



# Approcci innovativi per la caratterizzazione (Triad approach)

**Marco Falconi**

ISPRA

## E' un approccio totalmente nuovo?

**Dipende da come è posta la domanda**

Il Triad approach introduce nuove idee che nessuno ha pensato in precedenza?

**No**

Nasce da ricercatori USEPA sulla base delle lesson learnt, di 2 anni di esperienza negli USA e dall'esigenza di migliorare il mondo delle indagini con metodi più efficaci

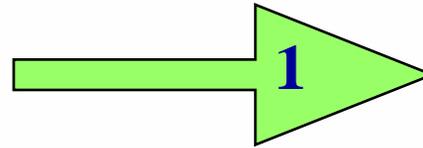
Rappresenta un modo radicalmente diverso di pensare la caratterizzazione e la bonifica da come è comunemente e routinariamente fatto?

**Si**

I nuovi team che vengono formati per la realizzazione di un progetto Triad imparano quanto sia differente rispetto alla progettazione tradizionale

## Approccio Triad

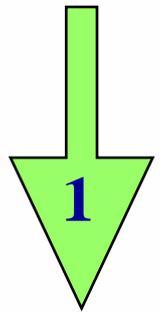
- **Vantaggi**
- **I tre elementi costitutivi**
  1. **Pianificazione strategica**
  2. **Strategia di lavoro dinamica**
  3. **Misure in tempo reale**
- **La catena della qualità del dato**
- **Applicabilità e conclusioni**
- **Riferimenti**



La caratterizzazione è il fondamento di tutte le decisioni del sito ma...

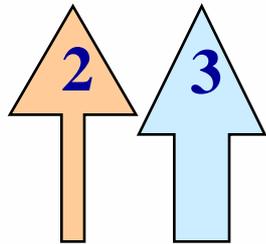
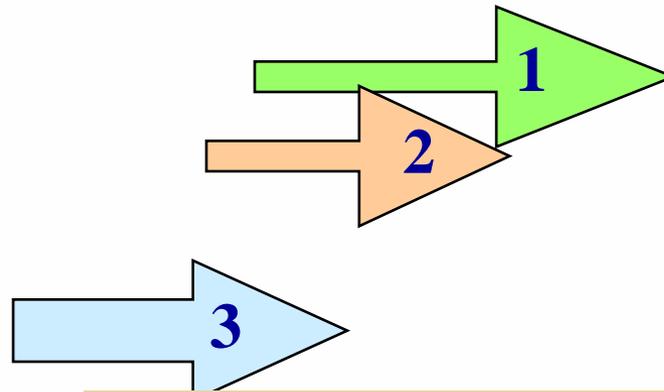
- Diverse mobilitazioni si rendono necessarie per riparare a mancanze di conoscenza
- Ancora oggi, la caratterizzazione spesso manca della contaminazione, ritrovata poi in seguito

Un unico prelievo per tutte le analisi



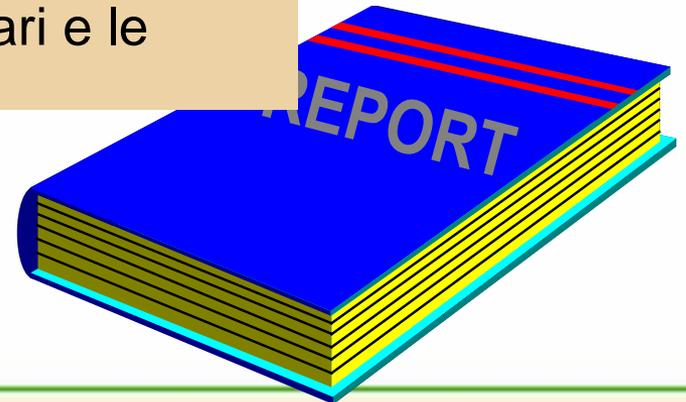
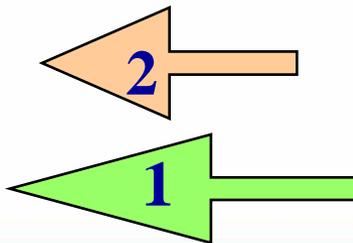
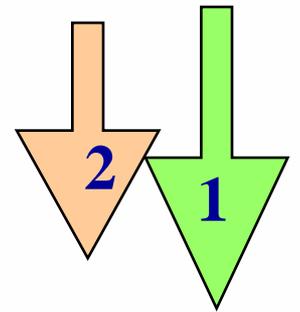
Serve una integrazione



