



Consiglio Nazionale delle Ricerche
IDPA - Milano

Valutazione dell'accordo spaziale fra carte di vulnerabilità degli acquiferi

A. Sorichetta, M. Masetti, *Dip. Scienze della Terra,
Università di Milano*

C. Ballabio, *Dip. Scienze Ambientali, Università di Milano
Bicocca*

S. Sterlacchini, *IDPA, CNR, Milano*

FINALITA' DELLO STUDIO

VALUTARE

- **la qualità generale delle carte di vulnerabilità prodotte attraverso metodi statistici (valutano la vulnerabilità attraverso la relazione spaziale che esiste tra fattori predittivi e evidenze reali di contaminazione)**
- **l'accordo spaziale che esiste fra carte di qualità simile ottenute utilizzando diversi fattori predittivi**

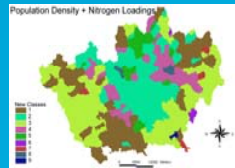


Anche al fine di determinare la effettiva utilizzabilità del prodotto finale in termini di pianificazione territoriale (classi e loro numero)

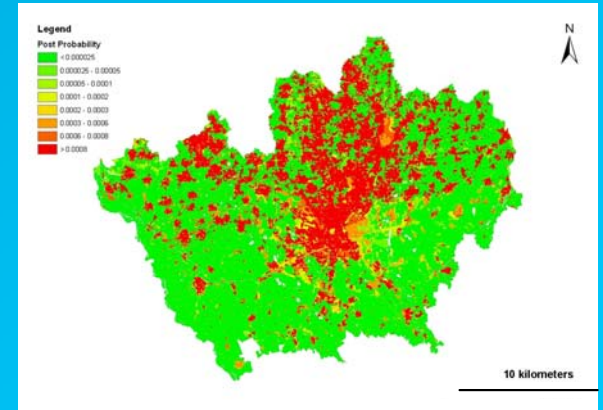
METODO: BASE TEORICA

WEIGHTS OF EVIDENCE (Bonham-Carter et al. 1989)

Modello statistico basato sulla regola di Bayes



fattori naturali ed antropici selezionati (variabili indipendenti o predittori)



Probabilità a priori
Funzione della sola presenza della variabile dipendente



Predittori
Variabili continue o discontinue, numeriche o categoriche



Probabilità a posteriori (susceptibilità)

$$\log_e O\{T | V_i\} = \log_e O\{T\} - W^+$$

$$\log_e O\{T | V_i^-\} = \log_e O\{T\} + W^-$$

$$\log_e O\{T | V_1 \cap V_2 \cap \dots \cap V_n\} = \log_e O\{T\} + \sum_{i=1}^n W$$

Funzione delle associazioni positive o negative tra la variabile dipendente e ogni classe dei predittori

WEIGHTS OF EVIDENCE

Training Points (variabile dipendente):
Concentrazione di nitrati nei pozzi
Valore soglia: su base statistica (o normativa)

PESI (W_+ , W_-) e **CONTRASTI (C)**

$$C = W_+ - W_-$$

→ *Misura generale del grado di correlazione spaziale tra ogni classe dei predittori e la variabile dipendente*

DEVIAZIONI STANDARD

CONTRASTI di "STUDENT"

Analisi della dipendenza condizionale tra tutti i predittori

← **• TEST GENERALE DI C.I.**

Analisi della dipendenza condizionale tra coppie di predittori

← **• TEST DEL CHI-QUADRO**

APPLICAZIONE

FATTORI

PREDICTION FACTORS	ALIAS
Groundwater depth	<i>gwd</i>
Groundwater velocity	<i>gww</i>
Nitrogen fertilizer loadings	<i>nfl</i>
Population density	<i>pop</i>
Unsaturated hydraulic conductivity	<i>uhc</i>

COMBINAZIONI

Combinations of evidential themes	Response theme
<i>gwd, gww, nfl, pop, uhc</i>	D
<i>gwd, gww, pop, uhc</i>	F
<i>gwd, gww, nfl, uhc</i>	G
<i>gww, nfl, pop, uhc</i>	G3
<i>gwd, nfl, pop, uhc</i>	G6
<i>gwd, gww, nfl, pop</i>	G9

Caso di studio:

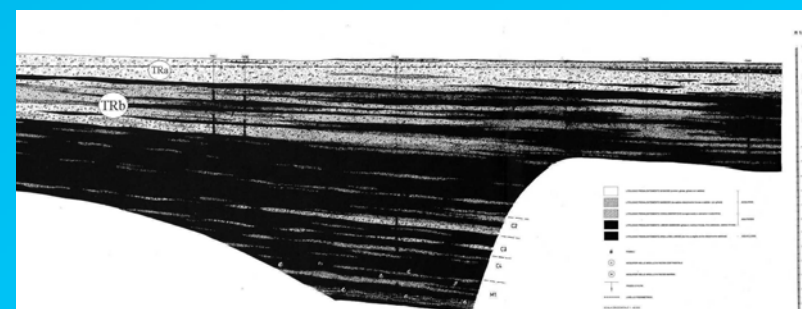
Acquifero superficiale nel territorio della Provincia di Milano

Base dati (concentrazioni di nitrati):

