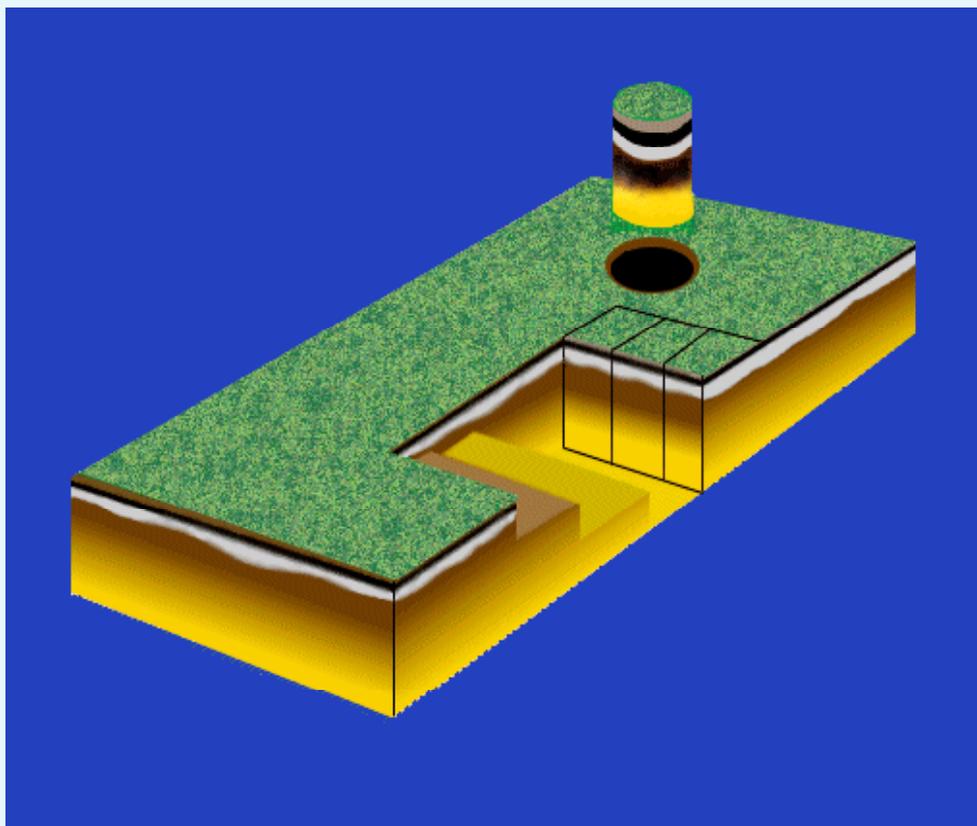


IL CAMPIONAMENTO



*La verità giace in un ambito molto ristretto,
ma l'errore è immenso ...*

Henry St John, Reflection on Exile

CRA
CONSIGLIO PER LA RICERCA
E LA SPERIMENTAZIONE
IN AGRICOLTURA

CRA-SCA

UNITÀ DI RICERCA
PER I SISTEMI COLTURALI
DEGLI AMBIENTI CALDO-ARIDI

Dott.ssa Annamaria Castrignanò

**APPROCCIO
TRADIZIONALE**

**Variabilità
completamente
casuale**

**Nessun riferimento
alle coordinate
geografiche**

**APPROCCIO
MODERNO**

**Variabilità' casuale +
dipendente spazialmente**

APPROCCIO TRADIZIONALE

$$Z = m + e$$



**DISPERSIONE
CASUALE, SPAZIALMENTE
NON CORRELATA**

NELLA REALTA'...

PROPRIETA' DEL SUOLO

Variano in funzione di



GEOSTATISTICA

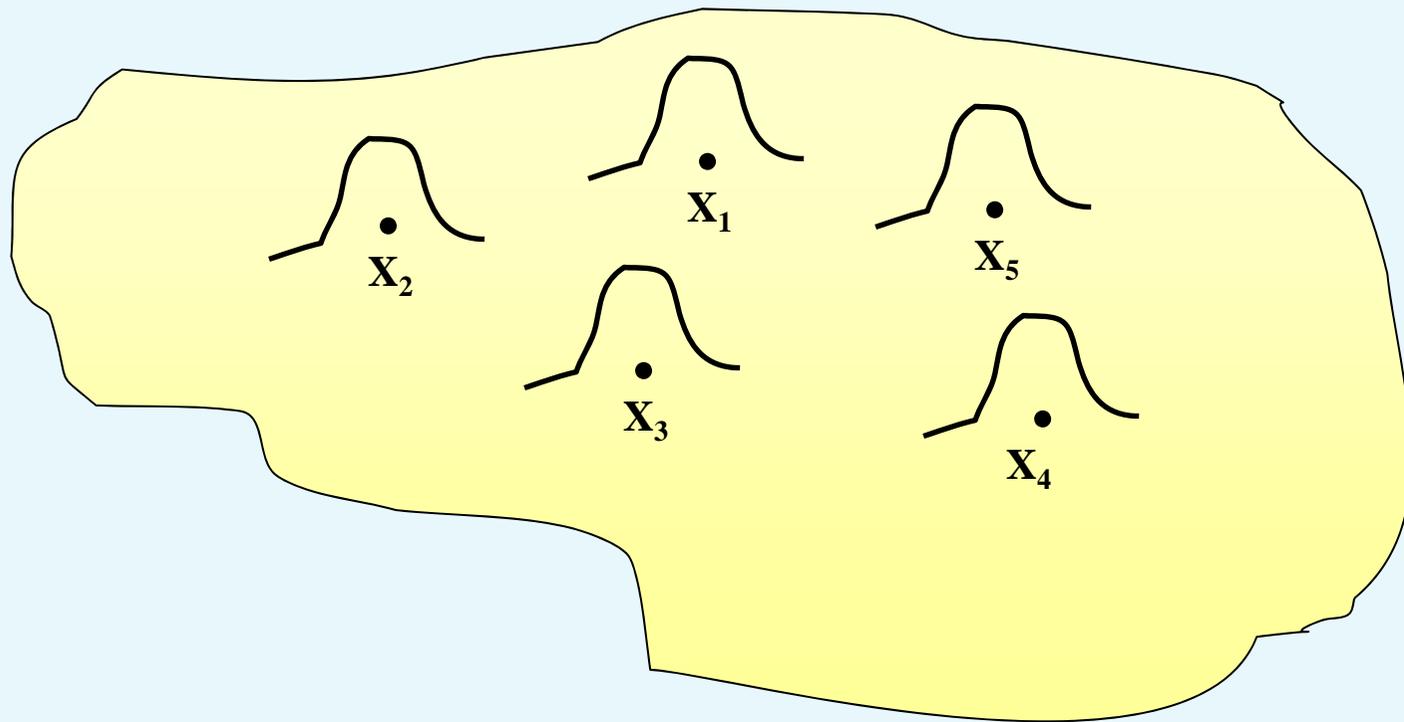
SPECIFICITA'

