - Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo per categoria d'uso	15
Tabella 9 - Valutazione di significatività dell'impatto derivante dalla pressione agricola per i corpi idrici oggetto di approfondimento Pressione:2.2 Diffuse - Agricoltura	17
Tabella 10 - Elenco delle stazioni di monitoraggio considerate	20
Tabella 11 - Raggruppamenti spaziali tra stazioni di Monitoraggio dei CIS Superficiali e Sotterranei	22

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in
funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Tabella 12 - Distribuzione dei dati analizzati divisi per raggruppamento, tipologia di Corpo Idrico e semestre	24
Tabella 13 - Valori medi dei Nitrati con e senza raggruppamento per CIS Superficiali e Sotterranei.....	26
Tabella 14 - Valori medi dei Nitrati per semestre	27
Tabella 15 - Valori medi dei Cloruri (mg/l) per semestre	31
Tabella 16 - Media, deviazione standard e coeff. di variazione sui rapporti CIS Sup/CIS Sott per i cloruri	32
Tabella 17 - Valori medi dei Solfati (mg/l) per semestre.....	34
Tabella 18 - Media, deviazione standard e coeff. di variazione sui rapporti CIS Sup/CIS Sott per i solfati.	35

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Area di studio	13
Figura 2 - Bacini idrografici afferenti all'area di studio con indicazione delle stazioni di campionamento per i CIS Sup e per i CIS Sott	20
Figura 3 - Raggruppamenti spaziali tra stazioni di Monitoraggio dei CIS Superficiali e dei CIS Sotterranei	23
Figura 4 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) dei Nitrati nei CIS Sup e nei CIS Sott	25
Figura 5 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) per ciascun raggruppamento considerato.....	26
Figura 6 - Box plot dei rapporti tra concentrazione dei nitrati tra CIS Sup e CIS sott.	28
Figura 7 - Variazione nei sette semestri dei valori medi di nitrati (mg/l) in entrambi i CIS	28
Figura 8 - Correlazione tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott	29
Figura 9 - Andamento temporale dei Nitrati per raggruppamenti di CIS Sup e CIS Sott.....	29
Figura 10 - Correlazione tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott per ciascun raggruppamento.....	30
Figura 11 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) dei Cloruri (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott	31
Figura 12 - Box plot dei rapporti tra concentrazione dei cloruri tra CIS Sup e CIS sott.....	32
Figura 13 - Correlazione tra le concentrazioni dei cloruri (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott per ciascun raggruppamento.....	33
Figura 14 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) dei solfati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott	34
Figura 15 - Box plot dei rapporti tra concentrazione dei solfati tra CIS Sup e CIS sott	35
Figura 16 - Correlazione tra le concentrazioni dei solfati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott per ciascun raggruppamento.....	36
Figura 17 - Risultato dell'Analisi delle Componenti Principali tra CIS Sup e CIS Sott	37
Figura 18 - Risultato dell'Analisi delle Componenti Principali tra CIS Sup e CIS Sott, distinti per afferenza tra stazioni sotterranee e CIS Sup e anno di monitoraggio.....	38
Figura 19 - Risultato dell'analisi non-metric Multidimensional Scaling tra CIS Sup e CIS Sott.....	39

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

1. Introduzione

La Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque – DQA) che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque superficiali e sotterranee ha introdotto un approccio innovativo nella legislazione europea in materia di acque, perseguendo obiettivi ambiziosi: prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo delle acque, migliorarne lo stato e assicurare un utilizzo sostenibile, basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili.

La Direttiva promuove un sistema di gestione dei bacini idrografici che assicuri la gestione integrata di acque sotterranee, fiumi, laghi, bacini artificiali, estuari. Il concetto di continuità tra le risorse idriche sotterranee e quelle superficiali, infatti, è alla base di una corretta e sostenibile gestione delle acque alla scala di bacino.

Ciò premesso, con il presente studio si dà riscontro a quanto richiesto dagli obiettivi di performance organizzativa comuni all'U.O.C. Ambienti Naturali e all'U.O.C. Acqua e Suolo per l'anno 2021 (vedasi la D.D.G. 67/2021), ed in particolare a quello di *“Valutare la correlazione degli esiti dei monitoraggi dei CIS e CISott rispetto alle pressioni antropiche”*, che ha come indicatore la predisposizione di un *“Documento di valutazione della correlazione”*.

A tal fine sono stati utilizzati i dati derivanti dal monitoraggio qualitativo dei Corpi Idrici Superficiali e dei Corpi Idrici Sotterranei per il periodo 2015-2018, entrambi realizzati ai sensi della Parte Terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e relativi decreti attuativi.

1.1 Il monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei

ARPA Puglia si occupa, per conto della Regione Puglia, delle attività di monitoraggio qualitativo dei Corpi Idrici Sotterranei effettuato ai sensi della Direttiva 2000/60/CE. In particolare, ARPA Puglia esegue le analisi chimiche sui campioni di acque sotterranee che vengono prelevati dal personale dell'Agenzia Regionale per le attività Irriguo e Forestali (ARIF) nel corso delle campagne di monitoraggio semestrali, svolte in corrispondenza della fine e dell'inizio del periodo di ricarica della falda.

Il monitoraggio pugliese riguarda 29 corpi idrici sotterranei e viene effettuato su una rete denominata *“Rete Maggiore”* definita con DGR 224/2015, aggiornata con DGR 2417/2019 ed ulteriormente integrata nell'ambito dei Programmi Operativi delle Attività allegati all'Accordo per il monitoraggio 2021. La nuova rete consta di 441 siti di monitoraggio (428 pozzi e 13 sorgenti) in cui vengono garantiti il monitoraggio chimico qualitativo (337 siti) ed il monitoraggio quantitativo (256 siti).

Sono definite inoltre reti integrative utili a monitorare l'impatto di specifiche pressioni di origine antropica e naturale, così organizzate:

- una rete per il monitoraggio dei residui dei prodotti fitosanitari (costituita da 135 siti, tutti appartenenti anche alla rete qualitativa)
- una rete per il monitoraggio dei nitrati di origine agricola ai sensi della direttiva 91/676/CEE (condotta su una rete costituita da 309, siti di cui 127 ricadenti in ZVN)
- una rete per il controllo dell'intrusione salina (137 siti).

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

Ai sensi della Direttiva 2000/60/CE e del suo decreto nazionale di recepimento, il D.Lgs. 30/2009, un ciclo di monitoraggio, ai fini della classificazione dello stato di qualità e della verifica dei trend evolutivi dei corpi idrici sotterranei, deve essere sviluppato nell'arco di sei anni, periodo in cui si attuano il monitoraggio di sorveglianza ed il monitoraggio operativo. Attualmente è in corso di esecuzione il monitoraggio per il sessennio 2016-2021.

ARPA Puglia, in esito alla conclusione del ciclo triennale 2016-2018, ha elaborato la proposta di classificazione triennale dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei, approvata con DGR 22 dicembre 2020 n. 2080.

1.2 Il monitoraggio dei Corpi Idrici Superficiali

Il monitoraggio dei Corpi Idrici Superficiali è un obbligo delle Regioni Italiane previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., in recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE). Tale monitoraggio, ai sensi della norma, è pianificato e realizzato su scala sessennale, in allineamento con i Piani di Gestione e di Tutela delle Acque; il primo anno di ciascun ciclo prevede l'esecuzione di un monitoraggio di "Sorveglianza", realizzato prevalentemente con la finalità di convalidare l'analisi di rischio e di indirizzare in modo più preciso ed efficace le scelte delle componenti da indagare nelle successive annualità, con monitoraggi di tipo "Operativo". Quest'ultimo è realizzato per stabilire lo stato dei corpi idrici identificati "a rischio" di non soddisfare gli obiettivi ambientali previsti e per classificare i corpi idrici regionali.

Il primo ciclo sessennale dei Piani di Gestione e dei Piani di Tutela delle Acque è stato svolto nel periodo 2010-2015. I monitoraggi, condotti nel periodo da ARPA Puglia per conto della Regione Puglia, hanno consentito di effettuare la prima classificazione triennale dello stato di qualità dei Corpi Idrici Superficiali pugliesi (approvata con DGR n. 1952/2015); successivamente è stata prodotta l'identificazione dei potenziali Siti di Riferimento, della Rete nucleo e dei Corpi Idrici Fortemente Modificati e Artificiali.

Il secondo ciclo sessennale dei Piani di Gestione e dei Piani di Tutela delle Acque è stato svolto nel periodo 2016-2021. Anche per il secondo ciclo, nel 2016 è stato programmato e condotto il monitoraggio di Sorveglianza; nei cinque anni successivi (2017-2021) il monitoraggio è stato di tipo "Operativo". Le valutazioni sul monitoraggio condotto nel sessennio 2016-2021 sono tuttora in corso.

A partire dal 2022 avrà inizio il terzo ciclo sessennale dei Piani di Gestione e dei Piani di Tutela delle Acque, a valere nel periodo 2022-2027.

Il monitoraggio pugliese riguarda 95 corpi idrici superficiali, ripartiti tra le categorie corsi d'acqua/fiumi (n. 38 corpi idrici), laghi/invasi (n. 6 c.i.), acque di transizione (n. 12 c.i.) e acque marino costiere (n. 39 c.i.), in cui sono allocati complessivamente **n. 143** siti di monitoraggio.

A partire dal 2010, in tali siti ARPA Puglia monitora gli Elementi di Qualità (EQ), diversificati per categoria di acque e per singolo corpo idrico superficiale, e gli Inquinanti ai fini della valutazione dello stato ecologico e chimico. Gli Elementi di Qualità Biologica (EQB) indagati sono Macrofitte, Diatomee, Fitoplancton, Macroalghe, Fanerogame, Macrobenthos e Fauna Ittica; i parametri degli EQ "Chimici e Chimico-Fisici" sono divisi in parametri di base (temperatura, ossigeno, macronutrienti, ecc.) e inquinanti, ovvero sostanze dell'elenco di priorità e altre sostanze non in elenco, come riportate nelle

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Tab. 1/A, 2/A, 3/A, 1/B, 2/B e 3/B del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.. Il monitoraggio delle sostanze chimiche è effettuato nella matrice *Acque* in tutte le categorie di corpi idrici e, in aggiunta, nelle matrici *Biota* e *Sedimenti* nelle acque di transizione e in quelle marino-costiere.

2. Analisi delle pressioni secondo le Linee Guida ISPRA SNPA 177/2018

2.1 Metodologia

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, con Delibera di Consiglio n. 26/2018 ha pubblicato le "Linee guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE" (LG SNPA n. 11/2018) che nascono con l'obiettivo di fornire indicazioni metodologiche e criteri tecnici per effettuare l'analisi delle pressioni (AP) in accordo con quanto previsto dalla direttiva e dalle indicazioni comunitarie, armonizzando le metodologie di analisi a scala nazionale.

Nella metodologia proposta dalle LG, ed applicata in questo studio, si effettua una valutazione degli impatti attesi avvalendosi di indicatori in grado di evidenziare/misurare un'alterazione a carico di uno dei comparti ecosistemici, come le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, le comunità biologiche, l'idrologia, la morfologia, ecc., per le diverse categorie di acque, che non necessariamente si traduce in una classe di stato inferiore al buono ai sensi della Direttiva Quadro Acque. L'individuazione di opportuni indicatori di pressione che siano misurabili e la definizione delle relative soglie di significatività consente, infatti, di valutare quando l'alterazione è tale da essere considerata come significativa. Si tratta in generale di indicatori molto specifici, direttamente correlabili al valore ambientale che si vuole misurare, e che possono essere anche subindici o submetriche degli indicatori di stato. La valutazione degli impatti delle pressioni antropiche su un corpo idrico presuppone l'individuazione degli stessi in base alle pressioni ritenute significative.

Il primo livello di dettaglio della metodologia prevede la distinzione delle pressioni in 9 gruppi, per ognuno dei quali è definito un secondo livello di classificazione, con la descrizione di natura e genesi delle fonti di pressione.

Le tipologie di pressione così individuate vanno selezionate in funzione della tipologia di acque a cui si sta applicando l'analisi, in quanto in alcuni casi la pressione potrebbe non essere attinente o non avere rilevanza ai fini dell'analisi stessa. A questo scopo nella LG sono stati definiti degli ordini di priorità, così classificati:

- *pressioni da considerare prioritariamente (PC)* in quanto rilevanti per la specifica categoria di acque;
- *pressioni di secondaria priorità* in quanto sono meno rilevanti per la specifica categoria di acque;
- *pressioni da non considerare a priori* perché verosimilmente non attinenti per la specifica categoria di acque.

In questo modo si intende garantire un livello minimo comune di indagine affinché l'analisi possa essere considerata sufficientemente robusta e quindi confrontabile a scala nazionale.

In Tabella 1 è riportato l'elenco delle pressioni definite nella LG, e l'ordine di priorità individuato per le due categorie di acque oggetto di questo studio, ossia i corpi idrici superficiali fluviali ed i corpi idrici sotterranei.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

La codifica utilizzata rispetta quella indicata nella CIS Guidance – WFD reporting guidance 2016.