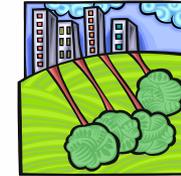


Serve una integrazione

L'incertezza riguardo alla caratterizzazione impatterà ogni aspetto della gestione del progetto, le decisioni, il budget, l'esposizione dei recettori, l'efficienza della tecnologia di bonifica, il riutilizzo, le transazioni immobiliari e le assicurazioni



## Vantaggi dell'approccio Triad



### Salva tempo e denaro

- Minori mobilitazioni
- Riduce contenziosi
- Contratti basati sul numero di misure
- Procede verso il riutilizzo in maniera più veloce
- Ottimizza la bonifica
- Evita il sovradimensionamento

### Nessuna sorpresa, informazioni di qualità

- Caratterizzazione più rappresentativa
- Si riducono le incertezze sulle decisioni

### Massimo livello di protezione per il riutilizzo

- La qualità delle decisioni assicura la protezione sanitaria ed ambientale
- La proprietà viene svincolata più velocemente, aiutando l'economia



### Basi dell'approccio Triad

L'approccio Triad si basa sull'accuratezza del **Modello Concettuale del Sito** (CSM) a supporto delle decisioni progettuali:

- **Dove** è (o può essere) localizzata la contaminazione?
- **Quali e quanti** contaminanti possono essere presenti?
- **Come** possono variare le concentrazioni e quali distribuzioni spaziali possono essere ipotizzate?
- **Che cosa** accade ai contaminanti mentre migrano?
- **Chi** può essere esposto ai contaminanti o ai prodotti della degradazione?
- **Che cosa** si può fare per gestire il rischio mitigando l'esposizione?

Triad si aspetta che la contaminazione sia eterogenea. Il CSM include la caratterizzazione della incertezza relativa al campionamento. Il CSM è l'ipotesi da testare e raffinare.



## Elementi dell'approccio Triad

Una strategia che raccoglie un tema centrale à  
("che cosa") + 3 Elementi ("come")

Un approccio olistico alla bonifica e al riutilizzo



**Pianificazione strategica**



**Strategia di lavoro dinamica**

**Misure in tempo reale**

## Elementi: 1. Pianificazione strategica

Triad non è un acronimo. Triad è inteso come insieme di tre elementi principali. Il più importante è la pianificazione strategica che supporta l'obiettivo finale di ottenere decisioni sicure. Per assicurare decisioni certe e soddisfazione per le parti interessate, vanno incoraggiate:

- Sviluppo del “**capitale sociale**” (atmosfera di fiducia, trasparenza nelle comunicazioni e cooperazione tra le parti a massimizzare gli effetti minimizzando i costi, condividendo conoscenze e visioni personali, valutando limiti legali, tecnici e di bilancio, chiarendo dove c'è disaccordo tra le parti)
- **Consenso** sull'obiettivo finale per il sito/progetto
- Sviluppo di un **modello concettuale preliminare** sulla base delle informazioni esistenti
- Una **lista delle decisioni** che devono essere prese dal punto di vista legale, scientifico ed ingegneristico per raggiungere gli obiettivi prefissati
- Una **lista delle incertezze** (unknowns) relative alla presa di decisioni
- **Controllo** delle maggiori fonti di incertezza nei dati ambientali (densità di campionamento, tipo di campionamento, granulometria del suolo, tecnica analitica)



## Esempi di decisioni

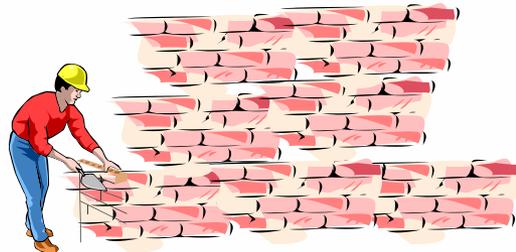
- Presenza o assenza di contaminazione
- Contaminanti ed estensione da indagare
- Localizzazione ed estensione degli hot spots
- Recettori/vie di migrazione/modalità di esposizione
- Obiettivi di bonifica (rilevanti per il riutilizzo)
- Aree da riservare per usi specifici
- Scelta e performance della/e tecnologia/e di bonifica
- Opzione discarica

## Attività nel sito **SENZA** approccio sistematico

- Senza un'obiettivo finale in mente, la raccolta dati va integrata di volta in volta, a coprire le lacune e re-infittendo i dati, andando avanti nel processo
- Ogni fase diventa una fine di se stessa (progetti multipli)
- I dati raccolti in ogni fase possono essere o non essere utili alle fasi successive