**FUNZIONE
CASUALE**

**NESSUNA RELAZIONE
MATEMATICA
SUOLO vs POSIZIONE**

CONCETTI DI BASE

- VARIABILI REGIONALIZZATE
- FUNZIONI CASUALI
- STAZIONARIETA'



VARIABILI REGIONALIZZATE

$$Z(\mathbf{x}_i) = m(\mathbf{x}_i) + \varepsilon'(\mathbf{x}_i) + \varepsilon''$$

**Componente
strutturale
deterministica**

**Componente
correlata
spazialmente**

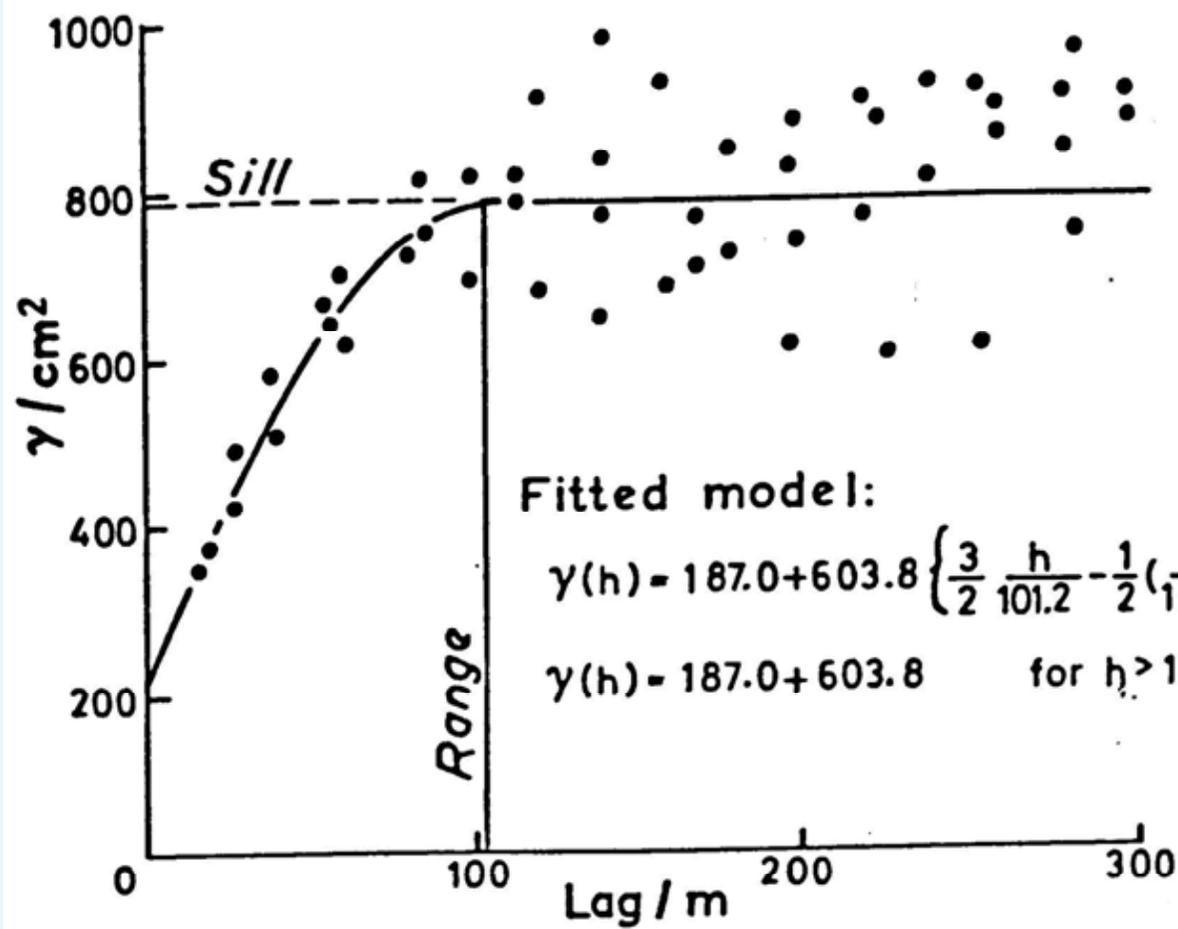
**Errore residuo
non correlato
spazialmente**

SEMIVARIOGRAMMA

$$2\gamma(\mathbf{h}) = E[Z(\mathbf{x}) - Z(\mathbf{x} + \mathbf{h})]^2$$

$$2\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad i = 1, \dots, N(\mathbf{h})$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C(0) - C(\mathbf{h})$$



Kriging Puntuale

$$z_{SK}^*(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(\mathbf{x}_i) + \left[1 - \sum_{i=1}^N \lambda_i \right] m \quad \text{Semplice}$$

$$z_{OK}^*(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(\mathbf{x}_i) \quad \text{Ordinario}$$