Tabella 1 - Elenco delle pressioni e dei relativi criteri di priorità

Tipologie di pressione		Criterio di priorità	
		Corpi idrici fluviali	Corpi idrici sotterranei
1 Pressioni puntuali	1.1 Scarichi urbani	PC	
	1.2 Sforatori di piena	PC	
	1.3 Impianti IED	PC	
	1.4 Impianti non IED	PC	
	1.5 Siti contaminati/siti industriali abbandonati	PC	PC
	1.6 Discariche	PC	PC
	1.7 Acque di miniera	PC	
	1.8 Impianti di acquacoltura	PC	
	1.9 Altre pressioni		
2 Pressioni diffuse	2.1 Dilavamento superfici urbane	PC	PC
	2.2 Agricoltura	PC	PC
	2.3 Selvicoltura		
	2.4 Trasporti	PC	
	2.5 Siti contaminati/siti industriali abbandonati	PC	PC
	2.6 Scarichi non allacciati alla fognatura	PC	PC
	2.7 Deposizioni atmosferiche		
	2.8 Attività minerarie		
	2.9 Impianti di acquacoltura		
	2.10 Altre pressioni		
3 Prelievi idrici	3.1 Uso agricolo	PC	PC
	3.2 Uso civile potabile	PC	PC
	3.3 Uso industriale	PC	PC
	3.4 Raffreddamento	PC	PC
	3.5 Uso idroelettrico	PC	
	3.6 Piscicoltura	PC	PC
	3.7 Altri usi		
4 Alterazioni morfologiche e regolazioni di portata	4.1 Alterazione fisica dei canali/alveo/fascia riparia/sponde	PC	
	4.2 Dighe, barriere e chiuse	PC	
	4.3 Alterazione idrologica	PC	
	4.4 Perdita fisica totale o parziale del corpo idrico	PC	
	4.5 Altre alterazioni idromorfologiche		
5 Altre pressioni	5.1 Introduzione di malattie e specie aliene	PC	
	5.2 Sfruttamento/rimozione di animali/piante	PC	
	5.3 Rifiuti/discariche abusive		
6 Cambiamenti del livello e del flusso idrico delle acque sotterranee	6.1 Ricarica delle acque sotterranee		PC
	6.2 Alterazione del livello o del volume di falda		PC
7 Altre pressioni antropiche			
8 Pressioni antropiche sconosciute			
9 Inquinamento remoto/storico			

	Tipologia di pressione da non considerare a priori
	Tipologia di pressione di secondaria priorità
PC	Tipologia di pressione da considerare prioritariamente

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

La metodologia comunitaria prevede che, una volta individuata la pressione da analizzare, ne venga valutata la significatività, ovvero la possibilità di generare impatti sul corpo idrico, pregiudicando il mantenimento o il raggiungimento degli obiettivi di qualità.

A questo scopo la LG di ISPRA definisce, per le pressioni “da considerare prioritariamente”, degli indicatori di pressione con la relativa soglia di significatività, al di sopra della quale la pressione deve essere considerata significativa. Le soglie di significatività proposte per gli indicatori derivano da evidenze di carattere sperimentale, da indicazioni normative o dal contributo degli esperti del GdL che ha portato alla stesura della LG. In generale, sono state scelte soglie che rappresentano livelli di intensità di pressione oltre i quali si ritiene inconfutabile che ci possa essere un impatto sul corpo idrico e che devono essere considerate come punto di partenza, ovvero come soglia minima applicabile.

Per ogni tipologia di pressione nella LG sono stati individuati almeno un indicatore a medio-alta complessità (MAC) e/o uno a medio-bassa complessità (MBC). L'indicatore MAC è ritenuto lo strumento migliore per valutare la significatività della pressione e sarebbe pertanto da preferire; tuttavia l'applicazione pratica dell'indicatore MAC richiede la disponibilità e/o il reperimento di molti dati, alcuni anche articolati, strutturati e complessi, che non sempre sono disponibili in maniera omogenea sul territorio. Nell'eventualità, come nel caso in esame, di non disponibilità di tutte le informazioni con il livello di dettaglio adeguato, si può utilizzare l'indicatore MBC. Per alcune tipologie di pressione sono forniti più indicatori MAC e/o MBC, da considerare alternativi, salvo non sia espressamente indicato diversamente.

Tra le pressioni classificate nella LG SNPA come “PC - da considerare prioritariamente” sia per i corpi idrici fluviali sia per i corpi idrici sotterranei, nel presente studio si è scelto di approfondire l'analisi sulla pressione 2.2-Agricoltura. Questo in considerazione della disponibilità/indisponibilità dei dati necessari al popolamento dei vari indicatori, ed anche in considerazione delle conoscenze pregresse e degli esiti dei monitoraggi, che indirizzano verso l'approfondimento di questa pressione antropica, tipica del contesto pugliese.

Gli indicatori di pressione individuati nella linea guida per la pressione agricola insistente sui corpi idrici fluviali e sotterranei, con le relative soglie di significatività, sono descritti nella seguente Tabella 2.

Per ciascuna categoria di acque è definito dalla LG anche l'“ambito territoriale di riferimento” da considerare per il calcolo degli indicatori, ovvero la porzione di territorio che riunisce e raccoglie le pressioni ritenute influenti sul corpo idrico.

**Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola
Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Tabella 2 - Indicatori di pressione e soglie di significatività per la pressione agricola nei corpi idrici fluviali e sotterranei

Tipologia di pressione	Tipologia di corpo idrico	Ambito territoriale	Metodo a medio-alta complessità (MAC)	Soglie	Metodo a bassa complessità (MBC)	Soglie
2.2 Diffuse - Agricoltura	Corpi idrici fluviali	Bacino afferente (Ba) Buffer (Bf) Bacino totale (Bt)	<p>Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.</p> <p>Indicatore 2: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva.</p> <p>Indicatore 3: Valore di surplus di azoto calcolato Nell'area del bacino afferente al C.I. in kgN/ha/anno</p>	<p>Indicatore 1: $\geq 50\%$ [40% - 70%]</p> <p>Indicatore 2: $\geq 50\%$</p> <p>Indicatore 3: ≥ 100 kgN/ha/anno [45 - 100 kgN/ha/anno]</p>		
	Corpi idrici sotterranei	Area del corpo idrico (A)	<p>Indicatore 1: Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo dei suoli rispetto all'estensione del GWB, corretta in funzione della vulnerabilità SINTACS, valutata per acquiferi liberi di conoide e freatici o al più per quelli confinati superiori (nel complesso definiti da taluni superficiali) se impattati dalla pressione in esame.</p> <p>Indicatore 2: Valore di surplus di azoto calcolato nell'area sovrastante il GWB in kgN/ha/anno, corretto in funzione della vulnerabilità SINTACS, valutato per acquiferi liberi di conoide e freatici o al più per quelli confinati superiori (nel complesso definiti da taluni superficiali) se impattati dalla pressione in esame.</p> <p>L'estensione percentuale delle aree ad uso agricolo e il valore di surplus sono moltiplicati per un coefficiente correttivo tra 1 e 2 per tenere conto della vulnerabilità media del GWB</p>	<p>Indicatore 1: $\geq 80\%$;</p> <p>Indicatore 2: ≥ 100 kgN/ha/anno</p> <p>(valori corretti in funzione della classe di vulnerabilità SINTACS)</p>	<p>Indicatore 1: Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo dei suoli rispetto all'estensione del GWB</p> <p>Indicatore 2: Valore di surplus di azoto calcolato nell'area sovrastante il GWB in kgN/ha/anno</p>	<p>Indicatore 1: $\geq 60\%$</p> <p>Indicatore 2: ≥ 75 kgN/ha/anno</p>

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

L'analisi delle pressioni è funzionale alla valutazione del rischio di non raggiungimento dell'obiettivo di qualità prevista dalla DQA, che avviene mediante una valutazione integrata stato-pressioni-impatti. Quindi, una volta individuate le pressioni significative, è necessario valutarne l'entità dell'impatto sul corpo idrico, per individuare gli impatti significativi che possono essere responsabili della compromissione dello stato di qualità. Le possibili tipologie di impatto che la LG ISPRA individua per le acque superficiali e sotterranee, rifacendosi alla banca dati WISE, sono elencate in Tabella 3.

Tabella 3 - Elenco tipologie di impatto

Tipologia di impatto	Acronimo	Acque superficiali	Acque sotterranee
Inquinamento da nutrienti	NUTR	x	x
Inquinamento organico	ORGA	x	x
Inquinamento chimico	CHEM	x	x
Inquinamento microbiologico	MICR	x	x
Inquinamento/Intrusione salina	SALI	x	x
Acidificazione	ACID	x	
Temperature elevate	TEMP	x	
Habitat alterati a seguito di alterazioni idrologiche	HHYC	x	
Habitat alterati a seguito di alterazioni morfologiche	HMOC	x	
Diminuzione della qualità delle acque superficiali dovuta a interazione con le acque sotterranee (per lo stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee)	QUAL	x	x
Danni agli ecosistemi terrestri a causa dello stato chimico/quantitativo delle acque sotterranee da cui dipendono	ECOS	x	x
Alterazione della direzione di flusso delle acque sotterranee causanti il fenomeno dell'intrusione salina (o di altre sostanze)	INTR		x
Abbassamento dei livelli piezometrici per prelievi eccessivi	LOWT		x
Altri impatti significativi	OTHE	x	x
Impatto sconosciuto	UNKN	x	x

Analogamente a quanto si fa per la valutazione della significatività della pressione, anche per gli impatti la valutazione avviene attraverso la definizione di specifici indicatori, con le relative soglie di significatività che consentono di stabilire quando l'alterazione può essere considerata significativa. In Tabella 4 sono riportati gli indicatori di stato associati alla pressione agricola, le tipologie di impatto attese, e gli indicatori individuati nella LG ISPRA con relative la soglia di significatività, per le due categorie di corpi idrici considerate. In grassetto sono evidenziati gli indicatori di impatto ritenuti prevalenti.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola
Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

Tabella 4 - Relazione pressioni-impatto-stato per i corpi idrici fluviali e sotterranei

Tipologia di pressione	Tipologia di corpo idrico	Indicatori di stato	Impatti attesi	Indicatori di impatto	Soglie
2.2 Diffuse - Agricoltura	Corpi idrici fluviali	<ul style="list-style-type: none"> • STAR_ICMi • IBMR • ICMi • LIMeco • Conformità delle concentrazioni delle sostanze prioritarie ed altri inquinanti rispetto agli SQA (colonna d'acqua, biota) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inquinamento da nutrienti 2) Inquinamento organico 3) Inquinamento chimico 	<p>1) media annua azoto totale; valore medio annuo indice TI (subindice ICMi); media annua fosforo totale; media annua nitrati; trend dei valori medi annui di concentrazione di azoto e fosforo totale</p> <p>2) media annua COD; media annua O in % sat; trend dei valori medi annui di concentrazione del COD</p> <p>3) % riscontri anno > LOQ per pesticidi tabelle 1/A e 1/B ; concentrazione media annua della somma di tutti i pesticidi rinvenuti; indice di contaminazione dei pesticidi</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) >1,5 mg/L N; >2.4; >0,15 mg/L P; >10 mg/L NO₃; trend crescente 2) >10 mg/L O₂; <75%; trend crescente 3) almeno una sostanza >30% riscontri/n misure; ≥0,03 µg/L; classi basso-alto
	Corpi idrici sotterranei	<ul style="list-style-type: none"> • Stato chimico • Conformità delle concentrazioni delle sostanze agli SQA/VS 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inquinamento da nutrienti 2) Inquinamento organico 3) Inquinamento chimico 	<ol style="list-style-type: none"> 1) media annua nitrati 3) concentrazione media annua somma pesticidi; riscontri positivi per sostanze ritenute correlate alla pressione 	<ol style="list-style-type: none"> 1) >25 mg/L 3) >0; presenza valori >LOQ

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

Per comprendere le applicazioni pratiche dell'analisi pressione-impatto-stato, a titolo di esempio si consideri un CI in Stato Chimico "Buono", ovvero che non ha presentato superamenti degli Standard di Qualità Ambientale (SQA), con pressione agricola significativa. L'alterazione delle caratteristiche chimiche delle acque (CHEM), valutata attraverso il popolamento degli indicatori di impatto, può risultare di due tipi:

- trascurabile. In tal caso potrebbe essersi verificata una sovrastima dell'analisi delle pressioni; potrebbe trattarsi di un caso limite in cui l'indicatore di pressione è prossimo o ha superato di poco la soglia di significatività; il monitoraggio potrebbe non essere pienamente adeguato in quanto le sostanze analizzate sono poche o non sono state selezionate tenendo conto dei dati di utilizzo sul territorio; oppure, ancora, i limiti di quantificazione (LOQ) della metodica analitica potrebbero non essere adeguati rispetto agli SQA, ecc.;
- significativa. In tal caso si ha evidenza del fatto che la pressione genera effettivamente un impatto chimico sul corpo idrico, coerente con la tipologia di pressione presente.

