

# IL MAPPAGGIO BIOLOGICO

qualità e vulnerabilità degli acquiferi carsici.



## INDICE

### Generalità sul monitoraggio e mappaggio biologico

Il concetto di bioindicatore

I popolamenti degli acquiferi carsici

I concetti biologici applicati alla qualità, vulnerabilità e alle strategie di conservazione degli acquiferi carsici

Materiali e metodi di indagine

Un caso di studio: la Lessinia Veronese



# IL MONITORAGGIO BIOLOGICO. DEFINIZIONI

Si tratta di un monitoraggio basato sull'uso di organismi considerati come indicatori di determinate condizioni ambientali.

Il monitoraggio biologico si può affiancare alle usuali tecniche di monitoraggio chimico-fisico fornendo informazioni talora più attendibili.

Gli organismi vivono infatti nel loro ambiente "24 ore su 24" e pertanto sono delle ottime "spie" delle condizioni ecologiche di un acquifero, risentendo di alterazioni subdole, intermittenti o talora di alterazioni morfologico-strutturali che hanno scarse ripercussioni sul chimismo delle acque.

# IL MONITORAGGIO BIOLOGICO. DEFINIZIONI

I risultati dei monitoraggi biologici sono suscettibili di rappresentazione cartografica; queste rappresentazioni vengono definite mappaggi biologici.

Si tratta di strumenti che integrano la componente biologica come uno o più layer di un GIS e permettono una rapida visualizzazione dei risultati, consentendo di estrapolare correlazioni e formulare modelli.

Nel caso delle acque sotterranee i mappaggi biologici disponibili sono ancora, a livello italiano in particolare, ed europeo in generale, presenti in un numero limitatissimo di casi. Recenti contributi derivano da un progetto europeo conclusosi nel 2005 (PASCALIS).



## INDICE

Generalità sul monitoraggio e mappaggio biologico

Il concetto di bioindicatore

I popolamenti degli acquiferi carsici

I concetti biologici applicati alla qualità, vulnerabilità e alle strategie di conservazione degli acquiferi carsici

Materiali e metodi di indagine

Un caso di studio: la Lessinia Veronese



# IL CONCETTO DI BIOINDICATORE

Un bioindicatore (o indicatore biologico) è una specie (o un gruppo tassonomico) che fornisce informazioni sullo stato dell'ambiente e/o sul suo valore ai fini della conservazione

## Indicatori di qualità ambientale

- Specie sensibili alle alterazioni ambientali ed idonee a quantificare il livello di inquinamento complessivo di un ecosistema

## Indicatori di vulnerabilità ambientale

- Specie la cui presenza evidenzia il grado di suscettibilità dell'ambiente a fenomeni di inquinamento

## Indicatori di conservazione ambientale

- Specie endemiche, rare, vulnerabili o a rischio di estinzione che permettono di quantificare il valore dell'ambiente ai fini della sua conservazione



## INDICE

Generalità sul monitoraggio e mappaggio biologico

Il concetto di bioindicatore

I popolamenti degli acquiferi carsici

I concetti biologici applicati alla qualità, vulnerabilità e alle strategie di conservazione degli acquiferi carsici

Materiali e metodi di indagine

Un caso di studio: la Lessinia Veronese



# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI

Gli organismi delle acque sotterranee si possono suddividere in:

**Stigobi:** esclusivi di acque sotterranee, ove svolgono l'intero ciclo biologico, presentando adattamenti particolari (depigmentazione, anoftalmia, sviluppo di particolari organi di senso).

**Stigofili:** presenti regolarmente, ma non esclusivamente, nelle acque sotterranee, potendo vivere anche nelle acque superficiali; sono eustigofili quegli organismi che presentano preadattamenti alla vita nelle acque sotterranee, substigofili quegli organismi che sono presenti in questi ambienti solo in una determinata fase del ciclo vitale (quali le larvule di alcuni insetti).

**Stigosseni:** organismi fluitati nelle acque sotterranee ove compaiono accidentalmente; massicce presenze di stigosseni sono spesso indice di vulnerabilità o di contaminazione delle acque sotterranee.

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Poriferi



Nematodi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI

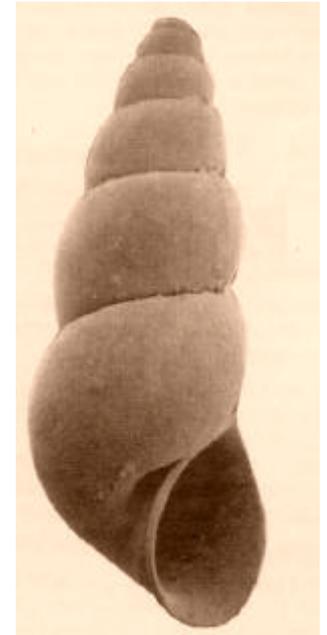


Policheti



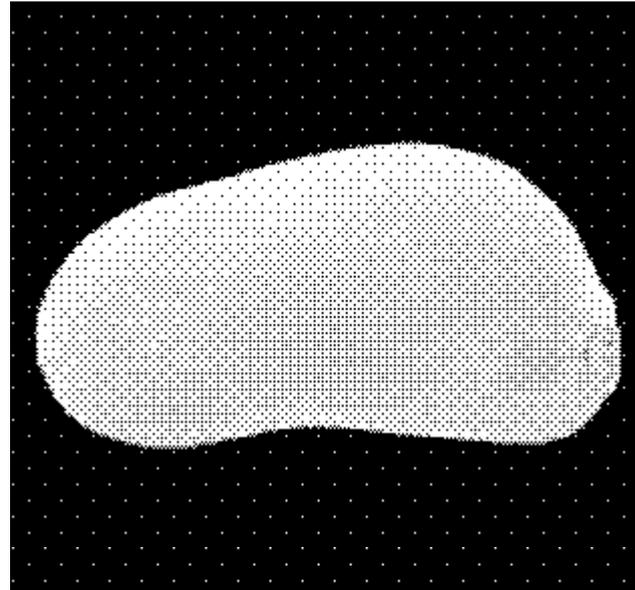
Oligocheti

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



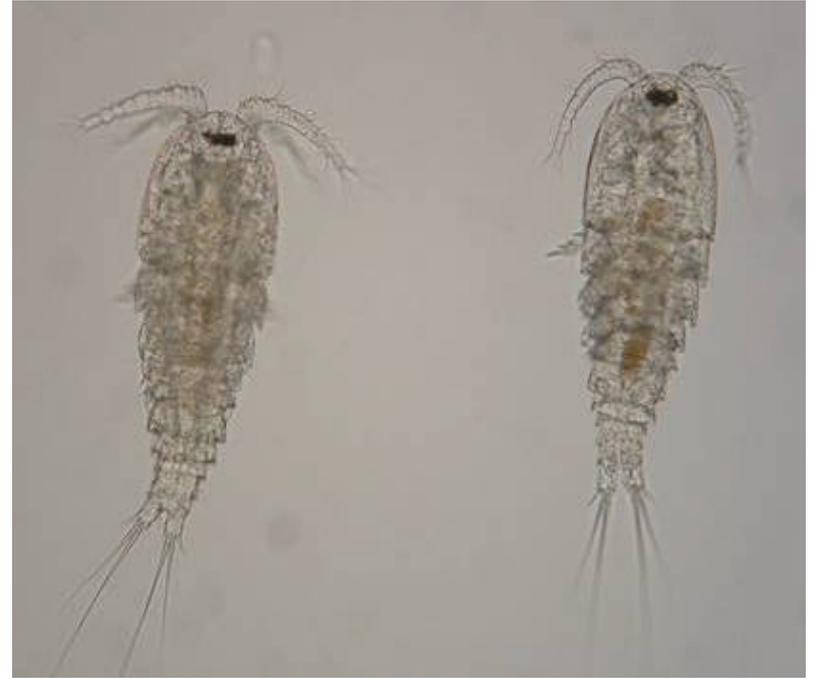
Gasteropodi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Ostracodi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Copepodi Ciclopoidi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Copepodi Arpaticoidi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Isopodi



# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Anfipodi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI

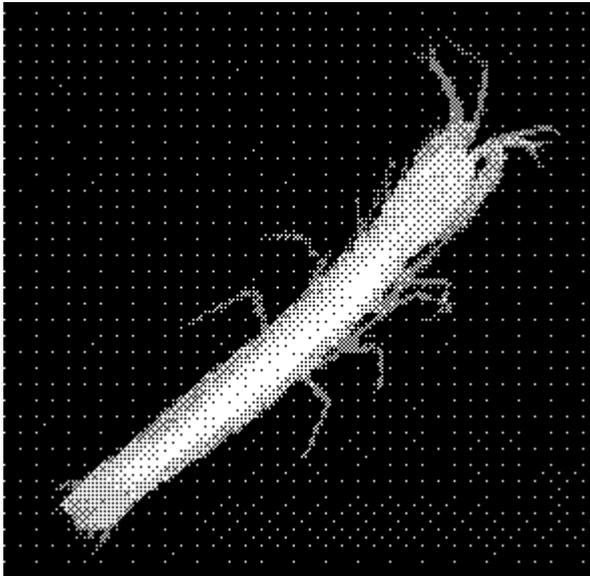


Batinellacei



Termosbenacei

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI

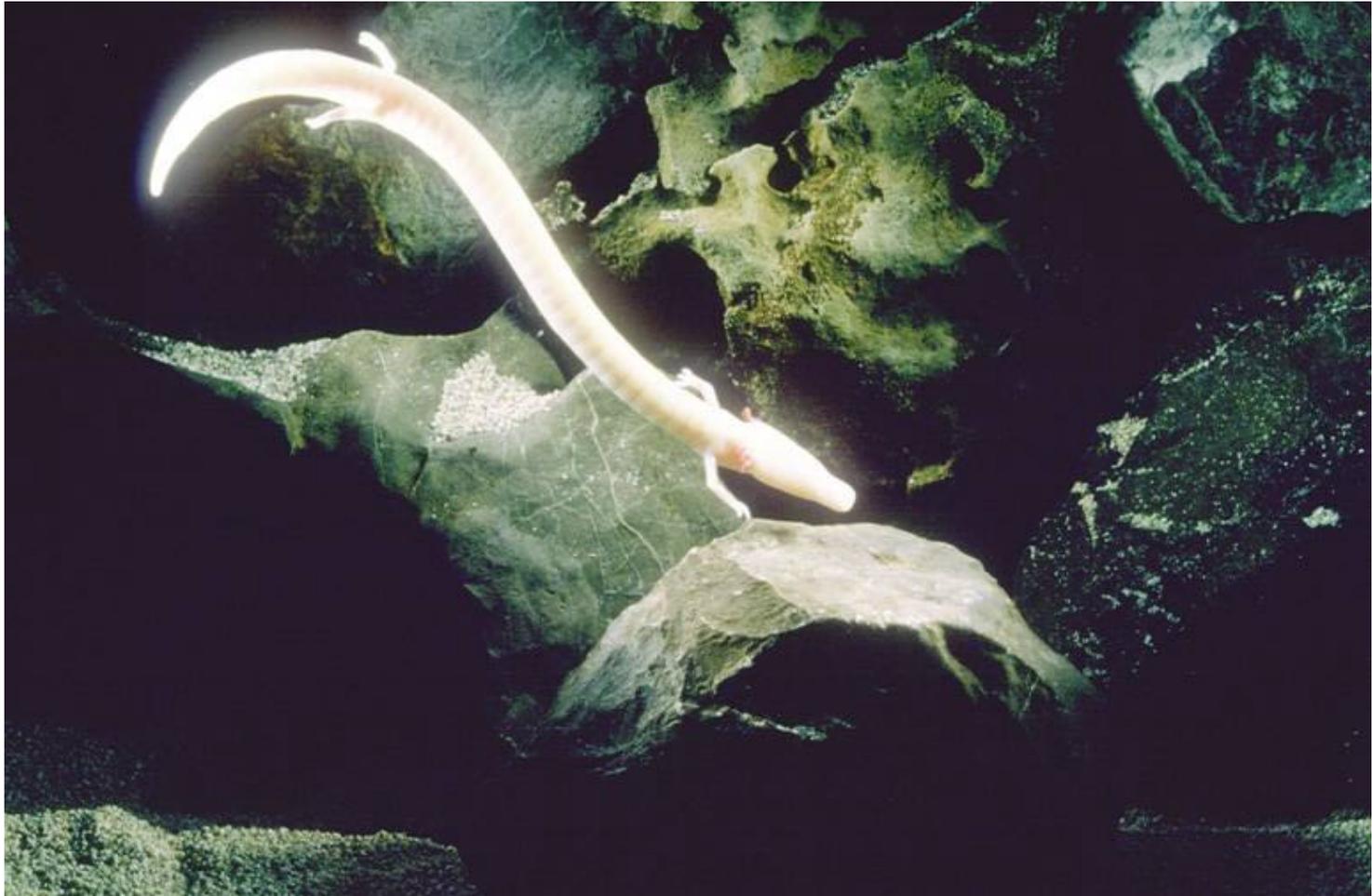


Misidacei



Decapodi

# I POPOLAMENTI DEGLI ACQUIFERI CARSICI



Vertebrati



## INDICE

Generalità sul monitoraggio e mappaggio biologico

Il concetto di bioindicatore

I popolamenti degli acquiferi carsici

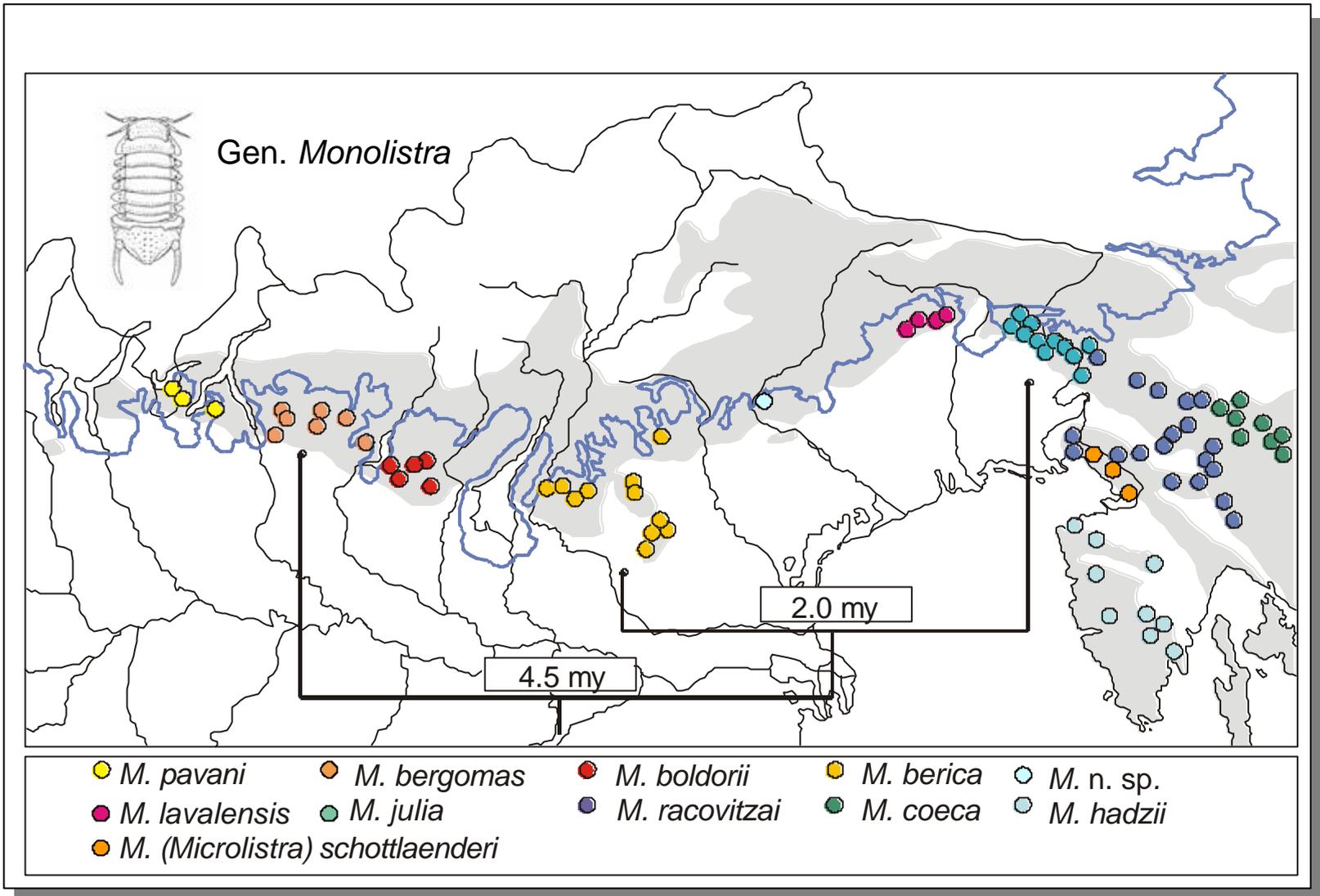
I concetti biologici applicati alla qualità, vulnerabilità e alle strategie di conservazione degli acquiferi carsici

Materiali e metodi di indagine

Un caso di studio: la Lessinia Veronese



# ENDEMISMO E RELITTUALITA':



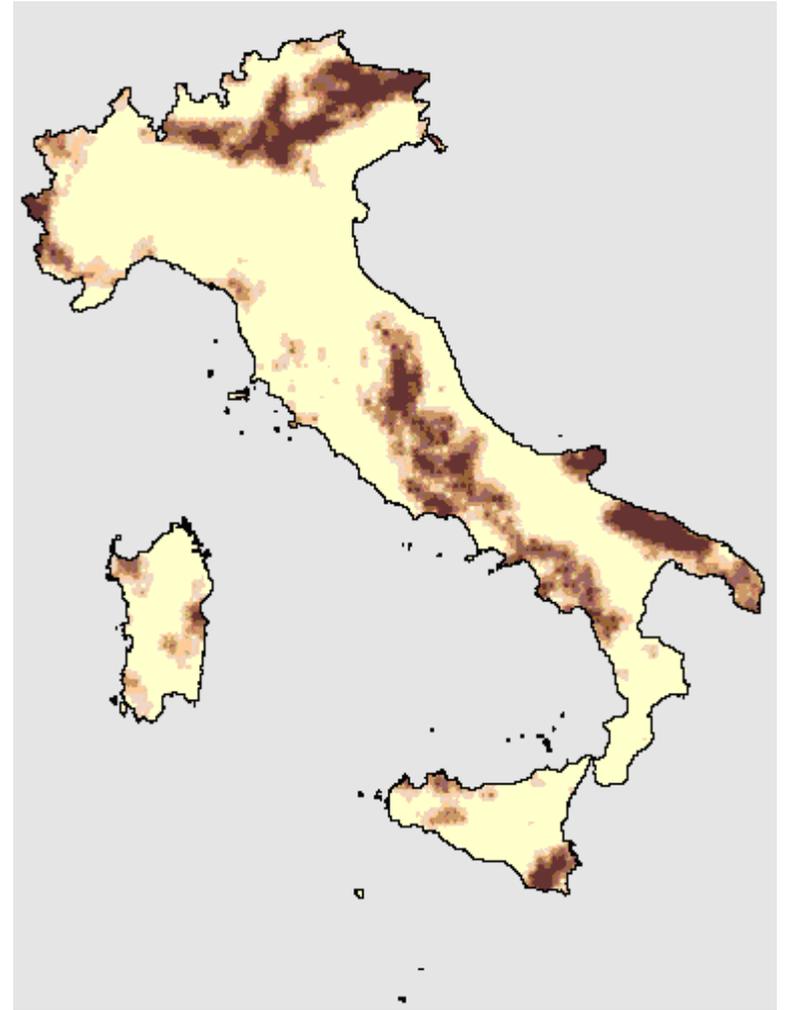
# NUMERO DI SPECIE STIGOBIE ITALIANE ATTUALMENTE SCHEDATE IN UN DATABASE

Gasteropodi	49
Policheti	2
Oligocheti	13
Copepodi	154
Isopodi	50
Anfipodi	71
Batinellacei	7
Termosbenacei	4
Misidacei	3
Decapodi	5

# ENDEMISMO E SUBSTRATI CARBONATICI



N° specie endemiche



Aree carbonatiche

# QUALITA' DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI BIOLOGICI

- La qualità di un acquifero viene qui definita come il suo livello di scostamento dalle condizioni ecologiche naturali, ovvero in assenza di alterazioni antropiche.
- Da un punto di vista biologico, ciò corrisponde al grado di integrità delle comunità delle acque sotterranee.
- Quando un acquifero carsico subisce un inquinamento, le specie più sensibili (sovente quelle stigobie) tendono a diminuire sino a scomparire, mentre possono trarne vantaggio quelle più tolleranti (sovente stigofile o stigossene), con conseguente squilibrio della struttura di comunità.

# VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI BIOLOGICI

- La vulnerabilità intrinseca di un acquifero è definita come la sua suscettibilità ad ingerire e diffondere un inquinante tale da produrre impatto sulla qualità delle acque.
- Le specie stigossene presenti nelle acque sotterranee, specie se profonde ed oligotrofiche, sono sempre da considerarsi come un segnale di elevata vulnerabilità intrinseca.
- Lo studio dei rapporti quantitativi tra specie stigobie, stigofile e stigossene può pertanto fornire informazioni sul grado di vulnerabilità degli acquiferi anche in assenza di modelli idrologici dettagliati.

# CONSERVAZIONE DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI BIOLOGICI

- La conservazione degli acquiferi può essere finalizzata, oltre che all'uso umano della risorsa e alla sua funzione nell'assetto idrogeologico di un territorio, anche al mantenimento delle comunità biotiche che esso ospita.
- Le comunità delle acque carsiche sotterranee presentano:
  1. un elevato valore scientifico e culturale, essendo spesso prodotti unici dell'evoluzione biologica, legati alle vicissitudini storiche delle aree carsiche, talora unici relitti di antichi popolamenti che non hanno corrispondenza nelle acque di superficie.
  2. un elevato valore funzionale, in quanto anello fondamentale per il mantenimento degli equilibri ecologici e in particolare delle capacità di autodepurazione degli acquiferi.

# CONSERVAZIONE DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI NORMATIVI

- DIRETTIVA 92/43/CEE del 21 maggio 1992 (Direttiva Habitat) relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.
- Scopo della Direttiva è contribuire a salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo .
- Le misure adottate a norma della Direttiva sono intese ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat naturali e delle specie di fauna e flora selvatiche di interesse comunitario.

# CONSERVAZIONE DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI NORMATIVI

- Conservazione: un complesso di misure necessarie per mantenere o ripristinare gli habitat naturali e le popolazioni delle specie in uno stato soddisfacente.
- Habitat naturali di interesse comunitario:
  1. rischiano di scomparire nella loro area di ripartizione naturale.
  2. Hanno un'area di ripartizione naturale ridotta.
  3. Costituiscono esempi notevoli di caratteristiche tipiche di una o più delle sei regioni biogeografiche seguenti: alpina, atlantica, boreale, continentale, macaronesica e mediterranea.

# CONSERVAZIONE DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI NORMATIVI

- Specie di interesse comunitario:
  1. sono in pericolo di estinzione.
  2. Sono vulnerabili, cioè il loro passaggio nella categoria delle specie in pericolo è ritenuto probabile in un prossimo futuro, qualora persistano i fattori alla base di tale rischio.
  3. Sono rare, con popolazioni di piccole dimensioni e, pur non essendo attualmente in pericolo né vulnerabili, rischiano di diventarlo.
  4. Sono endemiche e richiedono particolare attenzione, data la specificità del loro habitat.
- Specie prioritarie: specie per la cui conservazione la Comunità ha una responsabilità particolare.

# CONSERVAZIONE DEGLI ACQUIFERI CARSICI

## GLI ASPETTI NORMATIVI

- Habitat con acque carsiche sotterranee di interesse comunitario:
  1. 8310 Caves not open to the public.
  2. 8320 Fields of lava and natural excavations.
  3. 8330 Submerged or partially submerged sea caves.
- Specie di interesse comunitario di acque carsiche sotterranee:
  1. *Proteus anguinus*. Specie di allegato II e IV, elevata al rango di specie prioritaria dell'allegato II (Accession Treaty 2003).
  2. *Non vi sono altre specie acquatiche* (tra le terrestri: *Leptodirus hochenwarthi*, tutti i geotritoni e tutti i pipistrelli).



## INDICE

Generalità sul monitoraggio e mappaggio biologico

Il concetto di bioindicatore

I popolamenti degli acquiferi carsici

I concetti biologici applicati alla qualità, vulnerabilità e alle strategie di conservazione degli acquiferi carsici

Materiali e metodi di indagine

Un caso di studio: la Lessinia Veronese



# MATERIALI E METODI DI INDAGINE

## DEFINIZIONI

- I metodi variano a seconda della tipologia di habitat indagata e dell'area geografica, che determinano la quantità e qualità del popolamento, nonché dei diversi gruppi animali che richiedono metodiche specializzate.
- Metodologie standardizzate sono state definite solo di recente per le seguenti tipologie ambientali carsiche:
  1. Ambiente iporreico e ipotelminorreico.
  2. Sorgenti e grosse risorgive carsiche.
  3. Acque di percolazione e gours nella zona insatura delle grotte.
  4. Laghetti, sifoni e ruscelli sotterranei in aree localmente sature nelle grotte.
  5. Acque carsiche di base, sia in grotta sia raggiunte mediante pozzi e piezometri (boreholes).