1) Mancanza di distorsione

$$E[z^*(\mathbf{x}_0) - z(\mathbf{x}_0)] = 0$$

$$\sum \lambda_i = 1$$

SISTEMA DI EQUAZIONI DI KRIGING ORDINARIO

2) Minima varianza di stima

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) + \mu = \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_0) \quad i = 1, \dots, N \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \end{array} \right.$$

$$\sigma^2(\mathbf{x}_0) = \mu + \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_0)$$

$$\sigma_B^2 = 2 \sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(\mathbf{x}_j, \mathbf{x}_B) - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \lambda_j \lambda_{ij} \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) - \gamma(\mathbf{x}_B, \mathbf{x}_B)$$

SCELTA OTTIMALE DELLA STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

ERRORE DI STIMA

dipende

non
dipende

- a) Modello di variogramma
- b) Numero dei campioni
- c) Configurazione geometrica dei campioni
- d) Dimensioni del blocco
- e) Disposizione campioni-blocco

Effettive
misure

OTTIMIZZAZIONE

```
graph TD; A[OTTIMIZZAZIONE] --> B[Riduzione varianza di stima]; A --> C[Riduzione di una funzione costo];
```

The diagram features a central teal inverted triangle at the top containing the word 'OTTIMIZZAZIONE'. Two arrows originate from its base: a red arrow pointing to a yellow, irregularly shaped box on the left, and a blue arrow pointing to a pink, rounded rectangular box on the right. The background is a light blue gradient.

Riduzione
varianza
di stima

Riduzione di
una funzione
costo

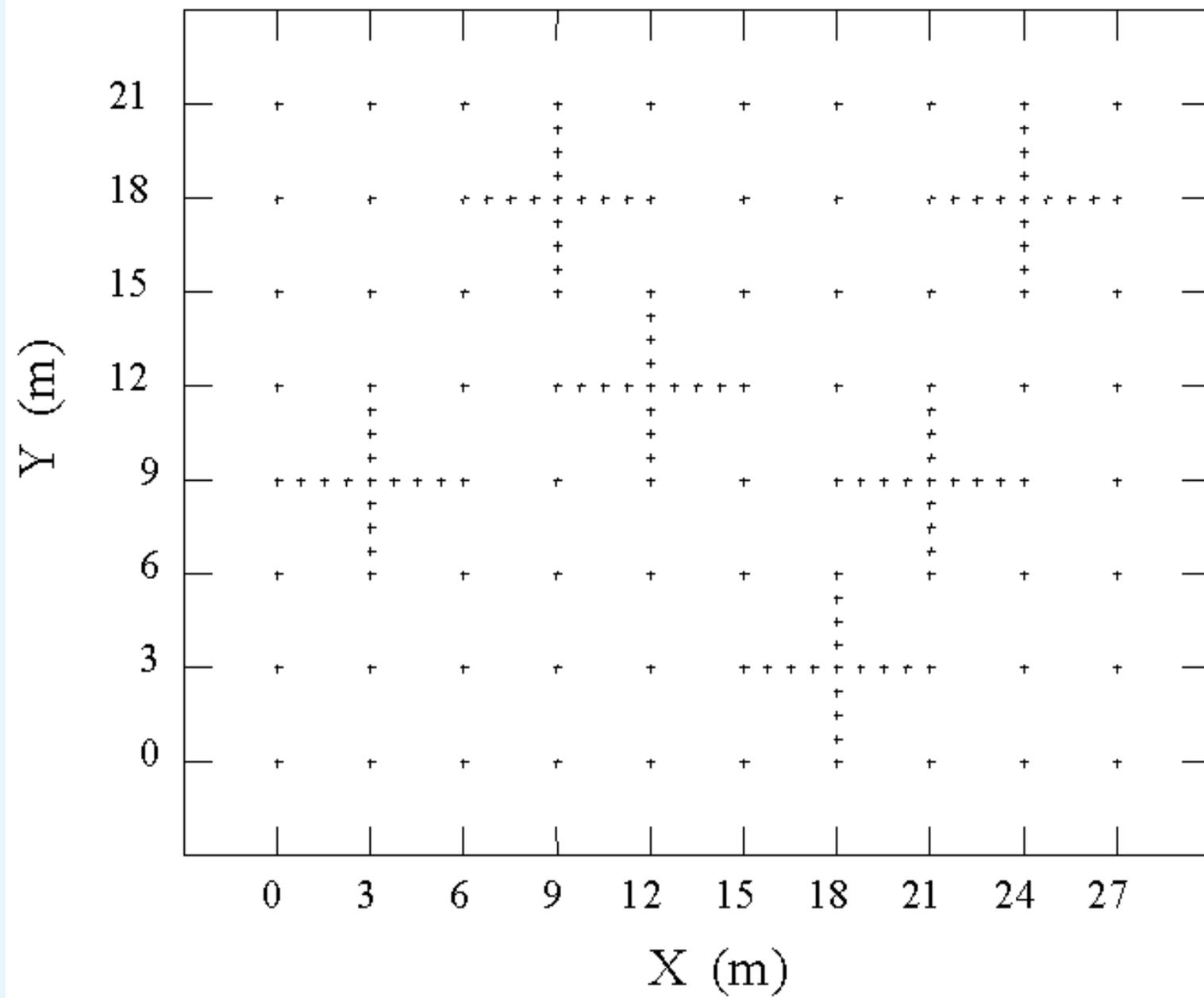
KRIGING

McBratney et al., 1981

Yfants et al., 1987

Forma della
griglia

Passo della
griglia



CAMPIONAMENTO CASUALE O MODELLO GEOSTATISTICO ?

...La trattazione classica degli intervalli fiduciali parte dall'assunzione che le variabili siano indipendentemente e identicamente distribuite.

Ciò non è realistico per l'ambiente geologica in quanto, in generale, i dati che caratterizzano il sito non sono indipendenti...

