

# 1-Acque-C1: Monitoraggio e Classificazione acque sotterranee

***Armonizzazione delle modalità di classificazione dello stato chimico e quantitativo, sia puntuale, sia di corpo idrico sotterraneo, con i rispettivi livelli di confidenza, definendo anche i criteri con i quali attribuire a ciascuna stazione di monitoraggio una significatività di area/volume di corpo idrico.***

Scopo delle diverse attività è uniformare le modalità di classificazione e valutazione dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee, tenendo conto anche dell'interazione con corpi idrici superficiali, con ecosistemi terrestri e ingressione del cuneo salino o di altri contaminanti. Le attività sono finalizzate all'aggiornamento delle LG 116/2014 anche integrando quanto già contenuto nelle LG Ispra 155/2017, LG Ispra 161/2017, LG SNPA 3/2017, LG SNPA 8/2018, LG SNPA 11/2018

[http://www.isprambiente.gov.it/files/publicazioni/manuali-lineeguida/MLG\\_11614.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/publicazioni/manuali-lineeguida/MLG_11614.pdf)



# 1-Acque-C1: Monitoraggio e Classificazione acque sotterranee

## Sintesi processo di sviluppo

C1.1) Armonizzazione delle modalità di classificazione (triennale e sessennale) e definizione dei cicli di monitoraggio

C1.2) Individuazione dei contenuti minimi dei modelli concettuali idrogeologici a scala regionale e di corpo idrico finalizzati a definire le reti di monitoraggio e la significatività di ciascuna stazione rispetto il corpo idrico

C1.3) Armonizzazione dei criteri di classificazione dello stato chimico puntuale e di corpo idrico considerando i valori di fondo naturale e le sostanze critiche per lo stato chimico non persistenti nel tempo

C1.4) Chiarimenti ed esempi sui criteri di classificazione dello stato quantitativo in particolare dei complessi idrogeologici carbonatici ed esempi di modellazione numerica di flusso in questi ultimi

C1.5) Armonizzazione dei criteri per la valutazione del livello di confidenza nella classificazione dello stato chimico e quantitativo

**C1.6) Chiarimenti sulla valutazione dell'analisi di rischio tenendo conto della valutazione degli impatti e delle tendenze dei contaminanti**

### 3.2 Risk Assessment versus Status Assessment

The validation of the WFD Article 5 pressure and impact analysis (risk assessment) at the beginning of a River Basin Management Plan (RBMP) cycle should be clearly differentiated from the assessment of groundwater body status at the end of a RBMP cycle (status assessment).

At the beginning of each cycle the risk assessment considers pressures and impacts and provides an estimate of what the groundwater body status will be at the end of the cycle. This estimate is validated by recent data from surveillance monitoring and any trend assessment considered appropriate. If it is not clear that a groundwater body will be of good status at the end of a RBMP cycle, further characterisation will be needed as well as operational monitoring, the derivation of threshold values and a programme of measures.

The threshold values and the programmes of measures should be reported in the RBMPs. At the end of each RBMP, status classification should be undertaken to assess whether the groundwater body is of good status and the programme of measures has been effective.

The two assessments (risk assessment and status assessment) are likely to be performed at approximately the same time but are separate parallel processes. The risk assessment looks forward to the end of the next RBMP cycle, and status assessment looks back at performance during the last RBMP cycle (see Figure 2).

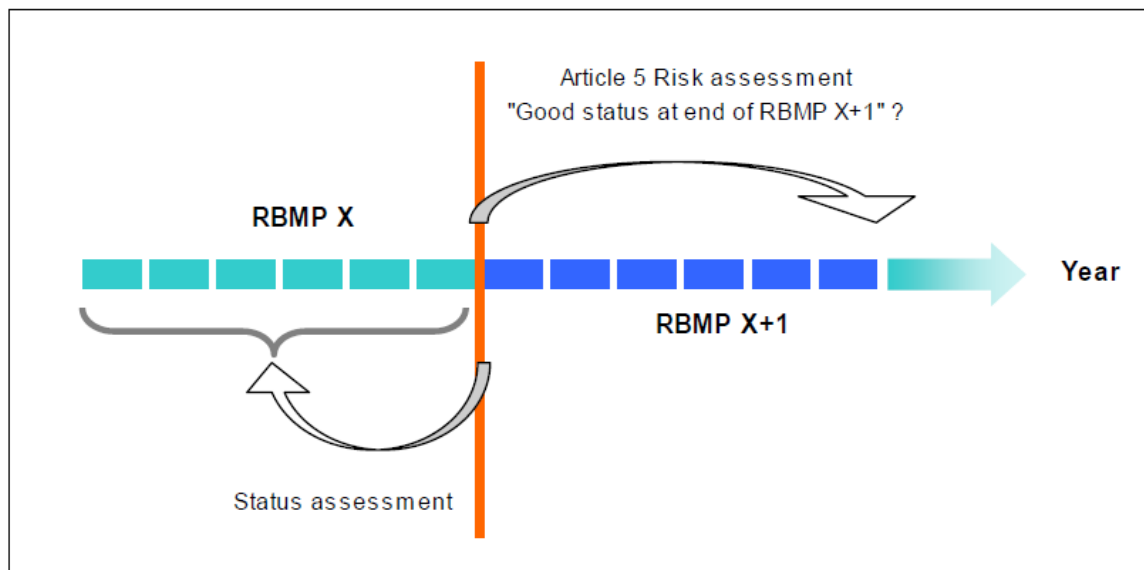
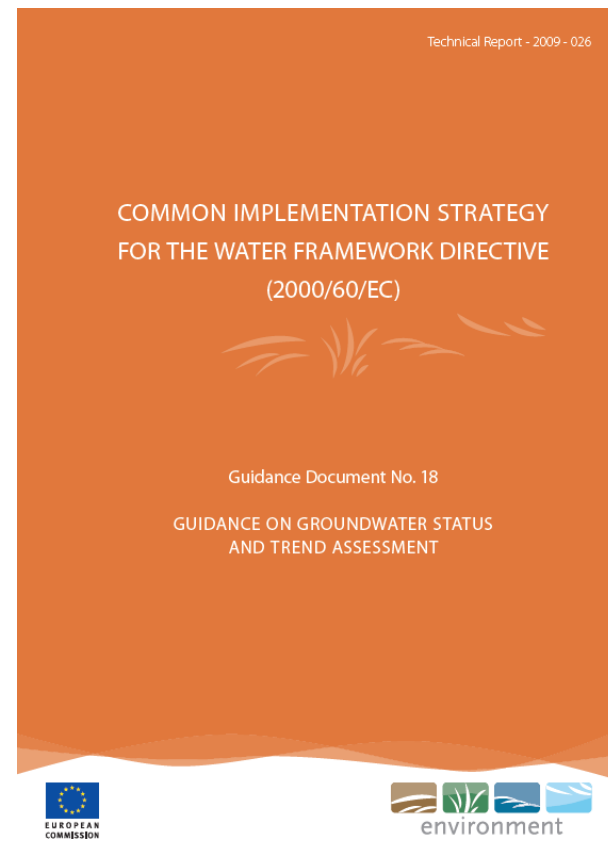


Figure 2: Risk assessment looks into the future whereas status assessment looks back on the performance.



➤ Valutazione delle pressioni antropiche potenziali e significative

1.5 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati

1.6 Puntuali – discariche

2.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane

2.2 Diffuse – agricoltura

3.1 Prelievi/diversioni - uso agricolo

3.2 Prelievi/diversioni - uso civile potabile

3.3 Prelievi/diversioni - uso industriale

9 Pressioni antropiche - inquinamento storico

➤ Valutazione degli impatti significativi

Inquinamento da nutrienti (IN)

Inquinamento chimico (IC)

Inquinamento/Intrusione salina o alterazione della direzione di flusso delle acque sotterranee causanti il fenomeno dell'intrusione salina (o di altre sostanze) (IS)

Abbassamento dei livelli piezometrici per prelievi eccessivi (Piez)

➤ Analisi di rischio di non raggiungimento degli obiettivi

A rischio

Non a rischio

LINEE GUIDA PER L'ANALISI  
DELLE PRESSIONI AI SENSI  
DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 22.02.2018. Doc. n. 26/18



## Valutazione impatti corpi idrici sotterranei (LG 11/2018)

Tipologia di impatto	Acronimo L.G.	Acronimo Database PdG	Indicatori considerati nelle L.G.	Soglie previste nelle L.G.
Inquinamento da nutrienti	NUTR	IN	Media annua nitrati	>25 mg/L NO <sub>3</sub>
Inquinamento chimico	CHEM	IC	Concentrazione media annua somma pesticidi	>0
			Riscontri positivi per sostanze ritenute correlate alla pressione	presenza valori >LOQ
			Concentrazione media annua della somma di tutti i VOC rinvenuti	>0
			Riscontri positivi per sostanze non più autorizzate o utilizzate da decenni	presenza valori >LOQ
Inquinamento/Intrusione salina	SALI	IS	Intrusione salina o di altre sostanze per prelievi eccessivi	Trend >0 di cloruri o di altre sostanze su più del 10% del GWB
Alterazione della direzione di flusso delle acque sotterranee causanti il fenomeno dell'intrusione salina (o di altre sostanze)	INTR	IS	Trend cloruri o di altre sostanze su almeno 10 anni	Trend >0 di cloruri o di altre sostanze su più del 10% del GWB
Abbassamento dei livelli piezometrici per prelievi eccessivi	LOWT	Piez	Trend piezometrico su 10 anni	valore medio <0 trend piezometrico su più del 10% del GWB