# MATERIALI E METODI DI INDAGINE STRUTTURA DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI

Figure 13

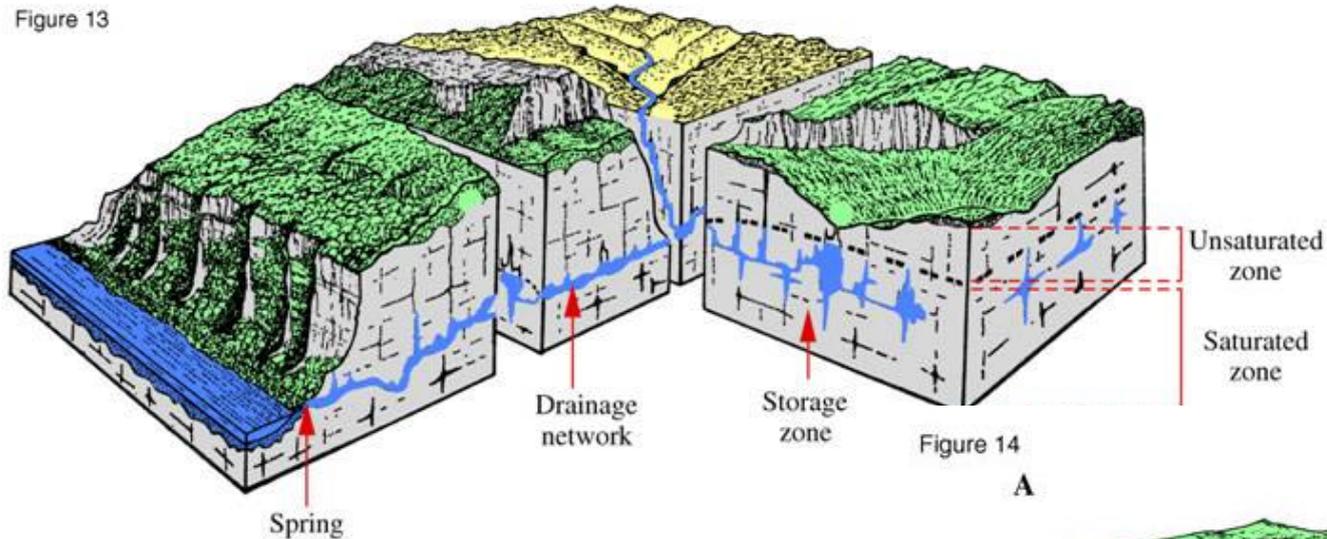
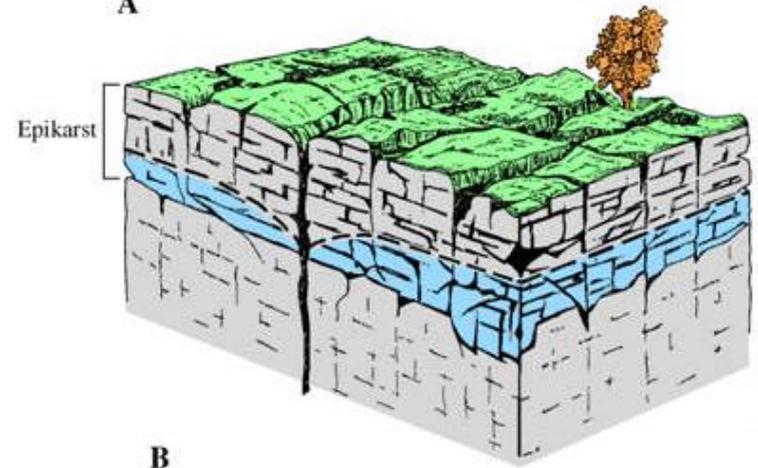


Figure 14

A

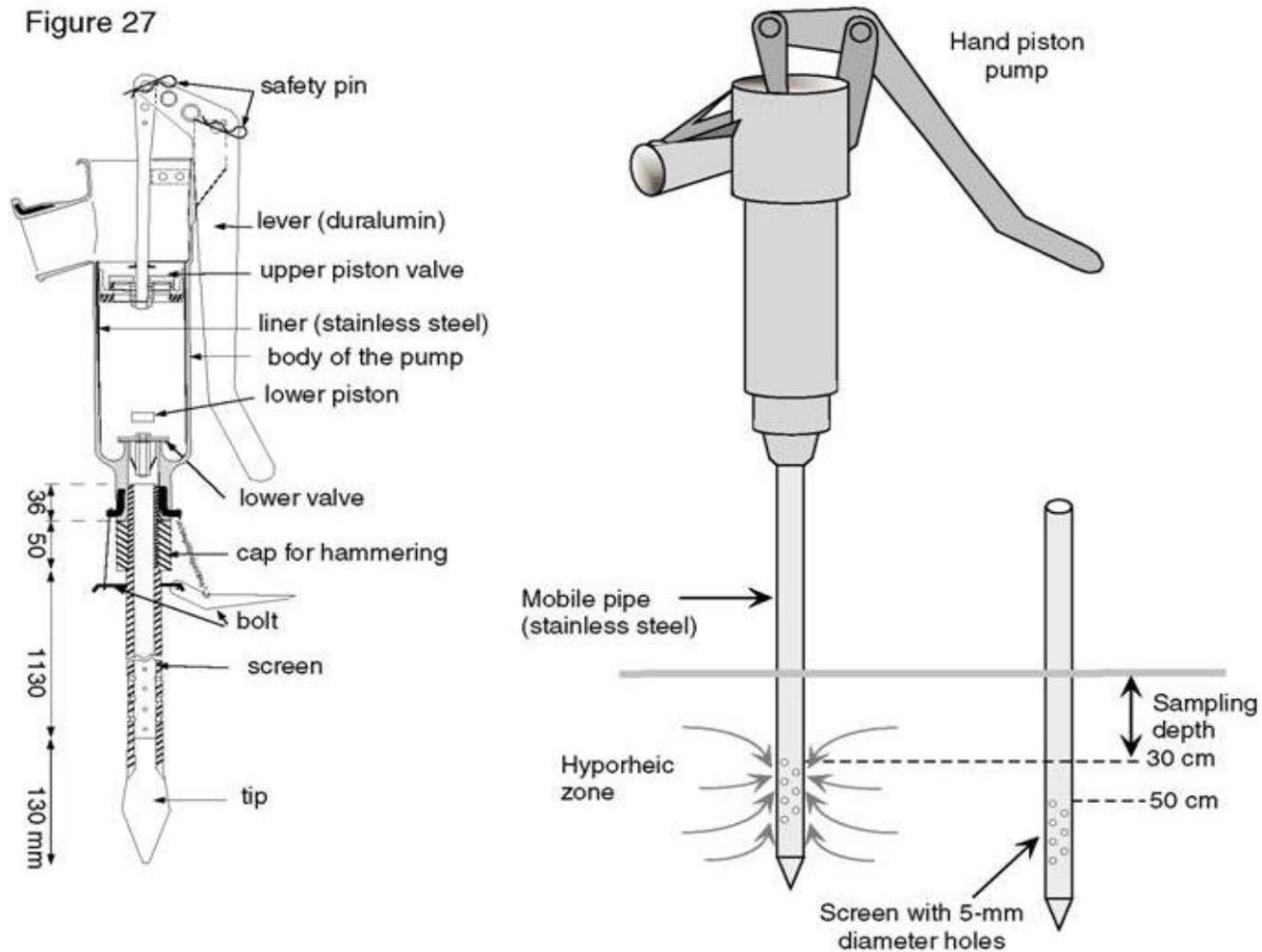


B

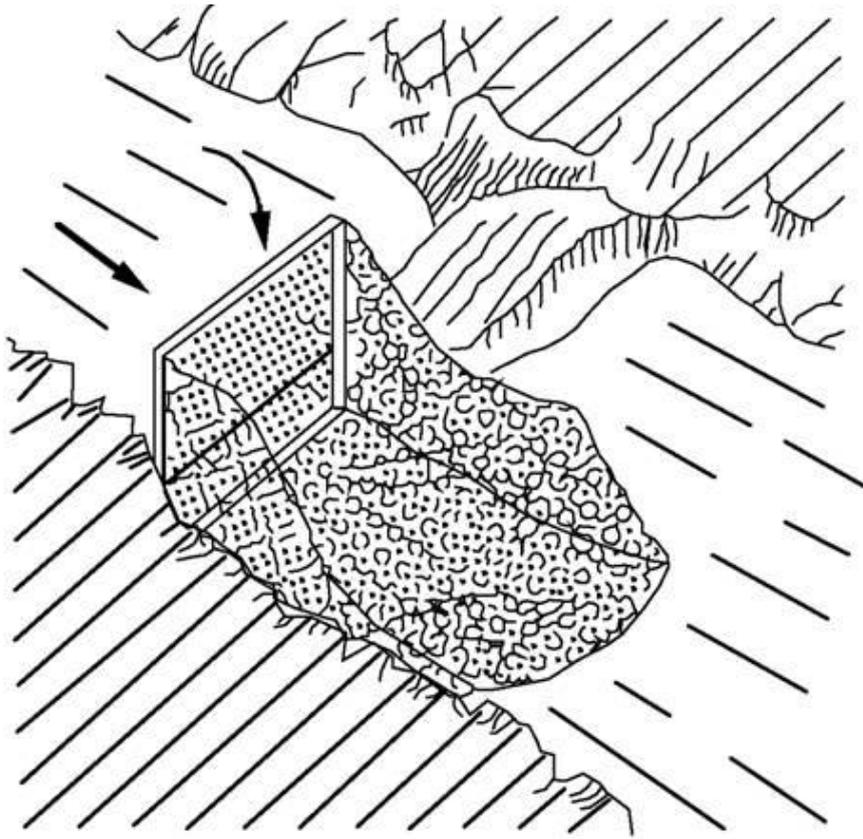
Gli habitat sotterranei:  
Diversificare le metodologie

# MATERIALI E METODI DI INDAGINE

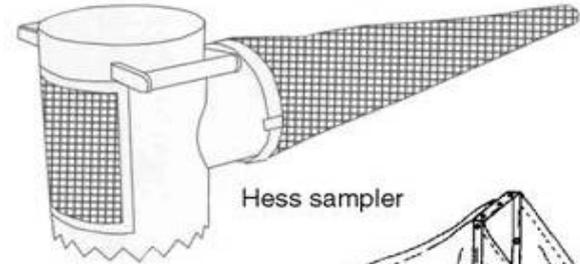
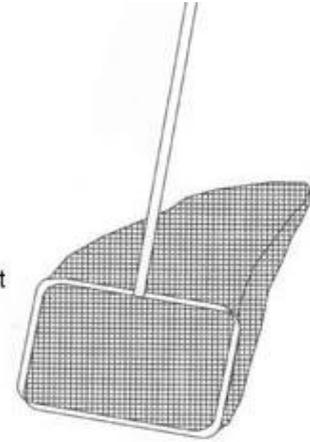
Figure 27



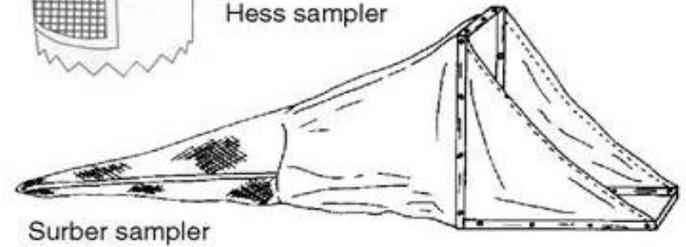
# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



