



# **IL RADON IN PIEMONTE: un nuovo approccio per la mappatura**

**Enrico Chiaberto, Paolo Falletti, Anselmo Cucchi,  
Elena Serena, Rosamaria Tripodi, Anna Prandstatter, Mauro Magnoni**

**Arpa Piemonte**

**Giornata di studio 11 ottobre 2018 - Palmanova**

**Progetto radon misure per 1000 famiglie**

# La mappatura del radon in Piemonte:

- Lo studio sistematico del radon in Piemonte risale all'inizio degli anni '90 (Campagna Nazionale Radon, promossa da ISS e ANPA ed eseguita nel 1990-1991 sul territorio piemontese dall'LSP-Sezione Fisica di Ivrea)
- Studi locali sono poi proseguiti con ARPA, che ha raccolto l'eredità dell'LSP

- La prima “mappatura” del radon in Piemonte, eseguita da Arpa Piemonte e cofinanziata dalla Regione Piemonte con la DGR n°48-15256 del 30 marzo 2005), è stata pubblicata nel 2009
- Tale iniziativa discendeva da un compito che il D. Lgs. 241/2000 dava alle Regioni: la caratterizzazione del proprio territorio dal punto di vista del “rischio radon”

## TECNICHE E PROTOCOLLI DI MISURA (DOSIMETRI PASSIVI)

- Posizionamento e analisi di una grande quantità di dosimetri passivi a tracce nucleari (diverse migliaia)
- Il dosimetro impiegato è stato in parte sviluppato dai laboratori ARPA Piemonte, come evoluzione del dosimetro ANPA impiegato nella campagna nazionale

- Le fasi iniziali dello sviluppo del progetto: 2005 – 2008
- In realtà, la conoscenza accumulata da ARPA risale all'inizio degli anni '90, in cui si incominciarono a raccogliere sistematicamente dati su:
  - a) misure in abitazioni
  - b) misure nelle scuole

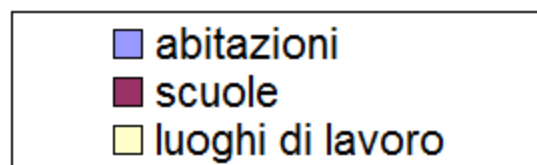
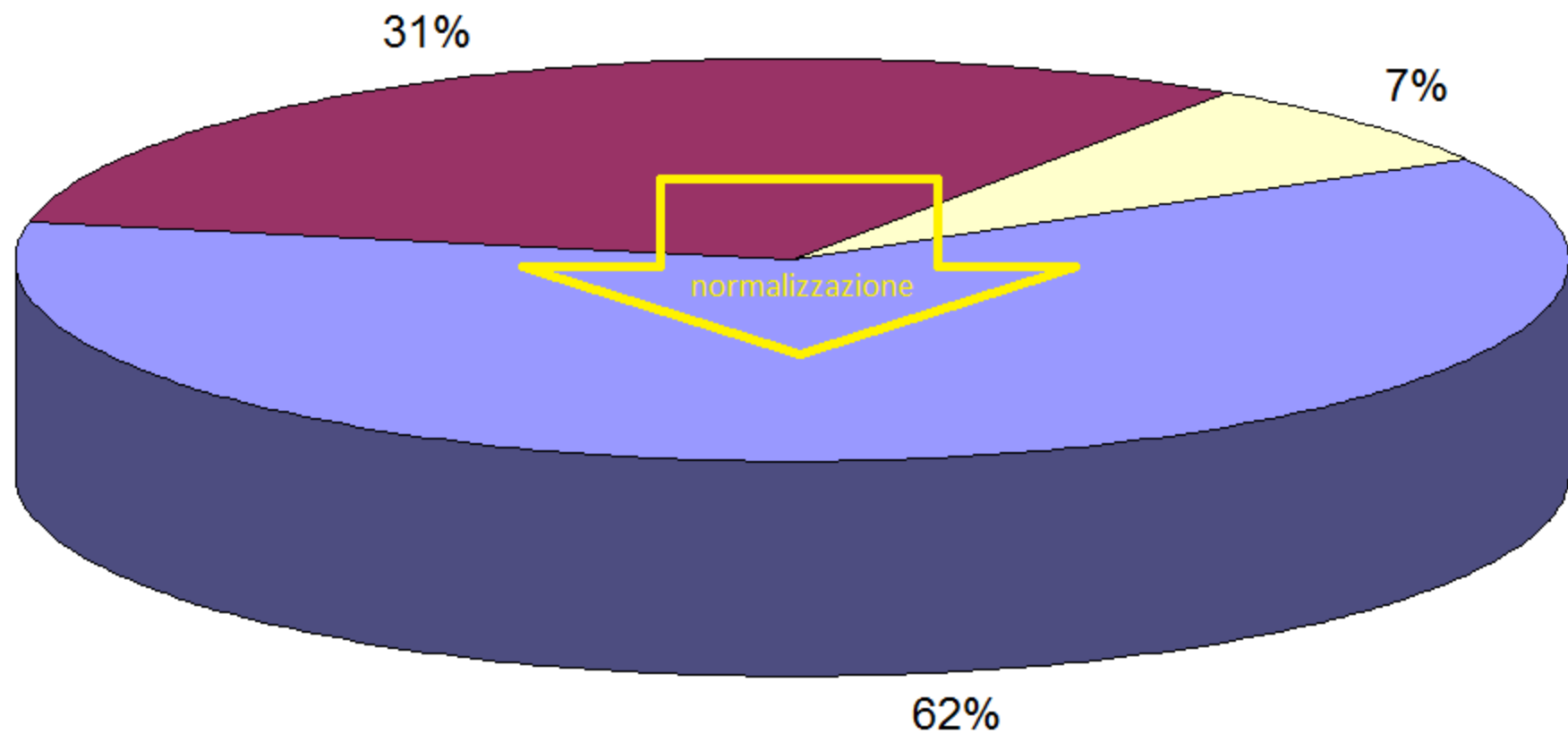
# Mappatura radon