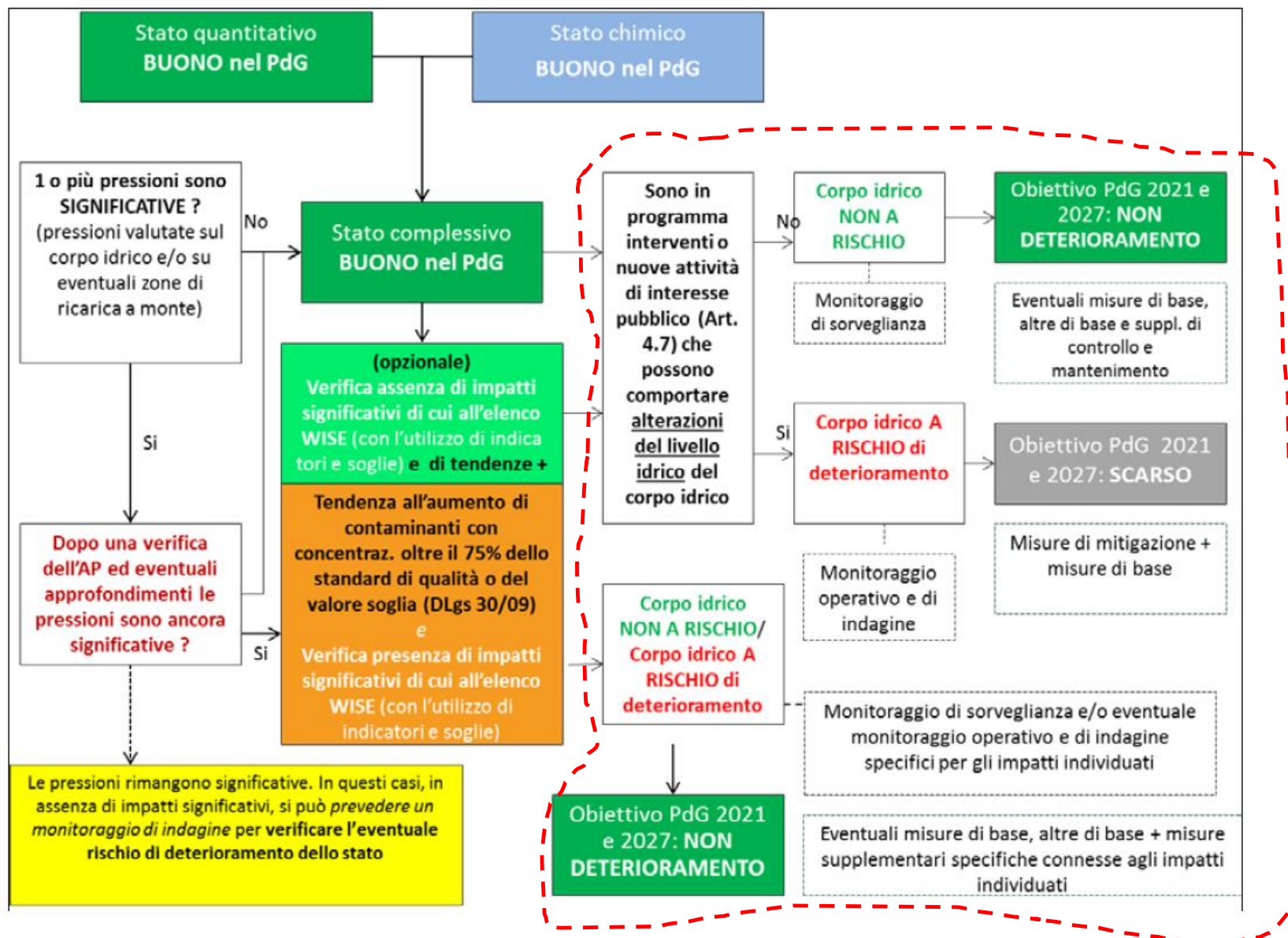


Figura 4.3 – Valutazione del rischio per i corpi idrici sotterranei – stato complessivo buono

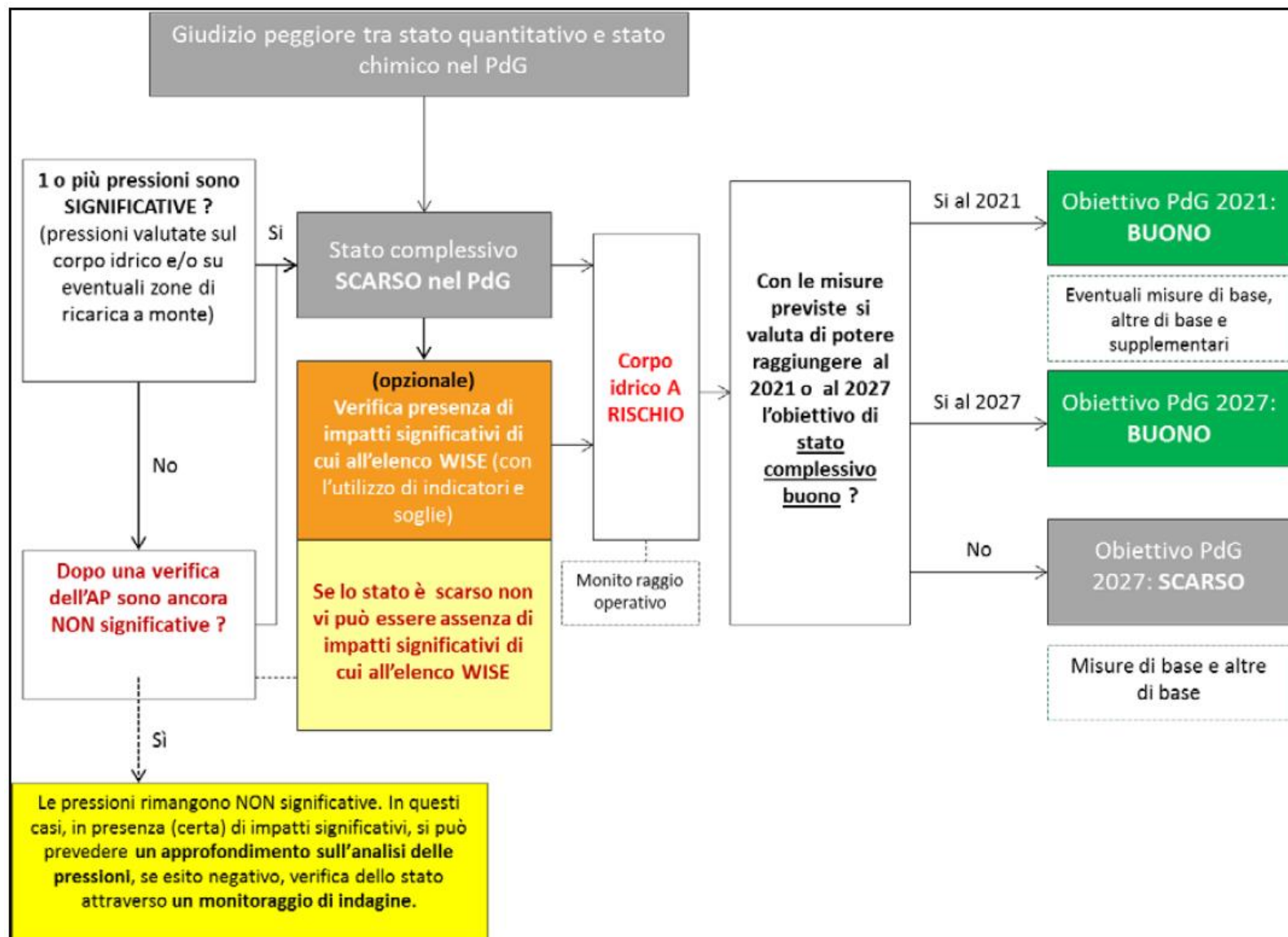


Figura 4.4 – Valutazione del rischio per i corpi idrici sotterranei – stato complessivo scarso

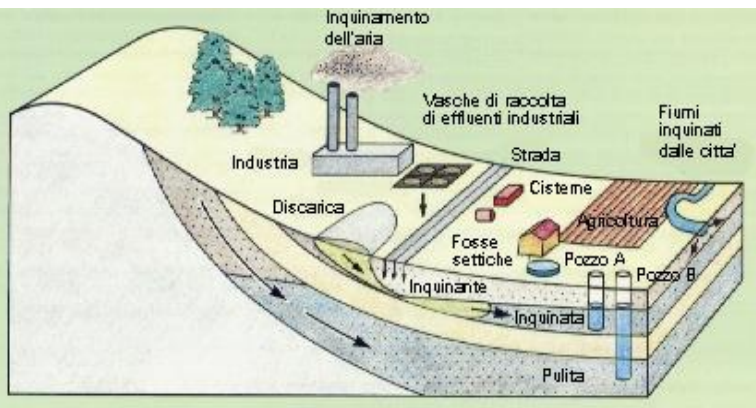
## Direttiva 2000/60/CE (DQA)

*Acque sotterranee nei  
punti del considerando...*

**DIRETTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO**  
 del 23 ottobre 2000  
 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque

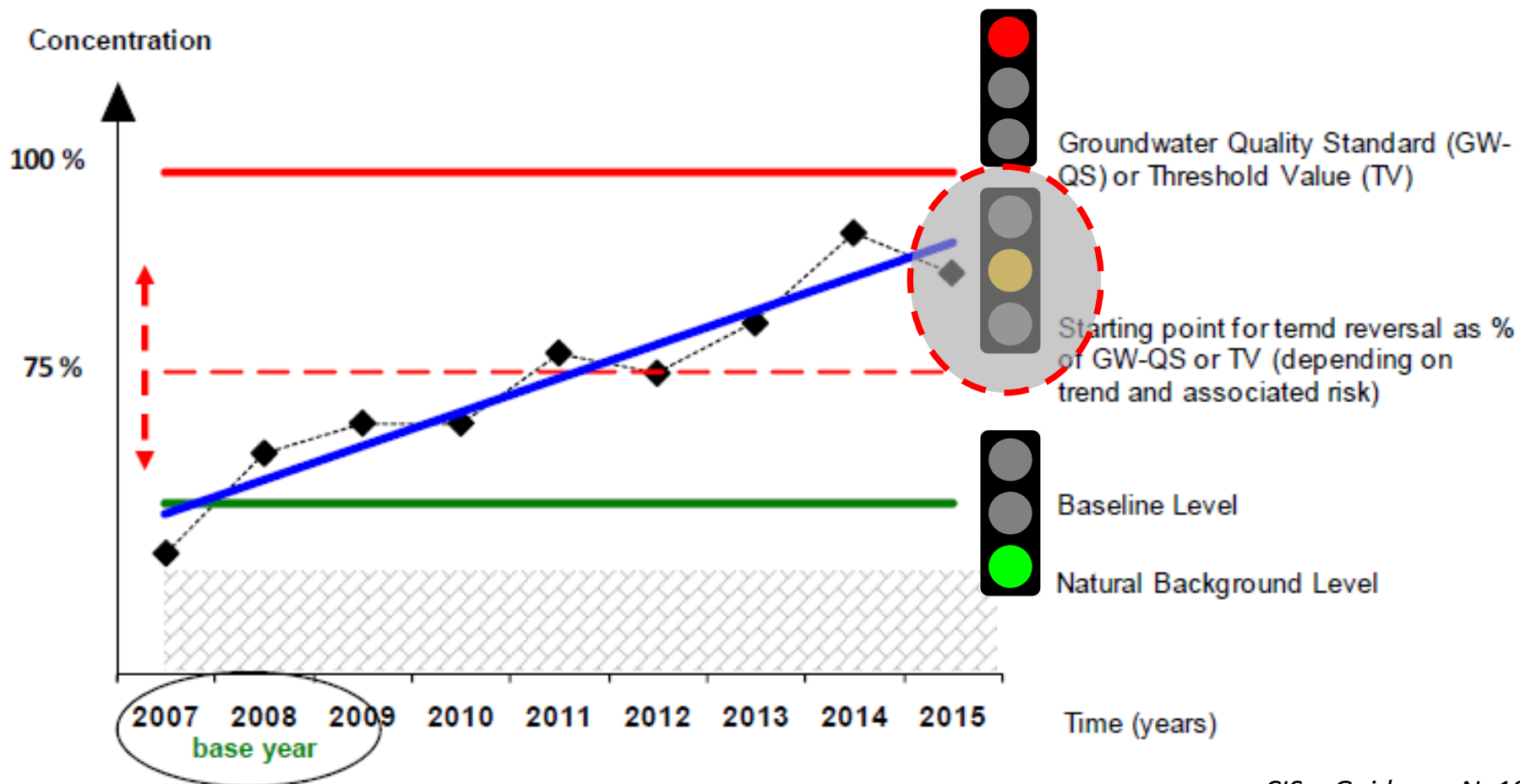
(26) Gli Stati membri dovrebbero cercare di raggiungere almeno l'obiettivo di un buono stato delle acque definendo e attuando le misure necessarie nell'ambito di programmi integrati di misure, nell'osservanza dei vigenti requisiti comunitari. Ove le acque abbiano già raggiunto un buono stato, si dovrebbe mantenere tale situazione. Per le acque sotterranee, oltre ai requisiti di un buono stato, si dovrebbe identificare e correggere qualsiasi tendenza significativa e prolungata all'aumento della concentrazione di sostanze inquinanti.