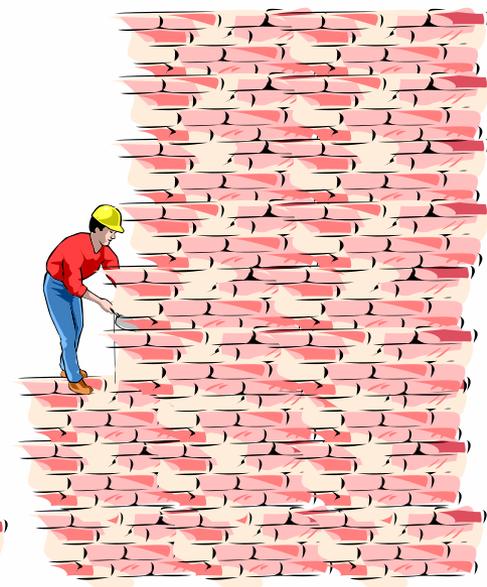
**Indagine  
preliminare**



**Caratterizzazione  
del sito e  
Analisi di rischio**



**Progetto di  
bonifica/  
Realizzazione**



**Chiusura/  
Riutilizzo**

## Benefici dell'approccio sistematico

- Ogni fase si focalizza sulle necessità della fase successiva
- I dati si focalizzano sulle decisioni relative agli obiettivi finali del sito (un unico progetto)
- Va massimizzato l'uso dei dati, costruendo la fase successiva sulle informazioni esistenti



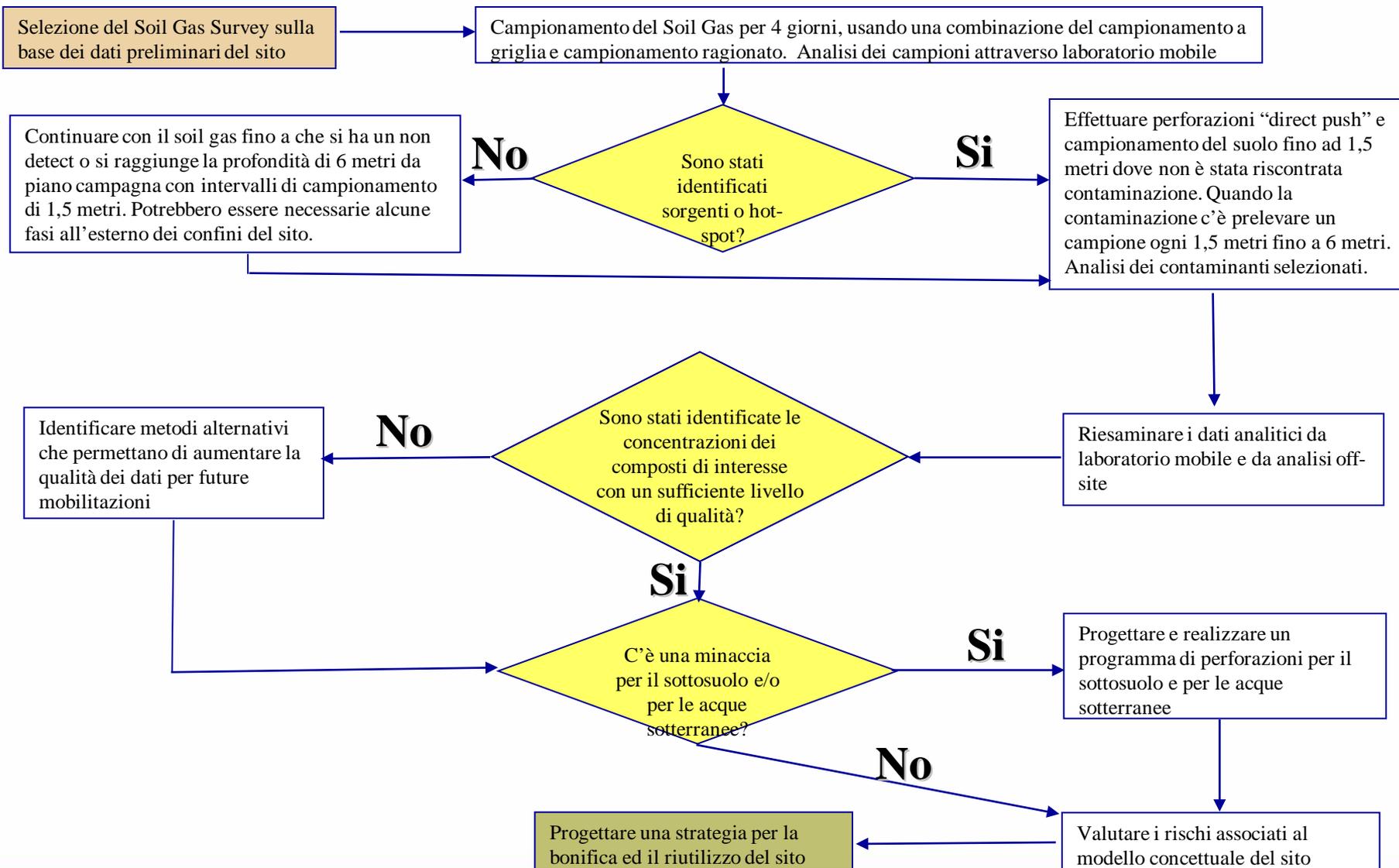
**Chiusura/  
 Riutilizzo**  
**Progetto di  
 bonifica/  
 Realizzazione**  
**Caratterizzazi  
 one del sito e  
 Analisi di  
 rischio**  
**Indagini  
 preliminari**