Pond net

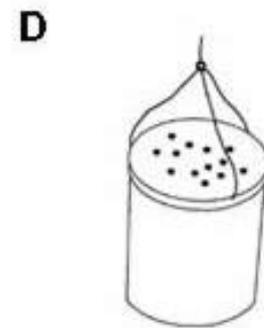
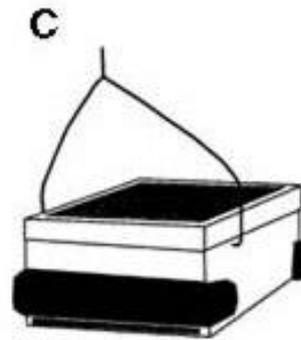
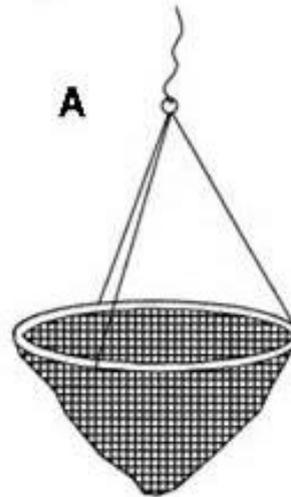
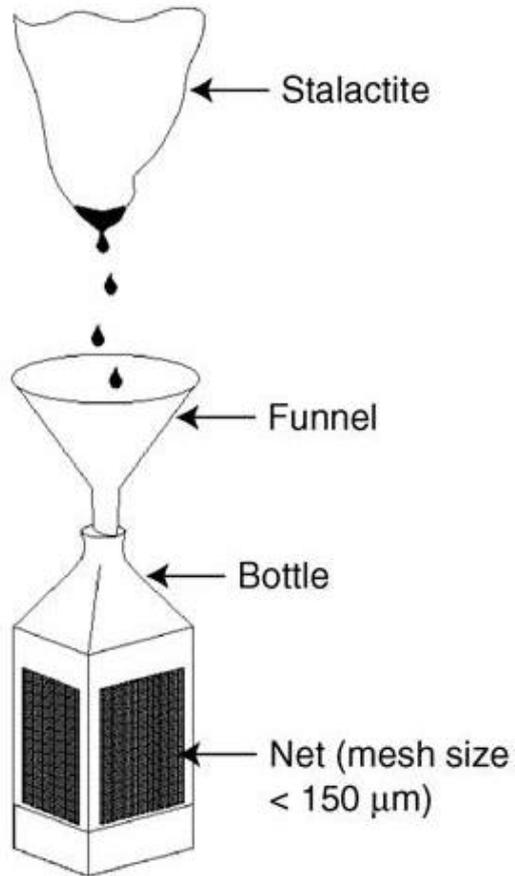


Hess sampler

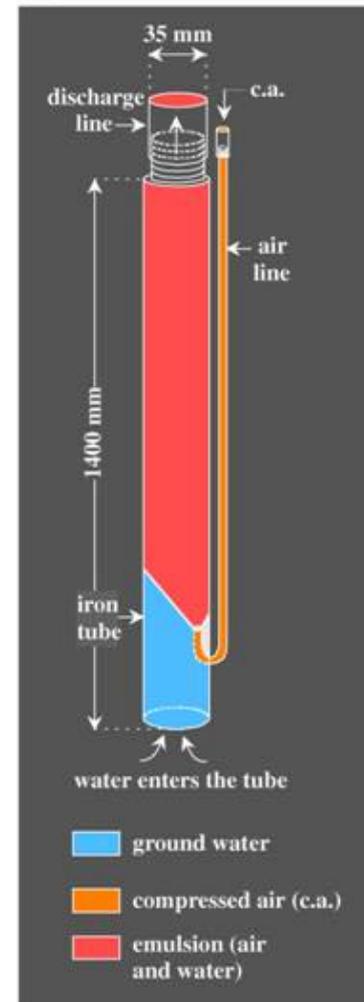
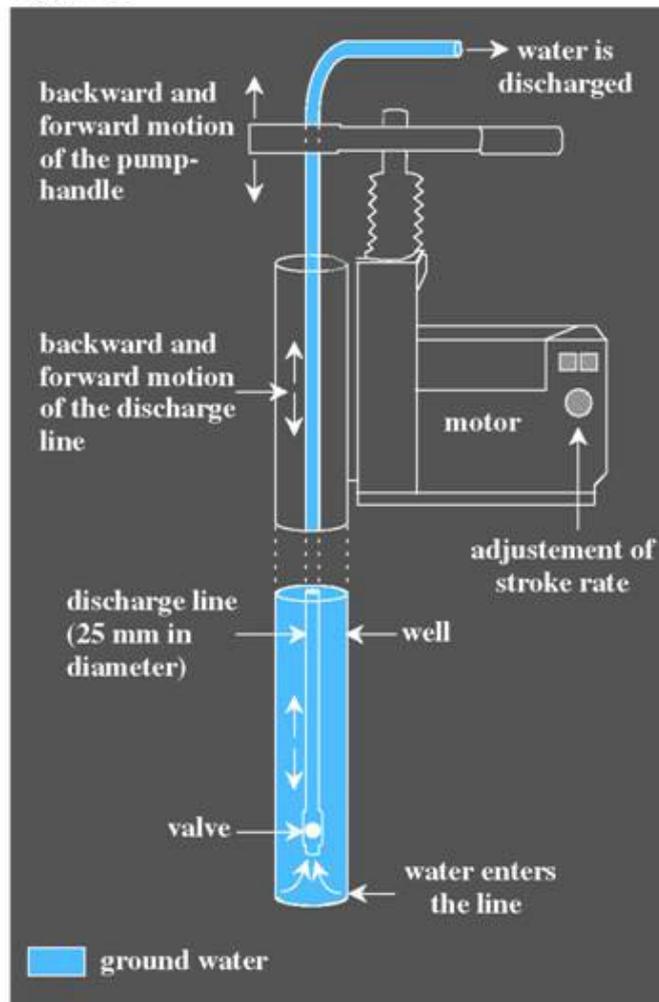
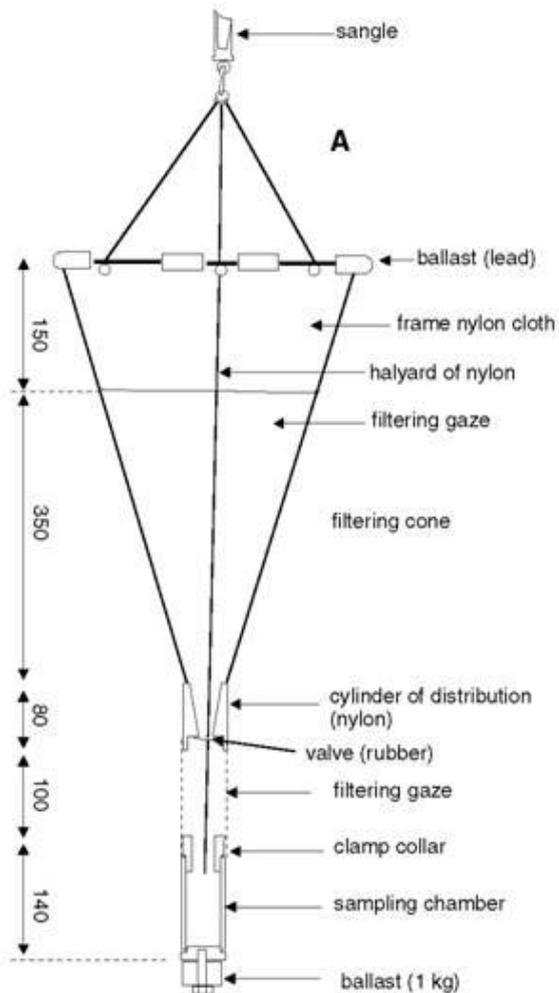


Surber sampler

# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



photo HBES



photo Patrick Marria

# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



photo A. Camacho



photo A. Camacho



photo F. Stoch



pho

# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



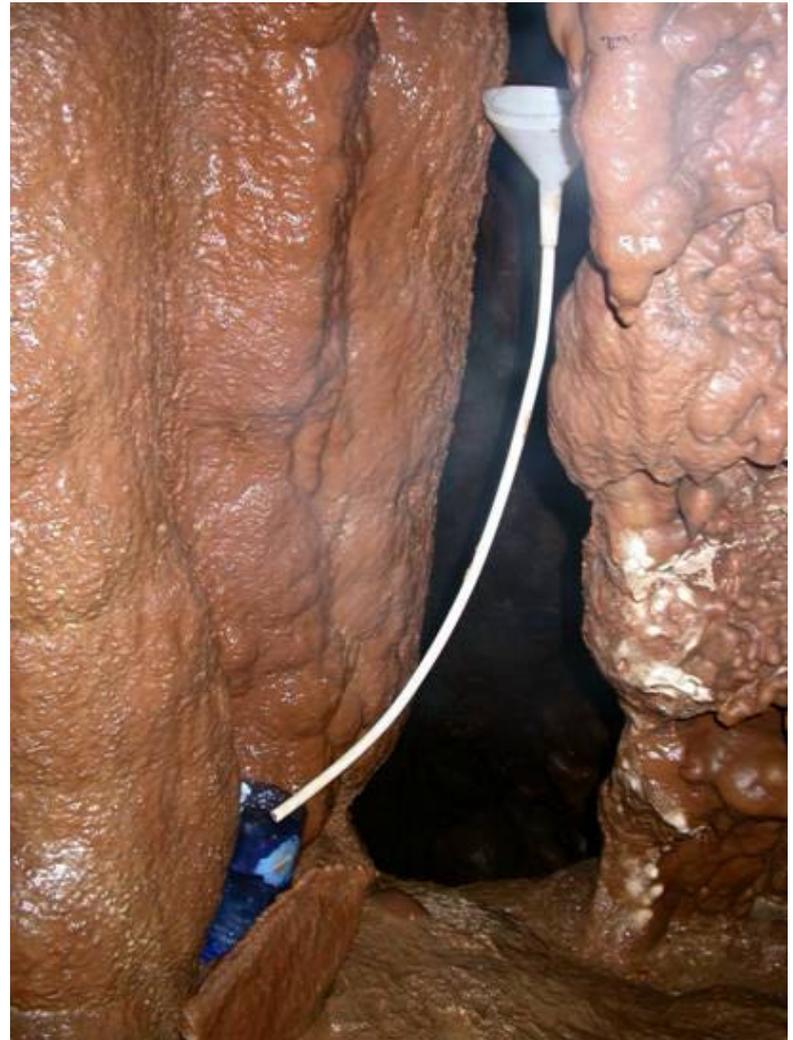
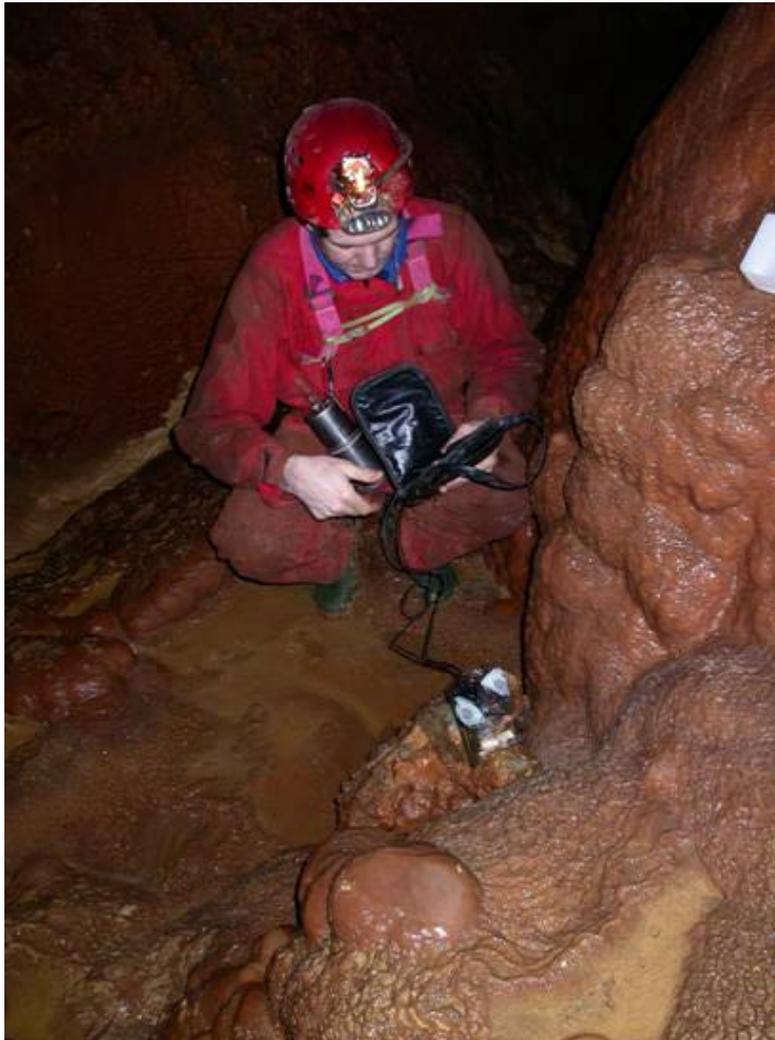
# MATERIALI E METODI DI INDAGINE



photo Marc Pouilly



# MATERIALI E METODI DI INDAGINE





## INDICE

Generalità sul monitoraggio e mappaggio biologico

Il concetto di bioindicatore

I popolamenti degli acquiferi carsici

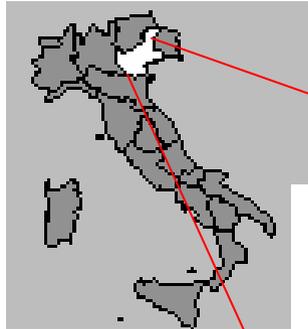
I concetti biologici applicati alla qualità, vulnerabilità e alle strategie di conservazione degli acquiferi carsici