(28) In teoria, le acque superficiali e sotterranee sono risorse naturali rinnovabili. In particolare, per garantire un buono stato delle acque sotterranee è necessario un intervento tempestivo e una programmazione stabile sul lungo periodo delle misure di protezione, visti i tempi necessari per la formazione e il ricambio naturali di tali acque. Nel calendario delle misure adottate per conseguire un buono stato delle acque sotterranee e invertire le tendenze significative e durature all'aumento della concentrazione delle sostanze inquinanti nelle acque sotterranee è opportuno tener conto di tali tempi.





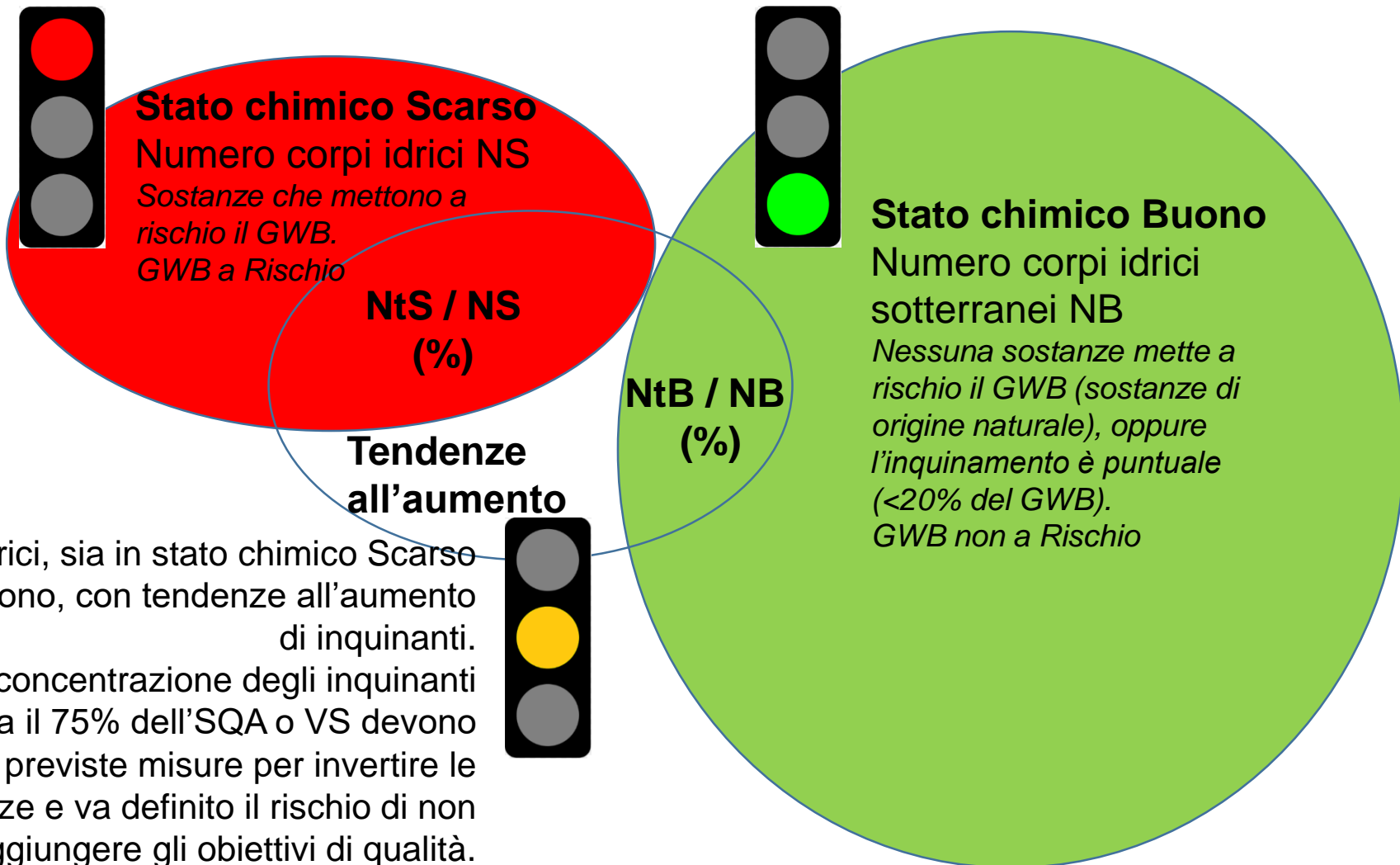
## Calcolo delle tendenze all'aumento statisticamente significativo è indispensabile per valutare il rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità (Analisi di rischio)



Numero totale di corpi idrici sotterranei (GWB) = NS + NB

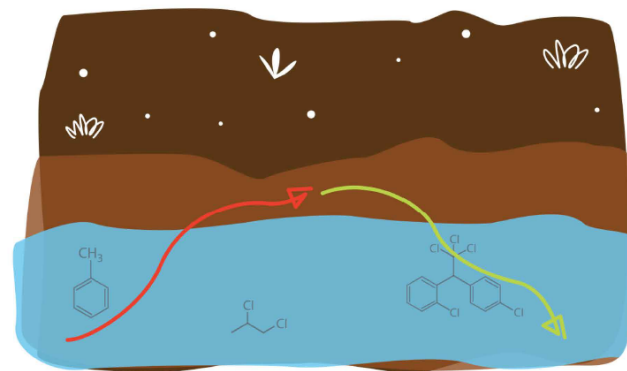
$NS/(NS+NB)*100$  % *GWB Scarso*

Numero totale GWB con tendenze all'aumento = NtS + NtB



La Linea Guida è stata redatta in ottemperanza alle disposizioni dell'allegato 1 alla parte terza del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (D.lgs. 152/2006), come modificato dall'art. 1 del Decreto ministeriale 6 luglio 2016 *“Recepimento della direttiva 2014/80/UE della commissione del 20 giugno 2014 che modifica l'allegato II della direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento”*.

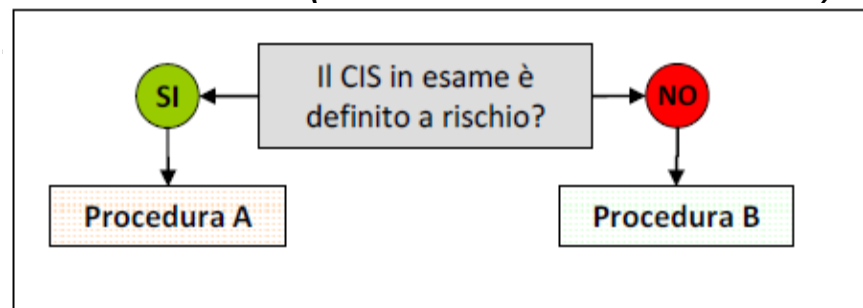
**Linee guida per la valutazione delle tendenze ascendenti e d'inversione degli inquinanti nelle acque sotterranee (DM 6 luglio 2016)**



## Procedure individuate per la valutazione delle tendenze

**La procedura A**, da applicarsi ai CIS già definiti a rischio, che a partire dai dati di monitoraggio operativo (MO) e di sorveglianza (MS) consente di verificare se le singole stazioni di campionamento (SC) e i CIS sono soggetti, per le sostanze individuate come critiche per lo stato chimico, a:

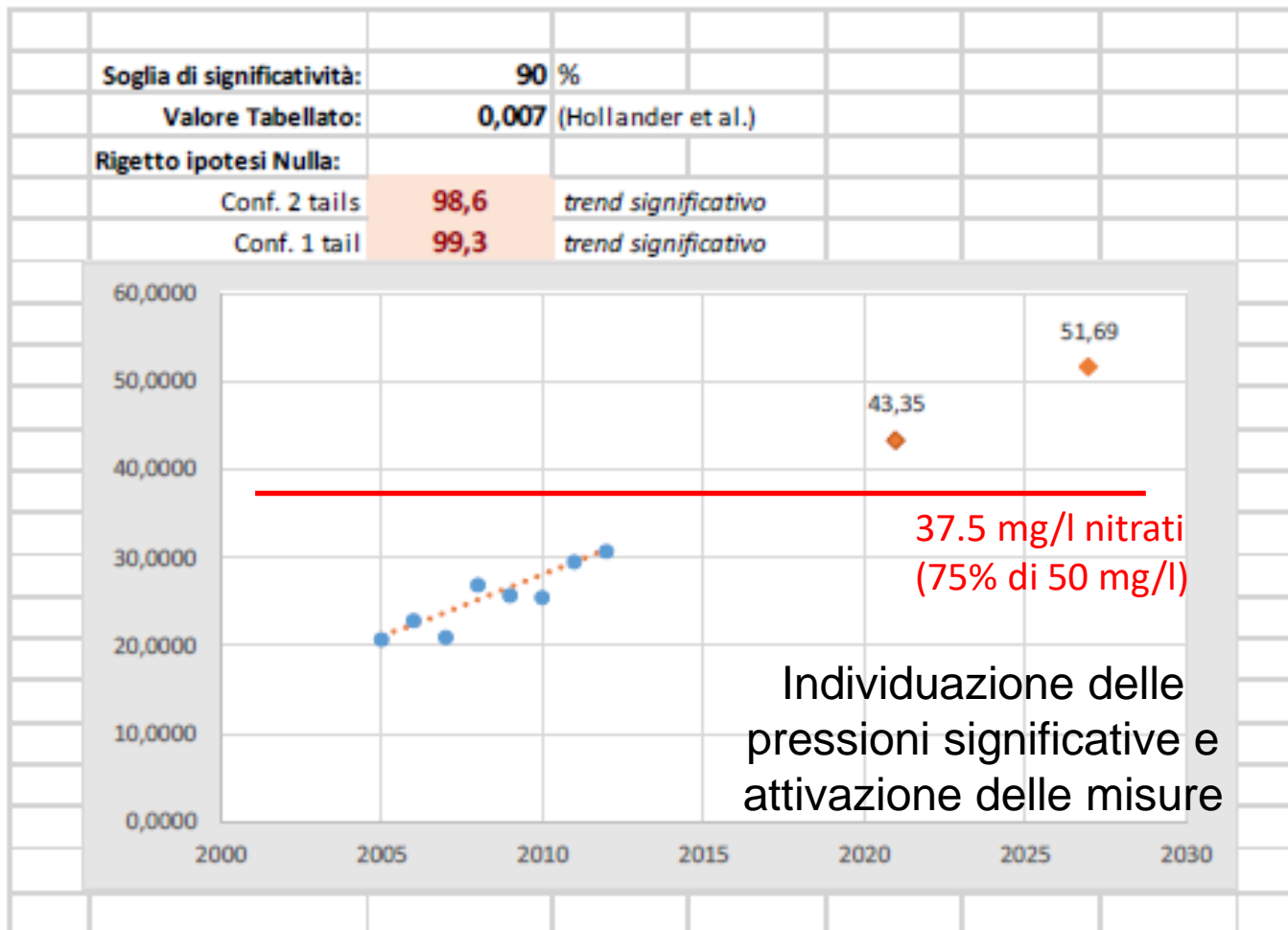
- una tendenza significativa e duratura all'aumento dell'inquinamento così come definita dal D.lgs. 30/09, ovvero *“qualsiasi aumento **significativo**, dal punto di vista **ambientale e statistico**, della concentrazione di un inquinante, di un gruppo di inquinanti o di un indicatore di inquinamento delle acque sotterranee per il quale è individuata come necessaria l'inversione di tendenza in conformità all'articolo 5”* (Art.2 comma 1 lettera e).
- l'inversione di tendenza a scala di SC e di CIS