Circa 300 punti

Valore soglia : mediana

Training points utilizzati: metà dei sopra soglia (circa 25% base dati)



VALIDAZIONE GENERALE

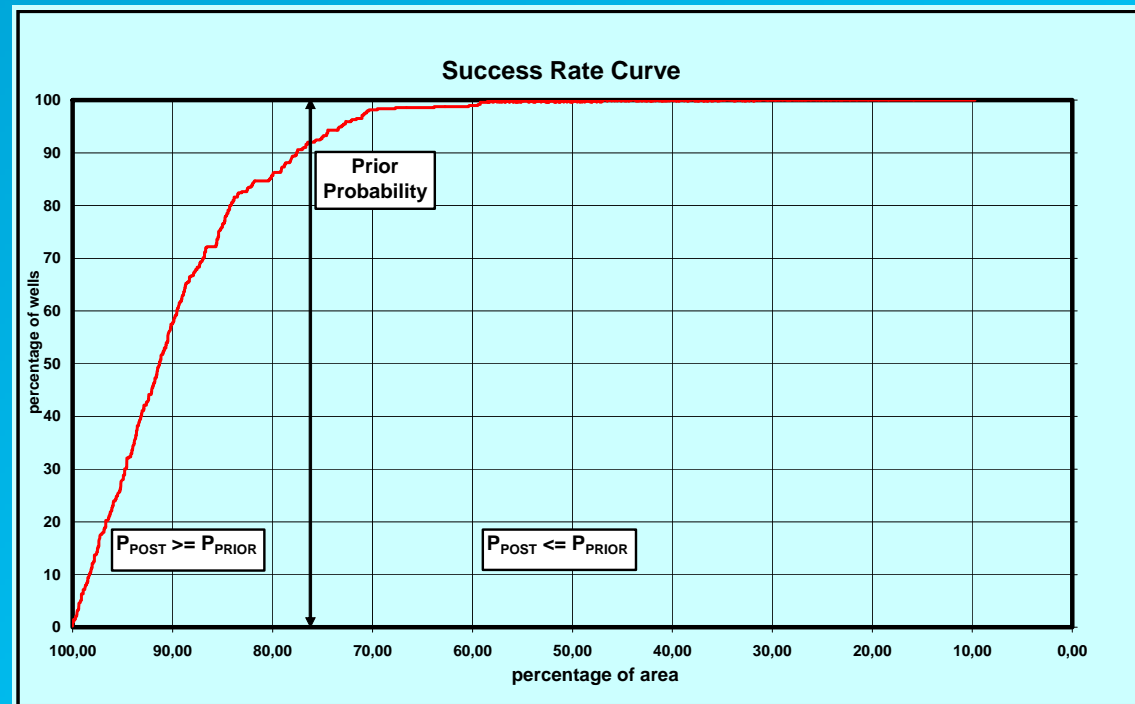
Curve del tasso di successo e predizione.

Relazioni numero
evidenze e %area
partendo dalle aree
con valori maggiori di
suscettibilità

Successo

Predizione

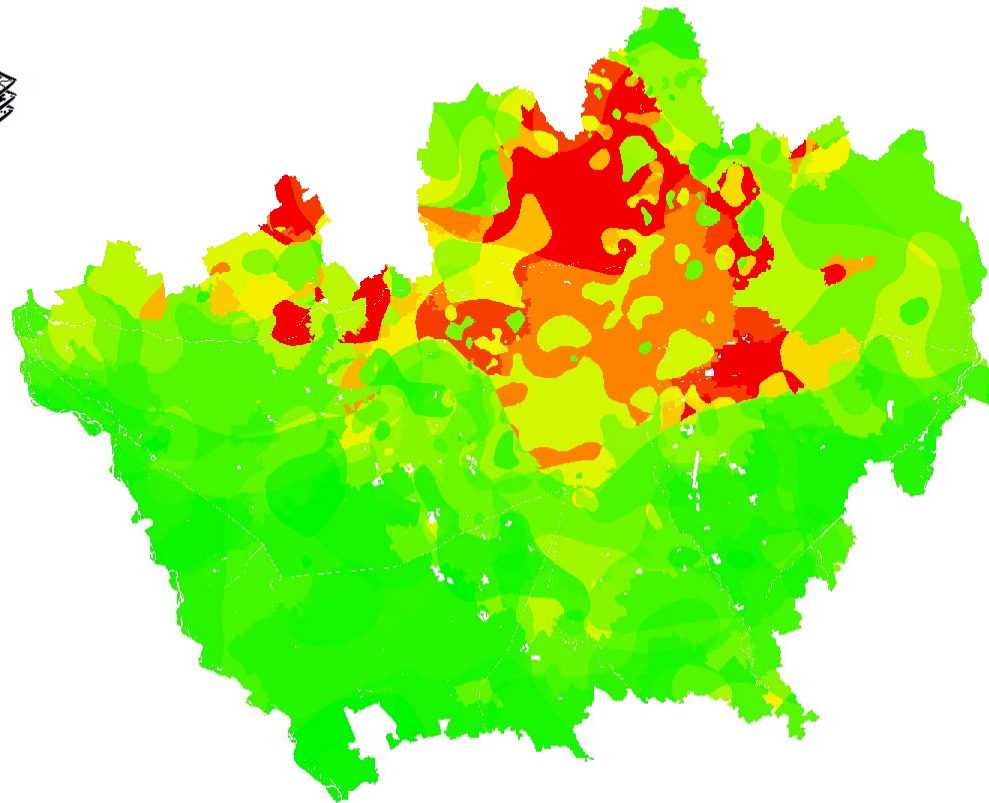
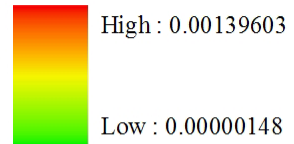
Metodo di valutazione (numero di evidenze incluse in una
%x di area.....)