## Elementi: 2. Strategia di lavoro dinamica

- Presa di **decisioni in tempo reale**, in sito
- Le analisi in tempo reale la rendono possibile, le analisi in campo la rendono economica
- E' necessario un **team multidisciplinare** con l'appropriato expertise nel proprio campo (chimico, geologo, ingegnere, statistico, responsabile di progetto)
- Diagrammi decisionali approvati
  - Piani di lavoro flessibili
    - Opzioni contrattuali alternative
    - Coinvolgimento dello staff degli enti di controllo: ARPA, ISPRA, ISS, Regioni
  - **Campionamento adattativo** e pianificazione delle analisi
  - Evoluzione del CSM fino alla sua maturazione
- Flusso continuo delle attività in sito à meno mobilizzazioni

## Diagrammi decisionali approvati



## Elementi: 3. Misure in tempo reale

Le misure in tempo reale permettono la fattibilità delle strategie di lavoro dinamiche attraverso la produzione, l'interpretazione e la condivisione dei dati, sufficientemente veloce per essere d'aiuto a decisioni in tempo reale. Il complesso delle tecnologie che forniscono misurazioni in tempo reale comprendono **strumentazione analitica da campo**, laboratori mobili, rapido ritorno di analisi da laboratori tradizionali, software che assistono la pianificazione, la visualizzazione, la rielaborazione e la condivisione dei dati. Sebbene la strumentazione analitica da campo è usualmente meno costosa di quella dei laboratori convenzionali, il budget per la caratterizzazione può essere lo stesso o addirittura maggiore a causa dell'**incremento della densità di campionamento** necessaria per gestire accuratamente l'incertezza del campionamento.

Questo permette la costruzione di un accurato modello concettuale che sarà la base dell'elevato livello di confidenza su cui saranno prese le decisioni. Nel quadro generale, il costo per campione è molto meno importante per il **quadro finanziario**, di quanto lo possano essere decisioni ad un elevato livello di confidenza che così drammaticamente abbassano i costi del ciclo di vita dei progetti Triad.



## Esempi di tecniche per analisi in sito

- Test colorimetrici
- Immunoenzimatici
- Fluorescenza a raggi X
- Membrane Interface Probe (MIP)
- Tecnologie Direct Push (DPT)
- Laboratorio mobile
- Passive Diffusion Bags (PDB)

- Attraverso reazioni chimiche si determina un colore che indica la concentrazione.
- Metodi EPA SW-846 per esplosivi e PCB nel suolo
- Altri contaminanti: PCE, TCE, Pentaclorofenolo, IPA, BTEXS.
- I metodi possono essere:
  - Semplici: reagente / scala colorimetrica
  - Dettagliati: preparazione del campione / fotometro
- L'intervallo di rilevabilità delle concentrazioni è generalmente in parti per milione (ppm):
  - Alcuni test arrivano ai ppb (ad es. TCE a 5 microgrammi/litro (ug/L))