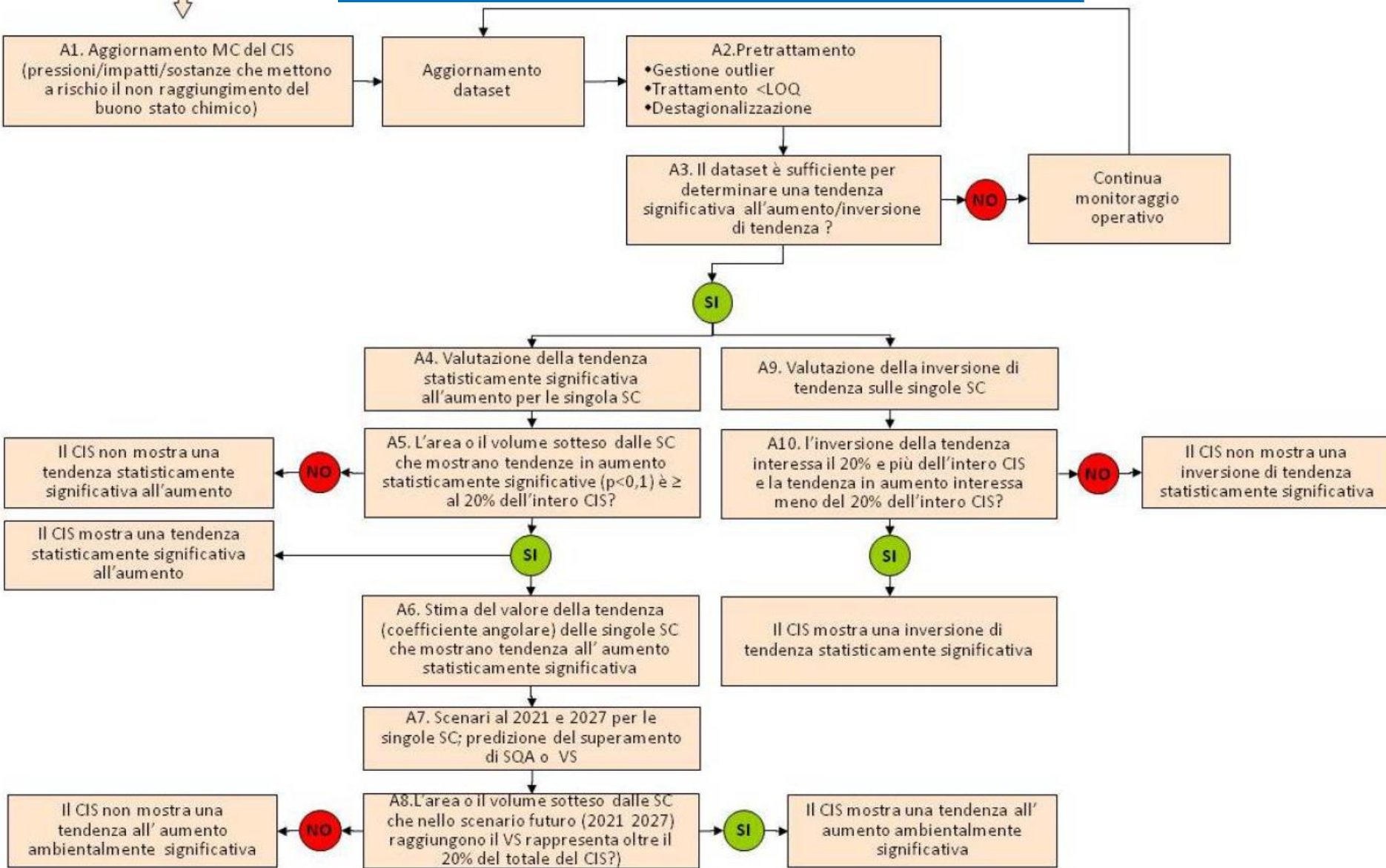
**La procedura B**, da applicarsi ai CIS definiti “non a rischio”, volta ad evidenziare potenziali tendenze in atto che possono essere di supporto, insieme ad altre considerazioni, nel valutare l’opportunità di identificare il CIS in esame come a rischio. Questa procedura viene applicata anche per valutare eventuali tendenze delle sostanze che non risultano critiche per lo stato chimico dei CIS definiti “a rischio”.

Per **aumento significativo dal punto di vista statistico** di un inquinante, di un gruppo di inquinanti o di un indicatore di inquinamento, si intende una tendenza positiva dei valori di concentrazione, calcolata con un metodo statistico riconosciuto, che risulti significativa almeno al 90%.

Per **significatività ambientale dell'aumento** si intende una crescita dei valori nel tempo con un tasso tale da mettere a rischio il raggiungimento degli obiettivi ambientali per il corpo idrico sotterraneo in esame



## Valutazione tendenze – Procedura A



## Valutazione tendenze singola SC

### **A4. Valutazione tendenza significativa e duratura all'aumento sulla singola SC**

#### **Test statistici non parametrici**

Mann-Kendall per verificare l'esistenza di una tendenza significativa

Sen's slope per stimare il valore della tendenza

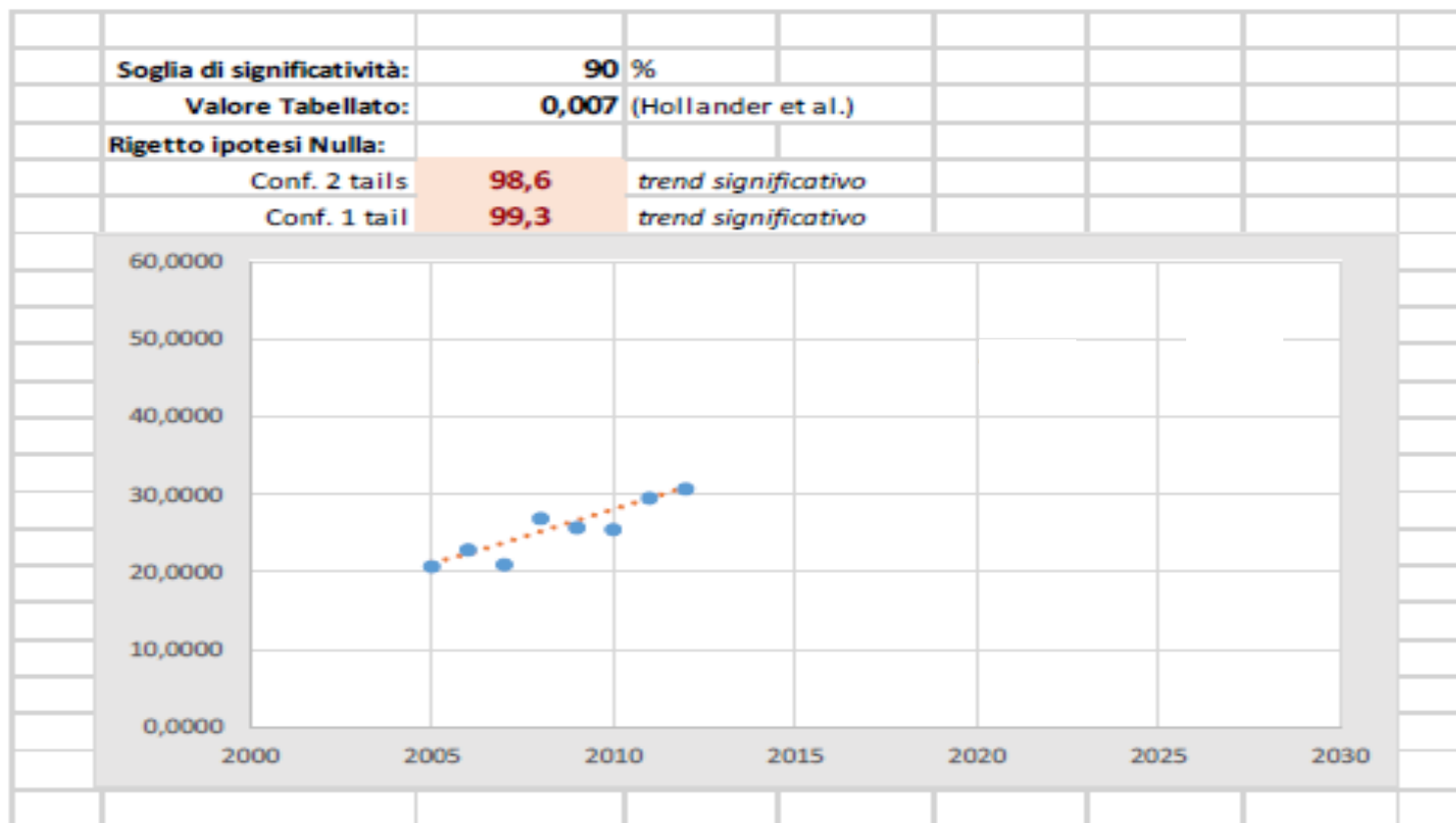
Pettitt per verificare l'esistenza di una inversione di tendenza

L'utilizzo del test di Mann-Kendall (non parametrico) presenta alcuni vantaggi che possono essere riassunti come segue:

1. Può essere utilizzato anche nel caso di dati mancanti nella serie temporale
2. Non è necessario che i dati seguano una particolare distribuzione
3. Possono essere utilizzati anche i dati <LOQ dal momento che il metodo è basato sul *ranking*. È importante tuttavia sottolineare che il valore fittizio assegnato alle osservazioni al di sotto del limite di quantificazione non ha influenza sulla significatività della tendenza valutata con il test di Mann-Kendall (e quindi sull'eventuale rigetto dell'ipotesi nulla), ma ha influenza sul valore della pendenza stimata della tendenza
4. È robusto rispetto alla presenza di eventuali outlier

## Valutazione tendenze significative e durature singola SC

Sono stati calcolati i valori di probabilità (Kendall, 1975; Hollander et al., 1973) della statistica S per  $n < 40$  (tabelle A1 e A2 in allegato alla LG, test ad una coda). Tale tabella permette di rispondere alla domanda : “con quale confidenza il numero di dati a disposizione mi permette di rigettare l’ipotesi nulla (che non esista una tendenza)?”