VALIDAZIONE GENERALE

Aquifer vulnerability response theme F (expressed as probability map)

Post probability



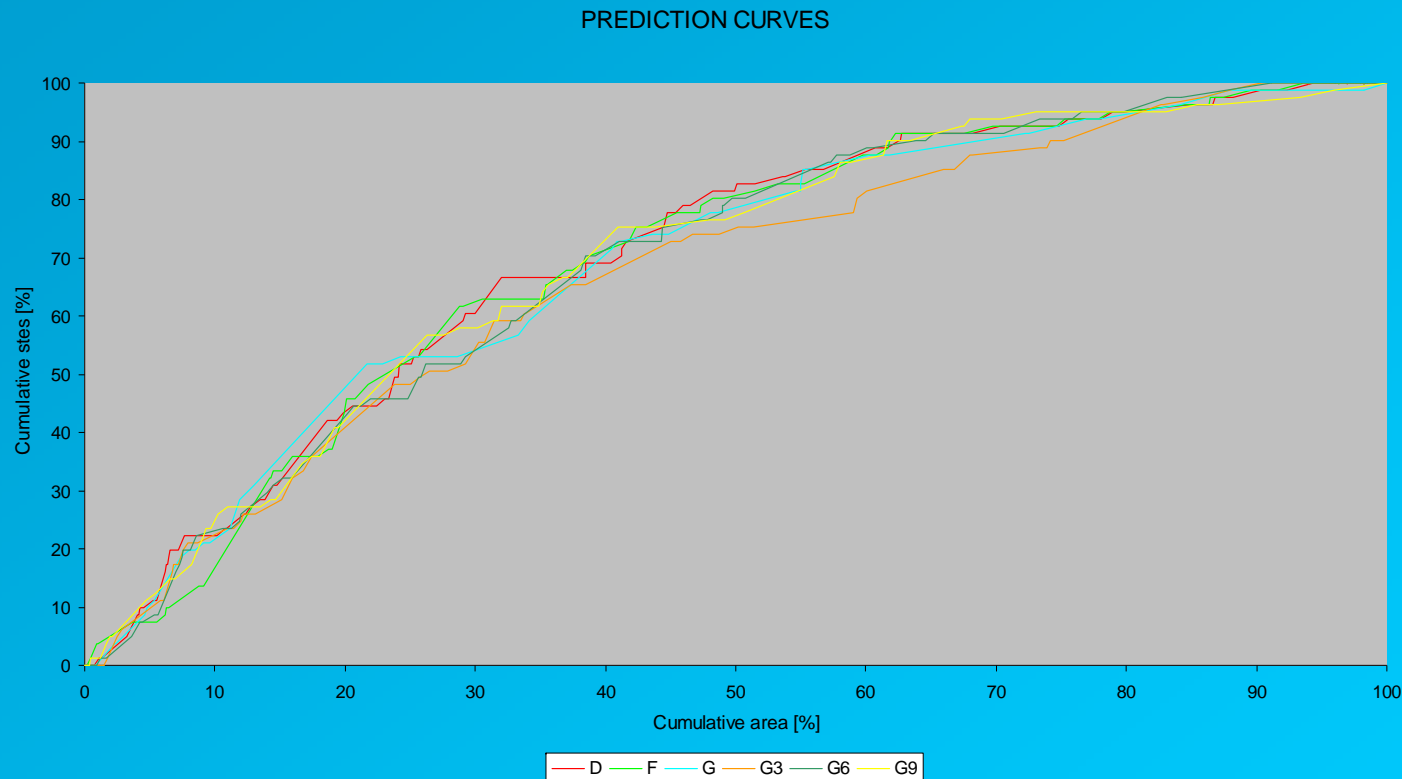
0 5 10 20 Kilometers



A horizontal scale bar with markings at 0, 5, 10, and 20 kilometers.

VALIDAZIONE GENERALE

Risultati ottenuti dalle simulazioni: buoni risultati ma le curve si intersecano



Peculiarità degli studi di vulnerabilità degli acquiferi:
qualità globale

RICLASSIFICAZIONE

Perché riclassificare?