Materiali e metodi di indagine

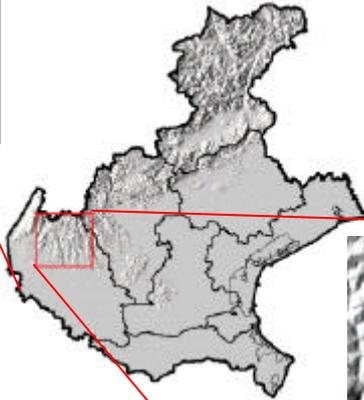
[Un caso di studio: la Lessinia Veronese](#)

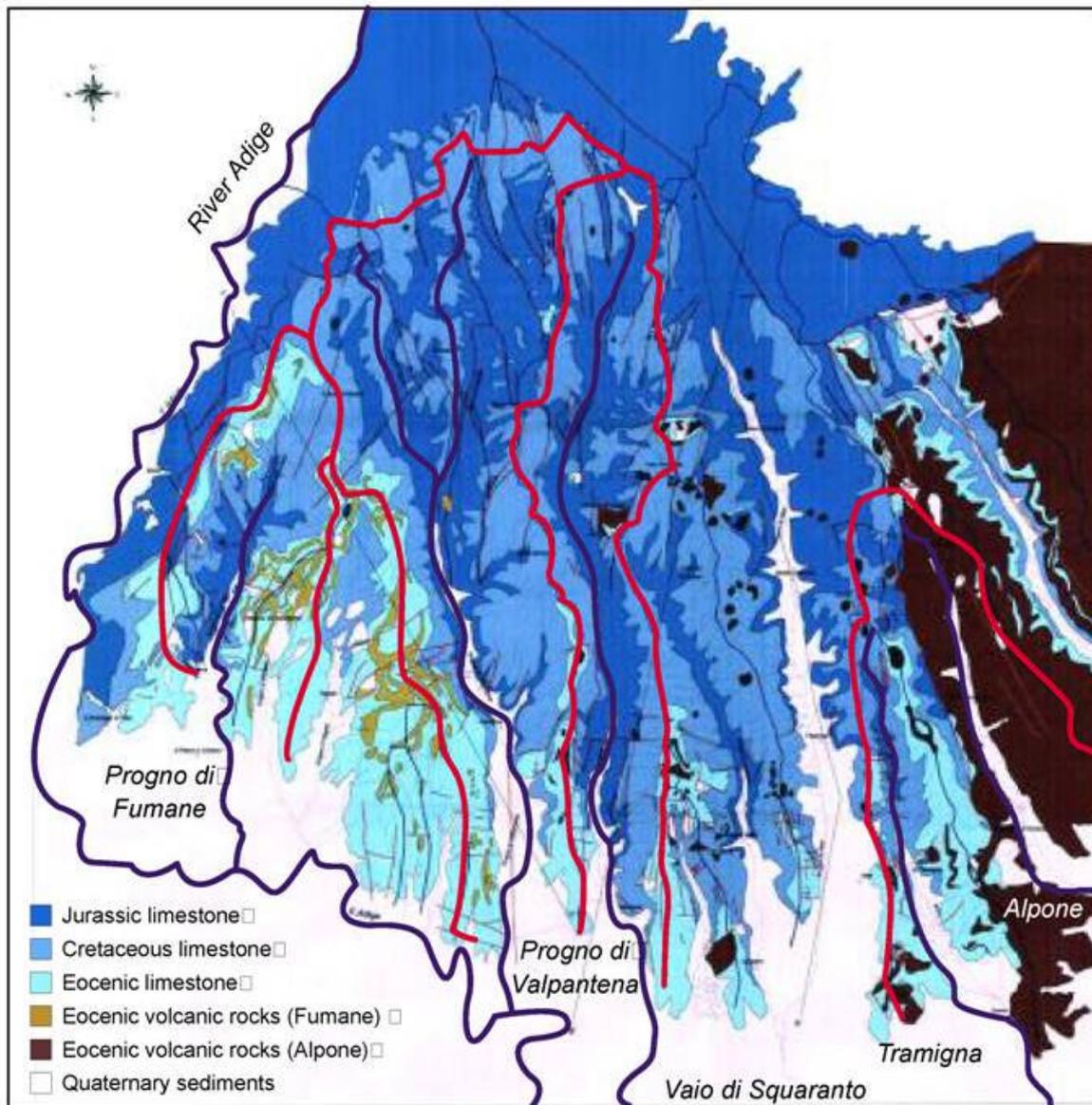


# UN CASO DI STUDIO

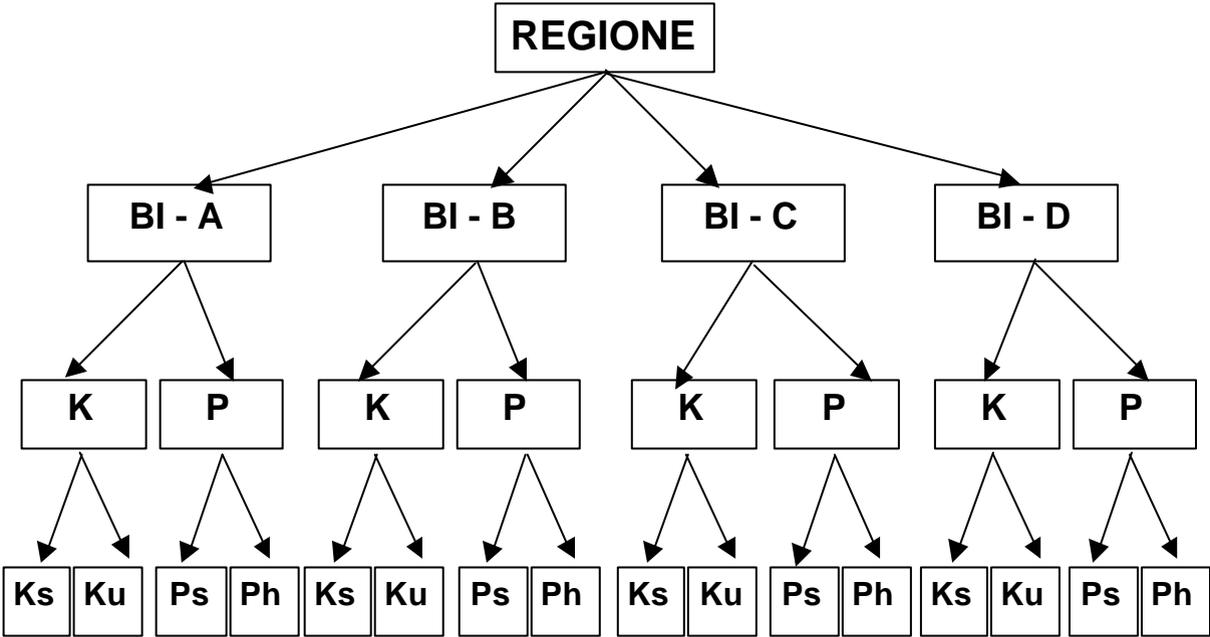


Region: Veneto  
Province: Verona  
Study area: Lessini Mountains

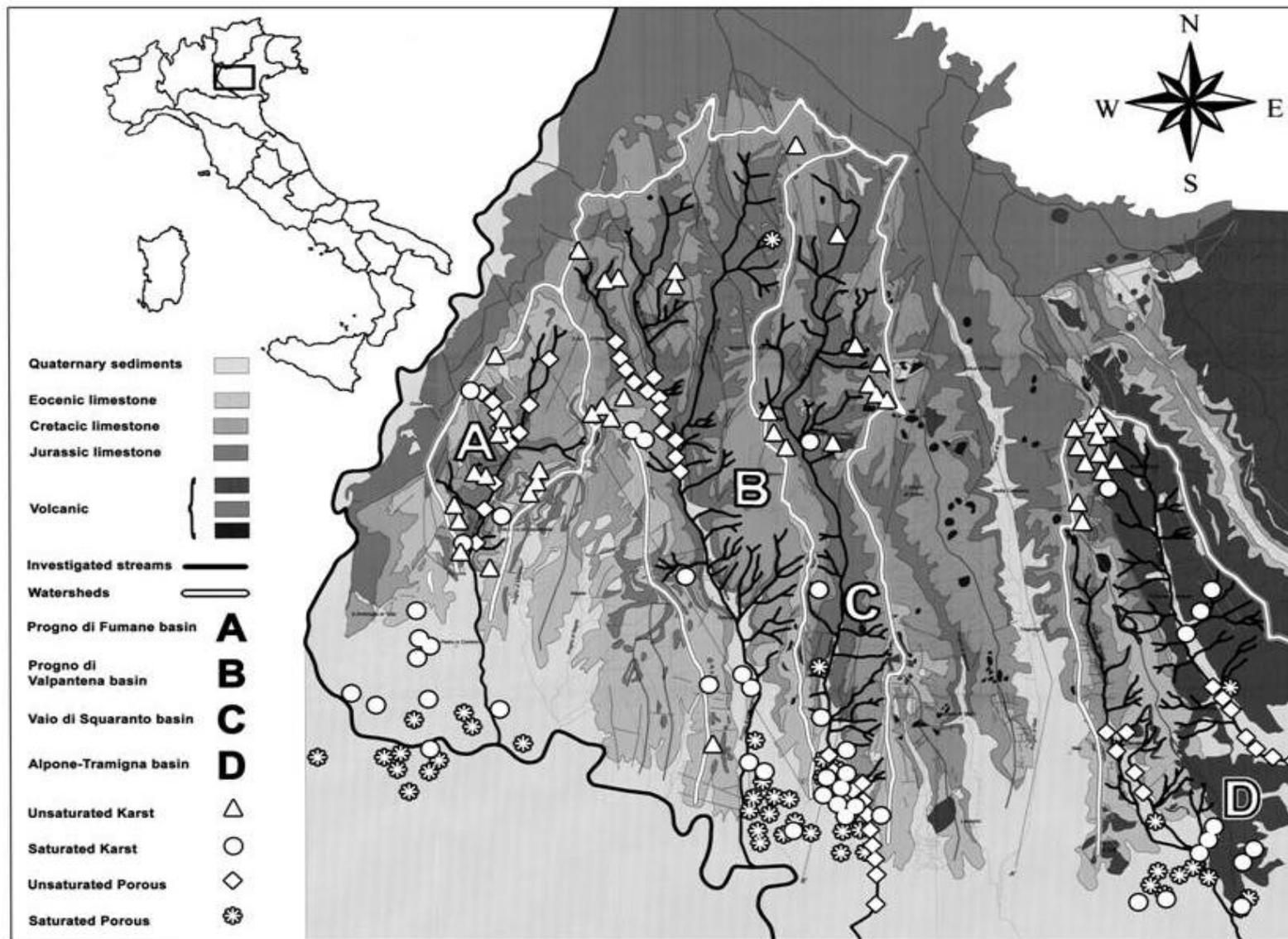


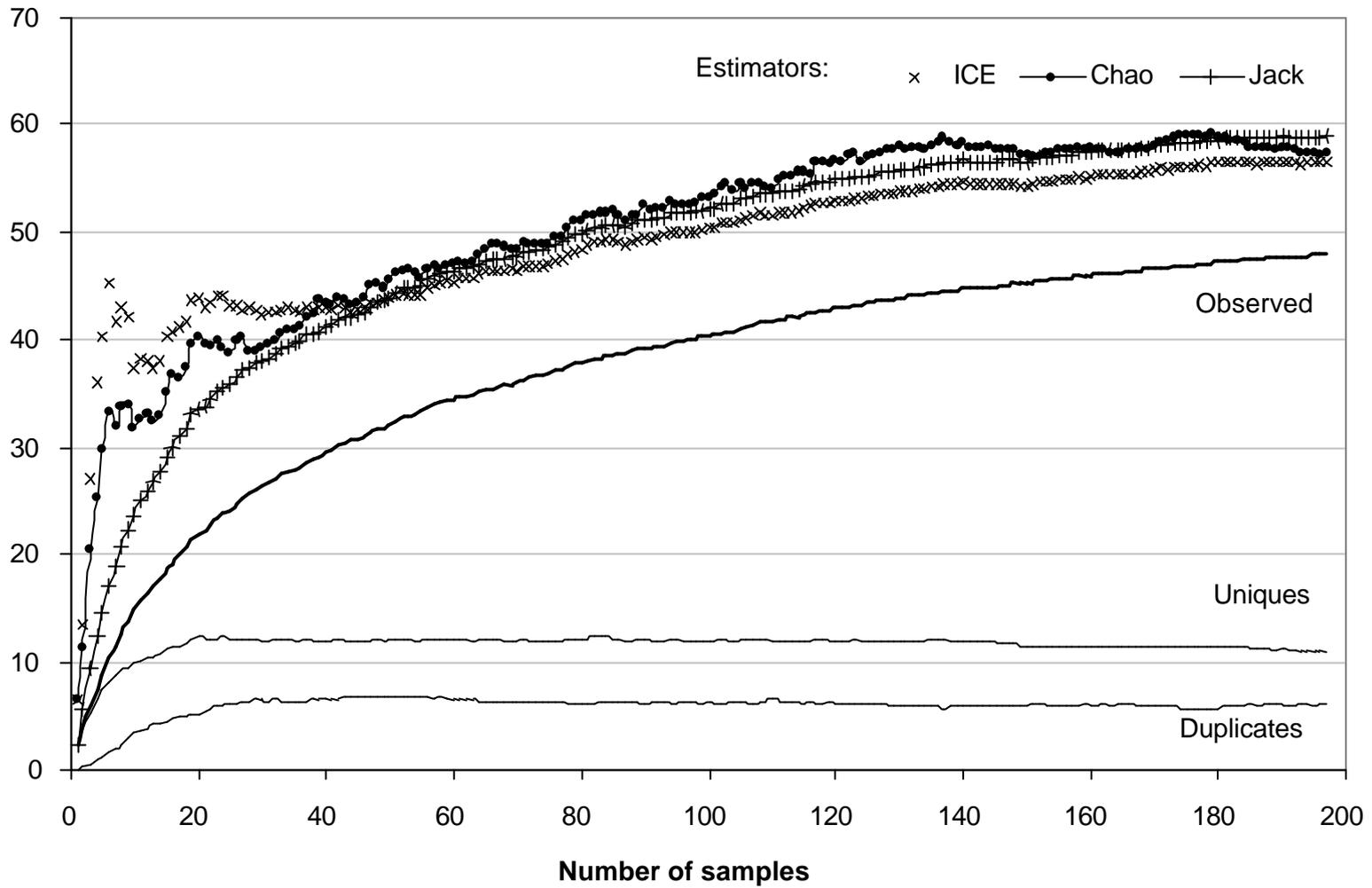