## Valutazione tendenze a scala CIS

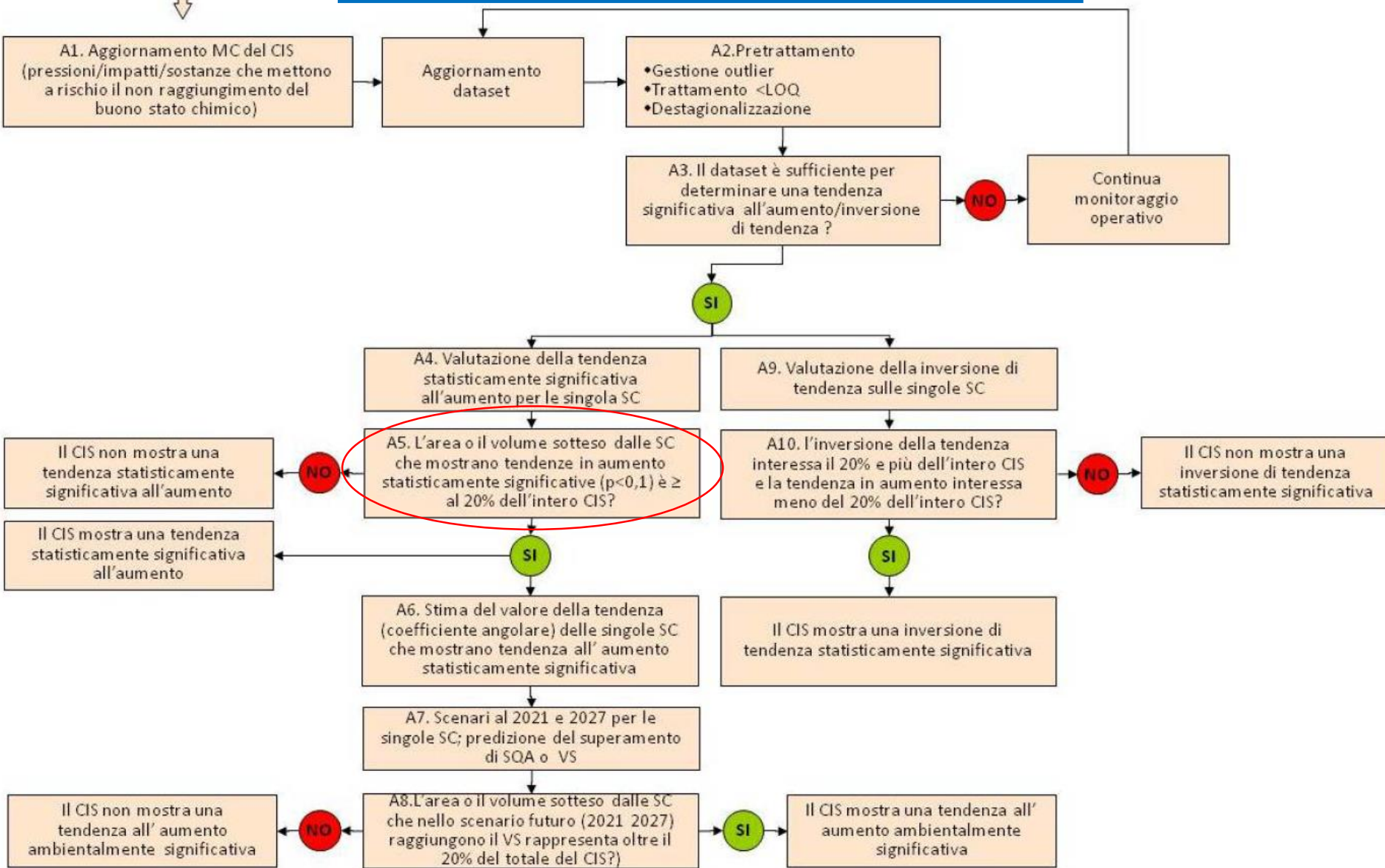
### **A5. Valutazione della tendenza significativa e duratura all'aumento a scala di Corpo Idrico Sotterraneo (CIS)**

Mutuando quanto previsto per la valutazione dello stato chimico (D.Lgs. 30/2009, art. 4(2)(c)(i)) un corpo idrico sarà dichiarato in stato di *“tendenza significativa all'aumento dell'inquinamento dal punto di vista statistico”* soltanto dove tali condizioni siano espresse in un insieme di SC che rappresentino oltre il 20% dell'area o del volume totale del corpo idrico in esame.

In base alla disposizione nello spazio delle SC, agli aspetti idrogeologici e, più in generale al Modello Concettuale (MC), ad ogni SC potrà essere assegnata una certa percentuale di pertinenza in termini areali o volumetrici del intero CIS in funzione del monitoraggio effettuato per la sostanza in esame. In mancanza di valutazioni specifiche si può considerare che date  $n$  SC afferenti al CIS e nelle quali viene determinata la sostanza oggetto della valutazione di tendenza, la percentuale in termini areali/volumetrici pertinenti a ciascuna SC sia  $100/n$  (%).

Stazione	% volume rappresentato	Tendenza significativa
SC01	10	no
SC02	10	si
SC03	10	no
SC04	10	no
SC05	10	si
SC06	10	si
SC07	10	no
SC08	10	no
SC09	10	no
SC10	10	no

## Valutazione tendenze – Procedura A



## Stima del valore della tendenza per ogni SC con tendenza signif.

### **A6. Stima del valore della tendenza (coefficiente angolare) delle singole SC**

Una volta stabilito che nel complesso il CIS in esame è caratterizzato da una tendenza significativa e duratura all'aumento delle concentrazioni dei contaminanti, si attiva la procedura per stimare il valore della tendenza in tutte le SC che hanno mostrato una tendenza significativa (dal punto di vista statistico). Questa stima è basata sul metodo di Sen (1968).

La procedura da seguire è la seguente:

- Vengono calcolate tutte le possibili pendenze temporali per ogni coppia di valori;
- La pendenza della tendenza (Sen's slope) è quindi calcolata come la mediana di tutte le pendenze;
- In maniera analoga viene calcolata l'intercetta della retta di tendenza.

**Pertanto per ogni SC con tendenza significativa all'aumento si calcolano i parametri della retta di tendenza.**

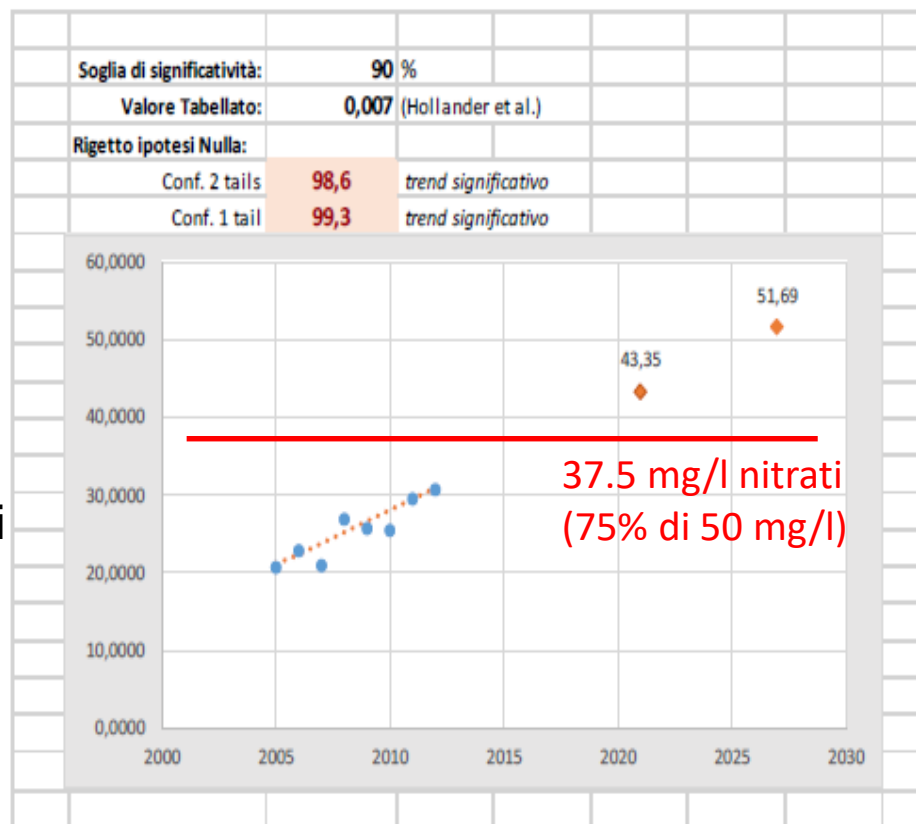
## Analisi di rischio per ogni SC con tendenza significativa

### A7. Valutazione previsionale del superamento dei VS al termine dei cicli di pianificazione per le singole SC

I parametri delle rette di tendenza (coefficiente angolare e intercetta) vengono utilizzati per verificare se al termine di uno o due cicli di pianificazione, il CIS o una porzione di esso è potenzialmente destinato a raggiungere/superare gli SQA o i VS, ovvero se la tendenza riscontrata ha dei rilevanti impatti ambientali, cioè è significativa dal punto di vista ambientale.

Facendo riferimento ad un modello lineare, la valutazione previsionale delle concentrazioni riscontrate al termine dei cicli 2015-2021 o 2021-2027 si basa sulla funzione  $C(t) = C(0) + mt$

Dove  $C(t)$  è la concentrazione attesa al tempo  $t$  (anni 2021 e 2027),  $C(0)$  è la concentrazione al tempo  $t_0$  (fissato al 2015, cioè al termine del ciclo 2010-2015).



## Valutazione tendenze – Procedura A



A1. Aggiornamento MC del CIS  
(pressioni/impatti/sostanze che mettono  
a rischio il non raggiungimento del  
buono stato chimico)

Aggiornamento  
dataset

A2. Pretrattamento  
• Gestione outlier  
• Trattamento <LOQ  
• Destagionalizzazione

Stazione	% volume rappresentato	Tendenza significativa	Concentrazione attesa 2021	Concentrazione attesa 2027
SC01	10	no	-	-
SC02	10	si	43,35	51,69
SC03	10	no	-	-
SC04	10	no	-	-
SC05	10	si	39,75	53,50
SC06	10	si	40,44	50,15
SC07	10	no	-	-
SC08	10	no	-	-
SC09	10	no	-	-
SC10	10	no	-	-

Il CIS non mostra una  
tendenza statisticamente  
significativa all'aumento

Il CIS mostra una tendenza  
statisticamente significativa  
all'aumento

SI

SI

A6. Stima del valore della tendenza  
(coefficiente angolare) delle singole SC  
che mostrano tendenza all'aumento  
statisticamente significativa

Il CIS mostra una inversione di  
tendenza statisticamente significativa

A7. Scenari al 2021 e 2027 per le  
singole SC; predizione del superamento  
di SQA o VS