Problemi:

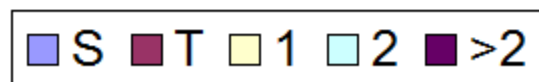
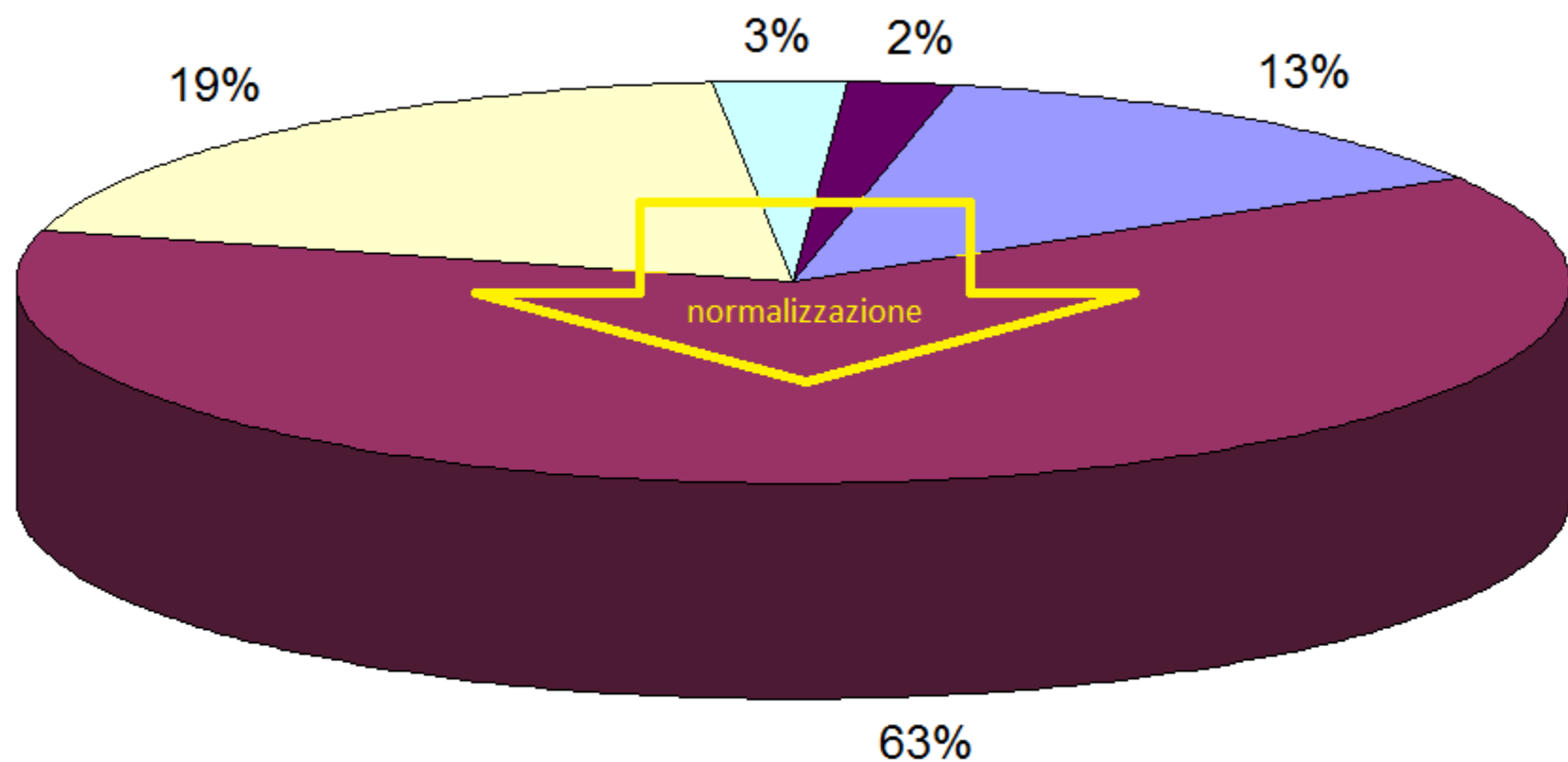
1) Armonizzazione base dati