A prescindere dalla classe di stato, tale valutazione fornisce dunque elementi utili per la descrizione complessiva del fenomeno di contaminazione, per l'eventuale adozione di nuove misure o il mantenimento di quelle già in essere, ma anche per monitorare gli effetti delle misure stesse.

2.2 Caso studio "Arco Ionico-tarantino"

2.2.1 Caratteristiche dell'area

Per individuare l'ambito territoriale su cui testare la metodologia, sono state valutate in primo luogo le caratteristiche idrogeologiche del territorio regionale, indirizzandosi, tra le zone con presenza di corpi idrici fluviali, su quelle caratterizzate da formazioni geologiche di natura detritica o alluvionale, naturalmente più sensibili alle interazioni con i corpi idrici superficiali rispetto agli acquiferi carbonatici profondi. Successivamente, è stata valutata la consistenza della copertura informativa per i corpi idrici coinvolti, in termini di numero di stazioni di monitoraggio previste nelle reti di monitoraggio regionali e di numero di dati effettivamente disponibili. All'esito di tali valutazioni, si è concordato sull'opportunità di analizzare come caso studio il contesto idrografico "Arco Ionico-tarantino" comprendente i corsi d'acqua superficiali Lenne, Lato e Galaso e l'acquifero Arco Ionico-tarantino occidentale.

Nella stessa area sono presenti anche il fiume Tara e un tratto del fiume Bradano. Tali CIS Sup sono stati esclusi dall'analisi in quanto il primo è un corpo idrico per il quale, da letteratura, è nota l'afferenza all'acquifero carbonatico profondo della Murgia Tarantina, mentre il secondo è monitorato attraverso una stazione localizzata esternamente all'area di studio.

Come ulteriore elemento di valutazione sono stati esaminati i risultati dell'analisi delle pressioni antropiche insistenti sui corpi idrici superficiali e sotterranei pugliesi svolta nel "Piano di Tutela delle Acque" (rif. elaborati tecnici A e C). Da tali elaborati emerge che la pressione agricola, oltre ad essere significativa sia per i fiumi Lenne, Lato e Galaso sia per il corpo idrico sotterraneo Arco Ionico-tarantino occidentale, risulta essere l'unica tipologia di pressione antropica che incide in maniera significativa su

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

tutti questi corpi idrici. Si conferma quindi di particolare interesse l'approfondimento sulla pressione agricola nel contesto territoriale dell'Arco Ionico-tarantino.

Nelle tabelle seguenti (Tabella 5 e Tabella 6) sono riportati i corpi idrici considerati in questo studio, con le loro principali caratteristiche, mentre in Figura 1 è rappresentato l'inquadramento territoriale.

Tabella 5 - Elenco dei CIS Superficiali considerati

Corpo Idrico	Codice	Caratteristiche	Estensione bacino afferente	N. stazioni di monitoraggio
Galaso	ITF-R16-19716EF7T	Corpo Idrico Fortemente Modificato - CIFM	97,09 km ²	1
Lato	ITF-R16-19616EF7T	-	626,66 km ²	1
Lenne	ITF-R16-19516EF7T	-	227,48 km ²	1

Tabella 6 - Elenco dei CIS Sotterranei considerati

Tipo	Codice CI	Nome CI	Caratteristiche	Estensione	N. stazioni di monitoraggio
Detritico	5-1-1	Arco Ionico-tarantino occidentale	Freatico profondo	468,40 km ²	29

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

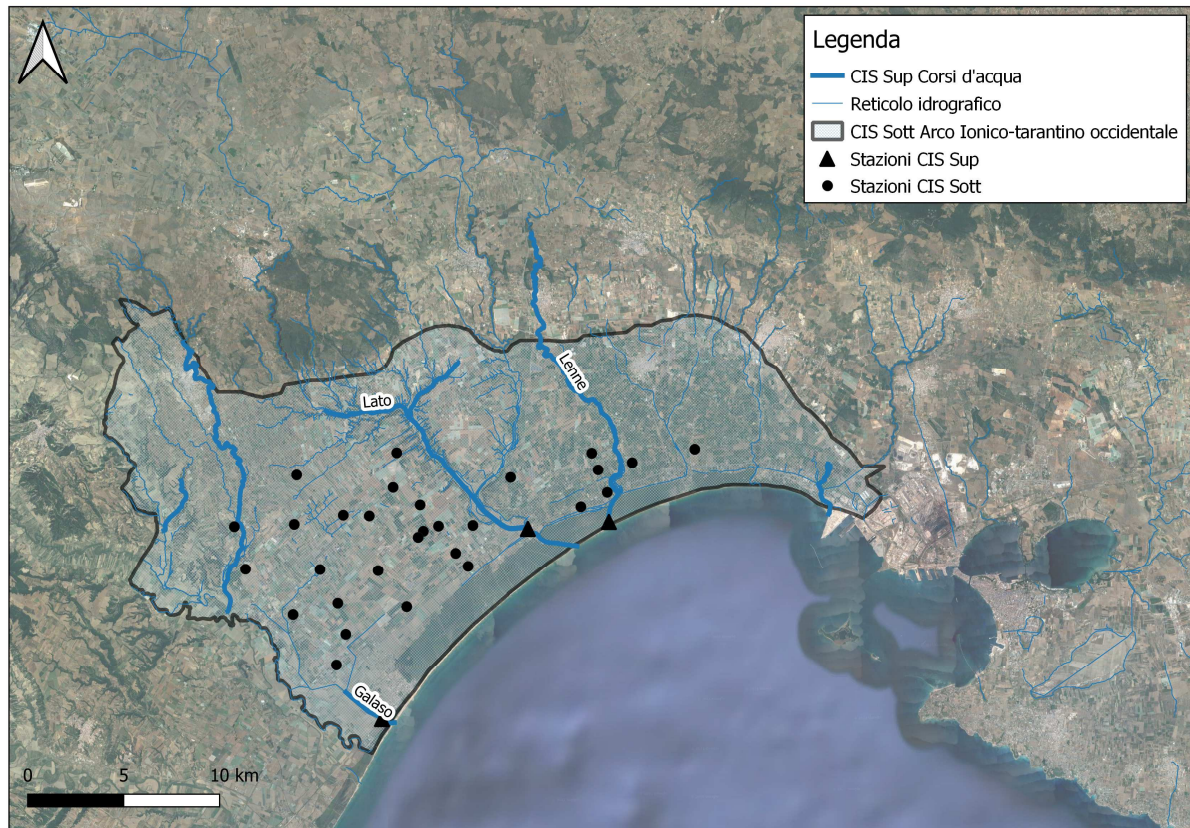


Figura 1 - Area di studio

Nel presente studio, in considerazione della base informativa disponibile, tra gli indicatori di significatività della pressione agricola proposti dalla LG sono stati presi in considerazione gli indicatori 1 e 2 della categoria a medio-alta complessità (MAC) per i corpi idrici fluviali e l'indicatore 1 della categoria a medio-bassa complessità (MBC) per i corpi idrici sotterranei.

Tutti gli indicatori considerati fanno riferimento all'estensione delle aree ad uso agricolo dei suoli, con riferimento a specifiche porzioni territoriali. L'ambito territoriale di riferimento è il bacino afferente (indicatore 1) o il buffer di 500 m rispetto alla linea di riva (indicatore 2) nel caso dei fiumi, e l'estensione areale del corpo idrico (indicatore 1) nel caso dei corpi idrici sotterranei. La soglia in base alla quale valutare l'entità della pressione (significativa/non significativa) è fissata al 50% per entrambi gli indicatori dei fiumi e al 60% per i corpi idrici sotterranei.

La LG riporta in dettaglio come deve essere eseguito il calcolo dell'estensione dell'area ad uso agricolo: *“si intende l'area valutata attraverso l'utilizzo del Corine Land Cover, o eventualmente di altro strumento di valutazione di maggiore dettaglio digitale se disponibile (anche se non molto di dettaglio, si consiglia di utilizzare i dati del Corine Land Cover per garantire l'omogeneità tra le diverse amministrazioni*

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

appartenenti allo stesso Distretto Idrografico; tra i dati del Corine Land Cover disponibili è opportuno utilizzare quelli più recenti). Nel caso dell'uso del Corine Land Cover viene considerata la categoria 2-Superfici agricole, con tutte le sotto-categorie del livello 2: 2.1 Seminativi; 2.2 Colture permanenti; 2.3 Prati stabili; 2.4 Zone agricole eterogenee. In generale non si considerano i pascoli".

2.2.2 Risultati dell'analisi pressioni-impatto

Applicando la metodologia prevista dalla LG, per i corpi idrici selezionati è stata calcolata l'estensione percentuale delle aree ad uso agricolo utilizzando come fonte dati la carta dell'uso del suolo del Corine Land Cover 2018.

Tra le classi indicate dalla linea guida le seguenti tipologie d'uso del suolo presenti nelle porzioni di territorio interessate sono risultate:

- 2111 – Colture intensive
- 221 – Vigneti
- 222 – Frutteti e frutti minori
- 223 – Oliveti
- 231 – Prati stabili
- 241 – Colture temporanee associate a colture permanenti
- 242 – Sistemi colturali e particellari complessi
- 243 – Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti

L'esito dell'analisi di significatività è riportato in Tabella 7.

La successiva Tabella 8 indica l'estensione della superficie del corpo idrico interessata da uso agricolo e fornisce il dettaglio della distribuzione percentuale delle tipologie di uso agricolo che concorrono alla quantificazione dell'indicatore di significatività.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola
Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

Tabella 7 - Valutazione della significatività della pressione agricola per i corpi idrici oggetto di approfondimento

Tipologia di pressione	Tipologia di corpo idrico	Corpo idrico	Descrizione indicatori	Soglie	Valore indicatore	Significatività pressione
2.2 Diffuse - Agricoltura	Corpi idrici fluviali	Galaso	Indicatore 1 (MAC): Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	≥ 50% [40% - 70%]	98%	SI
			Indicatore 2 (MAC): Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva	≥ 50%	82%	
		Lato	Indicatore 1 (MAC): Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	≥ 50% [40% - 70%]	80%	SI
			Indicatore 2 (MAC): Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva	≥ 50%	72%	
	Lenne	Indicatore 1 (MAC): Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	≥ 50% [40% - 70%]	80%	SI	
		Indicatore 2 (MAC): Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva	≥ 50%	79%		
Corpi idrici sotterranei	Arco Ionico-tarantino occidentale	Indicatore 1 (MBC): Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo dei suoli rispetto all'estensione del GWB	≥ 60%	87%	SI	

Tabella 8 - Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo per categoria d'uso

Tipologia di corpo idrico	Corpo idrico	Ambito territoriale	Superficie uso agricolo (km ²)	Dettaglio su tipologia di uso agricolo							
				2.1 Seminativi	2.2 Colture permanenti			2.3 Prati stabili	2.4 Zone agricole eterogenee		
				2111	221	222	223	231	241	242	243
Corpi idrici fluviali	Galaso	Ba	94,78	29,57%	38,31%	8,25%	-	-	-	21,11%	-
		Bf	2,85	83,76%	-	-	-	-	-	-	-
	Lato	Ba	502,77	49,51%	7,44%	2,30%	2,04%	1,25%	5,55%	11,65%	0,49%
		Bf	14,79	36,66%	13,89%	-	-	-	-	-	19,57%
Corpi idrici sotterranei	Arco Ionico-tarantino occidentale	Ba	183,06	18,45%	3,74%	14,03%	2,75%	0,50%	6,69%	32,50%	1,81%
		Bf	15,01	5,99%	1,69%	9,80%	1,02%	-	-	58,92%	1,17%

Legenda: Ba=bacino afferente; Bf=buffer; A=intero corpo idrico.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Come già descritto, l'analisi delle pressioni è funzionale alla valutazione del rischio di non raggiungimento dell'obiettivo di qualità prevista dalla DQA, che avviene mediante una valutazione integrata stato-pressioni-impatti. Quindi, una volta individuata come significativa la pressione agricola, è necessario valutare la significatività dell'impatto sul corpo idrico, per individuare gli impatti significativi che possono essere responsabili della compromissione dello stato di qualità.

Per entrambe le tipologie di corpi idrici, il calcolo degli indicatori di impatto è stato svolto su base annuale con riferimento al triennio 2016-2018: ai sensi della LG un impatto è stato considerato presente con superamento delle soglie almeno in 2 annualità su 3 del triennio. Avendo a disposizione dati pregressi, è stata valutata anche la stabilità dei risultati nel tempo, in termini di numero di anni nei quali si è verificato il superamento delle soglie.

Per i corpi idrici superficiali la stabilità nel tempo è stata valutata con riferimento ai dati delle annualità 2010-2015, mentre per i corpi idrici sotterranei si è fatto riferimento ai dati dell'anno 2015.

L'applicazione della metodologia indicata ai corpi idrici oggetto di approfondimento, ha restituito i risultati riportati in Tabella 9.