Il CIS non mostra una  
tendenza all'aumento  
ambientalmente significativa

NO

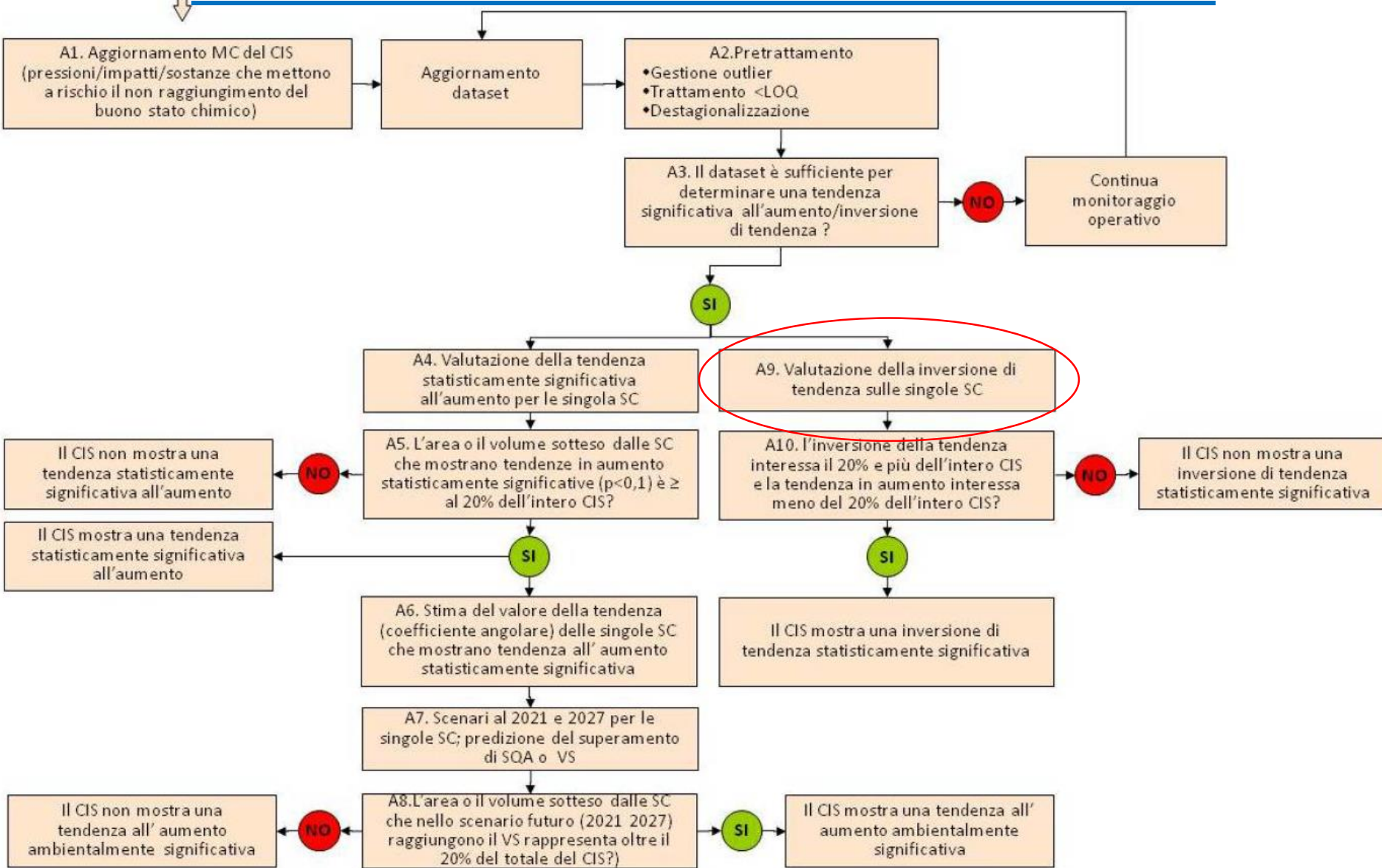
A8. L'area o il volume sotteso dalle SC  
che nello scenario futuro (2021-2027)  
raggiungono il VS rappresenta oltre il  
20% del totale del CIS?

SI

Il CIS mostra una tendenza all'  
aumento ambientale  
significativa



## Valutazione inversione di tendenza – Procedura A



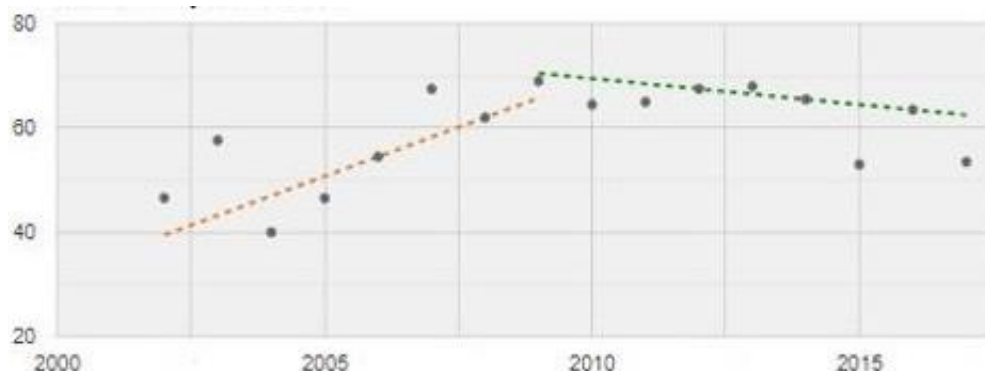
## Valutazione inversione di tendenza singole SC

### A9. Valutazione dell'inversione di tendenza sulle singole SC

Tale verifica è condotta attraverso il test di Pettitt (1979) applicato alle singole serie storiche per le quali sia stata verificata una tendenza all'aumento significativa almeno al 90% secondo i criteri esposti in precedenza.

Tale punto di inversione identificato dal punto di vista statistico, non va confuso con il *“punto di partenza per l'inversione di tendenza”* di cui alla parte B dell'Allegato 6 al D.lgs. 30/2009, che rappresenta invece il momento in cui attuare misure atte a provocare l'inversione delle tendenze significative e durature all'aumento, stabilito quando la concentrazione degli inquinanti raggiunge il 75% dei valori parametrici degli standard di qualità o dei valori soglia delle acque sotterranee.

Si definisce **“punto di inversione”** (“changing point”) di una serie storica l'istante nel quale varia la distribuzione di probabilità di un processo stocastico. L'esistenza di un punto di inversione di una determinata distribuzione può essere statisticamente verificata mediante il test di Pettitt (1979).



## Valutazione inversione di tendenza singole SC

### **A10. Valutazione della inversione della tendenza a scala di CIS**

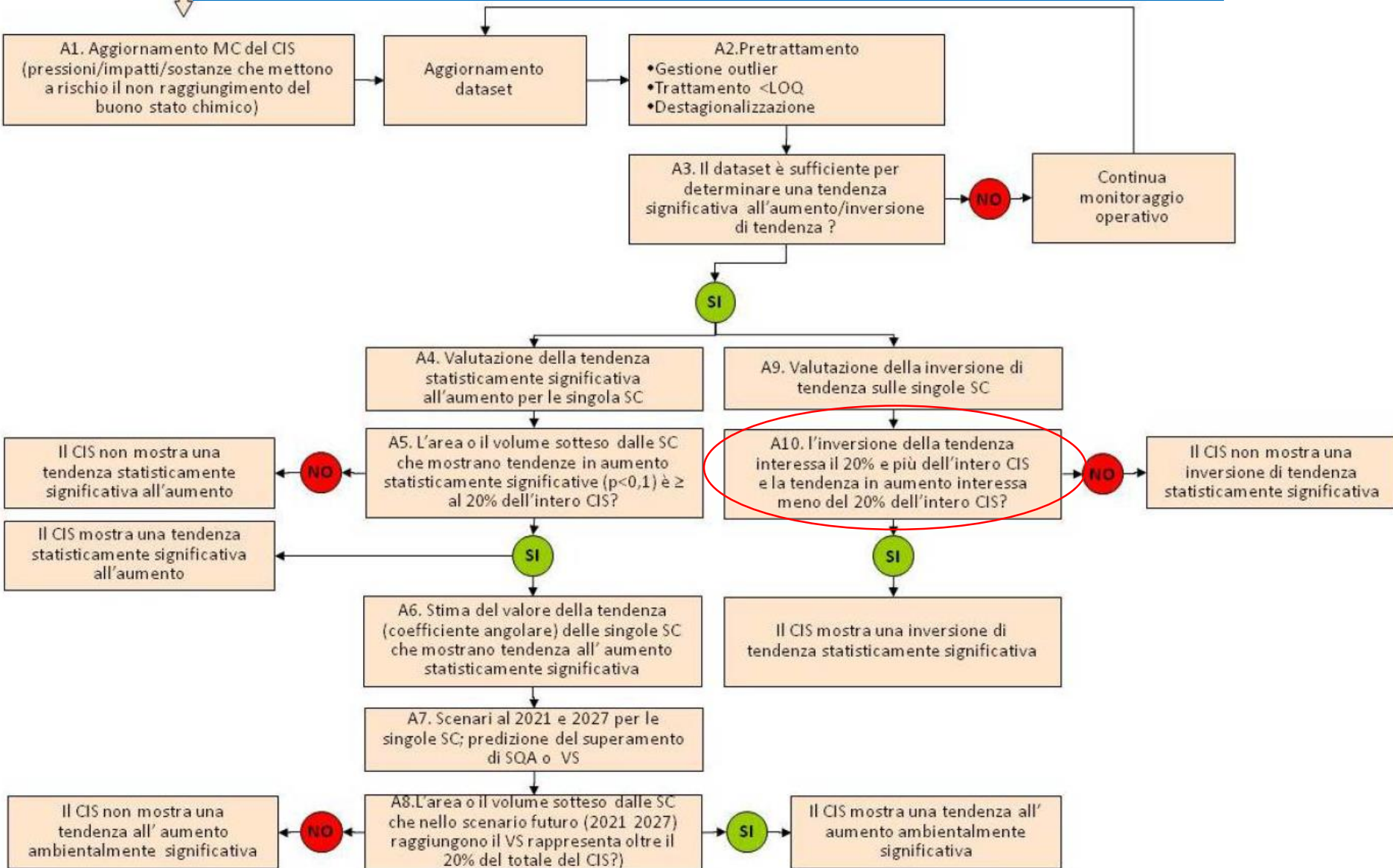
Le inversioni di tendenza per il corpo idrico sono comprovate quando sussistono le seguenti condizioni:

- l'analisi dell'inversione effettuata come esposto nelle fasi precedenti sulle singole SC è verificata dal punto di vista statistico per le singole SC (significatività almeno 90%)
- tali condizioni sono raggiunte in un insieme di SC che rappresentino oltre il 20% dell'area o del volume totale del corpo idrico in esame
- inoltre va verificato che non permanga, né si sia instaurato, uno stato di tendenza significativa all'aumento dell'inquinamento dal punto di vista statistico in un insieme di SC che rappresentino oltre il 20% dell'area o del volume totale del corpo idrico in esame.

**Ai sensi dell'Allegato V, punto 2.4.5 della Direttiva 2000/60/CE, per i CIS dove sono in atto tendenze all'aumento di uno o più contaminanti e quelli nei quali vi è una inversione di tendenza saranno rappresentati in mappa rispettivamente da un punto nero e da un punto blu.**