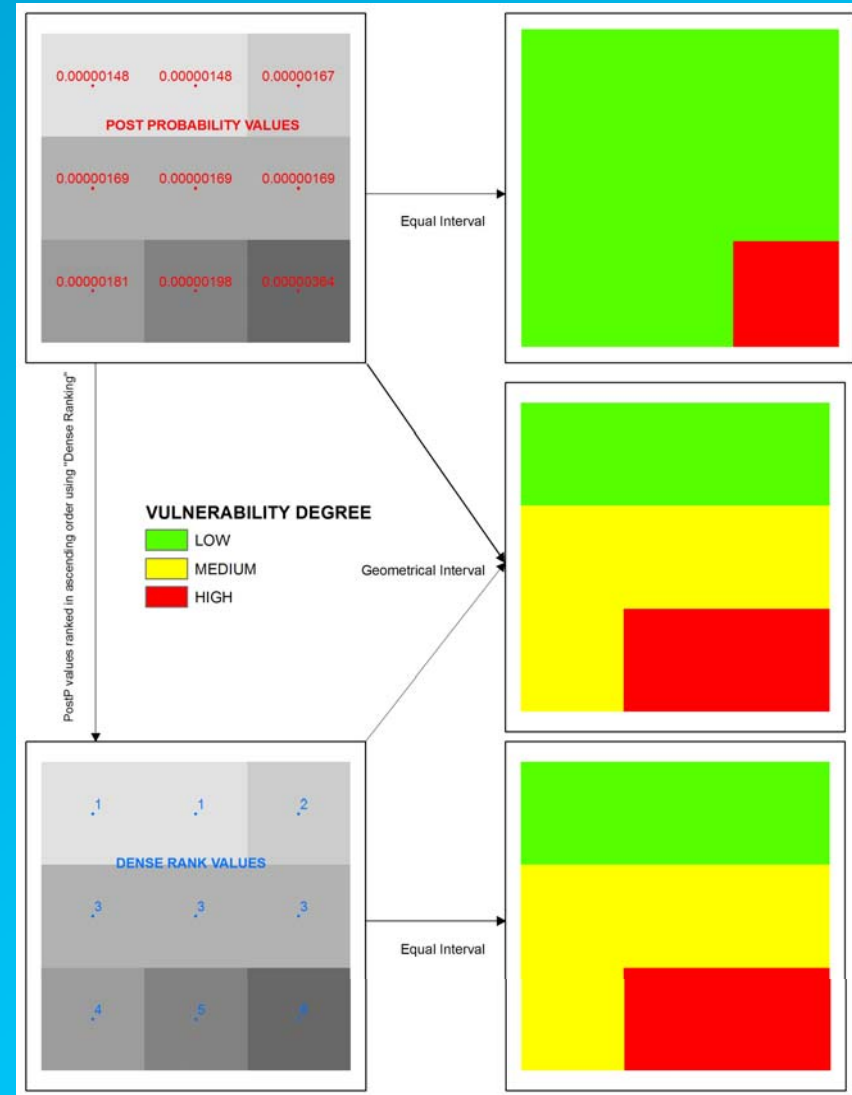
(finalità della carta)

Come riclassificare?

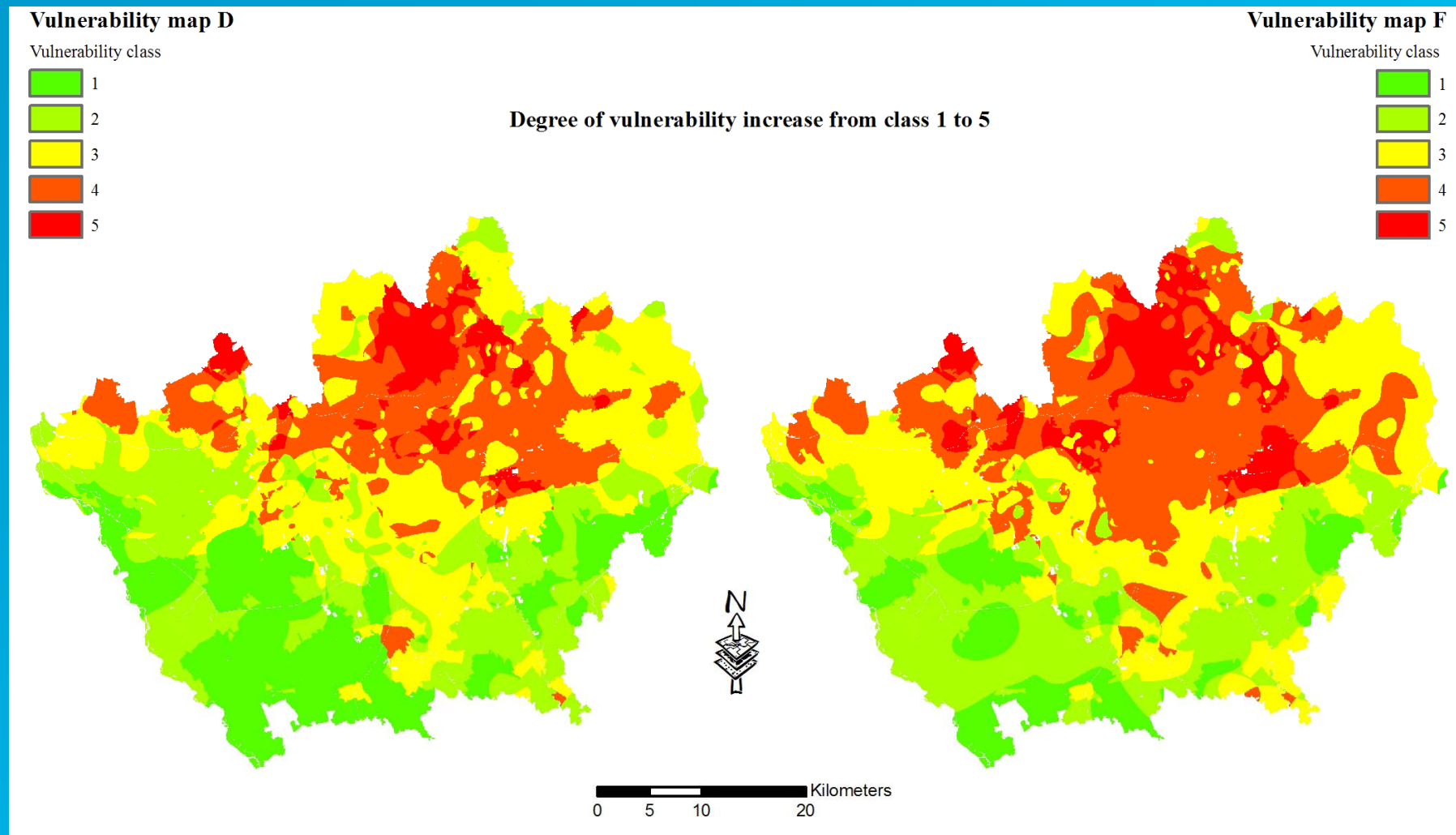
(diverse tecniche:
geometrical interval.....)