# UN CASO DI STUDIO

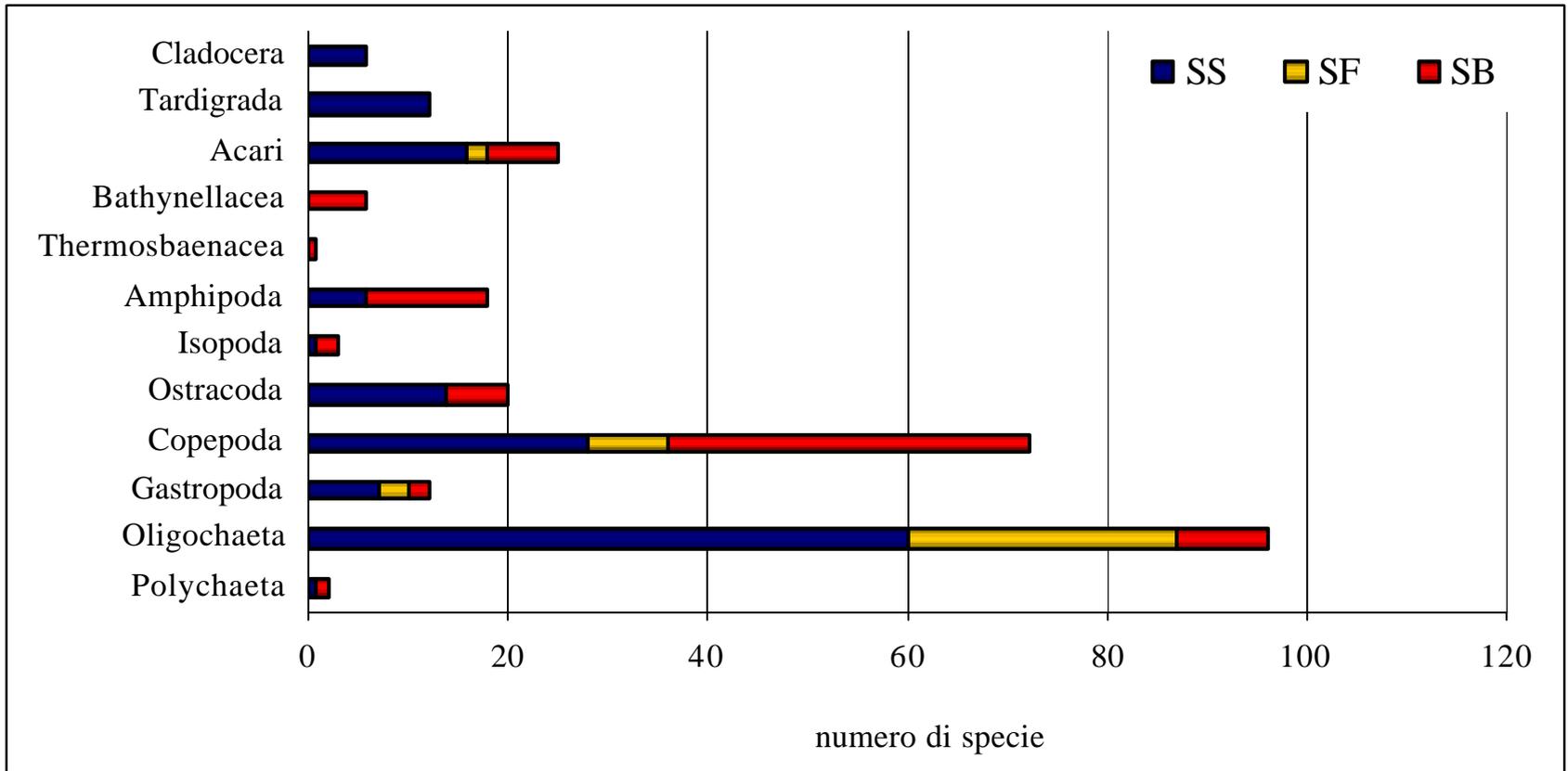


Schema gerarchico di campionamento degli acquiferi dei Lessini



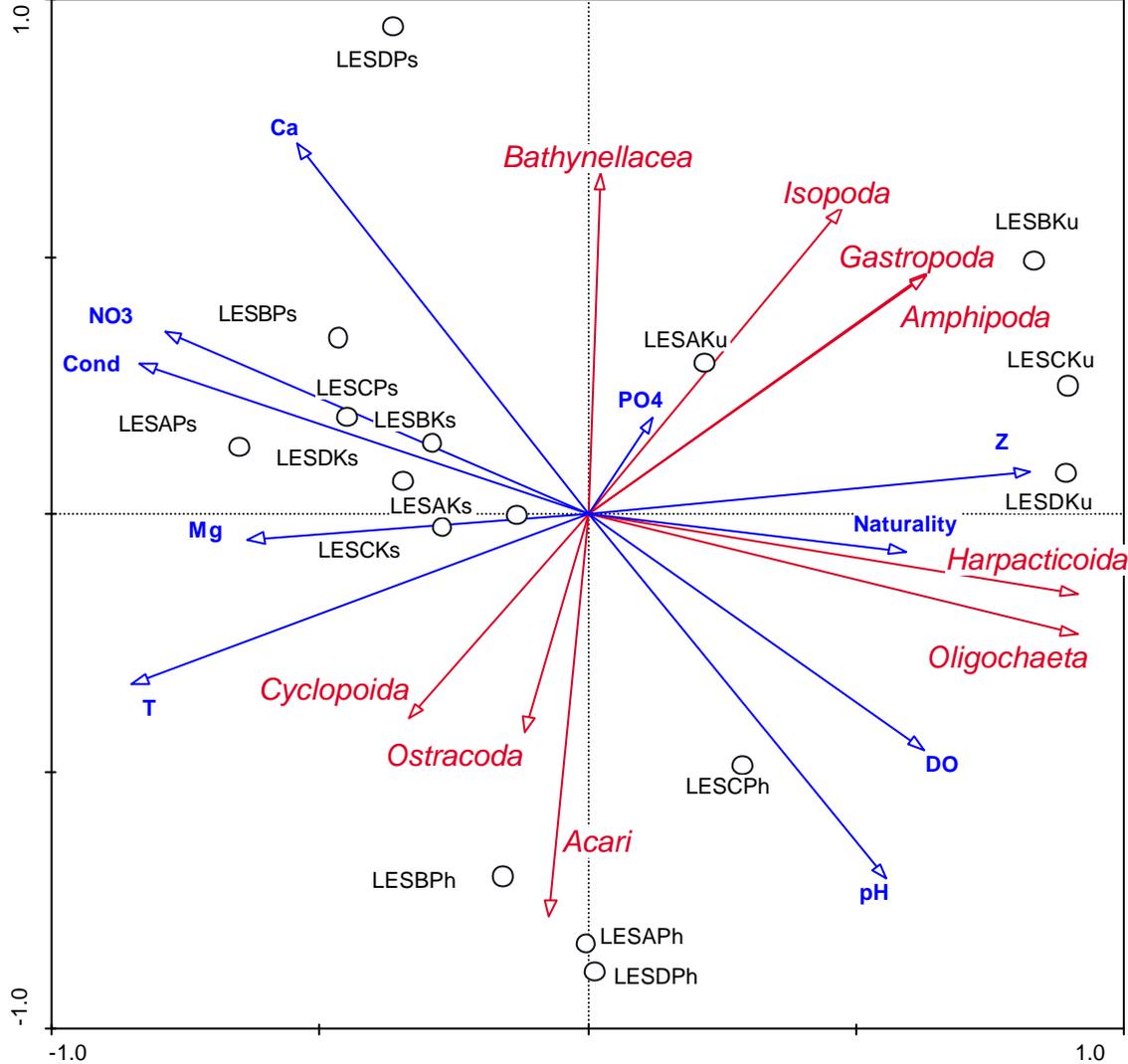


Curva cumulativa del numero di specie stigobie raccolte



Numero di specie rinvenute

SS = stigosseni; SF = stigofili; SB = stigobi

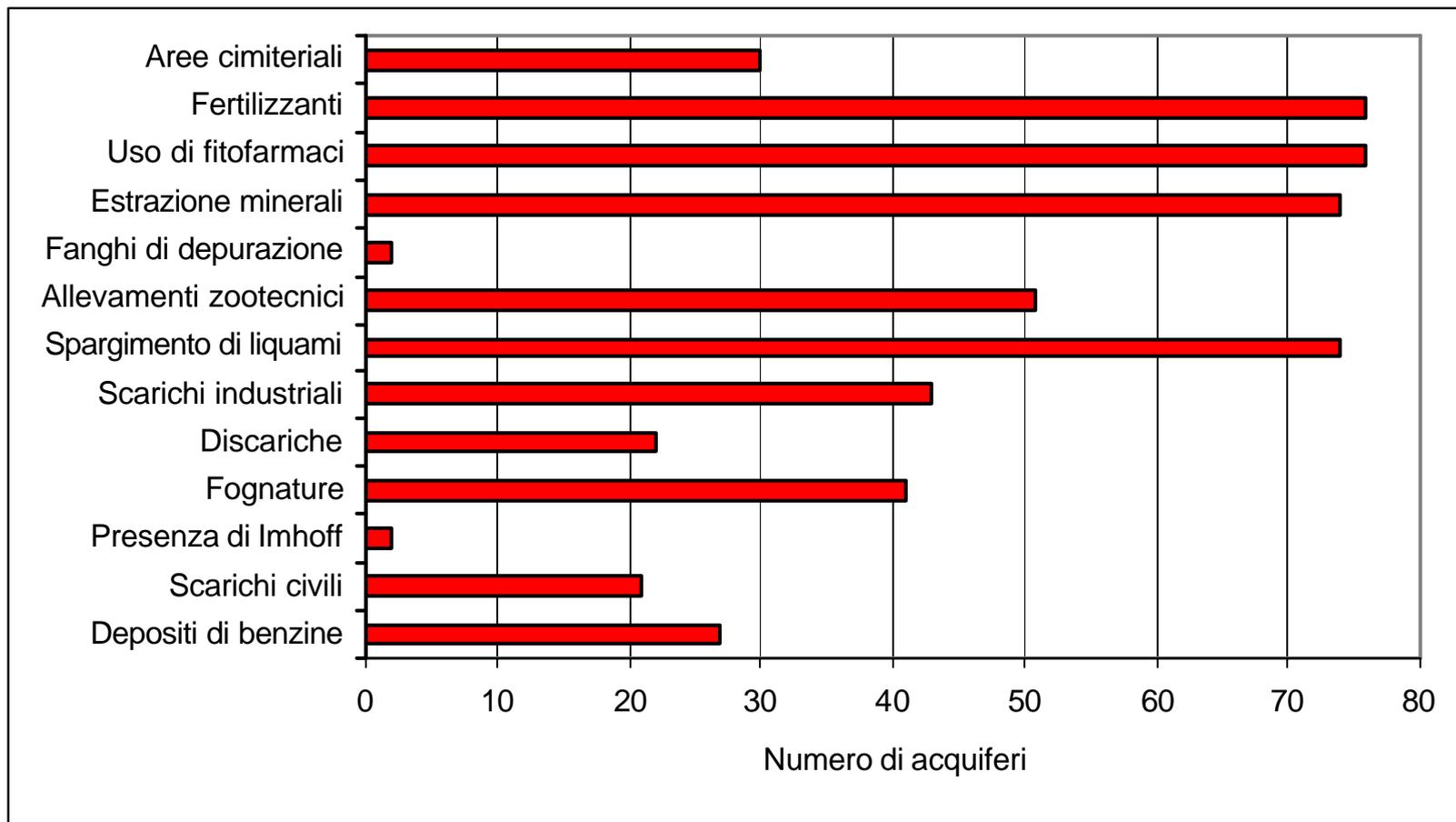


Ordinamento (CCA) di acquiferi, parametri chimico-fisici e gruppi tassonomici (taxa).