2) Scelta unità territoriale

## Tipologia edilizia



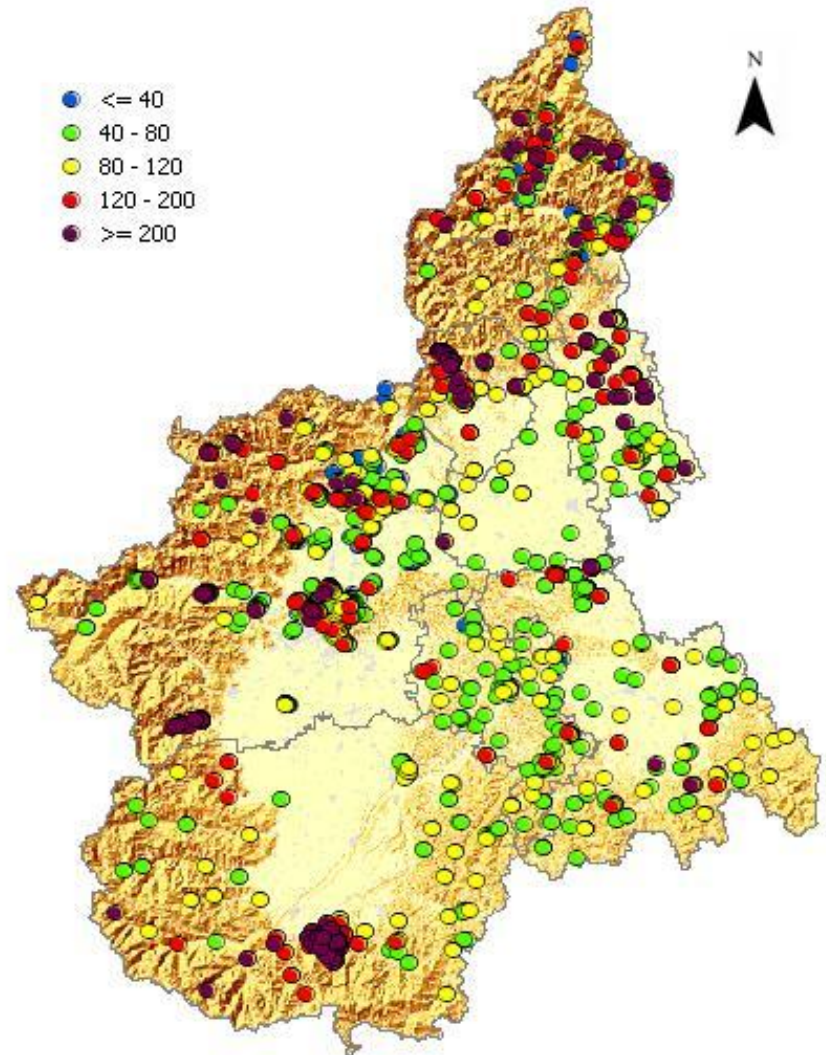
Distribuzione delle misure per piano





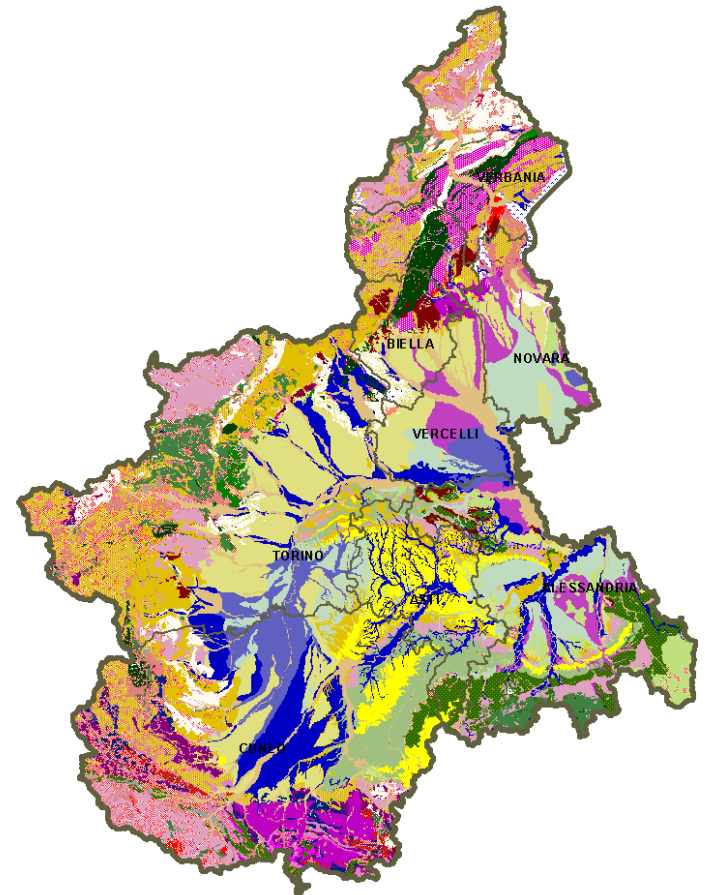
## UNITA' TERRITORIALE: IL COMUNE

- La distribuzione territoriale dei dati sperimentali disponibili era discretamente uniforme ma assolutamente non in grado di descrivere in modo adeguato tutti i 1206 Comuni del Piemonte