Quante classi?

(tipologia di problema)

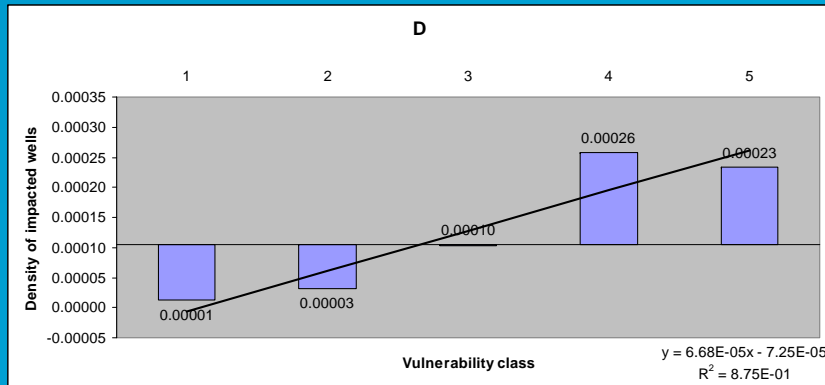


RICLASSIFICAZIONE



Andamento generale in ottimo accordo ma evidenti differenze locali

VALIDAZIONE MAPPE FINALI



Densità areale di pozzi impattati (sopra soglia) in ogni classe di vulnerabilità.

Pozzi utilizzati: il gruppo di sopra soglia non utilizzato per produrre le carte

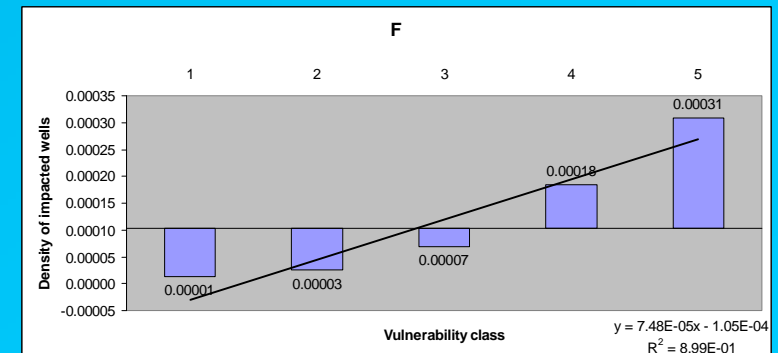
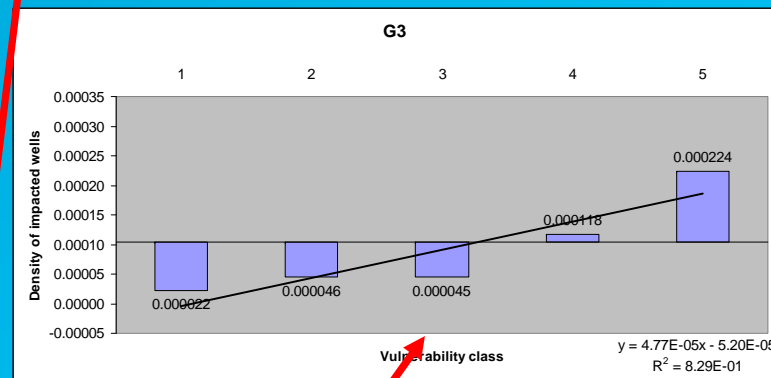
Risultato atteso: crescita monotonica della densità all'aumentare della classe di vulnerabilità.