I corpi idrici fluviali oggetto di analisi sono risultati impattati dalla pressione agricola con riferimento a tutte le tipologie di impatto attese (inquinamento da nutrienti, inquinamento organico e inquinamento chimico). Con riferimento alla contaminazione da nutrienti, il Galaso presenta un maggior numero di superamenti dei valori soglia per gli indicatori misurati nel triennio di riferimento rispetto al Lato e al Lenne; riguardo all'inquinamento organico, i fiumi più impattati risultano il Galaso e il Lato, con l'86% delle misure superiori ai valori soglia; infine, con riferimento alla contaminazione chimica, e in particolare ai pesticidi ritrovati nelle acque, gli indicatori sopra soglia non superano il 70% del totale nel Galaso e il 50% nel Lato e nel Lenne.

Per il corpo idrico sotterraneo Arco Ionico-tarantino occidentale entrambi gli indicatori di inquinamento chimico superano la soglia di significatività, confermando la presenza di impatto agricolo in tutte le annualità considerate.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola
Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

Tabella 9 - Valutazione di significatività dell'impatto derivante dalla pressione agricola per i corpi idrici oggetto di approfondimento Pressione:2.2 Diffuse - Agricoltura

Tipologia di corpo idrico	Corpo idrico	Impatti Attesi	Descrizione indicatori	Soglie	Valore indicatore			Stabilità (n. anni con superamenti/n.anni di monitoraggio precedenti al 2016)	Significatività impatto
					2016	2017	2018		
Corpi idrici fluviali	Galaso	NUTR	Media annua azoto totale	>1,5 mg/L N	4,9	4,3	4,0	6/6	SI
			Valore medio annuo indice TI (subindice ICMi)	>2,4	-	-	-		
			Media annua fosforo totale	>0,15 mg/L P	0,31	1,21	0,36	5/6	
			Trend dei valori medi annui di concentrazione di azoto e fosforo totale	trend crescente		decescente			
		ORGA	Media annua COD	>10 mg/L O ₂	56	120	63	6/6	SI
			Media annua O in % sat	<75%	77%	73%	89%	1/6	
			Trend dei valori medi annui di concentrazione del COD	trend crescente		crescente			
		CHEM	% riscontri anno > LOQ per pesticidi tabelle 1/A e 1/B	almeno una sostanza >30% riscontri/n. misure	4 riscontri/250 misure (24 sostanze)	4 riscontri/24 misure (24 sostanze)	15 riscontri/175 misure (143 sostanze)	0 riscontri/463 misure (24 sostanze)	SI
	Concentrazione media annua della somma di tutti i pesticidi rinvenuti		≥0,03 µg/l	0,0015	0,017	1,392	0		
	Indice di contaminazione dei pesticidi		classi basso-alto	Basso	Basso	Medio	Non presente		
	Lato	NUTR	Media annua azoto totale	>1,5 mg/L N	7,7	6,9	4,7	6/6	SI
			Valore medio annuo indice TI (subindice ICMi)	>2,4	2,65	3,27	-		
			Media annua fosforo totale	>0,15 mg/L P	0,09	0,07	0,08	0/6	
			Trend dei valori medi annui di concentrazione di azoto e fosforo totale	trend crescente		decescente			
ORGA		Media annua COD	>10 mg/L O ₂	24	51	52	6/6	SI	
		Media annua O in % sat	<75%	74%	83%	92%	1/6		
		Trend dei valori medi annui di concentrazione del COD	trend crescente		crescente				

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola
Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino

Tipologia di corpo idrico	Corpo idrico	Impatti Attesi	Descrizione indicatori	Soglie	Valore indicatore			Stabilità (n. anni con superamenti/n.anni di monitoraggio precedenti al 2016)	Significatività impatto
					2016	2017	2018		
Corpi idrici fluviali		CHEM	% riscontri anno > LOQ per pesticidi tabelle 1/A e 1/B	almeno una sostanza >30% riscontri/n. misure	0 riscontri/250 misure (22 sostanze)	3 riscontri/22 misure (22 sostanze)	4 riscontri/171 misure (149 sostanze)	0 riscontri/463 misure (24 sostanze)	SI
			Concentrazione media annua della somma di tutti i pesticidi rinvenuti	≥0,03 µg/l	0	0,003	0,231	0	
			Indice di contaminazione dei pesticidi	classi basso-alto	Non presente	Basso	Basso	Non presente	
	Lenne	NUTR	Media annua azoto totale	>1,5 mg/L N	9,1	8,7	6,4	6/6	SI
			Valore medio annuo indice TI (subindice ICMi)	>2,4	-	-	-		
			Media annua fosforo totale	>0,15 mg/L P	0,18	0,08	0,13	1/6	
			Trend dei valori medi annui di concentrazione di azoto e fosforo totale	trend crescente		decescente			
		ORGA	Media annua COD	>10 mg/L O ₂	33	62	92	6/6	SI
			Media annua O in % sat	<75%	89%	94%	102%	0/6	
			Trend dei valori medi annui di concentrazione del COD	trend crescente		crescente			
		CHEM	% riscontri anno > LOQ per pesticidi tabelle 1/A e 1/B	almeno una sostanza >30% riscontri/n. misure	0 riscontri/250 misure (22 sostanze)	1 riscontro/22 misure (22 sostanze)	15 riscontri/175 misure (151 sostanze)	0 riscontri/463 misure (24 sostanze)	SI
			Concentrazione media annua della somma di tutti i pesticidi rinvenuti	≥0,03 µg/l	0	0,001	0,819	0	
Indice di contaminazione dei pesticidi	classi basso-alto		Non presente	Basso	Medio	Non presente			
Corpi idrici sotterranei	Arco Ionico-tarantino occidentale	CHEM	Media annua nitrati	>25 mg/L	88	82	81	1/1	SI
			Media annua somma pesticidi	>0	0,00058	0,027	0,0033	1/1	

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

3. Studio delle correlazioni tra Corpi Idrici Superficiali e Corpi Idrici Sotterranei

3.1 Introduzione

Lo scopo del presente capitolo è quello di valutare, nell'ambito delle pressioni individuate come significative nel Capitolo precedente, una potenziale correlazione tra Corpi Idrici Superficiali (CIS Sup) e Corpi Idrici Sotterranei (CIS Sott). La pressione individuata come significativa è la pressione di origine agricola e lo studio delle correlazioni sarà relativo all'area di studio dell'Arco Ionico-tarantino (Figura 2). A tal fine sono stati utilizzati i dati derivanti dal monitoraggio qualitativo dei Corpi Idrici Superficiali e dei Corpi Idrici Sotterranei per il periodo 2015-2018, entrambi realizzati ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e, per i sotterranei, del D.Lgs. 30/2009.

Occorre precisare che la tipologia dei dati a disposizione ha uno scopo iniziale diverso da quello del presente studio, in quanto si tratta di dati raccolti in ottemperanza ai due suddetti monitoraggi. Pertanto, si è cercato di definire degli approcci (vedere paragrafo successivo) che hanno permesso di poter, in ogni caso, fare delle valutazioni, nonostante alcune caratteristiche dei rispettivi (CIS Sup e CIS Sott) piani di monitoraggio (frequenza di campionamento, rappresentatività spaziale, etc.) fossero molto eterogenee tra loro.

3.2 Metodologia

3.2.1 Descrizione dell'area di Studio

L'ambito territoriale nel quale esplorare l'esistenza di una correlazione tra Corpi Idrici Superficiali e Sotterranei è stato scelto considerando, sul territorio regionale, le zone con presenza di fiumi in corrispondenza delle quali i corpi idrici sotterranei sono di natura detritica o alluvionale, dove quindi può attendersi una maggiore interazione con i sovrastanti corpi idrici superficiali. Un altro aspetto di rilievo di cui si è tenuto conto nella scelta è stata la numerosità complessiva dei dati a disposizione per l'analisi, da intendersi sia come estensione della copertura spaziale che temporale.

Sulla base delle suddette valutazioni, l'area di studio selezionata è rappresentata dalla regione dell'Arco ionico-tarantino che si estende ad ovest di Taranto fino a comprendere il comune di Ginosa (Figura 2).

Nell'area individuata sono stati individuati sia i tre corsi d'acqua superficiali (CIS Sup) che vi insistono, ossia il Galaso, il Lato e il Lenne, sia l'acquifero (CIS Sott) Arco Ionico-tarantino occidentale, in quanto rispondenti ai criteri utilizzati nella scelta.

In Figura 2, oltre all'area di indagine, sono rappresentati i bacini idrografici afferenti all'area di studio, il reticolo idrografico, i CIS Sup ed i CIS Sott e le relative stazioni di campionamento.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

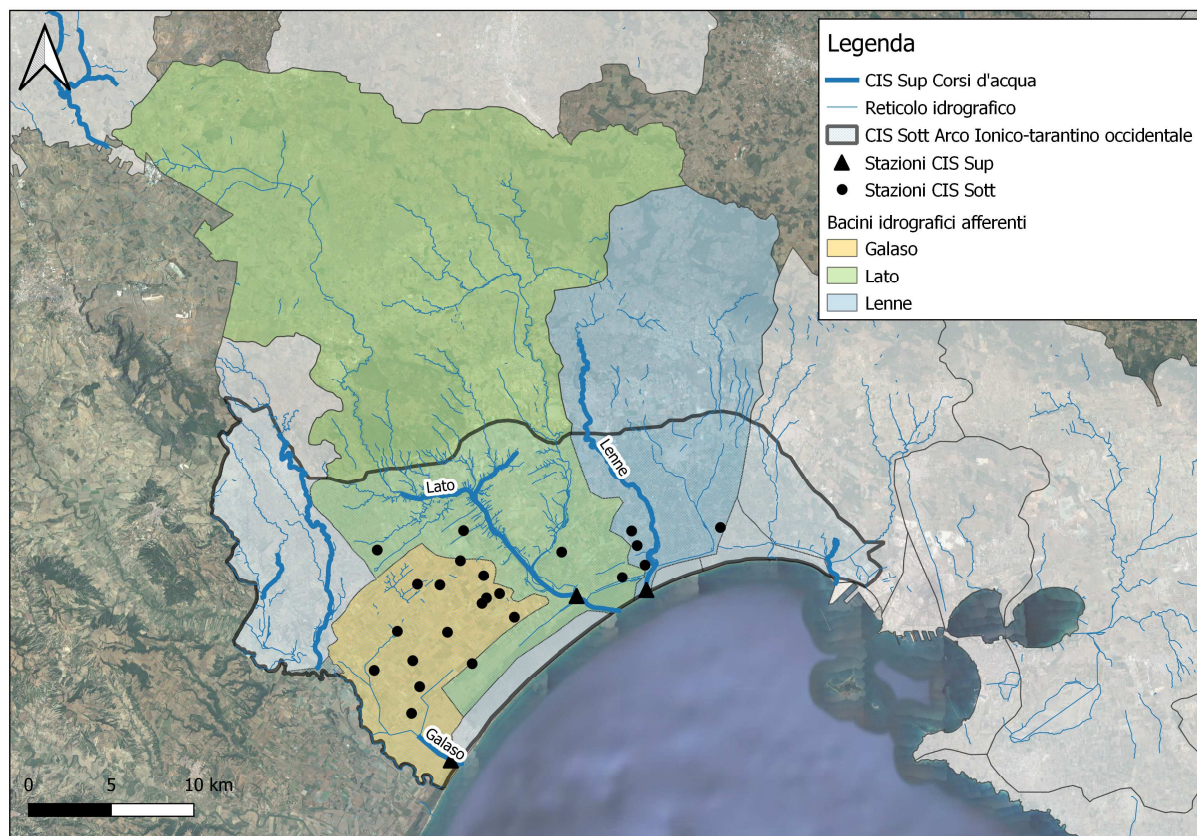


Figura 2 - Bacini idrografici afferenti all'area di studio con indicazione delle stazioni di campionamento per i CIS Sup e per i CIS Sott

3.2.2 Caratteristiche dei dati

Ai fini del presente studio sono stati considerati i dati derivanti dai monitoraggi istituzionali in atto in Puglia per i Corpi Idrici Superficiali e Sotterranei, utilizzando i dati derivanti dalle seguenti stazioni elencate in Tabella 10, con indicazione del rispettivo codice e frequenza di campionamento. Le stazioni considerate sono n. 3 per i CIS Sup e n. 23 per i CIS Sott.

Tabella 10 - Elenco delle stazioni di monitoraggio considerate

Tipologia_CI	Nome_CI	Codice_stazione	Frequenza
Corpo Idrico Superficiale	Galaso	CA_GA01	mensile
Corpo Idrico Superficiale	Lato	CA_FL01	mensile
Corpo Idrico Superficiale	Lenne	CA_LN01	mensile
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201075	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201076	semestrale

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Tipologia_CI	Nome_CI	Codice_stazione	Frequenza
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201079	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201082	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201084	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201086	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201088	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201094	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201100	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201101	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201103	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201104	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201105	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201106	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201109	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201112	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201113	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201116	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201117	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN201118	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PN401667	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PS201114	semestrale
Corpo Idrico Sotterraneo	Arco Ionico-tarantino occidentale	PS201119	semestrale

Come si evince dalla Tabella 10, i dati di monitoraggio per i CIS Sup sono caratterizzati da una bassa eterogeneità spaziale (3 stazioni, una per ogni CI) ma da una elevata frequenza temporale (frequenza mensile). Al contrario, quelli per i CIS Sott presentano una elevata eterogeneità spaziale (23 stazioni per l'unico CI) ed una bassa frequenza temporale (frequenza semestrale). Queste diverse caratteristiche tra i CIS Sup e i CIS Sott derivano dal fatto che sono stati utilizzati tutti i dati a disposizione, derivanti dall'attuazione dei programmi di monitoraggio, definiti nel rispetto della vigente normativa di settore per la definizione dello stato di qualità dei CI.