(Barnes, 1988)

ABBANDONO VECCHIA STATISTICA CLASSICA

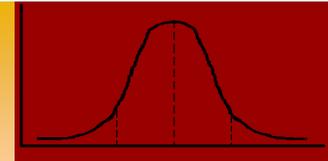
GEOSTATISTICA

CASUALITÀ'

**SCELTA DELLE
LOCAZIONI**
(CAMPIONAMENTO CASUALE)

DESIGN - BASED

**VALORI
MISURATI**
(VARIABILI CASUALI)



MODEL - BASED

de Gruijter, Brus, Bierkens, Knotters. 2006.
Sampling for natural resource monitoring

Valori alle postazioni

Fissi

Casuali

Fisse

Strategie completamente deterministiche

Strategie basate sul modello:
Kriging probabilistico

Postazioni di campionamento

Casuali

Strategie basate sull'esperimento:
teoria del campionamento classico

Strategie completamente casuali

NOZIONI DI BASE E TERMINOLOGIA

APPROCCIO BASATO SULLO SCHEMA SPERIMENTALE

(DESIGN-BASED APPROACH)

- **STOCASTICITÀ NELLA SCELTA DELLE POSTAZIONI INDOTTA DALL'UOMO (ESPERIMENTO)**
- **MOLTI CAMPIONI DALLA STESSA POPOLAZIONE**
- **VALORE AD UNA DATA LOCAZIONE FISSO**
- **RIFERIMENTO ALLA STATISTICA CLASSICA (MA NON COINCIDENZA)**

APPROCCIO BASATO SUL MODELLO

(MODEL-BASED APPROACH)

- **MODELLO (ASTRAZIONE MATEMATICA)
PROCESSO DEL SUOLO = PROCESSO STOCASTICO**
- **VALORE MISURATO = REALIZZAZIONE DEL MODELLO
CASUALE**
- **POSTAZIONI FISSE**

COSA CAMBIA NEL CALCOLO ?

ESPERIMENTO

MODELLO

PESI

dipendono

dipendono

**• PROCEDIMENTO DI
RANDOMIZZAZIONE**

• VARIOGRAMMA

**• CONFIGURAZIONE SPAZIALE
DELLE POSTAZIONI**

CONSEGUENZE

- APPROCCIO BASATO SULL'ESPERIMENTO **PUÒ** ESSERE APPLICATO IN CASO DI AUTOCORRELAZIONE

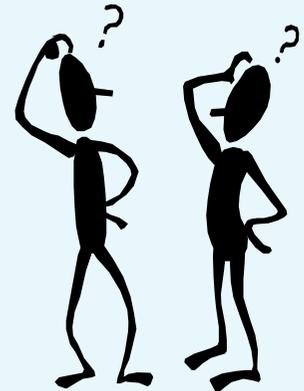
- LIMITAZIONI NELL'USO DELLA GEOSTATISTICA:

SOGGETTIVITÀ

SCELTA DEL MODELLO

ASSUNZIONE DI STAZIONARIETÀ

QUALE APPROCCIO SEGUIRE?



**APPROCCIO
GEOSTATISTICO**

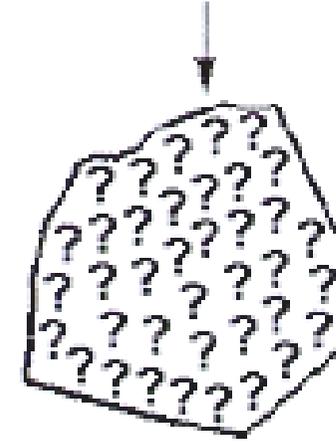
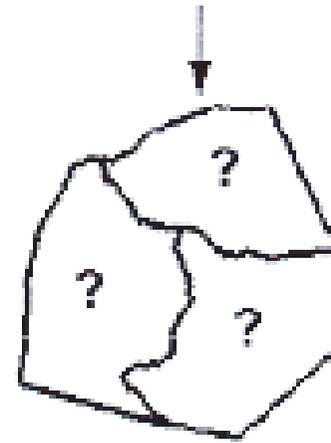
Tipo di
risultato

Tipo di
richiesta

Analisi intera
regione

Sub-regioni

Punti nella regione
in esame



Quanto
?

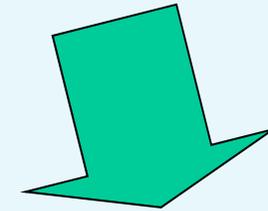
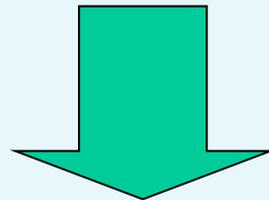
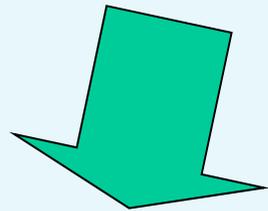
Quanto
& Dove
?

Dove
?

APPROCCIO CLASSICO

Schema di campionamento

Procedura matematica



*Configurazione
geometrica*

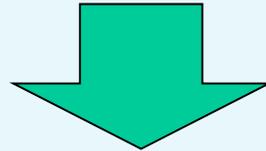
- *sistematica*
- *stratificata*
- *casuale*
- *a griglia quadrata*
- *a griglia triangolare*

.....

Densità spaziale

*Frequenza
temporale*

Campionamento parziale



Conoscenza imperfetta



Quale teoria statistica ?