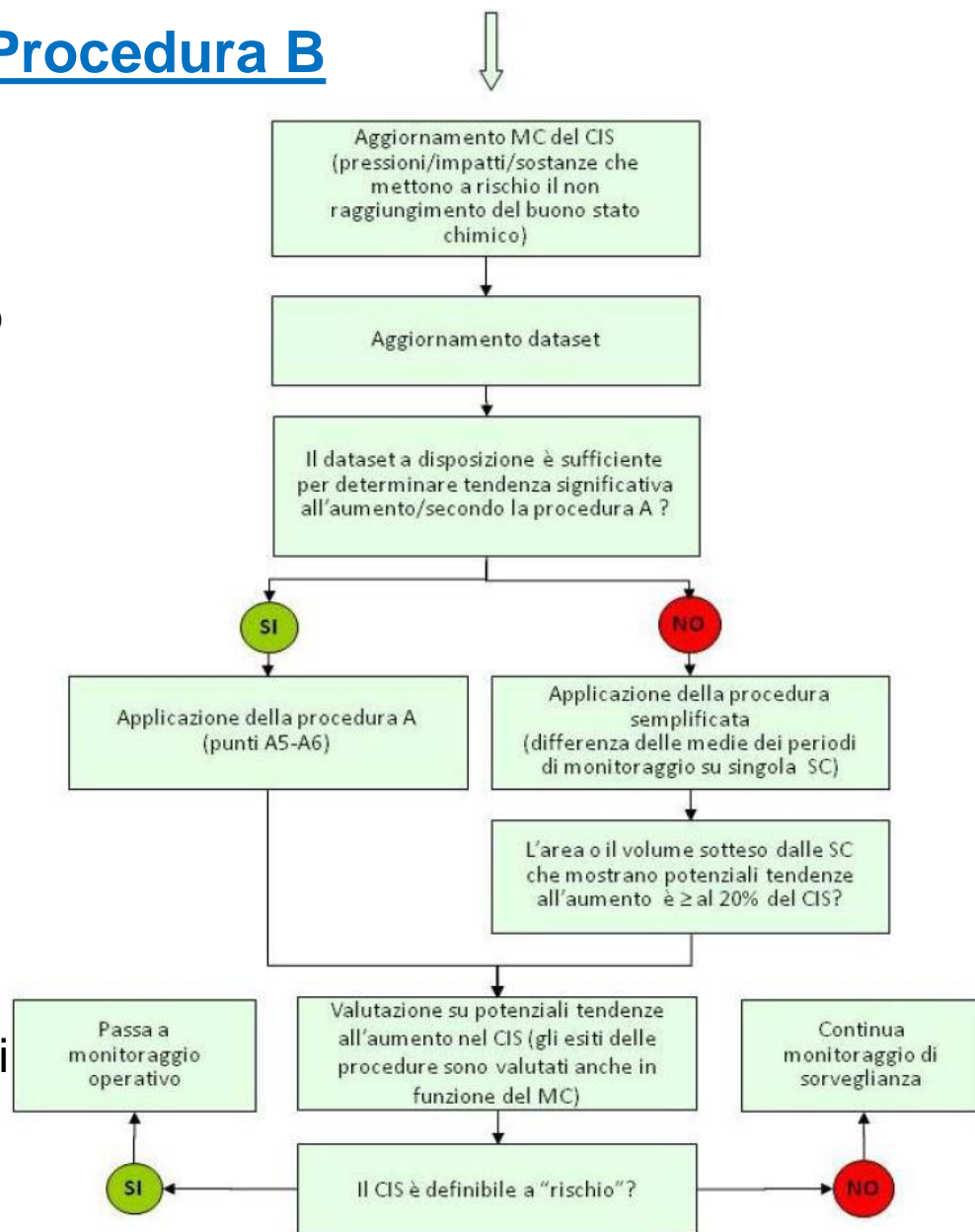


## Valutazione inversione di tendenza – Procedura A



## Valutazione tendenze – Procedura B

Procedura per valutare la comparsa di tendenze all'aumento nei CIS definiti "non a rischio", anche al fine di supportare l'analisi di rischio nell'ambito della pianificazione di Distretto idrografico. Questa valutazione interesserà i parametri che, nel precedente sessennio di monitoraggio, hanno mostrato almeno una volta anche in una sola stazione, condizioni di criticità con il superamento della soglia del 75% dello SQA/VS. Tale procedura, oltre ad applicarsi ai corpi idrici definiti "non a rischio", viene applicata anche per valutare eventuali tendenze delle sostanze che non risultano critiche per lo stato chimico dei CIS definiti "a rischio".



## Esempio di tabella riassuntiva pressioni/impatti/tendenze

Codice GWB	Nome GWB	Stato Quant.	Stato Chimico	Parametri critici stato chimico	Pressioni Pot. Sign.	Pressioni Sign.	Impatti Sign.	Note	Tendenza all'aumento: Incremento Sign.; <b>(A) Ambientalmente Sign.;</b> <b>(I) Inversione Sign.</b>
aaaaaa	dsvdgm	Scarso	Buono		2.2	2.2, 3.1	IN, Piez	Stato quantitativo scarso, attribuita pressione significativa 3.1	B; Conducibilità; Fluoruri <b>Nitrati(A)</b> Cloruri(I); Solfati(I)
bbbbbb	aswrnwrgnwgn	Scarso	Buono			3.1	IC, IS	Stato quantitativo scarso, attribuita pressione significativa 3.1	B; Cloruri Ni(I)
ccccccc	dafbhrsern	Scarso	Scarso	Ione Ammonio	2.2, 3.1, 3.2	2.2, 3.1, 3.2	IC, IN, IS, Piez		Cloruri Conducibilità(I); Nitrati(I); Solfati(I)
dddddd	nensfgbshbw	Scarso	Buono			3.1	IC, IN, Piez	Stato quantitativo scarso, attribuita pressione significativa 3.1	Conducibilità; Nitrati Cloruri(I); Solfati(I)
eeeeee	fegnemetmnet	Scarso	Buono		3.2	3.2	IN, Piez		
ffffff	sdvqfqfaf	Buono	Scarso	Nitrati	2.2	2.2	IC, IN, IS, Piez		B; Conducibilità Nitrati(I); Solfati(I)
gggggg	ehverhehtw	Buono	Buono				IN, IS, Piez		Cloruri; Conducibilità; Nitrati; Solfati Ni(I)
hhhhh	wvhwrttheh	Scarso	Scarso	Nitrati	2.2	2.2, 3.1	IC, IN, IS, Piez	Stato quantitativo scarso, attribuita pressione significativa 3.1	Cloruri; Fluoruri Conducibilità(I); Solfati(I)

# 1-Acque-C1: Monitoraggio e Classificazione acque sotterranee

## Sintesi processo di sviluppo

C1.1) Armonizzazione delle modalità di classificazione (triennale e sessennale) e definizione dei cicli di monitoraggio

C1.2) Individuazione dei contenuti minimi dei modelli concettuali idrogeologici a scala regionale e di corpo idrico finalizzati a definire le reti di monitoraggio e la significatività di ciascuna stazione rispetto al corpo idrico

C1.3) Armonizzazione dei criteri di classificazione dello stato chimico puntuale e di corpo idrico considerando i valori di fondo naturale e le sostanze critiche per lo stato chimico non persistenti nel tempo

**C1.4) Chiarimenti ed esempi sui criteri di classificazione dello stato quantitativo in particolare dei complessi idrogeologici carbonatici ed esempi di modellazione numerica di flusso in questi ultimi**

C1.5) Armonizzazione dei criteri per la valutazione del livello di confidenza nella classificazione dello stato chimico e quantitativo

C1.6) Chiarimenti sulla valutazione dell'analisi di rischio tenendo conto della valutazione degli impatti e delle tendenze dei contaminanti

# 1-Acque-C1: Monitoraggio e Classificazione acque sotterranee

## Sintesi processo di sviluppo

**C1.4) Chiarimenti ed esempi sui criteri di classificazione dello stato quantitativo in particolare dei complessi idrogeologici carbonatici ed esempi di modellazione numerica di flusso in questi ultimi**

### **Box di approfondimento: disponibilità**

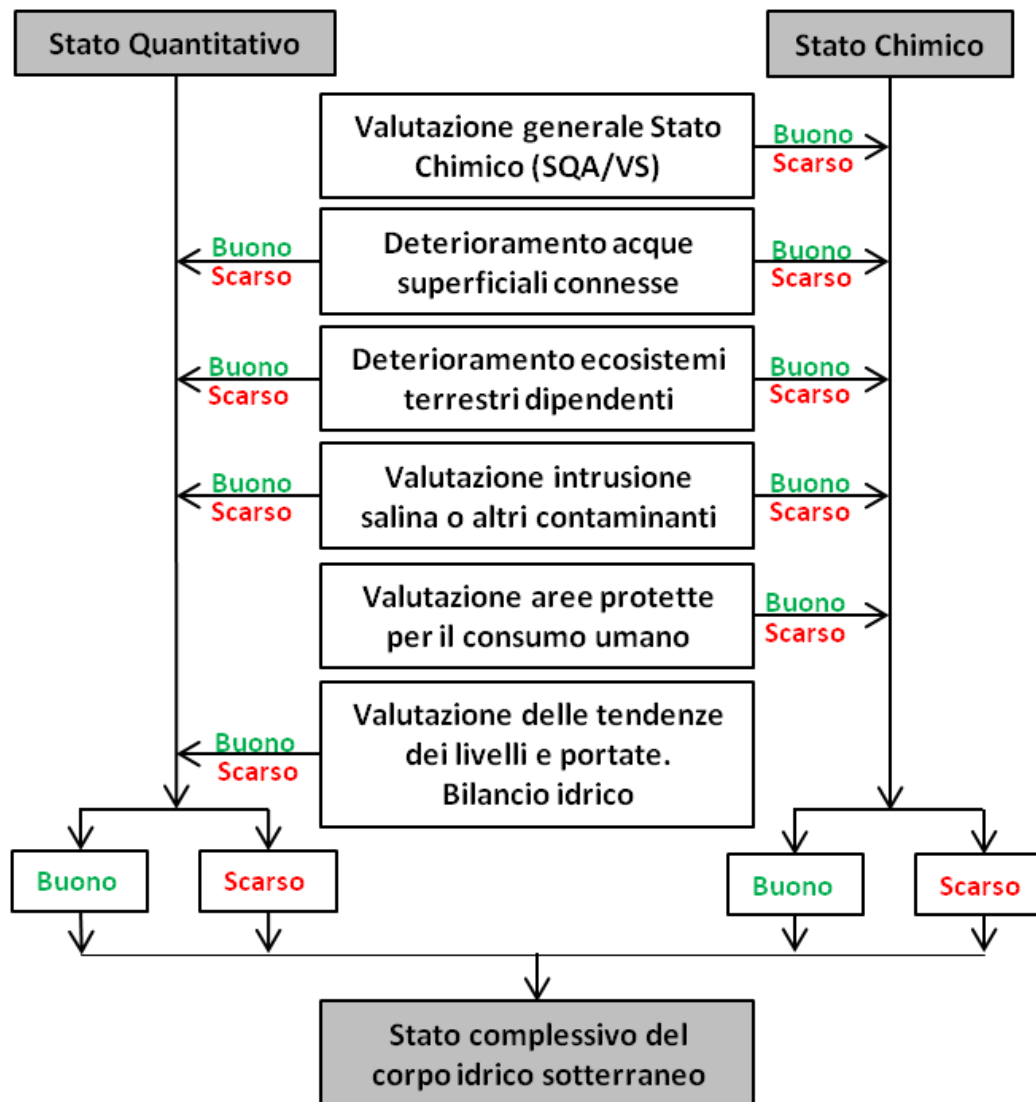
Arpa Campania

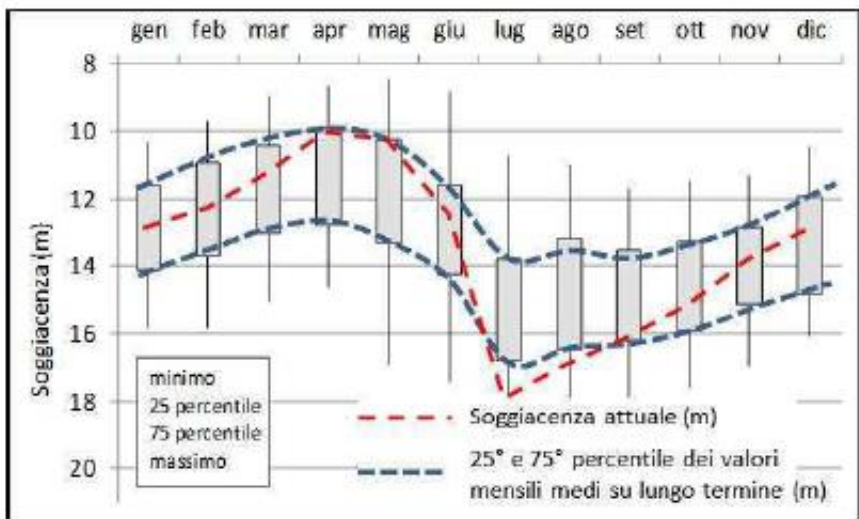
Arpa Toscana

Arpa Sicilia

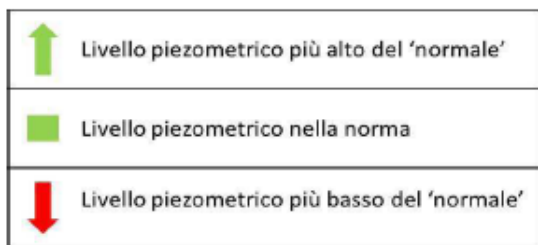
Arpa Emilia-Romagna

## Schema di valutazione dello stato delle acque sotterranee





**Figura 17** - Idrogramma mensile medio dei livelli piezometrici di riferimento (espressi in m di soggiacenza). Il diagramma è stato realizzato con i dati registrati in continuo (frequenza oraria) in un pozzo della rete di monitoraggio regionale dell'Emilia-Romagna, nel periodo 2007-2015