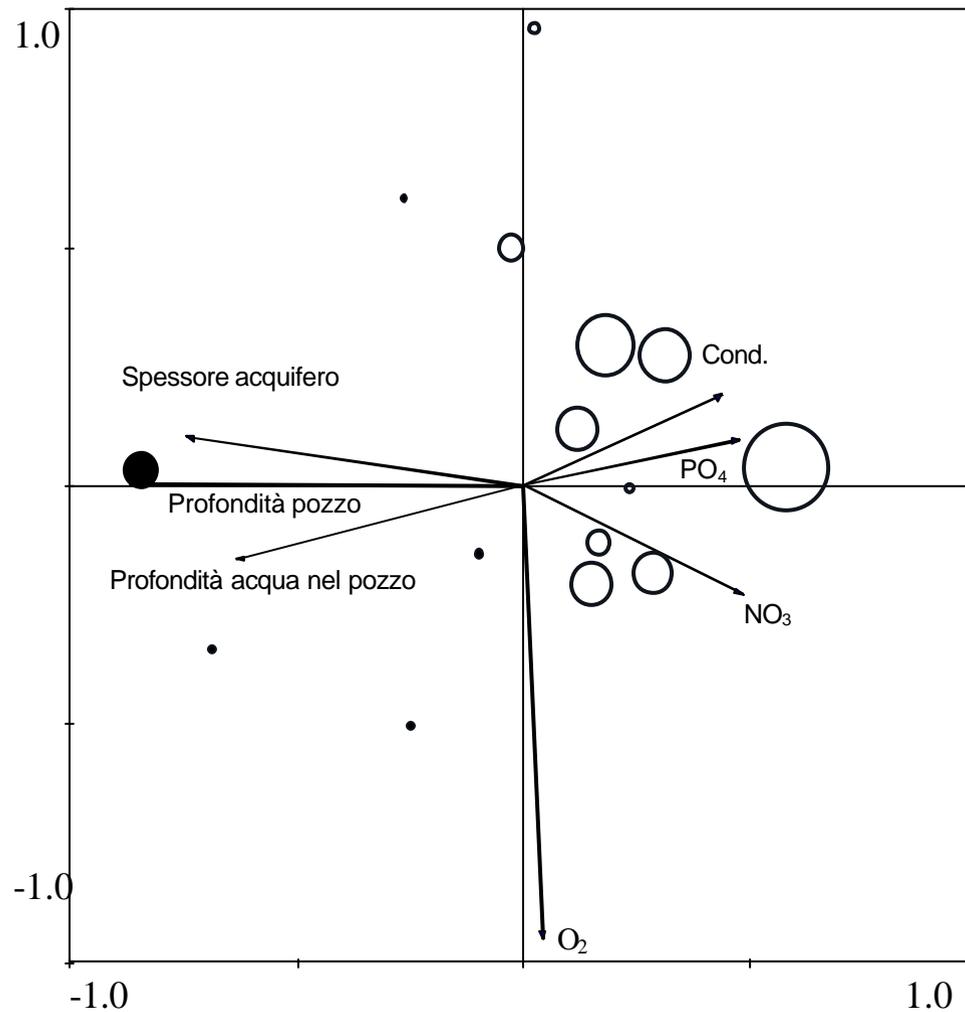
## Effetto marginale

Variabile	Lambda1
T	0,37
Cond	0,36
Z	0,34
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,33
pH	0,24
DO	0,24
Ca <sup>2+</sup>	0,23
Mg <sup>2+</sup>	0,22
Naturalità	0,19
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,03

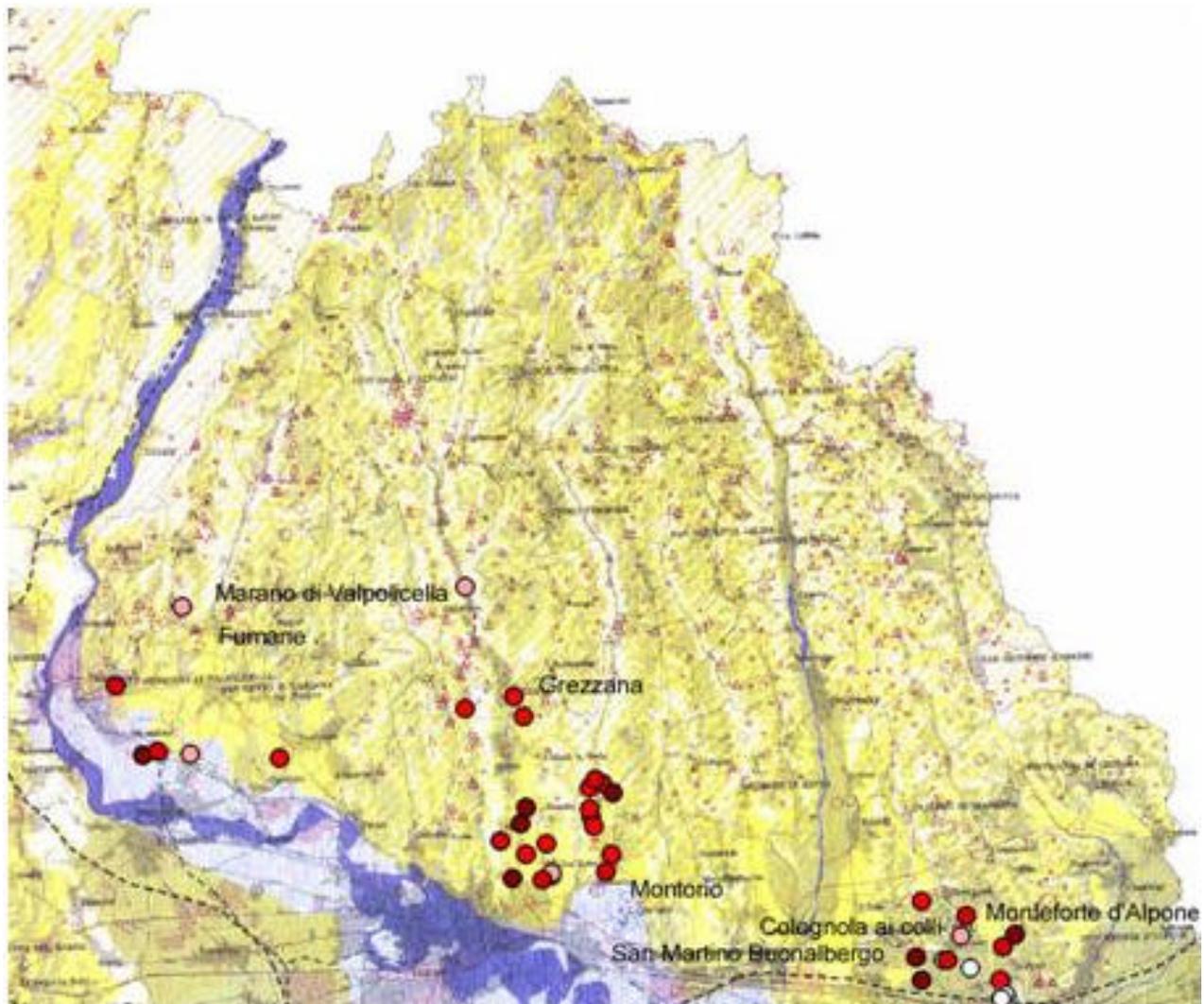
Peso delle variabili sull'ordinamento di acquiferi e taxa.



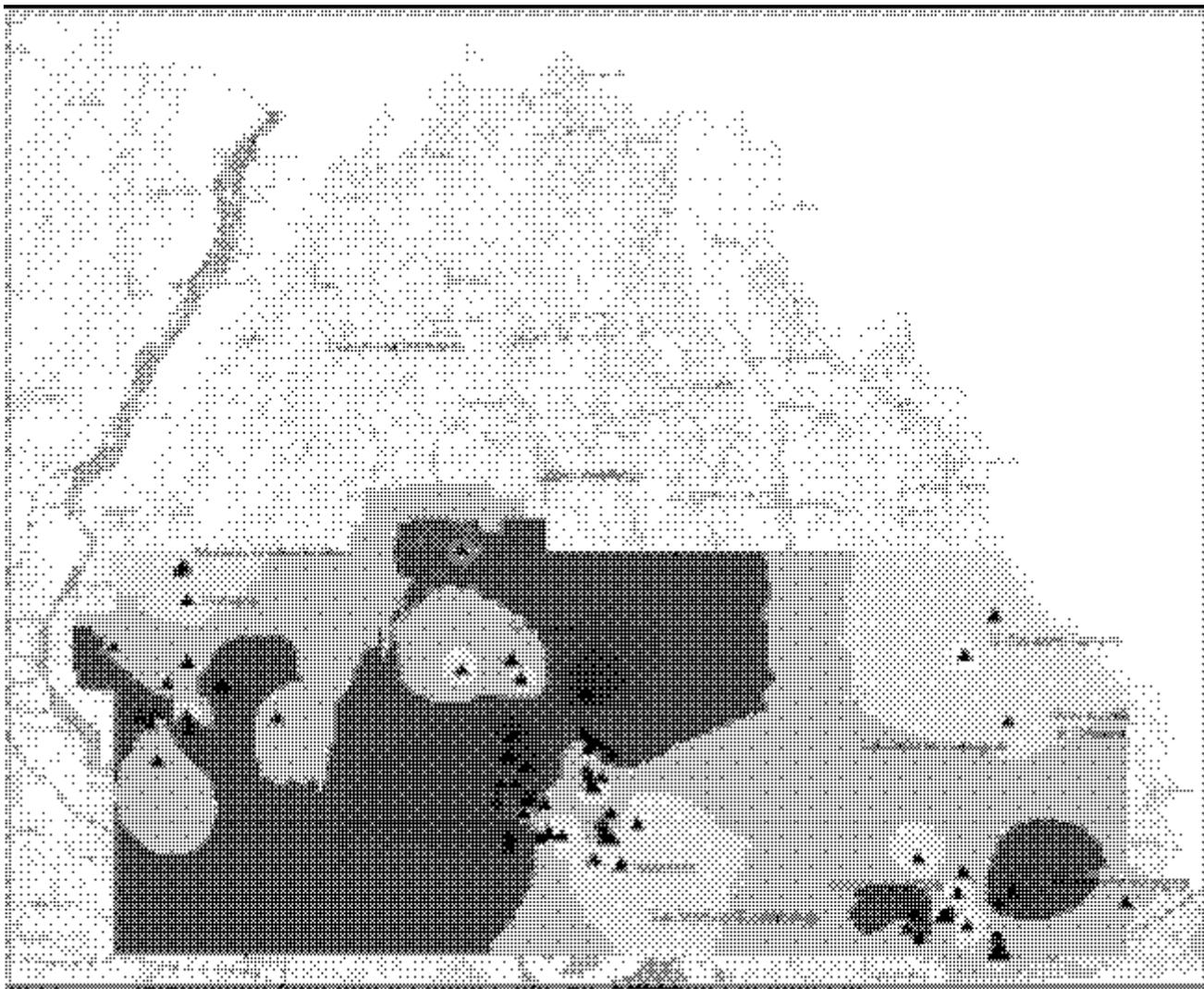
Frequenza dei centri di pericolo (CDP) nell'area indagata.