## Test colorimetrici





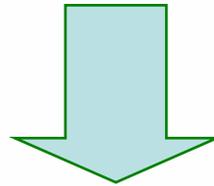
## La qualità spaziale del dato

La qualità del dato non deriva dalla sola qualità analitica

**Analisi chimica  
perfetta**

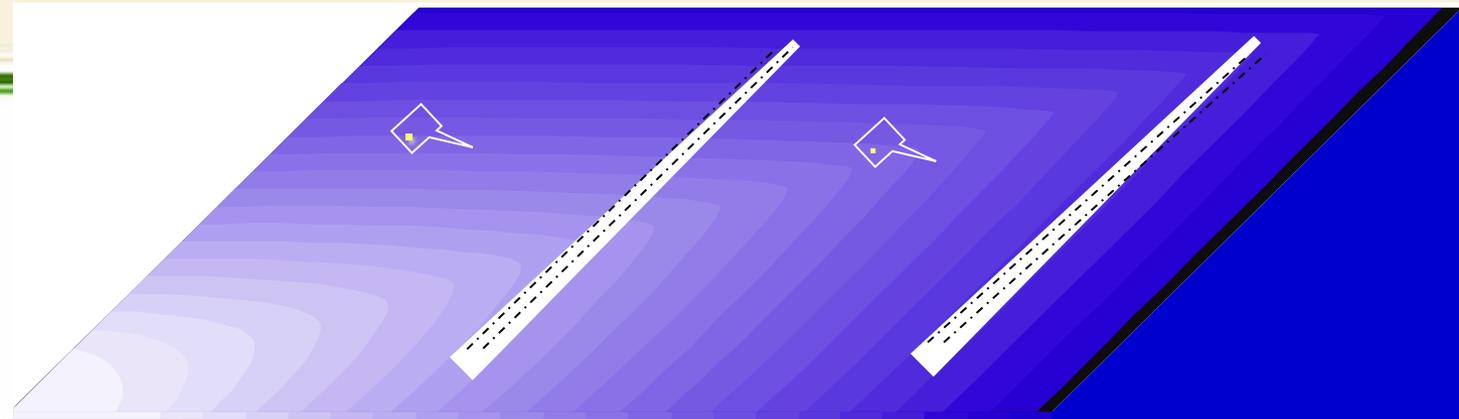
+

**Campioni non  
rappresentativi**



**“CATTIVI” DATI**

**che porteranno a decisioni sbagliate sia sul rischio che sulla  
selezione della tecnologia di bonifica e sulla progettazione**



Cella 50 m. x 50 m. / 2 gr. di campione a 1 m. di profondità



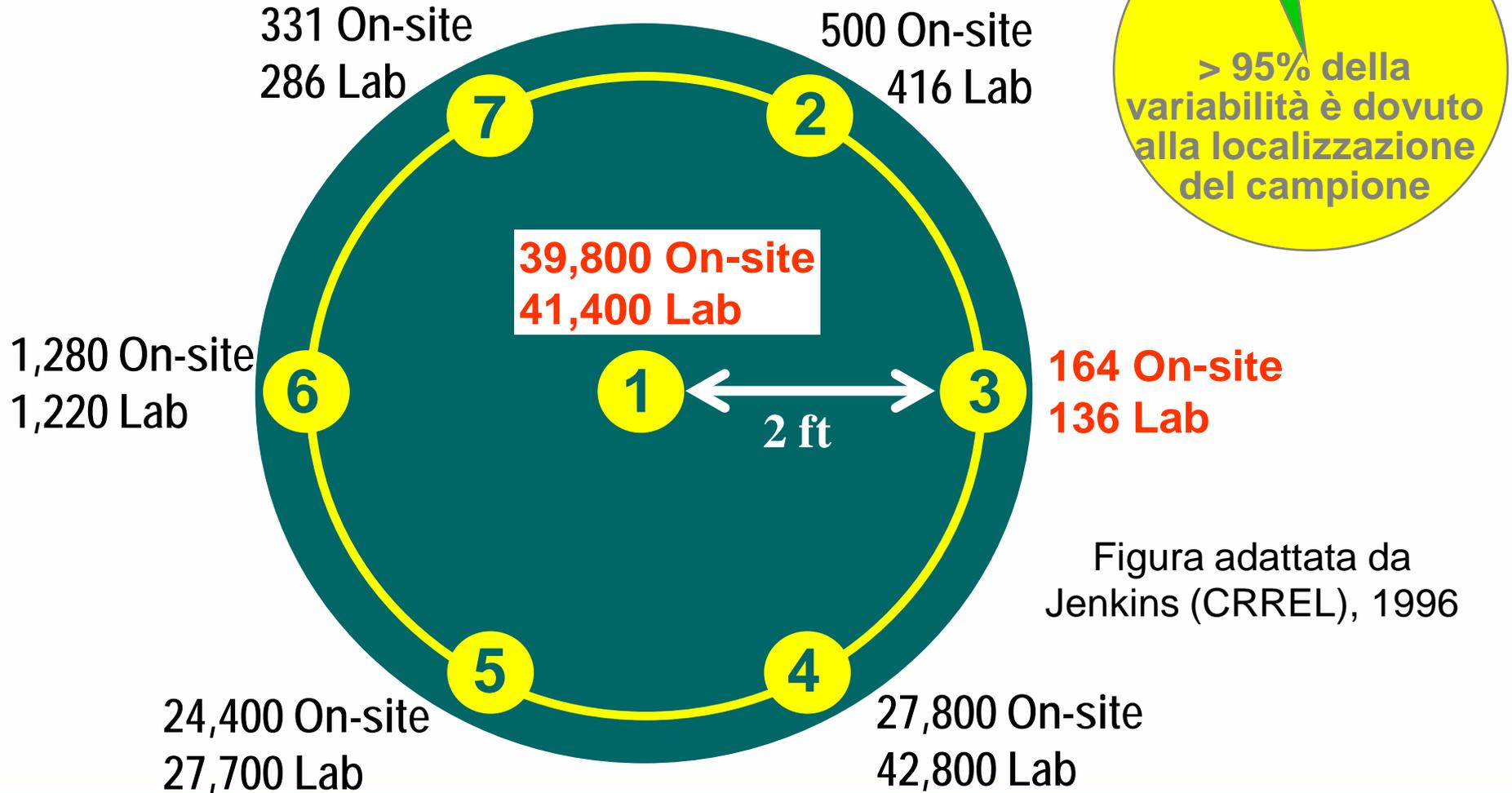
Cella 50 m. x 50 m. / 10 gr. di campione a 2 m. di profondità