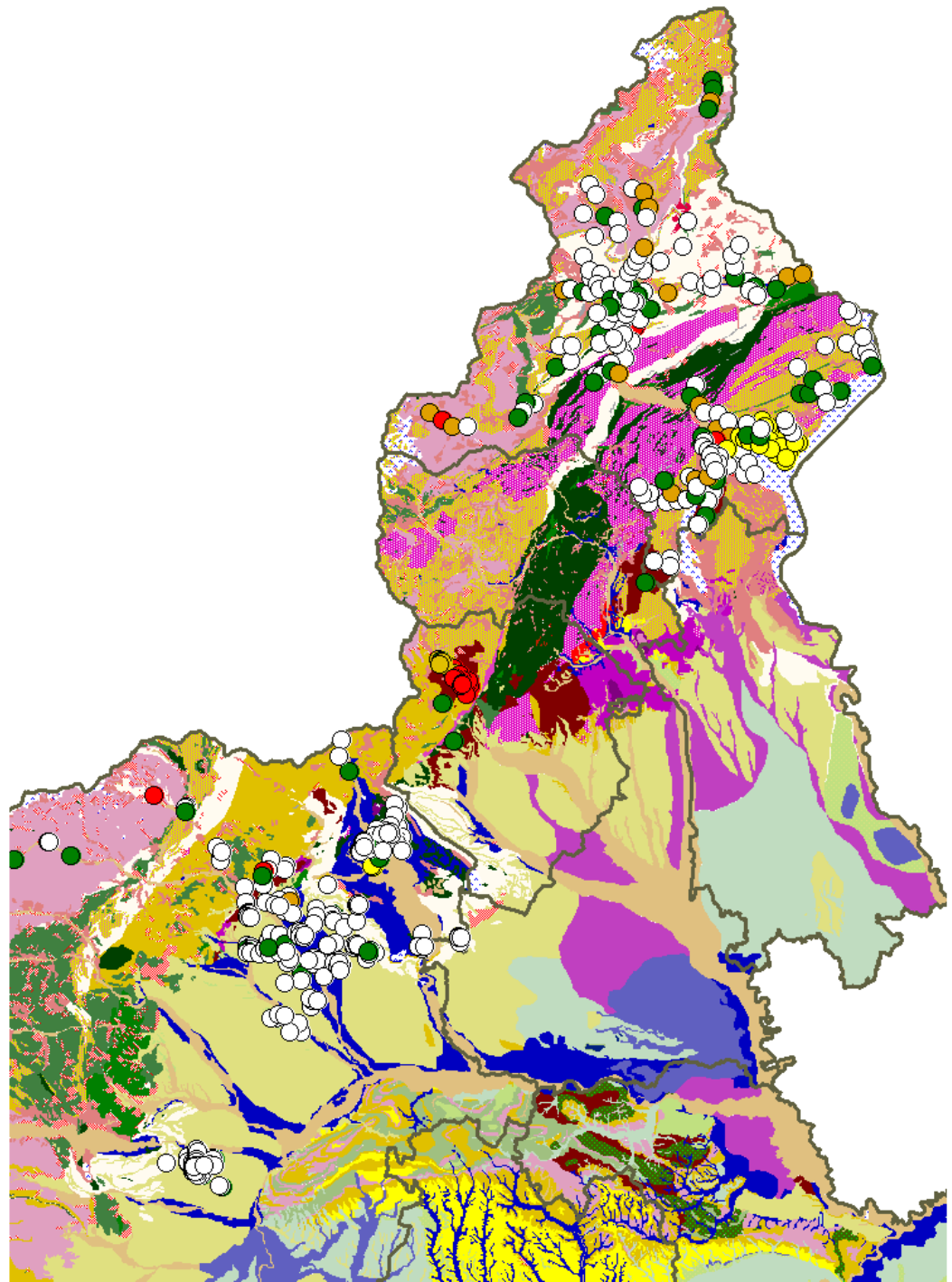


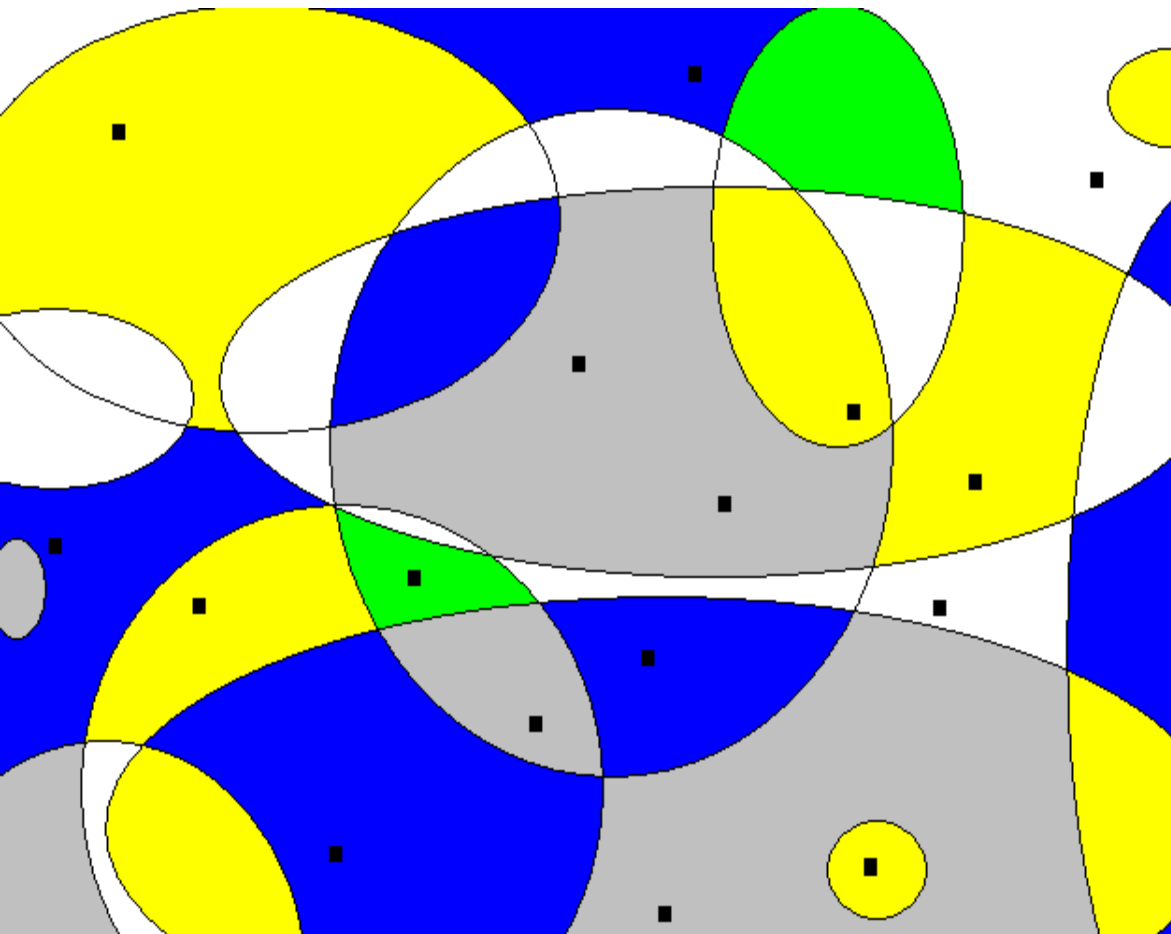
## MODELLO GEO-LITOLOGICO

- Partendo dalla carta delle litologie presenti in Piemonte e riclassificando opportunamente le varie tipologie, siamo