Classica

o

Delle variabili casuali

Campionamento in indagini ambientali

Studi del
processo

Valutazione dell'inquinamento



Necessità di un modello più disaggregato

Obiettivi indagine

Ostacoli fisici

**VARIABILITA'
AMBIENTALE**

Risorse finanziarie

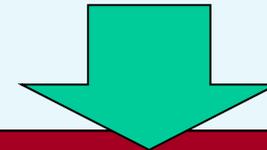
Limitazioni di
varia natura

Classificazione dei metodi di progettazione



Globale

**Localizzazione
simultanea di più
osservazioni**
(indice di efficienza)



Locale

**Variazione di un
campionamento
preesistente**
(funzioni di riduzione della varianza)

CRITERI DEL CAMPIONAMENTO

Approccio globale

Collocare N campioni

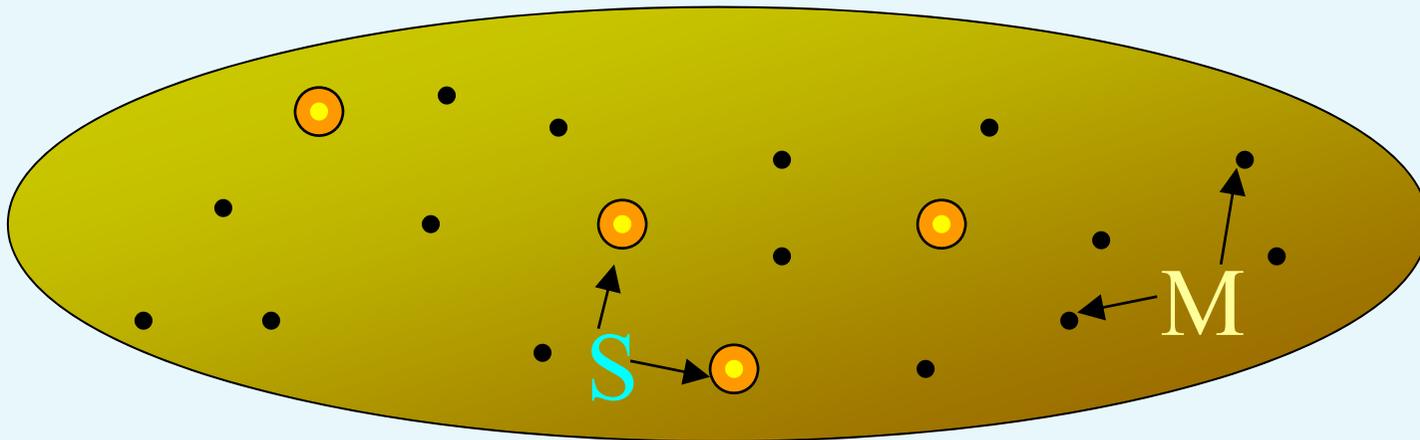