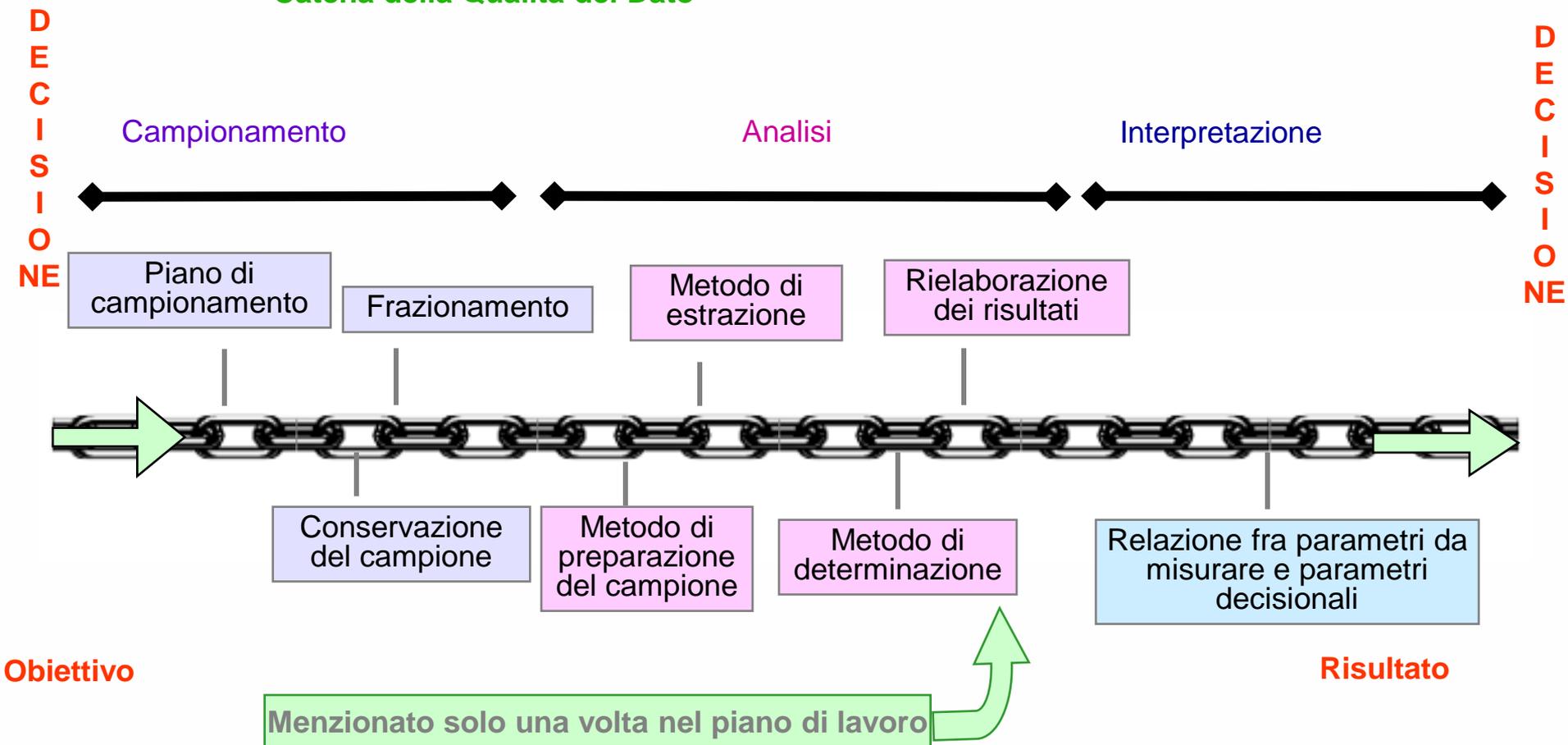


Decisione:  
sono 8500  
tonnellate di  
suolo  
"contaminate"  
?

**Sproporzione  
tra la scala di  
analisi del  
campione e  
scala  
decisionale**

## L'ordine di grandezza dell'eterogeneità spaziale



**Catena della Qualità del Dato**


Tutti i links nella **Catena della Qualità del Dato** devono essere intatti affinché i dati siano rappresentativi delle decisioni.

## Dati complementari garantiscono la rappresentatività

**Metodi analitici**

**economici/rapidi** (lab? in sito?  
std? non-std?)



**Campionamento ad alta densità**



Costruisce il **CSM**  
& gestisce l'incertezza  
del campionamento

**Metodi analitici**

**costosi/rigorosi** (lab? in sito? std?  
non-std?)



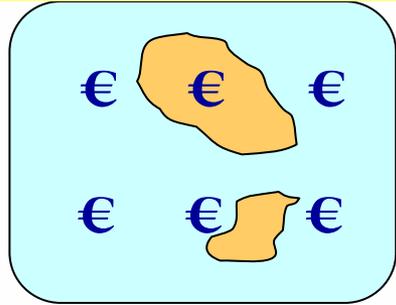
**Bassa densità + spec. analitica**



Gestisce l'incertezza  
analitica

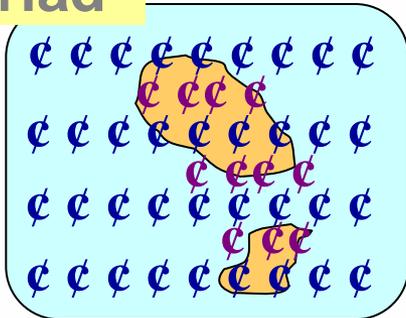
**Set di dati complementari**

**I data set si completano l'un l'altro così che ogni sorgente di incertezza possa essere gestita. Usarne solo una parte non produce informazioni attendibili.**

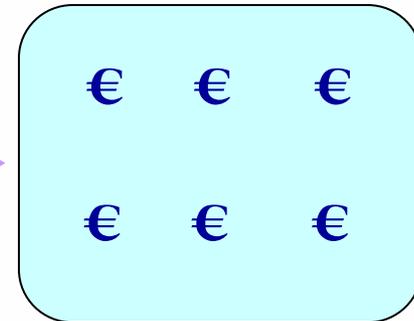
**Gestione tradizionale**Incertezza  
analitica  