stati quindi in grado di assegnare, anche per i Comuni privi di misure, un dato “stimato”



L'approccio seguito  
è stato allora  
semplicemente  
quello di  
sovrapporre alla  
base geologica i  
dati disponibili,  
cercando di  
caratterizzare le  
varie geolitologie a  
partire dai dati  
sperimentali radon  
indoor





$$MAL_i = \langle C_{Rn} \rangle_{L_i}$$

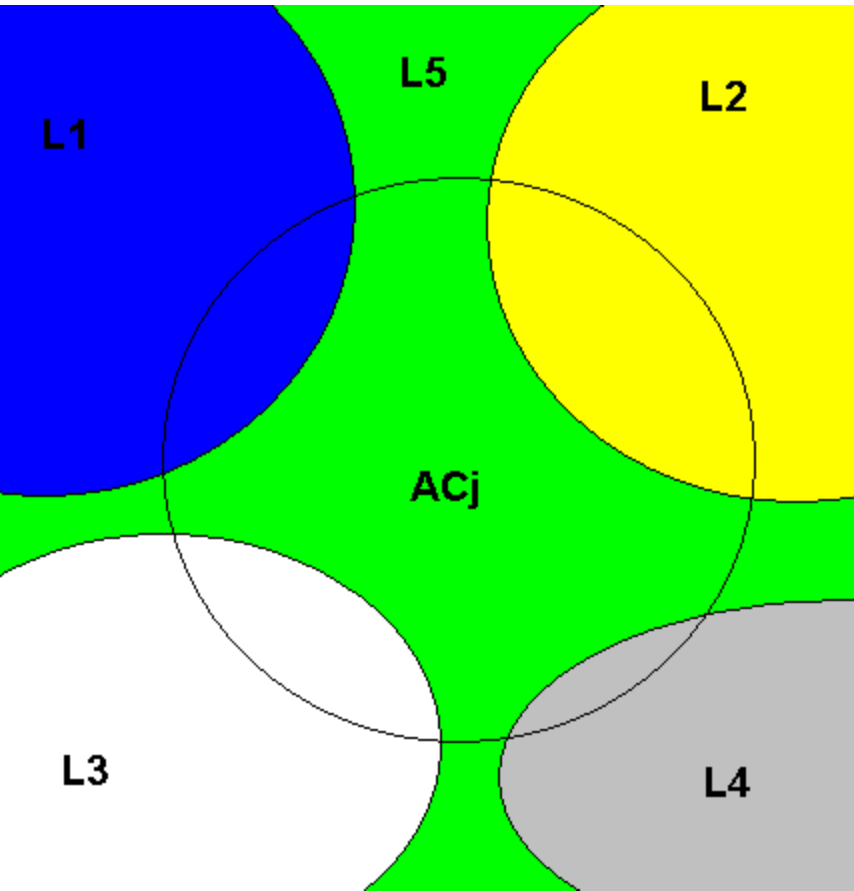
**Media Aritmetica  
Litologia i-esima**