Valutazione dei grafici:

Andamento generale

parametri

D e G3 meno attendibili



ACCORDO SPAZIALE

Vulnerability classification changing in map G9 respect to map F

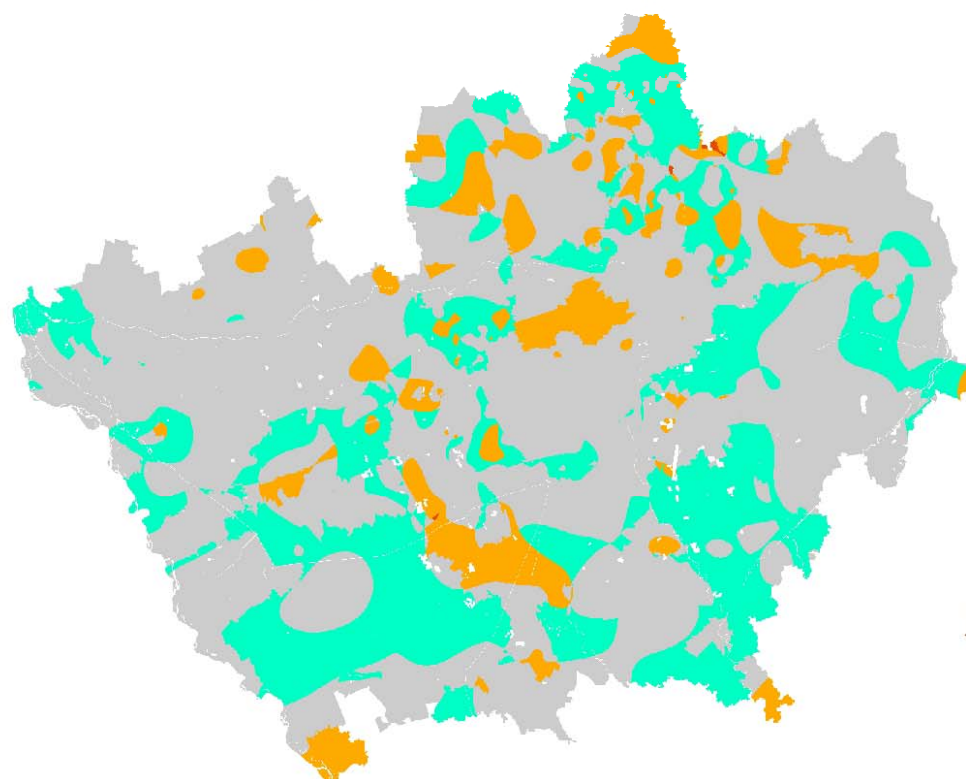
63.0 - Percent of area keeping the same vulnerability classification

Percent of area receiving different vulnerability classification

0.4 - Forward "double class jump"

9.3 - Forward "single class jump"

27.3 - Backward "single class jump"



Vulnerability classification changing in map G respect to map F

52.7 - Percent of area keeping the same vulnerability classification

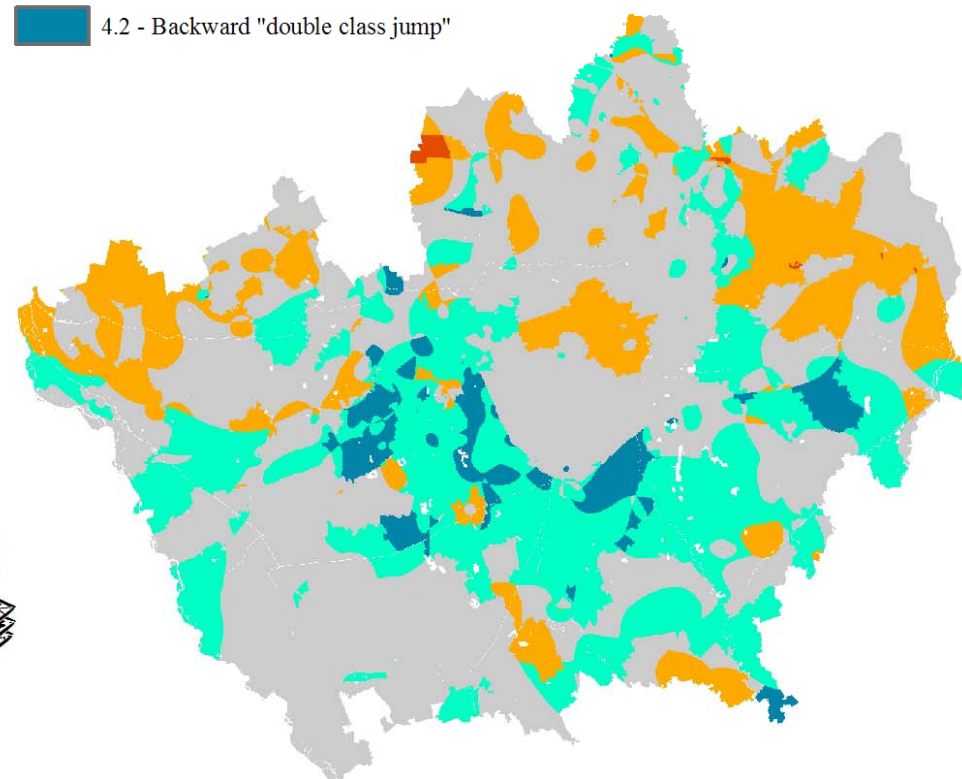
Percent of area receiving different vulnerability classification

0.2 - Forward "double class jump"