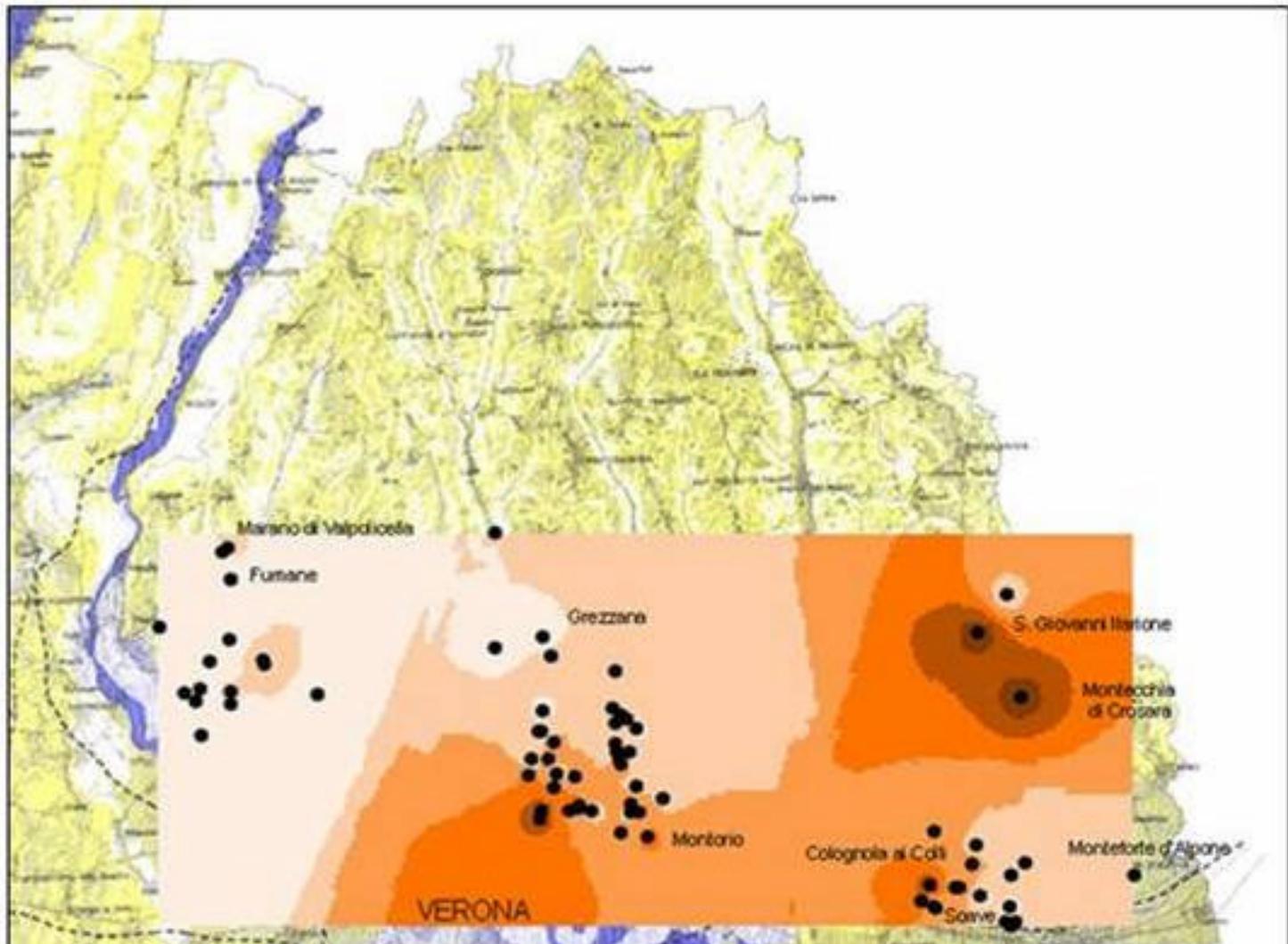
Plot PCA: Il raggio dei pallini è proporzionale alla densità degli stigosseni rinvenuti nei siti.



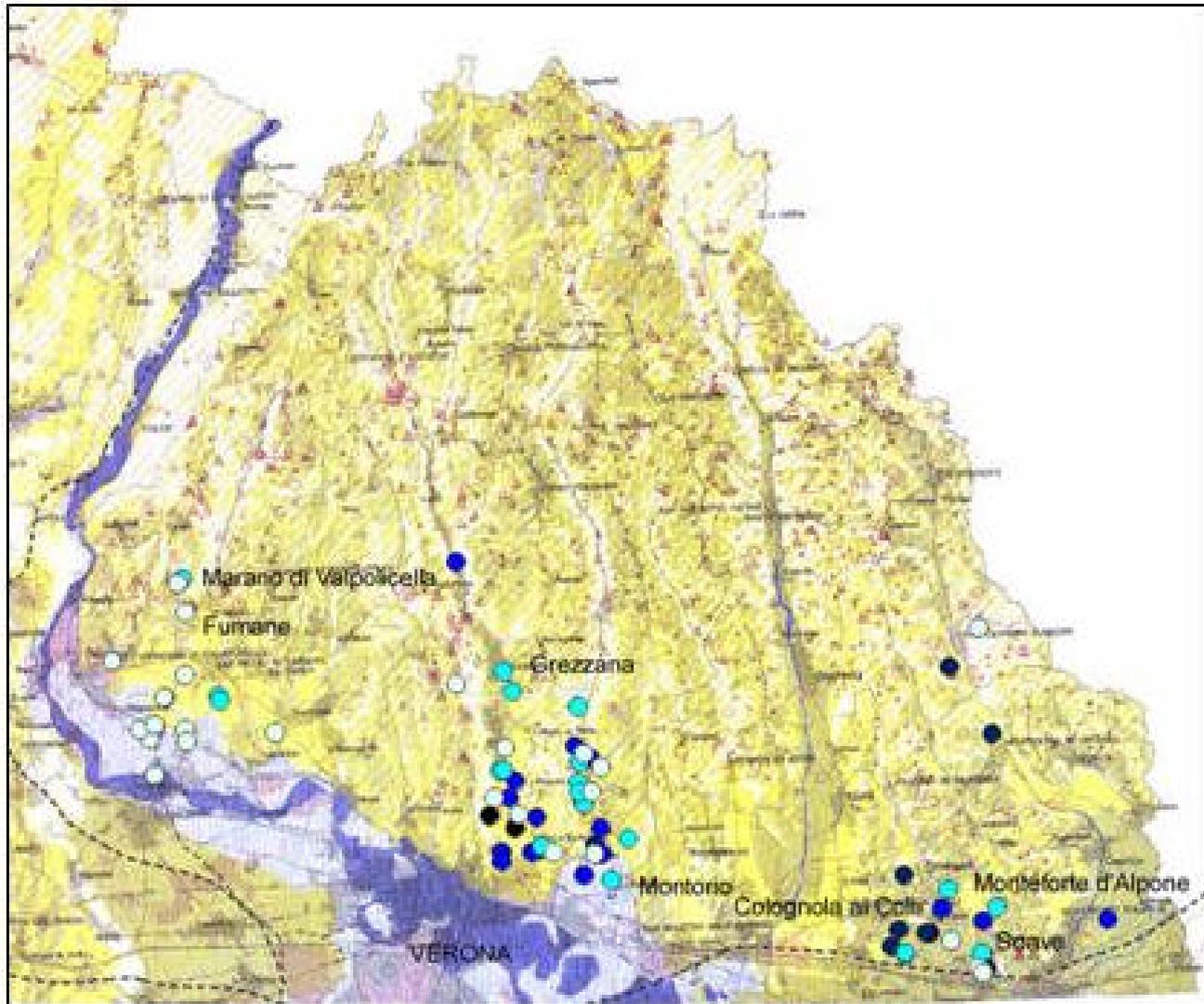
Carta della vulnerabilità intrinseca (3 valori, dal giallo al blu) e della concentrazione di nitrati nei pozzi studiati.



Concentrazione dei nitrati negli acquiferi (dal bianco = <5 mg/l al rosso scuro = >50 mg/l).



Variazione della ricchezza di specie stigobie negli acquiferi (dal bianco = 0 al marrone = 5).



Variation of the conservation value (from white, CV=1 to black, CV=5) in the aquifers.

# CALCOLO DEL RISCHIO ECOLOGICO NEGLI ACQUIFERI INDAGATI:

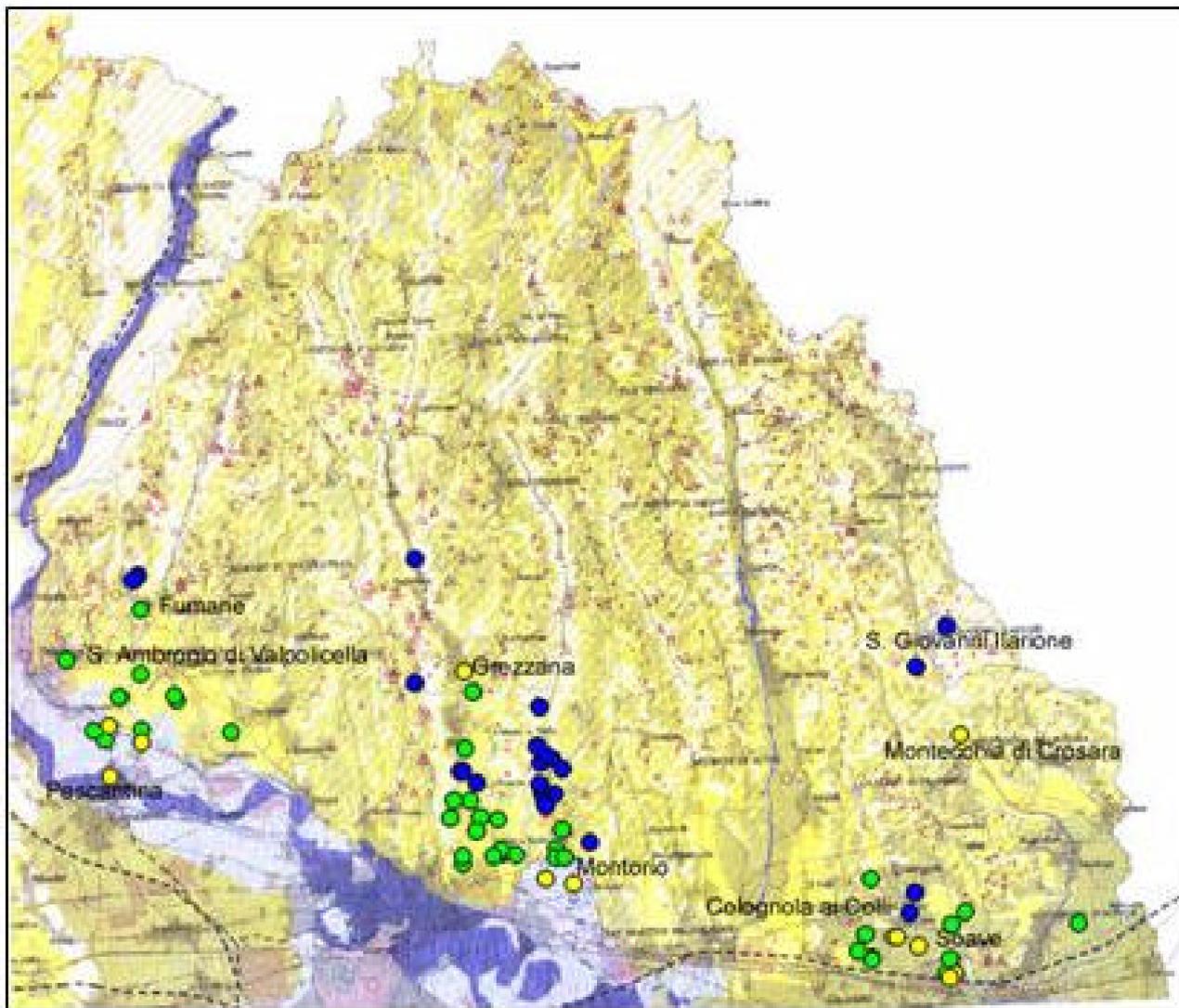
$$\text{EcoR} = (\text{P} \times \text{V}) \times \text{D}$$

dove:

**P** è la *probabilità* che si verifichi l'impatto determinato da un Centro Di Pericolo (CDP);

**V** è la *vulnerabilità intrinseca* dell'acquifero in esame;

**D** è il *danno ecologico potenziale* che l'impatto potrebbe avere sull'ecosistema sotterraneo.



Variation of ecological risk (blue = low, green = medium, yellow = high) in the studied aquifers.