**Massima informazione al
minimo costo, tenendo conto
di vincoli di varia natura**

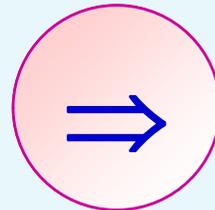
CRUCIALE

Variabilità spaziale

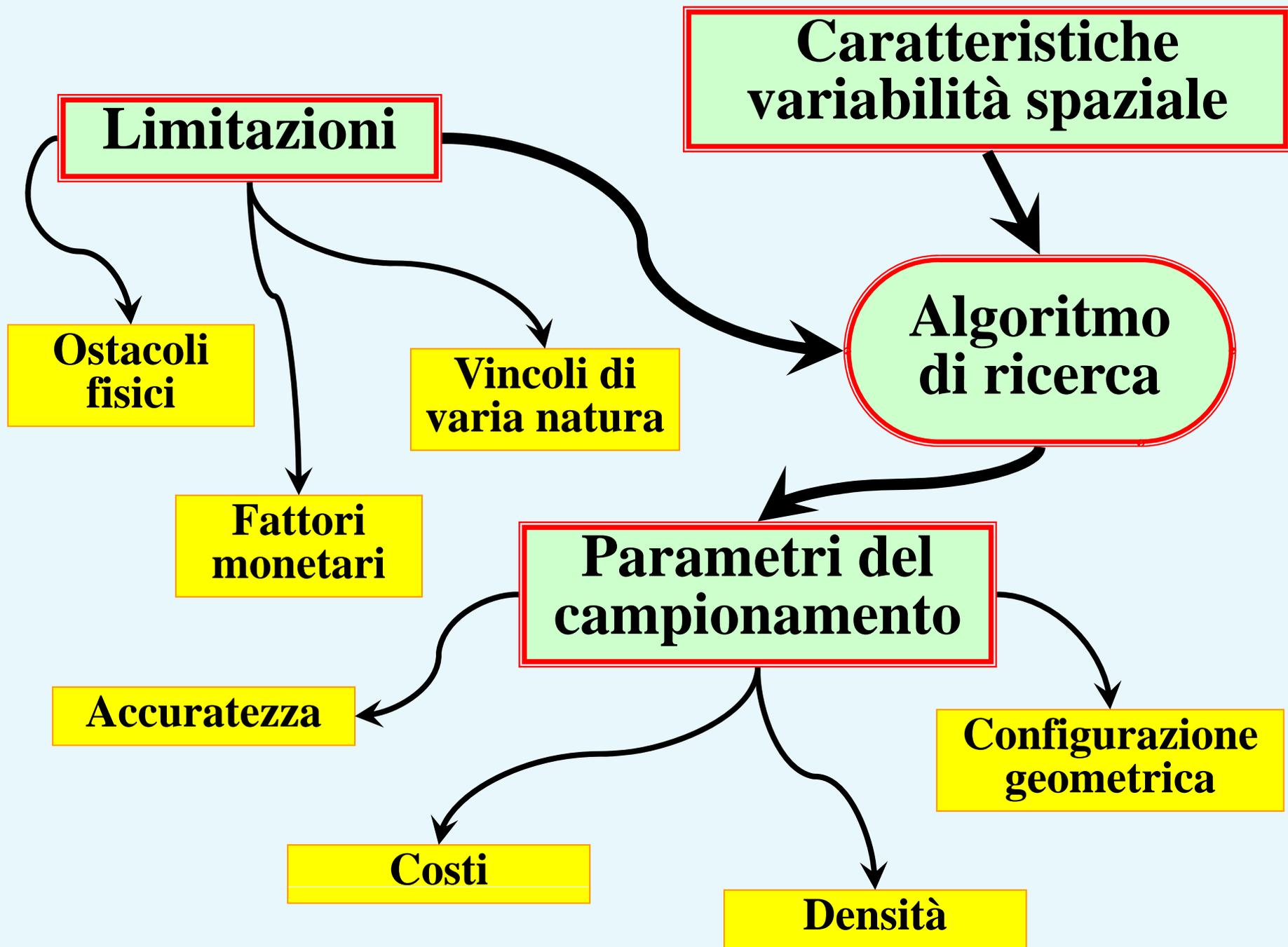
Approccio locale



**Algoritmo
di ricerca**



$$N = M + S$$



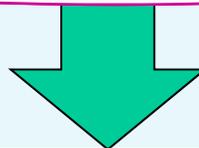
PRELIMINARE ALLA PROGETTAZIONE

**VARIABILITA'
SPAZIALE**

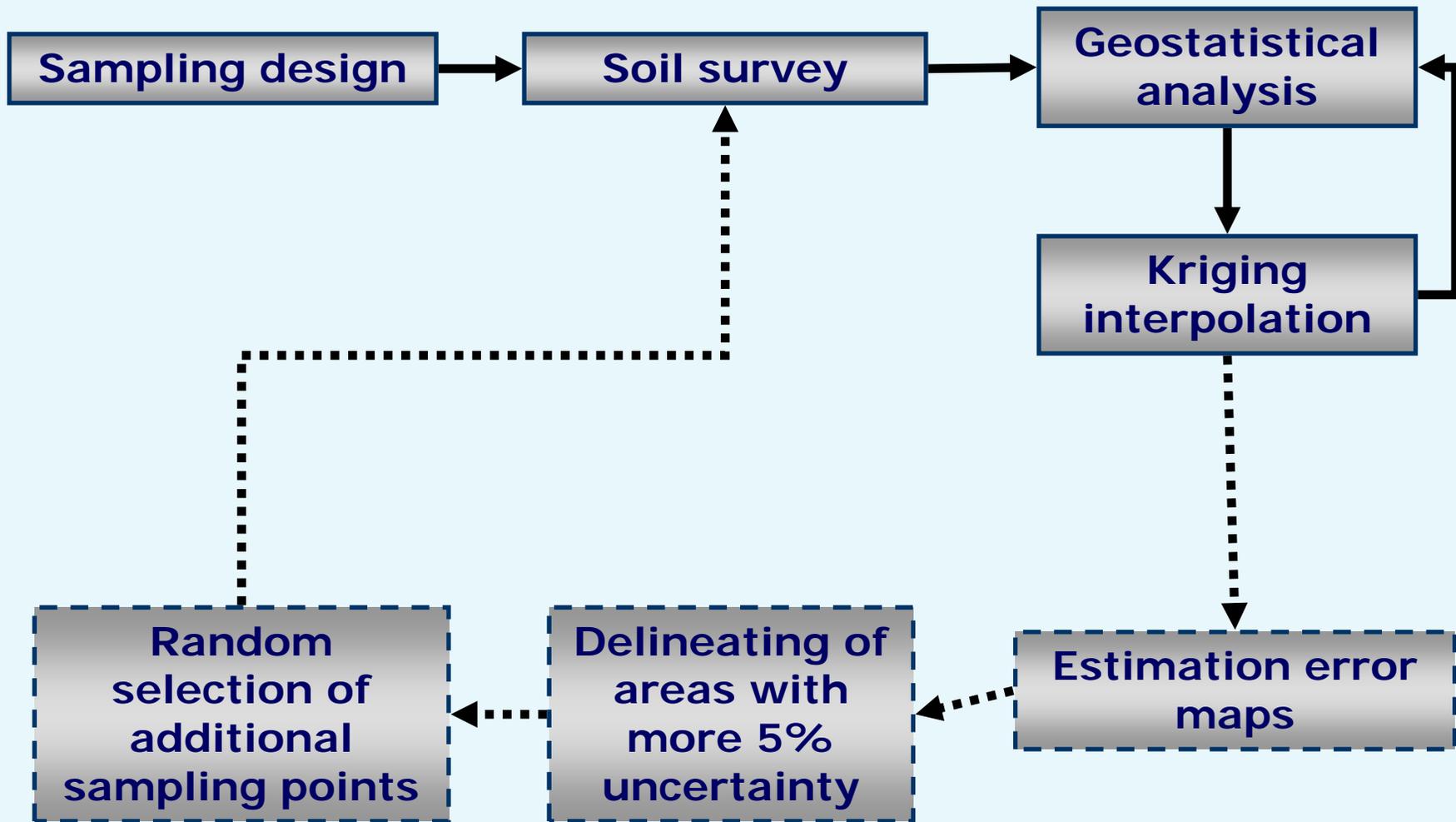


- Conoscenza disponibile
- Definizione di un campionamento realistico

Algoritmo di ricerca



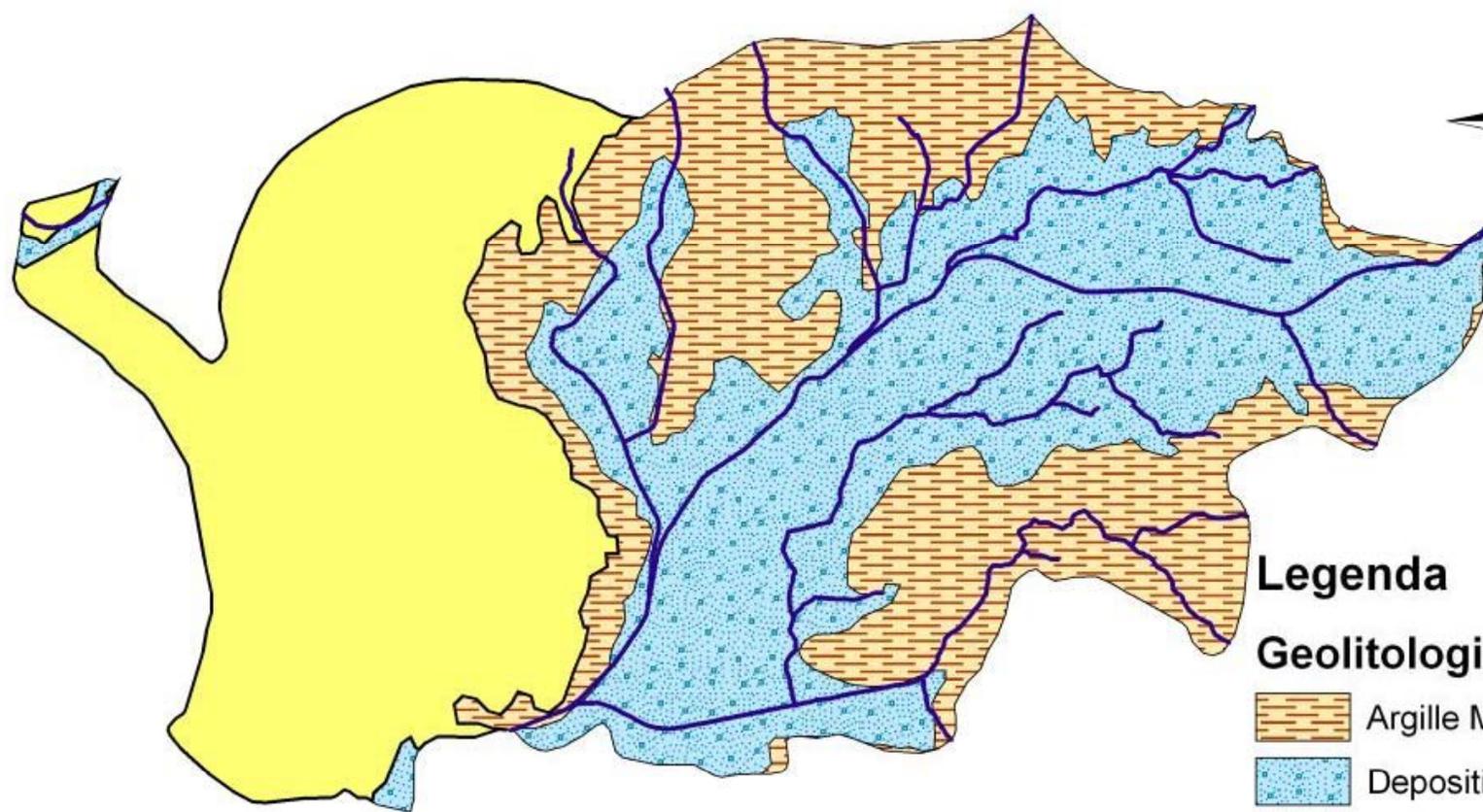
**SOLUZIONE
OTTIMALE**



Ostacoli alla scelta di una griglia regolare

- Effetti di bordo
- Divisione area in subregioni