16.4 - Forward "single class jump"

26.5 - Backward "single class jump"

4.2 - Backward "double class jump"



0 5 10 20 Kilometers

RISULTATI: VALIDAZIONE

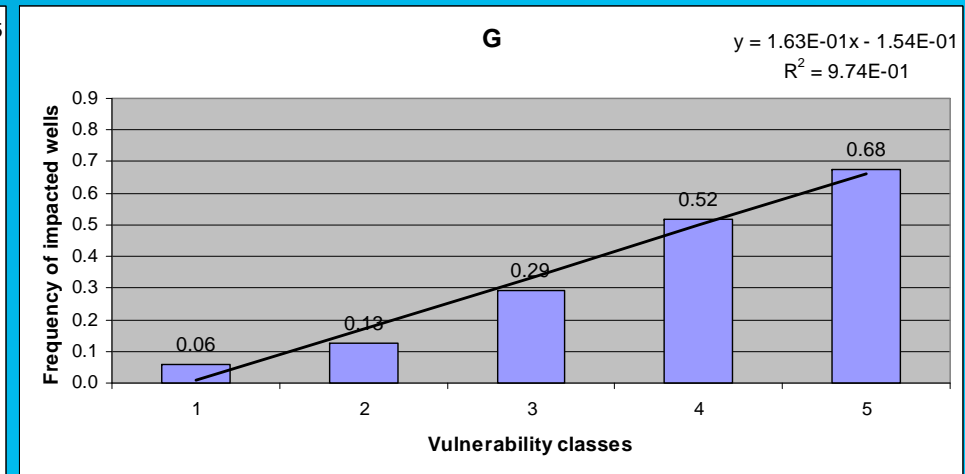
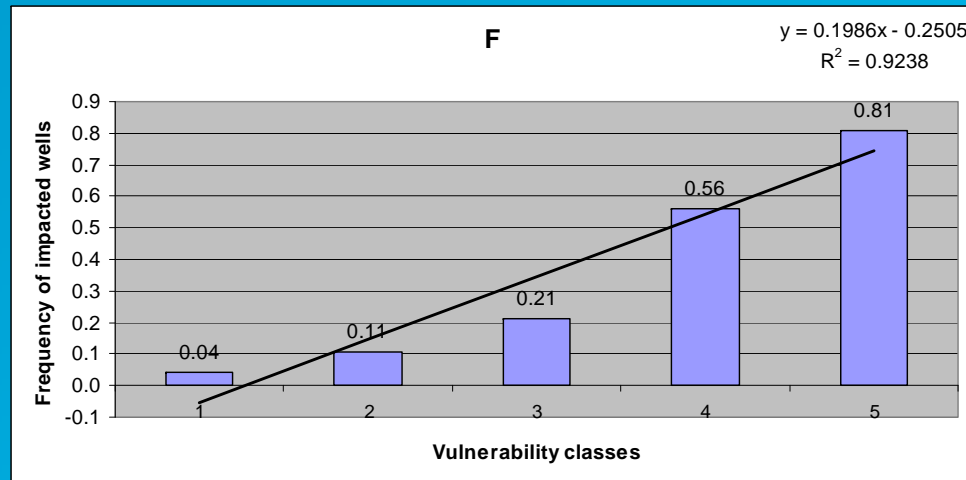
Vengono calcolati gli istogrammi che riportano la frequenza dei pozzi impattati (C > valore soglia) in ogni classe di vulnerabilità, con

$$W_{ci} / W_i * 100$$

dove:

W_{ci} è il numero di pozzi impattati nella classe di vulnerabilità "i" e

W_i è il numero totale di pozzi nella stessa classe di vulnerabilità "i".