lab. fisso

Ex 1

Incertezza campionam.

**Gestione tradizionale vs. Approccio Triad**CSM & bonifica incompleti;  
integrare/ripetere**Triad**

Rimozione degli hot spots

Dati  
analitici  
rapidi

Ex 2

Lab. fisso

Ex 3

Variabilità di campionamento  
diminuisce dopo la rimozione degli  
hotspotsL'incertezza del campionamento  
controllata attraverso un incremento  
della densità

Ex 1

Ex 2

Ex 3



## Triad NON è

- n ...scritto in maiuscolo (**non è un acronimo!**)
- n ...solo l'utilizzo di strumentazione portatile!  
(**Attenzione: Il solo utilizzo delle analisi in campo non significa implementare l'approccio Triad !!**)
- n ...un modo per giustificare l'utilizzo di strumentazione portatile senza un adeguato controllo di qualità (**DEVE avere dati di conosciuta/documentata qualità**)
- n ...solo l'utilizzo di un piano di lavoro flessibile/dinamico (**DEVE gestire attivamente le incertezze sulle decisioni**)
- n ...prendere 10 zillions di campioni (**con il giudizio professionale e con il vostro CSM, le incertezze possono essere ottimizzate e gestite!**)
- n ...una licenza per scrivere piani di lavoro vaghi o per fuggire dalla supervisione degli enti di controllo.