La necessità dunque di disporre di dati confrontabili su scala temporale ha richiesto il raggruppamento per semestre dei dati mensili dei CIS Sup. In particolare gli esiti mensili del monitoraggio dei CIS Sup sono stati utilizzati per il calcolo di valori medi semestrali, per permettere il confronto con i dati semestrali dei CIS Sott. Per ciascun anno, quindi, i dati dei CIS Sup mediati nel periodo da marzo ad agosto sono stati confrontati con quelli del primo semestre CIS Sott, mentre sul periodo da settembre a febbraio dell'anno successivo è stato eseguito il confronto con il secondo semestre CIS Sott.

Nel periodo in comune tra il monitoraggio dei CIS Sup e dei CIS Sott, i semestri sono indicati con numeri progressivi da 1 (secondo semestre 2015) a 7 (secondo semestre 2018).

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Al fine di procedere con le analisi previste dal presente studio, sono stati scelti due approcci di analisi che si basano su un comune modello di trasferimento di massa dai CIS Sup ai CIS Sott. Il primo approccio considera il CI Sotterraneo come un “unicum” in relazione con tutti e tre i CIS Sup, mentre il secondo definisce delle “affinità spaziali” tra ciascun CI Superficiale e quella porzione dell’area del CI Sotterraneo definita dal bacino imbrifero dello stesso CI Superficiale sovrastante. Il raggruppamento spaziale delle stazioni del CIS Sott quindi è stato fatto considerando la loro posizione rispetto alla delimitazione dei bacini afferenti ai singoli CIS Sup. Sulla base di tale assunto nel secondo approccio solo le stazioni del CI Sotterraneo afferenti a tale porzione sono state messe in relazione con la stazione del corrispondente CI Superficiale. Da tale sovrapposizione areale tra CIS Sup e CIS Sott i tre raggruppamenti ottenuti sono mostrati nella tabella successiva (Tabella 11). Questi sono inoltre mostrati in Figura 3.

Tabella 11 - Raggruppamenti spaziali tra stazioni di Monitoraggio dei CIS Superficiali e dei CIS Sotterranei

Raggruppamento Galaso		Raggruppamento Lato		Raggruppamento Lenne	
Tipologia_CI	Codice_stazione	Tipologia_CI	Codice_stazione	Tipologia_CI	Codice_stazione
CIS Sup	CA_GA01	CIS Sup	CA_FL01	CIS Sup	CA_LN01
CIS Sott	PN201075	CIS Sott	PN201079	CIS Sott	PN201084
	PN201076		PN201088		PN201086
	PN201082		PN201094		PN201100
	PN201103		PN201101		PN201109
	PN201104		PN401667		
	PN201105				
	PN201106				
	PN201112				
	PN201113				
	PN201116				
	PN201117				
	PN201118				
	PS201114				
	PS201119				

In merito alle variabili prese in esame nel presente studio, in una prima fase e sulla base delle pressioni significative individuate sul territorio, sono stati scelti i Nitrati, in quando legati alla pressione di origine agricola. I pesticidi, anche essi connessi con la stessa pressione, sono stati esclusi dall’analisi poiché presentano dati poco numerosi in termini di campioni in quanto in sole tre stazioni dell’Arco Ionico-tarantino occidentale sono monitorati con continuità. Inoltre, in poco più del 10% dei campioni in cui i pesticidi sono determinati si ha un valore diverso da 0 (presenza di almeno un pesticida ad una concentrazione superiore al LOQ). Per tale particolare aspetto, si fa comunque notare che a partire dal secondo semestre 2018 è stato avviato il nuovo Programma Fitosanitari, con un significativo ampliamento sia della copertura spaziale sia del numero di sostanze attive ricercate nei CIS Sup e CIS

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Sott. Il passaggio al nuovo programma di monitoraggio, avviato dal secondo semestre 2018, permetterà in futuro di disporre di dati più adatti all'analisi di cui al presente studio.

In una fase successiva sono stati considerati tutti gli altri parametri chimici in comune tra il monitoraggio attuato per i CIS Sup e per i CIS Sott (Cloruri, Solfati, Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Pesticidi totali), anche in relazione con eventuali altre pressioni non chiaramente individuate. La scelta si è indirizzata verso i parametri chimici determinati in un numero relativamente alto di campioni con valori superiori al corrispondente limite di quantificazione (LOQ). Alla luce di ciò, i parametri selezionati sono risultati: Nitrati, Cloruri e Solfati.

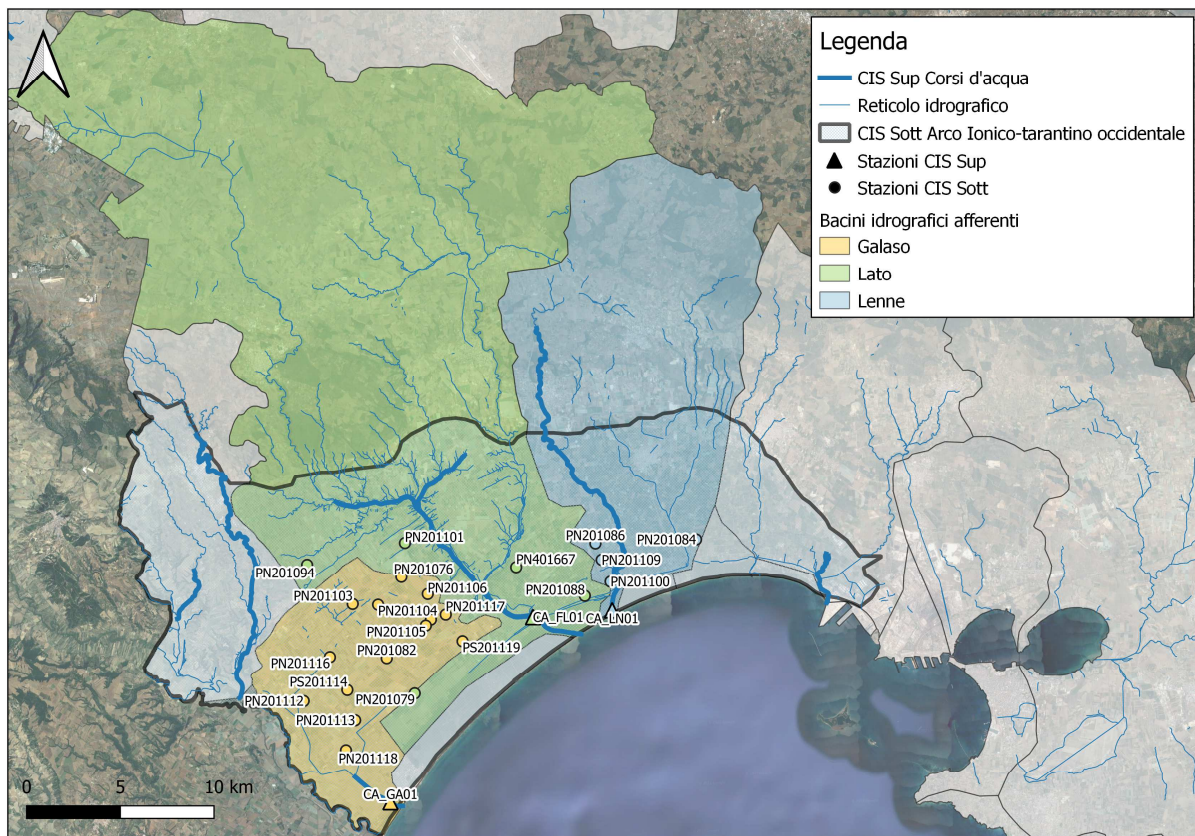


Figura 3 - Raggruppamenti spaziali tra stazioni di Monitoraggio dei CIS Superficiali e dei CIS Sotterranei

Nella preparazione del dataset per l'analisi, per i CIS Sup, i Nitrati sono stati calcolati moltiplicando i valori espressi come azoto nitrico (N-NO₃) per il fattore 4.427 al fine di comparare i due dataset. Inoltre per tutte e tre le variabili i dati inferiori al LOQ sono stati sostituiti con il valore del corrispondente LOQ/2 ed espressi come mg/l.

Al fine di valutare la correlazione tra CIS Sup e CIS Sott sono state applicate tecniche di analisi univariata e multivariata dei dati.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Nell'analisi univariata le tre variabili sono state analizzate singolarmente. Vista la non normalità dei dati, questi ultimi sono stati analizzati tramite test non parametrici, in particolare è stata utilizzata l'analisi di Kruskal-Wallis per il confronto tra gruppi, mentre l'analisi delle correlazioni è stata utilizzata per valutare la correlazione tra le variabili. Insieme all'analisi delle correlazioni, è stata utilizzata l'analisi della coerenza dei rapporti tra le concentrazioni dei CIS Sup e Sott per valutare una corrispondenza spaziale tra le due tipologie di CIS.

Per quanto riguarda le analisi multivariate, i Nitrati, Cloruri e Solfati sono stati analizzati insieme tramite l'Analisi delle Componenti Principali e il Non metric-*Multidimensional Scaling*.

Nella Tabella 12 è indicato per i CIS Sup e per i CIS Sott il numero di dati relativamente al valore dei Nitrati, Cloruri e Solfati utilizzato nelle analisi, distinto per ciascun semestre e complessivamente per il periodo 2015-2018.

Tabella 12 - Distribuzione dei dati analizzati divisi per raggruppamento, tipologia di Corpo Idrico e semestre

Raggruppamento	Semestre	Periodo	Nitrati		Cloruri		Solfati	
			CIS Sup	CIS Sott	CIS Sup	CIS Sott	CIS Sup	CIS Sott
Galaso	1	09/2015-02/2016	8	12	8	3	8	3
	2	03/2016-08/2016	6	13	6	3	6	3
	3	09/2016-02/2017	6	14	6	3	6	3
	4	03/2017-08/2017	6	14	6	3	6	3
	5	09/2017-02/2018	6	14	6	3	6	3
	6	03/2018-08/2018	6	14	6	3	6	3
	7	09/2018-02/2019	4	11	4	2	4	2
Galaso Totale			42	92	42	20	42	20
Lato	1	09/2015-02/2016	8	5	8	4	8	4
	2	03/2016-08/2016	6	4	6	4	6	4
	3	09/2016-02/2017	6	5	6	4	6	4
	4	03/2017-08/2017	6	5	6	4	6	4
	5	09/2017-02/2018	6	5	6	4	6	4
	6	03/2018-08/2018	6	5	6	4	6	4
	7	09/2018-02/2019	4	5	4	4	4	4
Lato Totale			42	34	42	28	42	28
Lenne	1	09/2015-02/2016	8	5	8	3	8	3
	2	03/2016-08/2016	6	4	6	2	6	2
	3	09/2016-02/2017	6	4	6	2	6	2
	4	03/2017-08/2017	6	4	6	2	6	2
	5	09/2017-02/2018	6	5	6	2	6	2
	6	03/2018-08/2018	6	4	6	2	6	2
	7	09/2018-02/2019	4	4	4	2	4	2
Lenne Totale			42	30	42	15	42	15

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

3.3 Risultati

3.3.1 Analisi univariata

NITRATI

Per quanto riguarda le analisi univariate, la prima variabile considerata sono i nitrati.

In Figura 4 sono riportati i dati raggruppati per tipologia di CIS, da cui si evidenzia innanzitutto che nei CIS Sup i valori misurati sono più bassi di quelli dei CIS Sott ($p < 0,001$).