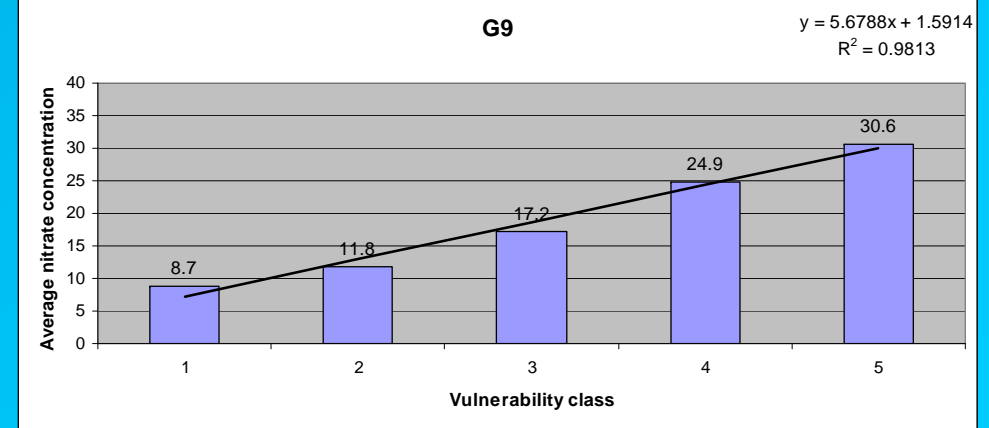
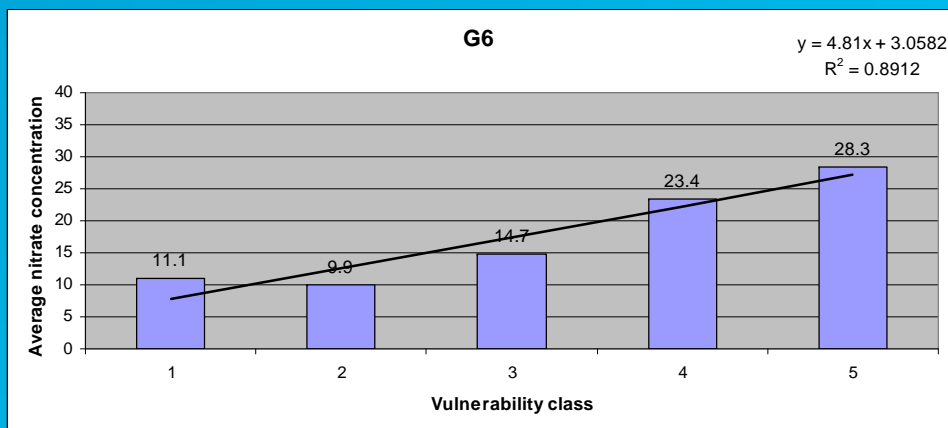
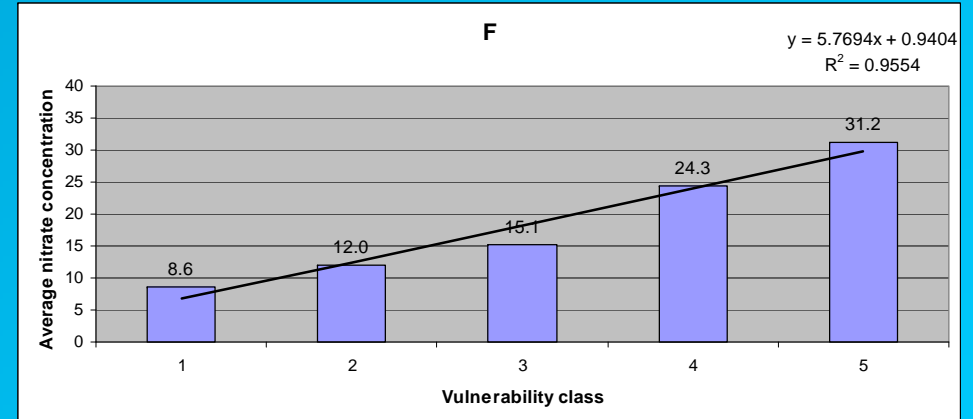
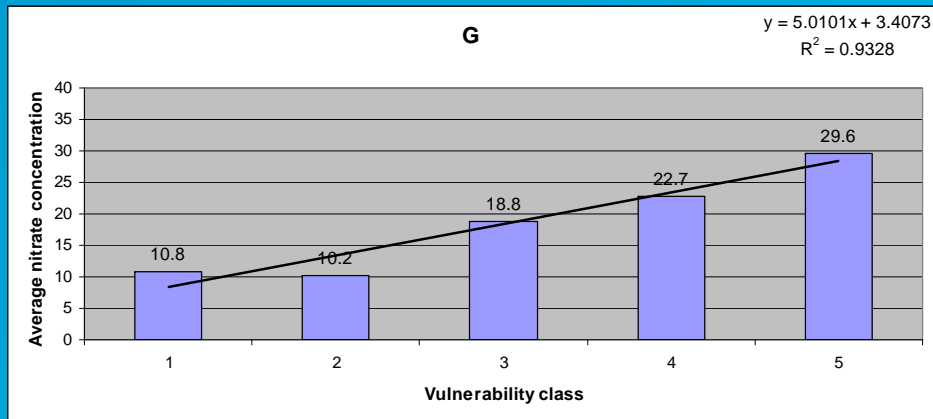


N.B. Vengono utilizzati anche i pozzi sotto soglia)

F risulta la migliore ma tutte e 4 danno buoni risultati

RISULTATI VALIDAZIONE

Correlazione tra classi di vulnerabilità e concentrazione media di nitrati nei pozzi ricadenti nelle singole classi :
Somma delle concentrazioni nei pozzi ricadenti nella classe "i" diviso il numero dei pozzi nella stessa classe "i"



CONCLUSIONI

- L'analisi comparata delle mappe finali mostra che comunque che la loro qualità non è sempre proporzionale la numero di predittori che viene utilizzato.
- Nel caso delle carte di vulnerabilità degli acquiferi l'interesse per i risultati non può essere legato solamente al grado di attendibilità con cui si delinea l'area maggiormente vulnerabile
- Bisogna necessariamente utilizzare tecniche che indichino la qualità globale delle carte finali su tutta l'area di studio
 - Anche fra carte che hanno gradi di performance globale simili rimane comunque una certa variazione spaziale nei risultati ottenuti
- L'utilizzo di più tecniche di validazione permette di selezionare in maniera abbastanza dettagliata quale sia la carta che presenta maggiore affidabilità minimizzando le incertezze derivanti dalla variabilità spaziale e favorendo la comunicazione con chi deve sviluppare piani di gestione territoriale