### Caratteristiche adatte al Triad approach



- Siti dove le **sorgenti** sono **ignote** o non facilmente definibili
- Siti con sorgenti **multiple**, dove esistono popolazioni differenti di contaminanti
- Indagini in **aree estese**, scenario di smaltimento
- Siti dove si è dovuti **riaprire la pratica**
- Siti dove la tecnologia di bonifica selezionata **non sta funzionando** come pianificato
- Siti con scenario di smaltimento dove i costi dipendono strettamente dalla tipologia di contaminanti e dalle loro concentrazioni



## Caratteristiche NON adatte al Triad approach



- Siti dove i tempi non sono sufficienti per una progettazione adeguata
- Siti dove non c'è interesse nel cooperare o nell'usare metodi innovativi
- Dove non è vantaggioso l'utilizzo di una strategia di lavoro dinamica
- Siti dove i contaminanti o le condizioni al contorno non permettono l'uso dei metodi innovativi

## Principali barriere al Triad

- Mancanza di risorse per la necessaria supervisione delle autorità di controllo direttamente in campo
- Mancanza di adeguata conoscenza sulle tecniche di “misurazione in tempo reale”
- Inadeguata conoscenza sui problemi di qualità e rappresentatività del dato; preoccupazioni sulla qualità del dato analitico
- Problemi di budget legato alle contingenze
- Conflitto con la legislazione corrente (D.Lgs. 152/06) ??



## Difficoltà nell'applicare Triad

Triad incrementa la soddisfazione delle parti interessate,  
salvando tempo e denaro

**MA**

E' una grande scommessa cambiare il pensiero e le abitudini  
di una comunità diversificata (enti di controllo, società di  
consulenza, soggetti obbligati) ed interconnessa come la  
comunità che lavora sui siti contaminati



“La difficoltà non sta nel credere nelle nuove  
idee, ma nel fuggire dalle vecchie...”

—John Maynard Keynes

(economista inglese, 1883-1946)

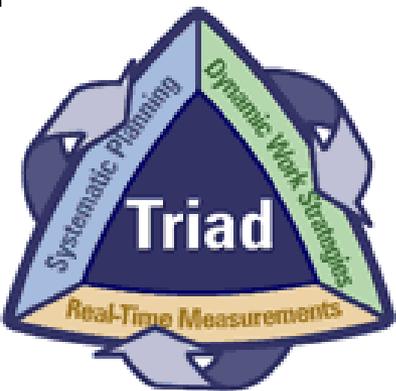


## Raccomandazioni

- Modificare parzialmente il processo decisionale
- Educare/aumentare le conoscenze sulle tecniche di indagine innovative e sulle tecniche di analisi in tempo reale
- Aumentare le conoscenze ed educare ai concetti di qualità globale del dato
- Incrementare e pubblicizzare la conoscenza sui vantaggi e sui risultati dell'approccio Triad

## Riferimenti on-line dell'approccio Triad

- Triad Resource Center
  - <http://www.triadcentral.org>
- Hazardous Waste Cleanup Information (CLU-IN) Internet Site
  - <http://clu.in.org/triad>
- EPA Internet site
  - <http://www.epa.gov>
- Federal Remediation Technologies Roundtable
  - <http://www.frtr.org>
- Brownfields Technology Support Center
  - <http://www.btsc.org>
- Interstate Technology Regulatory Council (ITRC)
  - <http://www.itrcweb.org>



# Triad Resource Center

TRIAD: A SMARTER SOLUTION TO SITE CLEANUP

The Triad is an innovative approach to decision-making for hazardous waste site characterization and remediation. The Triad approach proactively exploits new characterization and treatment tools, using work strategies developed by innovative and successful site professionals. The Triad Resource Center provides the information hazardous waste site managers and cleanup practitioners need to implement the Triad effectively.

"The NJDEP supports and encourages the use of the Triad for sites undergoing investigation and remediation within the Site Remediation and Waste Management Program where feasible."

*Joseph Seebode  
New Jersey Department of  
Environmental Protection  
Assistant Commissioner for Site  
Remediation and Waste  
Management*

-  [Triad Overview](#)
-  [Triad Management](#)
-  [Regulatory Information](#)
-  [Technical Components](#)
-  [User Experiences](#)
-  [References/Resources](#)

[Glossary](#)

[FAQs](#)

[Acronyms](#)



Multiagency  
support for Triad

[www.triadcentral.org](http://www.triadcentral.org)