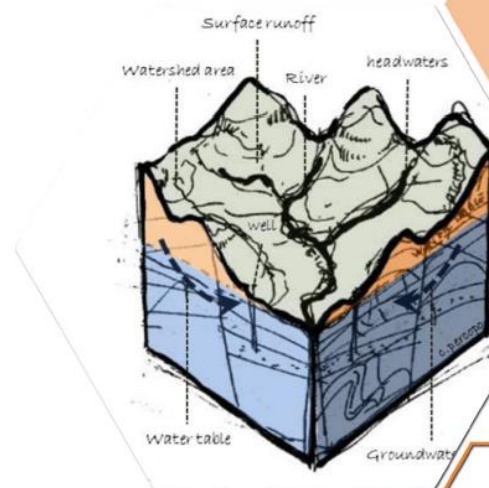


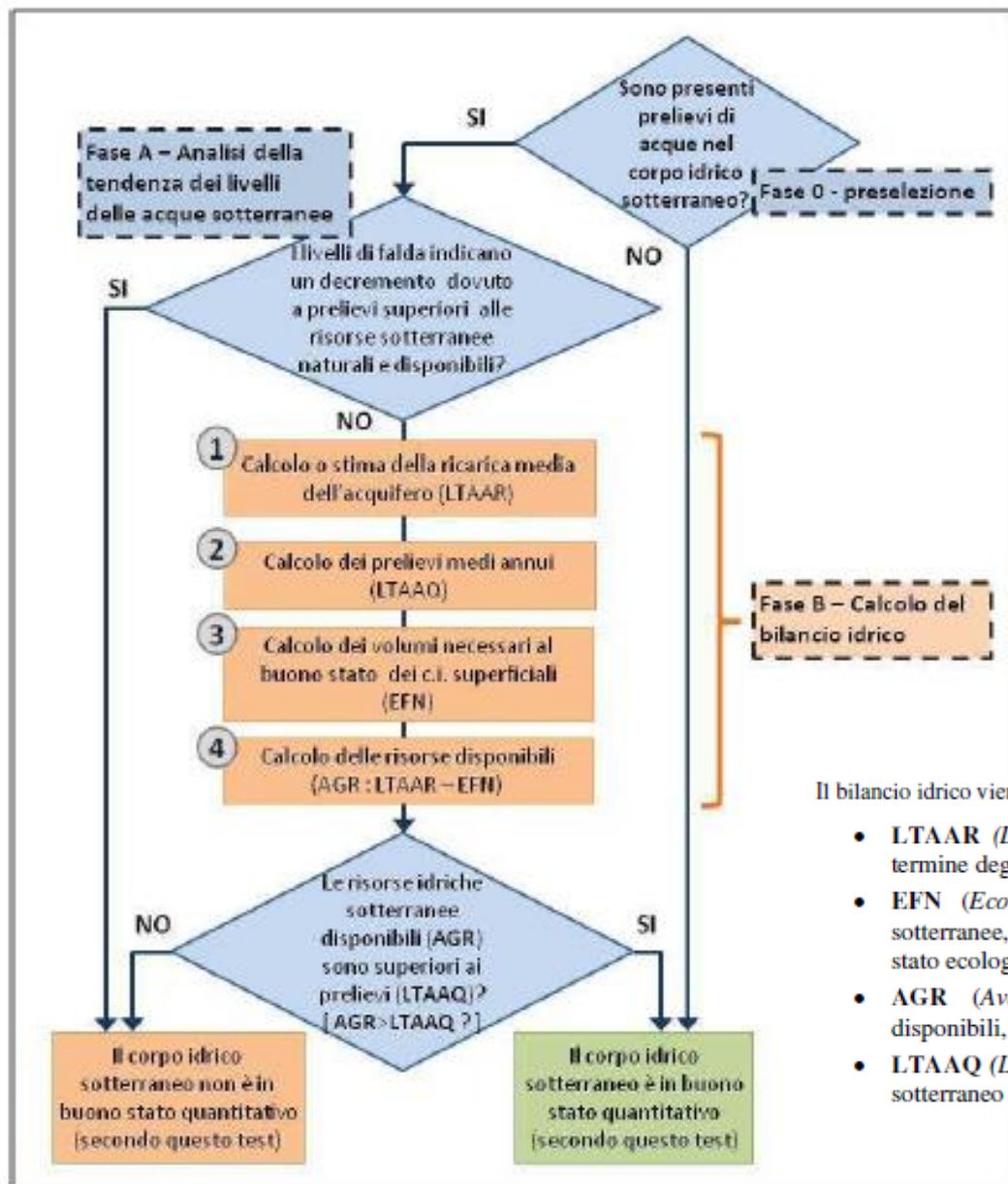
**Figura 19** - Simbologia proposta per l'indicatore (H) di livello piezometrico

- "Livello piezometrico più alto del normale": il valore H attuale è al di sopra del range di fluttuazione piezometrico di riferimento (>75° percentile);
- "Livello piezometrico nella norma": il valore H attuale è compreso nel range di fluttuazione di riferimento (tra il 75° percentile e il 25° percentile);;
- "Livello piezometrico più basso del 'normale' (<25° percentile): il valore H attuale è al di sotto del range di fluttuazione naturale per oltre il 15-30% della differenza tra il valore mensile medio più alto (75° percentile) e il valore mensile medio più basso (25° percentile) della fascia di riferimento;

## CRITERI TECNICI PER L'ANALISI DELLO STATO QUANTITATIVO E IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 15.05.2017. Doc. n. 8/2017





Il bilancio idrico viene quindi condotto tramite il confronto tra i seguenti termini:

- **LTAAR** (*Long Term Annual Average Recharge*): Ricarica naturale su lungo termine degli acquiferi;
- **EFN** (*Ecological Flow Needs*): corrispondenti ai contributi delle acque sotterranee, in termini di portata media su lungo termine, necessari per il buono stato ecologico e chimico-fisico delle acque e degli ecosistemi di superficie;
- **AGR** (*Available Groundwater Resources*): Risorse idriche sotterranee disponibili, pari a  $LTAAR - EFN$ ;
- **LTAAQ** (*Long-Term Annual Average Recharge*): Prelievi medi dal corpo idrico sotterraneo su lungo termine.

Figura 9 - Test No. 1 del bilancio idrico (European Commission, 2009, modificato)



### 6.2.1 Metodologia di valutazione delle tendenze dei livelli a scala di corpo idrico

Come evidenziato al paragrafo precedente, è importante rilevare che i risultati del monitoraggio dei livelli di falda devono essere riferibili all'intero corpo idrico o comunque a porzioni significative di questo.

La metodologia che segue permette di estrapolare all'intero corpo idrico i dati puntuali di monitoraggio, a partire dai dati registrati alle singole stazioni (pozzi e piezometri).

#### Valutazione delle tendenze a scala puntuale:

- a) **lunghezza serie temporale:** scelta della lunghezza della serie temporale da considerare per il calcolo delle tendenze (10-15 anni; o almeno 6 anni di misure recenti);
- b) **densità serie temporale:** scelta della numerosità campionaria annua per il periodo di riferimento (2, 4, 6, 12 misure annue per tutti gli anni del periodo di riferimento scelto);
- c) **significatività della densità serie temporale:** scelta dei valori di livello per ciascun anno da utilizzare per il calcolo delle tendenze; in particolare, quando la numerosità campionaria è di sole 2 misure all'anno, devono necessariamente essere presenti soli valori massimi e minimi dell'anno misurati nei periodi rispettivamente di massima ricarica della falda e di minimo livello utilizzando anche dati di monitoraggio automatico;
- d) **completezza serie temporali:** scelta del numero minimo di anni e/o di misure per procedere al calcolo delle tendenze (>5 anni e/o >10-12 misure più recenti);
- e) **qualità e omogeneità dei dati:** statistica di base delle serie storiche (piezometria) per ciascuna stazione di monitoraggio. E' possibile ricorrere, quando significativo, al collegamento delle serie storiche di dati relative a stazioni sostituite nel tempo. Analisi dei dati con grafici e calcolo dei principali indici statistici, al fine di individuare la presenza di *outlier* (ISPRA, 2013);
- f) **calcolo tendenza dei livelli sulla singola stazione:** regressione lineare dei dati selezionati della serie storica per la singola stazione di monitoraggio (piezometria in ordinata espressa in metri e tempo in ascissa espresso in decimali di anno). La tendenza è data dalla stima del coefficiente angolare della retta di regressione calcolata ed è espressa in metri/anno;
- g) **stima della significatività delle tendenze dei livelli:** test statistici con significatività al 95% dovranno essere condotti sulla tendenza calcolata utilizzando preferibilmente il test di Mann-Kendall. Possono essere utilizzati anche i test di Spearman o di Pearson.
- h) **attribuzione di un valore di tendenza a scala puntuale:** alla singola stazione di monitoraggio viene attribuito un determinato valore puntuale di tendenza (m/anno), che può essere stazionario, positivo o negativo. In Figura 10 sono riportati 2 esempi di calcolo della tendenza, rispettivamente crescente o positivo (A) e decrescente o negativo (B) con misure semestrali in un periodo temporale di circa 10 anni;
- i) **attribuzione di un livello di confidenza della tendenza a scala puntuale:** il livello di confidenza (alto, medio, basso) deve essere attribuito alla tendenza calcolata sulla base della completezza delle serie temporali, della qualità e omogeneità dei dati e delle situazioni "borderline".

#### Valutazione delle tendenze a scala di corpo idrico:

I valori significativi di tendenza calcolati a scala puntuale (per singolo pozzo o piezometro) devono essere utilizzati per valutare le tendenze a scala di corpo idrico.

Le modalità per il passaggio da valutazioni puntuali a valutazioni alla scala di corpo idrico dipendono da diversi fattori, tra i quali i principali sono:

- modello concettuale dell'acquifero;
- densità areale delle stazioni di monitoraggio;
- entità delle pressioni antropiche espresse sia come prelievi che come urbanizzazione (uso del suolo);
- tipologia di acquifero (libero o confinato; poroso o fessurato, ecc.).

Sulla base dei fattori sopra elencati, che vanno valutati per ciascun corpo idrico o gruppi di corpi idrici, va effettuata la scelta della modalità di assegnazione del valore di tendenza dalla scala puntuale alla scala di corpo idrico.

Le possibili modalità di spazializzazione dei dati sono riconducibili ai seguenti casi:

- 1) attribuzione a ciascuna stazione di monitoraggio di una % dell'area/volume del corpo idrico;
- 2) spazializzazione delle tendenze puntuali considerando i limiti del singolo corpo idrico o gruppi di corpi idrici.