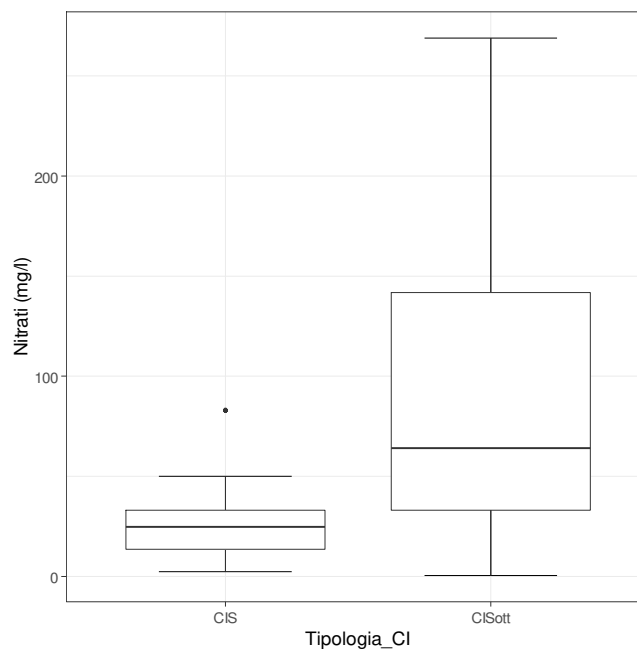


Figura 4 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) dei Nitrati nei CIS Sup e nei CIS Sott

In Figura 5 sono riportati i valori dei nitrati uniti per raggruppamento per ciascuna tipologia di CIS.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

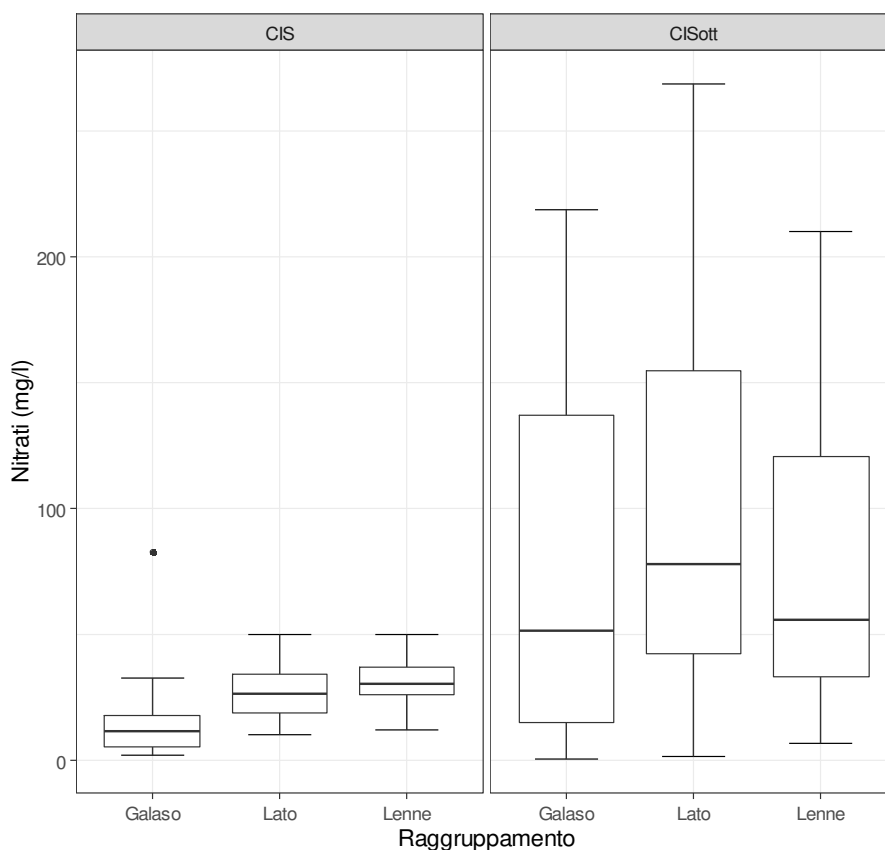


Figura 5 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) per ciascun raggruppamento considerato

Valutando i raggruppamenti, si osserva, che per il fiume Galaso i valori dei Nitrati sono statisticamente più bassi ($p < 0,001$) rispetto agli altri due raggruppamenti, mentre per le acque sotterranee non risultano differenze statisticamente rilevanti (Figura 5; Tabella 13).

Tabella 13 - Valori medi dei Nitrati con e senza raggruppamento per CIS Superficiali e Sotterranee

Raggruppamento	Media Nitrati (mg/l)		Rapporto Sup/Sott
	CIS Sup	CIS Sott	
Galaso Totale	14	79	0,18
Lato Totale	27	99	0,27
Lenne Totale	32	80	0,40
Totale complessivo	25	84	0,29

In Tabella 14 sono riportati i valori medi di concentrazione dei Nitrati per ciascun semestre del periodo 2015-2018, raggruppando le stazioni del CIS Sott per affinità spaziale con le stazioni dei tre CIS Sup. In

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Tabella 5 si restituisce il valore medio di concentrazione dei Nitrati, per tipologia di CIS, con e senza raggruppamento sul periodo 2015-2018.

Tabella 14 - Valori medi dei Nitrati per semestre

Raggruppamento	Semestre	Media Nitrati (mg/l)		Rapporto Sup/Sott
		CIS Sup	CIS Sott	
Galaso	1	22	85	0,26
Galaso	2	10	90	0,11
Galaso	3	15	81	0,18
Galaso	4	16	83	0,19
Galaso	5	13	70	0,19
Galaso	6	10	85	0,12
Galaso	7	10	57	0,17
Lato	1	36	94	0,39
Lato	2	25	113	0,22
Lato	3	25	105	0,24
Lato	4	29	89	0,33
Lato	5	30	79	0,38
Lato	6	19	108	0,18
Lato	7	16	108	0,15
Lenne	1	37	76	0,49
Lenne	2	28	64	0,43
Lenne	3	40	84	0,48
Lenne	4	30	90	0,33
Lenne	5	31	99	0,32
Lenne	6	25	82	0,31
Lenne	7	29	65	0,45

Dalla valutazione dei rapporti nella concentrazione dei Nitrati tra CIS Sup e CIS Sott, si osserva come quest'ultima tenda a rimanere simile per ciascun raggruppamento (Galaso media: 0,18mg/l, CV 27%; Lato media: 0,27 mg/l, CV 35%; Lenne media: 0,4mg/l; CV 19%). Dall'applicazione del test di Kruskal Wallis si osserva una differenza statisticamente significativa tra i 3 gruppi ($p > 0,005$; Figura 6).

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

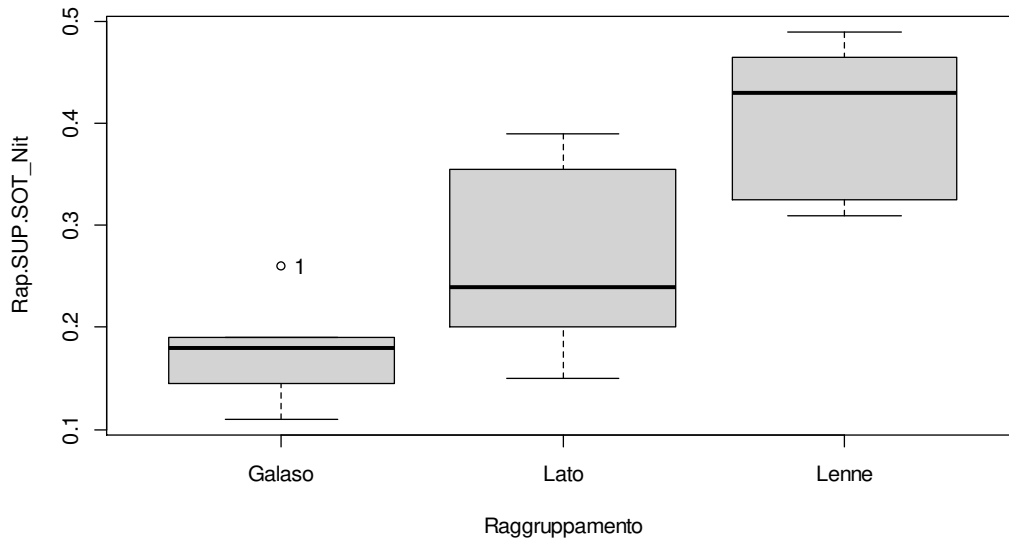


Figura 6 - Box plot dei rapporti tra concentrazione dei nitrati tra CIS Sup e CIS sott.

In Figura 7 è stata valuta la variazione nel tempo dei valori medi dei nitrati (mg/l) nei sette semestri.

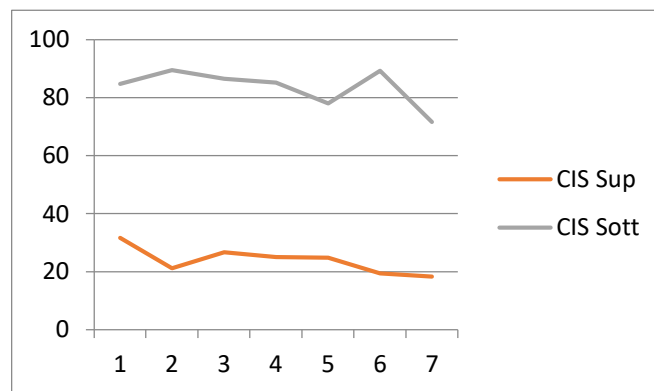


Figura 7 - Variazione nei sette semestri dei valori medi di nitrati (mg/l) in entrambi i CIS

Dalla valutazione della variazione delle concentrazioni dei nitrati tra CIS Sup e CIS Sott (Figura 8) non si osserva nessuna correlazione significativa ($p=0.2$)

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

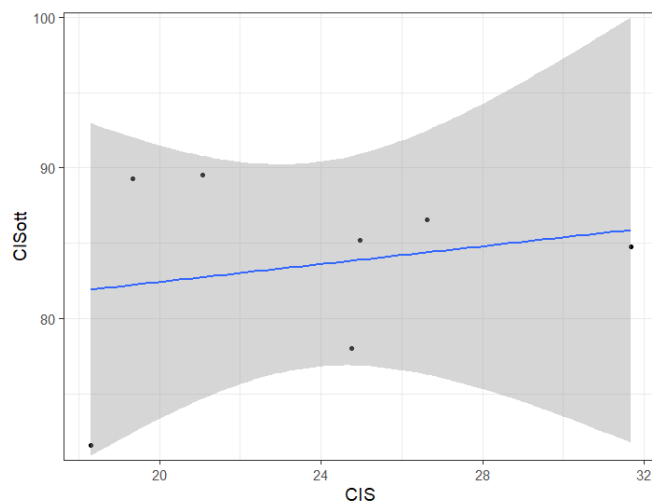


Figura 8 - Correlazione tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott

La Figura 9 mostra come variano nel tempo le concentrazioni medie semestrali dei Nitrati in ciascun raggruppamento, definito sulla base della affinità spaziale, per i CIS Sup e CIS Sott. In nessuno dei tre casi è possibile osservare un andamento comune tra le tipologie di CIS nei sette semestri.

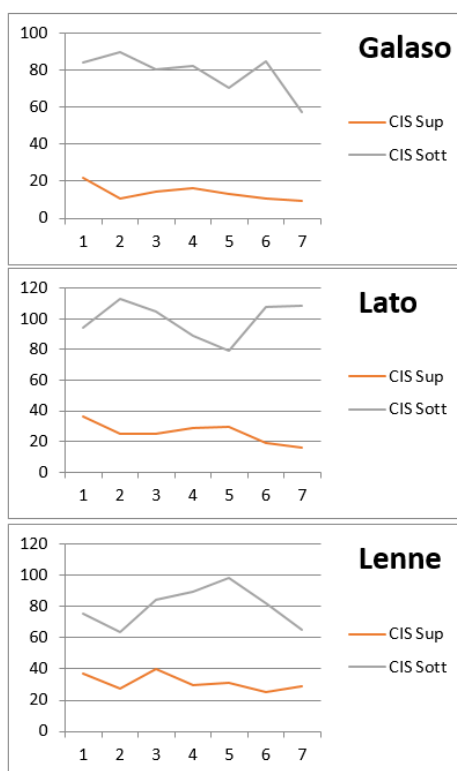


Figura 9 - Andamento temporale dei Nitrati per raggruppamenti di CIS Sup e CIS Sott

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Dalla valutazione della variazione delle concentrazioni dei nitrati tra CIS Sup e CIS Sott (Figura 10) per ciascun raggruppamento non si osserva nessuna correlazione statisticamente significativa.

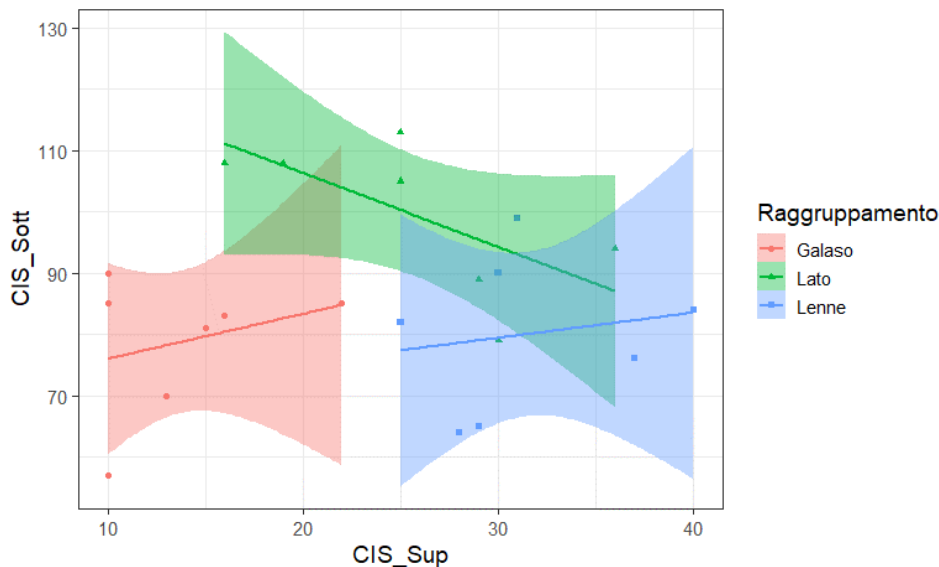


Figura 10 - Correlazione tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott per ciascun raggruppamento

In considerazione dell'assenza di informazioni sul modello di trasferimento dai CIS Sup al CISott si è esaminata la possibilità che possa esistere una correlazione lineare con uno sfasamento temporale di un semestre, per cui i livelli di concentrazione nei CIS Sup in un semestre potrebbero essere in relazione con quelli nel CIS Sott in un altro (in questo esempio nel semestre successivo). Per nessuno dei raggruppamenti si trova una correlazione lineare migliorata o significativa nel caso di sfasamento temporale di un semestre.