- Presenza di ostacoli fisici

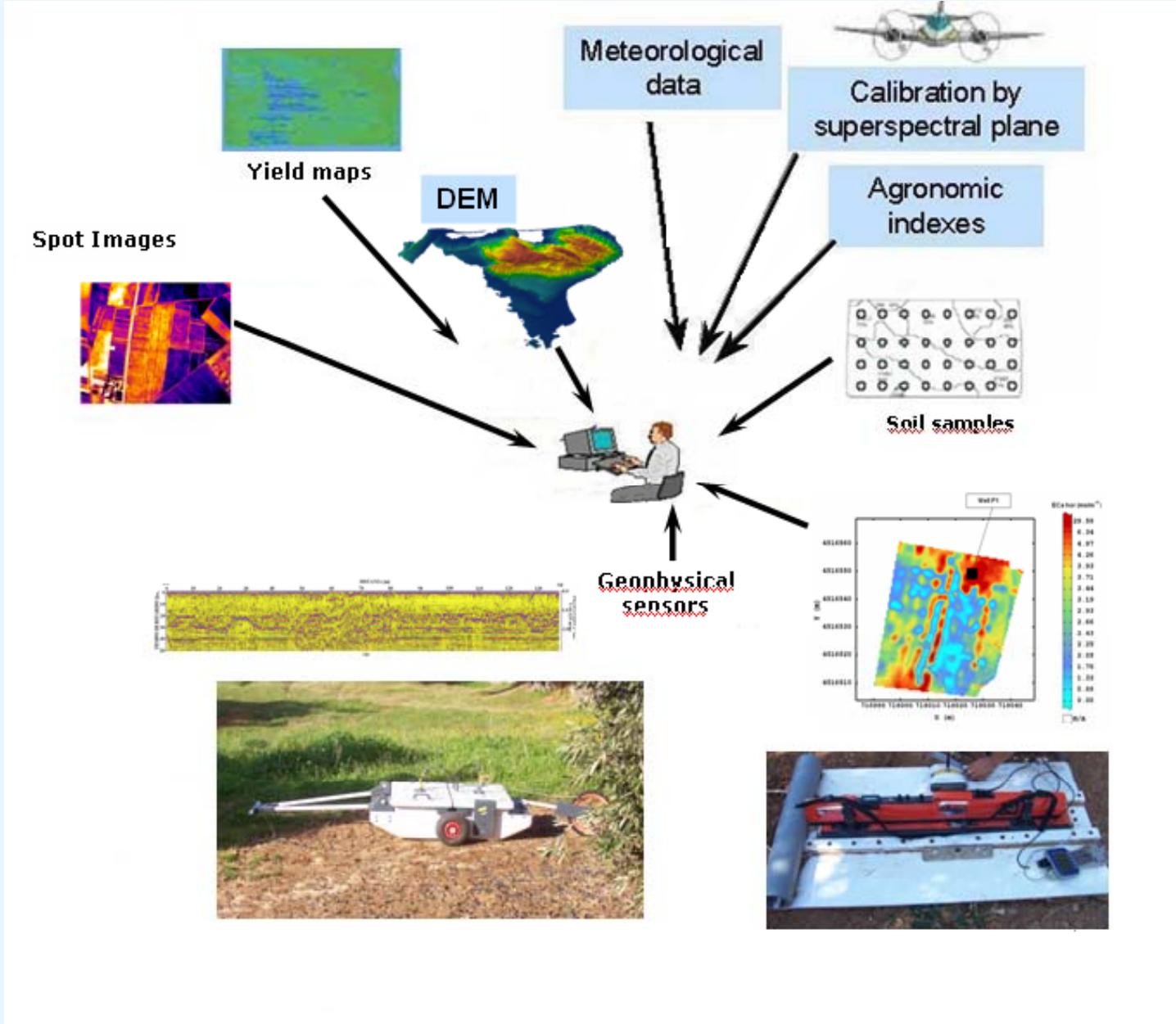
• Misure precedenti

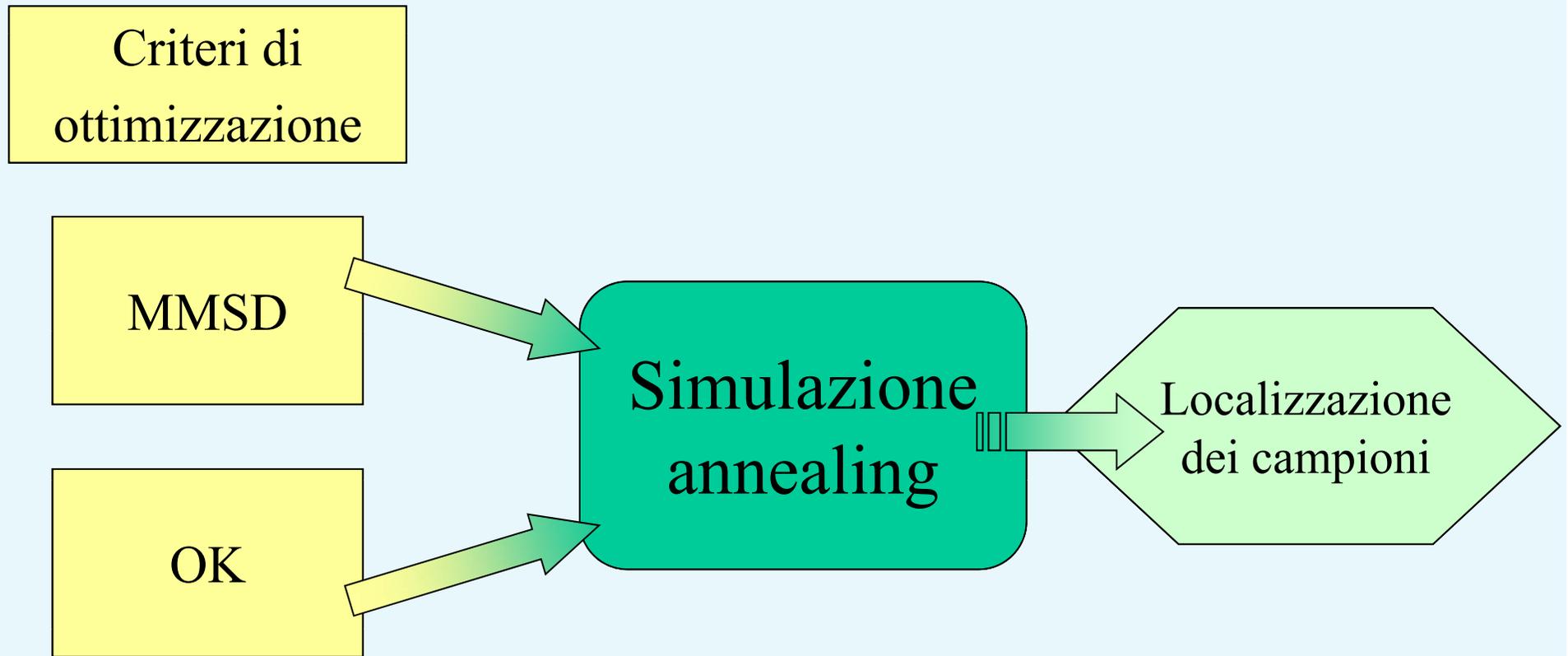


Legenda

Geolitologia

-  Argille Marnose
-  Depositi Alluvionali
-  Depositi Litorali

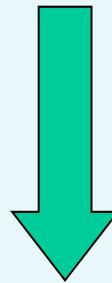




Sacks e Schiller, 1988

Criterio di ottimizzazione

MMSD



$$E [d (x,S)]$$

DISTRIBUZIONE UNIFORME

Criterio di ottimizzazione

OK

Minimizzazione della varianza di Kriging

Ottimizzazione della precisione di stima

Soluzione ottimale o subottimale

Algoritmi di ricerca *Annealing*

Obiettivo



Ottimizzazione funzione obiettivo $\phi(S_i)$

Perturbazione
casuale



$S_0 \dots S_i \rightarrow S_{i+1}$

$P_c(S_i \rightarrow S_{i+1}) = 1 \Leftrightarrow \phi(S_i) \geq \phi(S_{i+1})$

$P_c(S_i \rightarrow S_{i+1}) = \exp((\phi(S_i) - \phi(S_{i+1}))/c) \Leftrightarrow \phi(S_i) < \phi(S_{i+1})$

Schema di
raffreddamento



c

Metodo euristico

Van Groenigen e Stein, 1998

de Gruijter, Brus, Bierkens, Knotters, 2006

- Funzione obiettivo
- Meccanismo di generazione della perturbazione
- Schema di raffreddamento

Vantaggi SSA

- FLESSIBILITA'
- DIVERSI CRITERI QUANTITATIVI DI OTTIMIZZAZIONE
- UTILIZZO INFORMAZIONE PREGRESSA
- RAGIONEVOLE TEMPO DI CALCOLO

Sviluppi futuri...

- N variabile
- Altri criteri di ottimizzazione
- Funzione costo

FINE