CLORURI

Per quanto riguarda i Cloruri, si osserva che i valori sono significativamente più alti nei CIS Superficiali che nei CIS Sotterranei (Figura 11; $p < 0,001$).

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

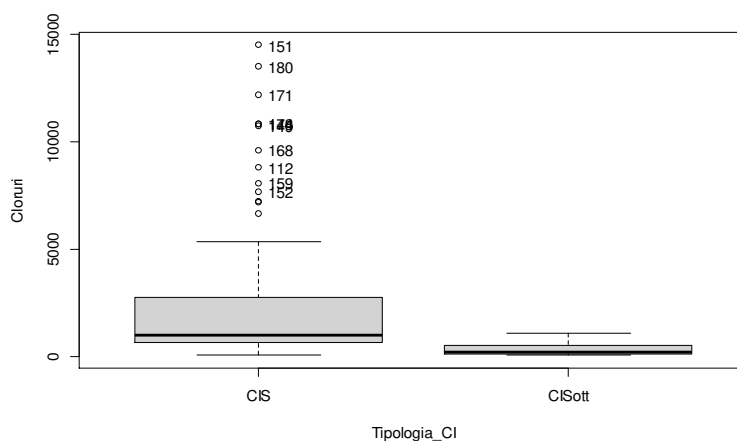


Figura 11 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) dei Cloruri (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott

Si nota in questo caso (Tabella 15), in tutti i sette semestri, un rapporto tra le concentrazioni dei Cloruri nei CIS Sup rispetto al CIS Sott molto maggiore (un ordine di grandezza) per il Galaso rispetto al Lato e al Lenne ($p < 0,001$; Figura 16).

Tabella 15 - Valori medi dei Cloruri (mg/l) per semestre

Raggruppamento	Semestre	Media Cloruri (mg/l)		Rapporto Sup/Sott
		CIS Sup	CIS Sott	
Galaso	1	2096	124	17
Galaso	2	3635	102	36
Galaso	3	1973	127	15
Galaso	4	5260	125	42
Galaso	5	6557	132	50
Galaso	6	6397	135	47
Galaso	7	3847	120	32
Lato	1	1010	342	3,0
Lato	2	469	390	1,2
Lato	3	404	451	0,9
Lato	4	1290	447	2,9
Lato	5	1297	505	2,6
Lato	6	1082	592	1,8
Lato	7	695	507	1,4
Lenne	1	1775	618	2,9
Lenne	2	1551	242	6,4
Lenne	3	1174	472	2,5
Lenne	4	2383	472	5,0
Lenne	5	1731	458	3,8

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Lenne	6	2394	508	4,7
Lenne	7	1745	464	3,8

Tabella 16 - Media, deviazione standard e coefficiente di variazione sui rapporti CIS Sup/CIS Sott per i cloruri

Raggruppamento	Rapporto Sup/Sott - Cloruri		
	Media	Dev.st	CV
Galaso Totale	34	14	40%
Lato Totale	2,0	0,8	43%
Lenne Totale	4,2	1,4	33%

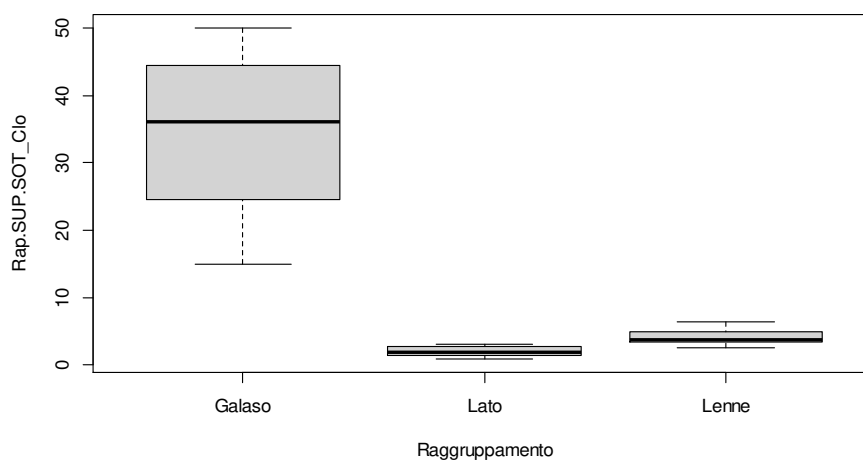


Figura 12 - Box plot dei rapporti tra concentrazione dei cloruri tra CIS Sup e CIS sott

L'analisi di correlazione per i Cloruri tra i CIS Sup e CIS Sott, sia considerando il singolo CIS Sott sia considerando i raggruppamenti, non mostra risultati statisticamente significativi.

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

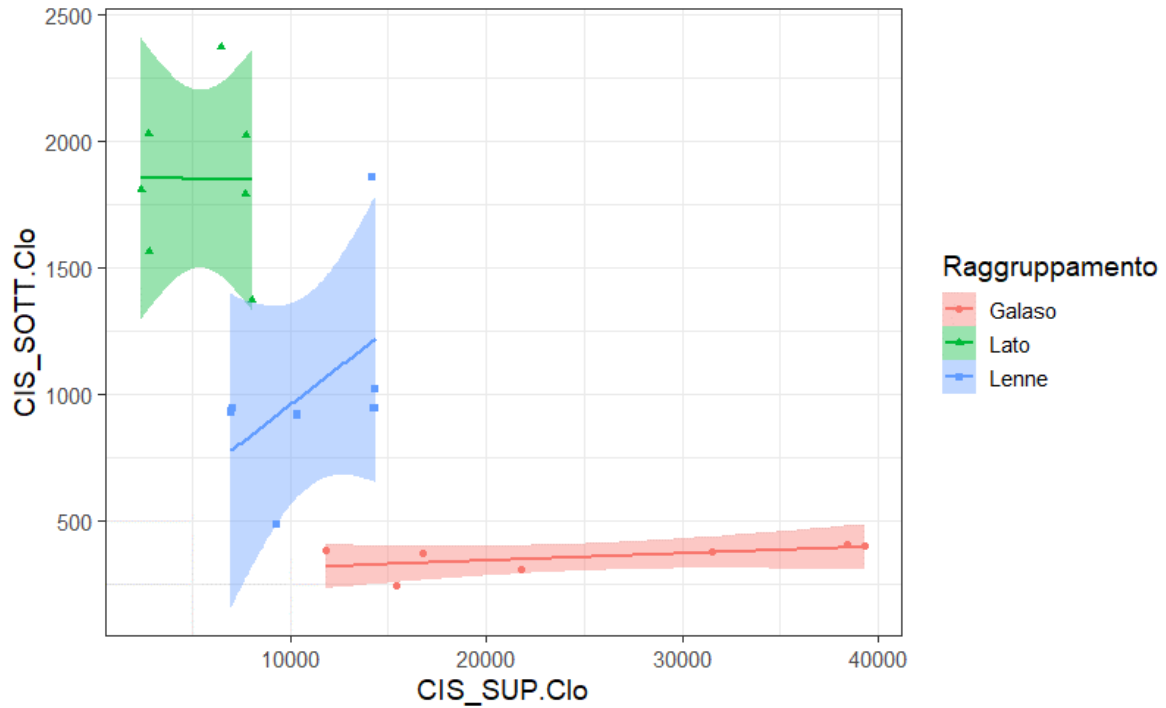


Figura 13 - Correlazione tra le concentrazioni dei cloruri (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott per ciascun raggruppamento

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

SOLFATI

Per quanto riguarda i Solfati, si osserva che i valori sono significativamente più alti nei CIS Superficiali che nei CIS Sotterranei (Figura 18; $p < 0,05$).

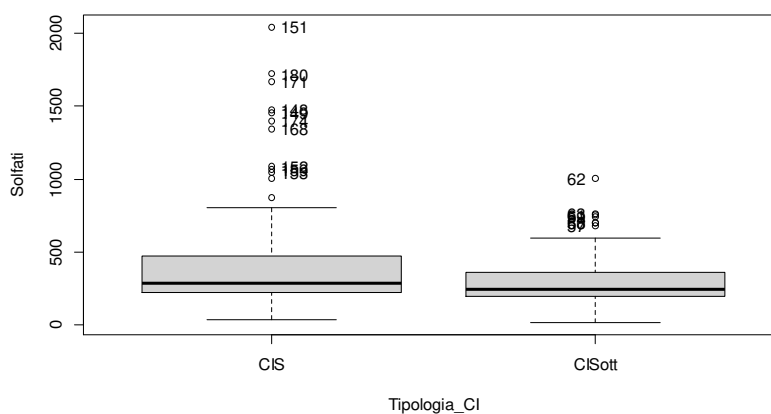


Figura 14 - Box plot con valore della mediana (barra nera orizzontale) dei solfati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott

Tabella 17 - Valori medi dei Solfati (mg/l) per semestre

Raggruppamento	Semestre	Media Solfati (mg/l)		Rapporto Sup/Sott
		CIS Sup	CIS Sott	
Galaso	1	361	194	1,9
Galaso	2	455	217	2,1
Galaso	3	340	259	1,3
Galaso	4	762	254	3,0
Galaso	5	969	263	3,7
Galaso	6	918	286	3,2
Galaso	7	563	237	2,4
Lato	1	296	340	0,87
Lato	2	217	353	0,61
Lato	3	206	388	0,53
Lato	4	352	374	0,94
Lato	5	388	410	0,95
Lato	6	304	528	0,58
Lato	7	252	432	0,58
Lenne	1	323	300	1,1
Lenne	2	342	154	2,2
Lenne	3	282	222	1,3

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Lenne	4	430	233	1,9
Lenne	5	387	213	1,8
Lenne	6	442	253	1,7
Lenne	7	352	185	1,9

Il rapporto medio delle concentrazioni dei Solfati tra i CIS Sup rispetto al CIS Sott è maggiore per il Galaso, seguito dal Lenne e poi dal Lato ($p < 0,001$; Tabella 18; Figura 18).

Tabella 18 - Media, deviazione standard e coefficiente di variazione sui rapporti CIS Sup/CIS Sott per i solfati

Raggruppamento	Rapporto Sup/Sott - Solfati		
	Media	Dev.st	CV
Galaso Totale	2,51	0,83	33%
Lato Totale	0,72	0,19	26%
Lenne Totale	1,70	0,39	23%

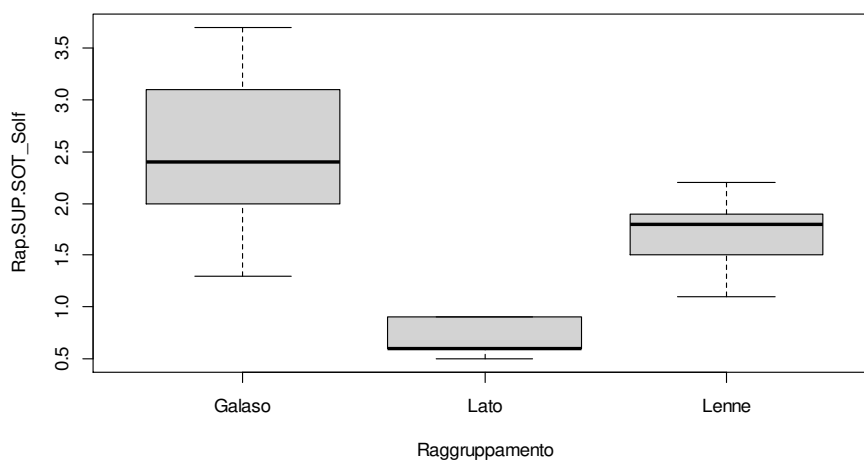


Figura 15 - Box plot dei rapporti tra concentrazione dei solfati tra CIS Sup e CIS sott

L'analisi di correlazione per i Solfati tra i CIS Sup e CIS Sott, sia considerando il singolo CIS Sott sia considerando i raggruppamenti, non mostra risultati statisticamente significativi (Figura 16).

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

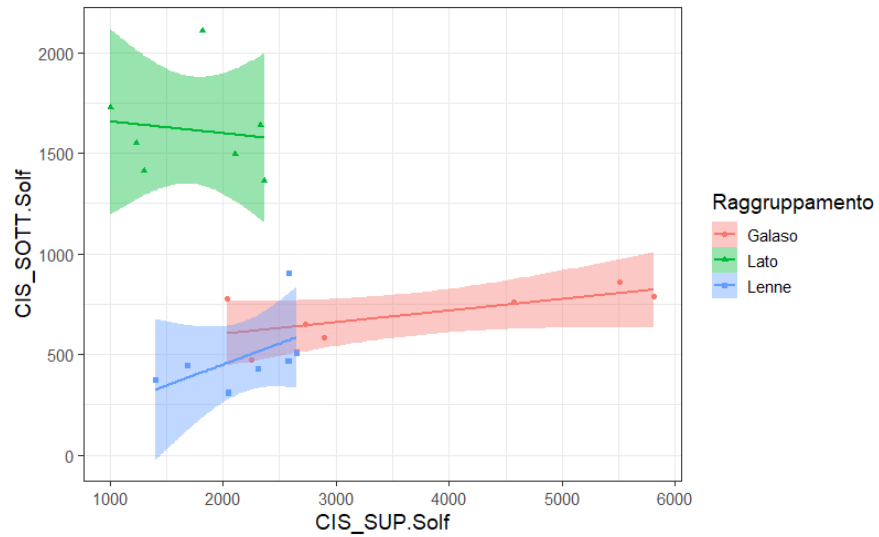


Figura 16 - Correlazione tra le concentrazioni dei solfati (mg/l) nei CIS Sup e nei CIS Sott per ciascun raggruppamento

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

3.3.2 Analisi multivariata

A causa di alcuni dati mancanti, le analisi multivariate sono state eseguite su un *dataset* ridotto rispetto a quello impiegato per le analisi univariate; nella fattispecie si è utilizzato il *dataset* che comprende le concentrazioni, superiori al LOQ, per i parametri nitrati, cloruri e solfati. I dati riferiti a nitrati, cloruri e solfati monitorati nei corpi idrici superficiali e nell'acquifero sotterraneo sono stati standardizzati e analizzati con metodi di statistica multivariata di ordinamento, quali l'Analisi delle Componenti Principali (Principal Component Analysis, PCA) e il non-metric Multidimensional Scaling (NMDS). In particolare, per il NMDS è stato adottato l'indice di similarità di Bray-Curtis. Tutte le analisi sono state realizzate con il software PAST.

Il risultato dell'Analisi delle Componenti Principali rivela che i solfati e i cloruri covariano (Figura 17), e che le prime due componenti principali spiegano la quasi totalità della varianza (circa il 98%, con una varianza della prima componente principale pari a 66%). Inoltre, si osserva che la concentrazione di solfati e cloruri è maggiore nel Corso d'Acqua Galaso rispetto ai restanti corpi idrici, sia superficiali che sotterranei.

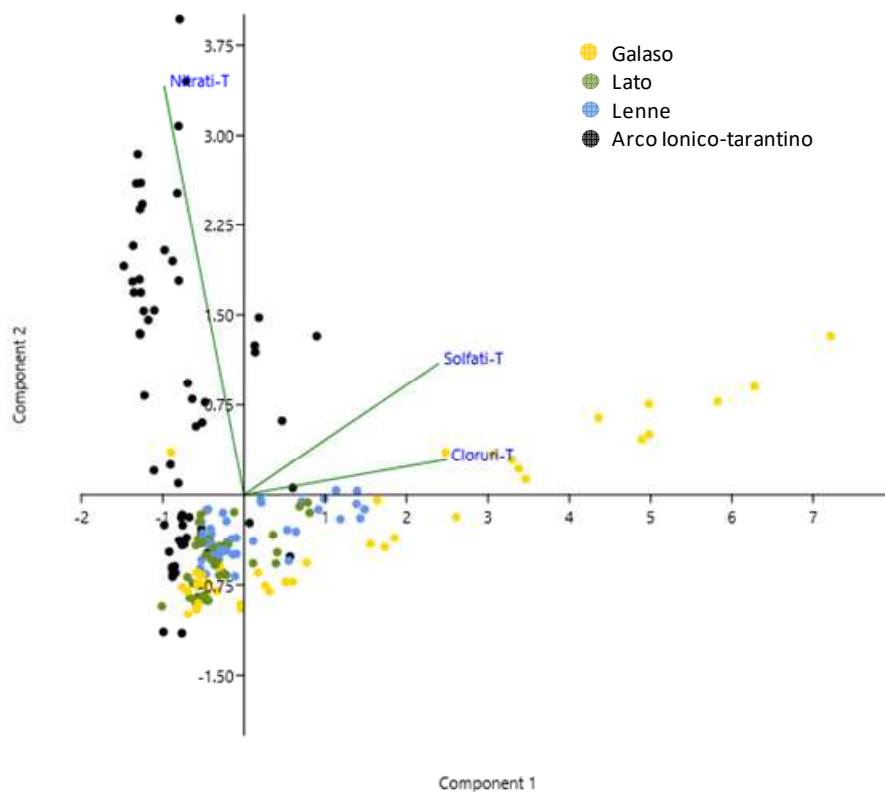


Figura 17 - Risultato dell'Analisi delle Componenti Principali tra CIS Sup e CIS Sott

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Ripetendo l'analisi sulla medesima matrice di dati, distinti sulla base del raggruppamento di afferenza ipotizzato tra ciascun corpo idrico superficiale e il corrispondente raggruppamento riferito all'acquifero sottostante, e in riferimento a ciascun anno di monitoraggio, emerge che non vi è una relazione tra le stazioni raggruppate in base all'afferenza ipotizzata. Relativamente alla concentrazione di solfati e cloruri del Galaso, si evidenzia come i valori più elevati sono riferibili agli ultimi due anni considerati (2017 e 2018; Figura 18).

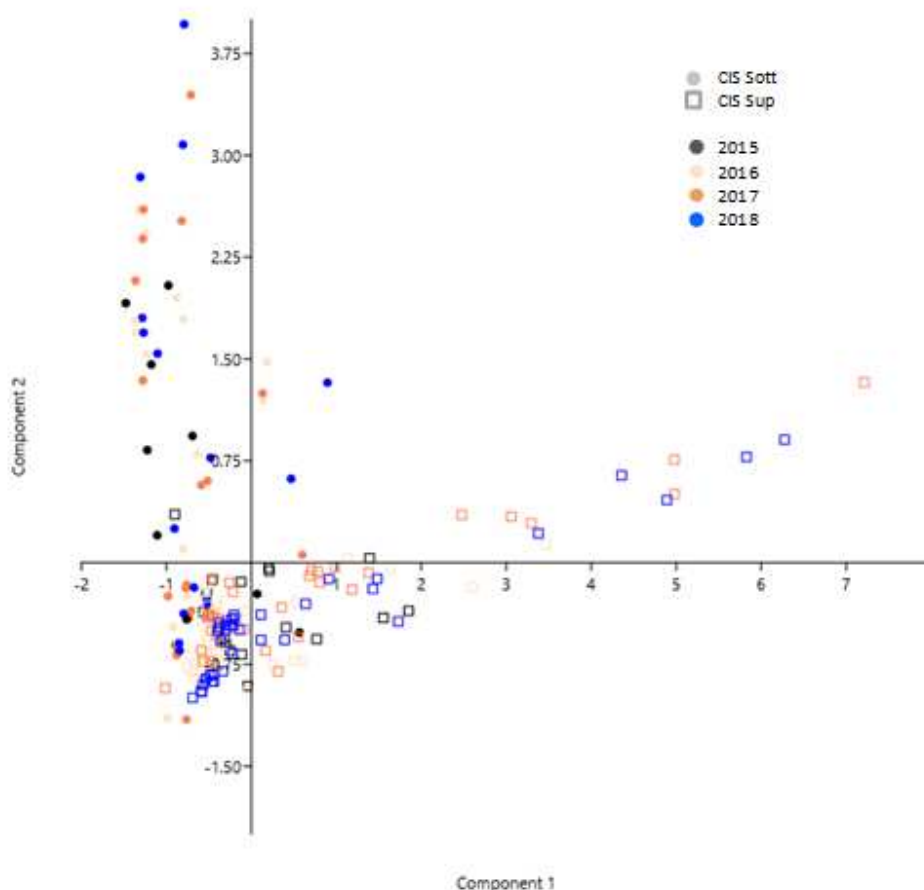


Figura 18 - Risultato dell'Analisi delle Componenti Principali tra CIS Sup e CIS Sott, distinti per afferenza tra stazioni sotterranee e CIS Sup e anno di monitoraggio

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

Dall'analisi con l'applicazione del non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) si evince, invece, che l'acquifero Arco Ionico-tarantino sembra essere in relazione soprattutto con il Corpo Idrico Superficiale Lato, a seguire con il Lenne, ed in ultimo con il Galaso (Figura 19).

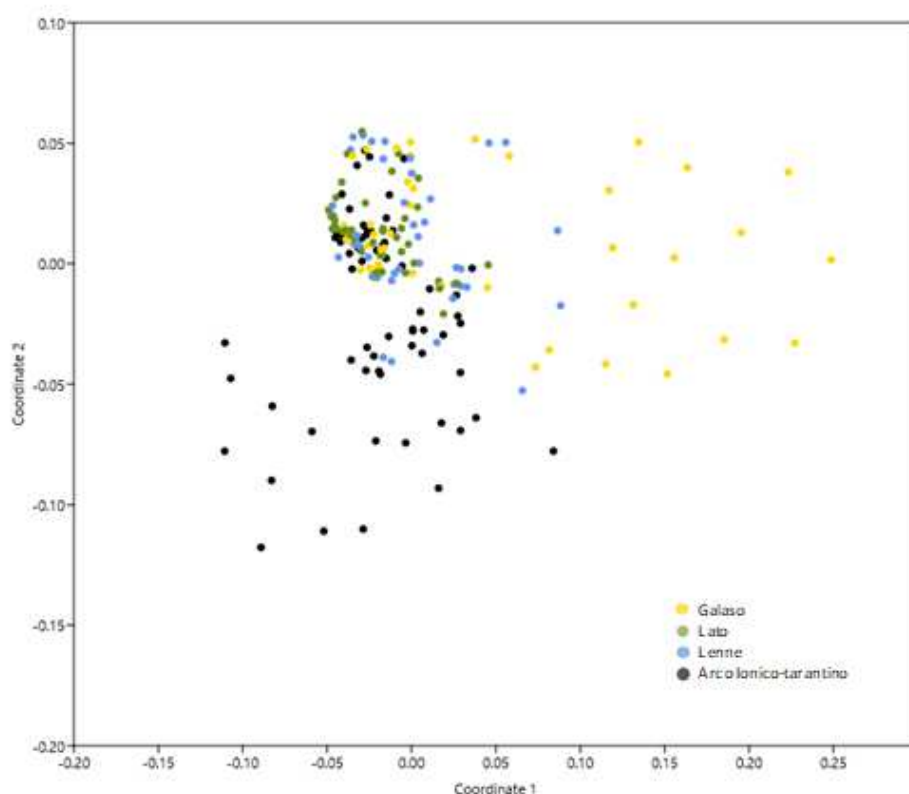


Figura 19 - Risultato dell'analisi non-metric Multidimensional Scaling tra CIS Sup e CIS Sott

4. Conclusioni

Lo studio delle correlazioni tra Corpi Idrici Superficiali e Corpi Idrici Sotterranei, relativamente alla pressione di origine agricola analizzata nel Capitolo 2, mostra un pattern comune per le variabili considerate, nitrati, cloruri e solfati. In particolare, sebbene non si siano evidenziate correlazioni nei trend temporali, si può osservare una comune affinità spaziale tra i raggruppamenti selezionati. La valutazione dei rapporti tra le concentrazioni tra CIS Sup e CIS Sott evidenzia infatti dei raggruppamenti ben riconoscibili nello spazio e statisticamente significativi, che potrebbero permettere di superare le problematiche associate alla non conoscenza del modello di trasferimento idrogeologico tra le due tipologie di Corpi Idrici. Le valutazioni sulle correlazioni temporali non hanno infatti mostrato alcuna

Valutazione della correlazione tra gli esiti dei monitoraggi dei corpi idrici superficiali e sotterranei in funzione della pressione agricola – **Il caso studio dell'Arco Ionico-tarantino**

correlazione significativa, valutazione che è chiaramente condizionata dall'arco temporale ridotto e dalla tipologia di dati in esame. Infatti, si ricorda in ogni caso, come precedentemente sottolineato, che i dati a disposizione derivano da monitoraggi distinti e differenziati, i cui risultati non possono essere facilmente applicati ad altre tipologie di studi. Nel nostro caso, infatti, vista l'elevata eterogeneità tra le due tipologie di monitoraggio, si è dovuto ricorrere a dei valori mediati al fine di poter rendere confrontabili i dati. L'analisi multivariata ha in ogni caso permesso di ridurre in alcuni casi tale variabilità, evidenziando altre specificità, come la correlazione tra le variabili cloruri e solfati, l'influenza temporale (anno) sulla concentrazione di cloruri e solfati, comunque distribuita in maniera più omogenea nei CIS Superficiali Lato e Lenne. In ogni caso, la sito specificità dei raggruppamenti, evidenziata dai differenti rapporti tra le concentrazioni (non ritrovata nei trend semestrali), potrebbe essere associata ad una maggiore inerzia dei sistemi "locali", che necessiterebbe di maggiori approfondimenti per valutazioni ad hoc sui modelli di trasferimento tra CIS Sup e CIS Sott.