- L1
  - L2
  - L3
  - L4
  - L5
- litologie
- CRn — punti di misura

**Media Aritmetica del j-esimo**

**Comune**

$$MACV_j = \frac{\sum_i [(AL_i \wedge AC_j) \cdot MAL_i]}{AC_j}$$



$AL_i$  = Area Litologia i

$AC_j$  = Area Comunale j

$MAL_i$  = Media Aritmetica  
Litologia i

# Indicatori per le unità territoriali di mappatura

Gli indicatori che sono stati scelti sono 2:

1. il valor medio  $M$  delle concentrazioni (al piano terra)

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i$$

2. la percentuale  $P_{\%LR}$  di abitazioni eccedenti un dato livello di riferimento  $LR$

$$P_{\%LR} = 100 \cdot \int_{LR}^{\infty} \frac{e^{-\frac{(\ln c - \mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot c} dc$$

I parametri della log-normale che descrive la distribuzione delle concentrazioni sono calcolati sperimentalmente, laddove i dati sono sufficienti:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(c_i) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\ln(c_i) - \mu]^2}$$

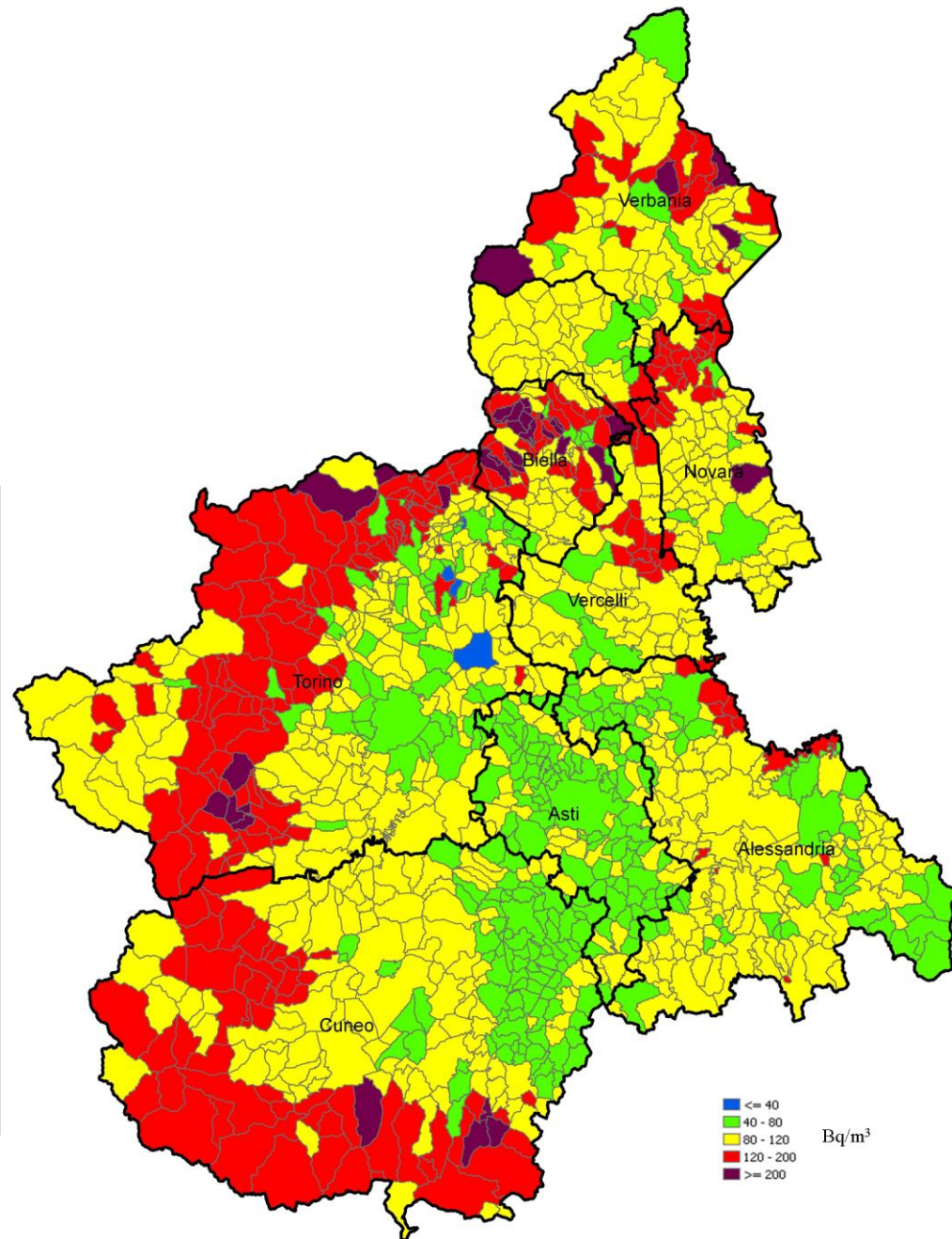
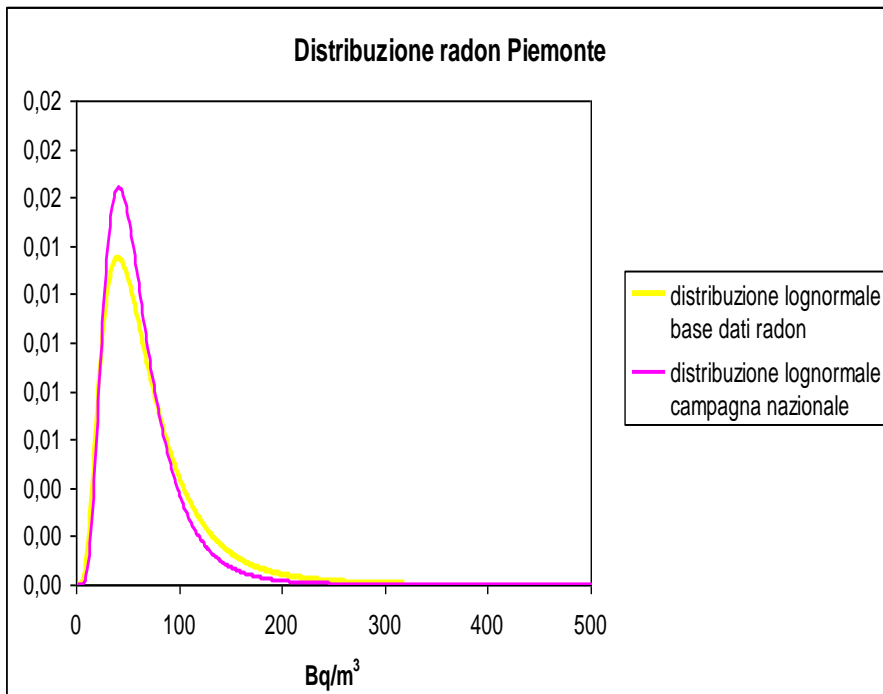
Nei Comuni dove il numero di misure era sufficientemente rappresentativo, i parametri della distribuzione log-normale sono stati calcolati direttamente, negli altri casi stimati grazie al modello



# RISULTATI

## indicatore media comunale

Distribuzione radon Piemonte

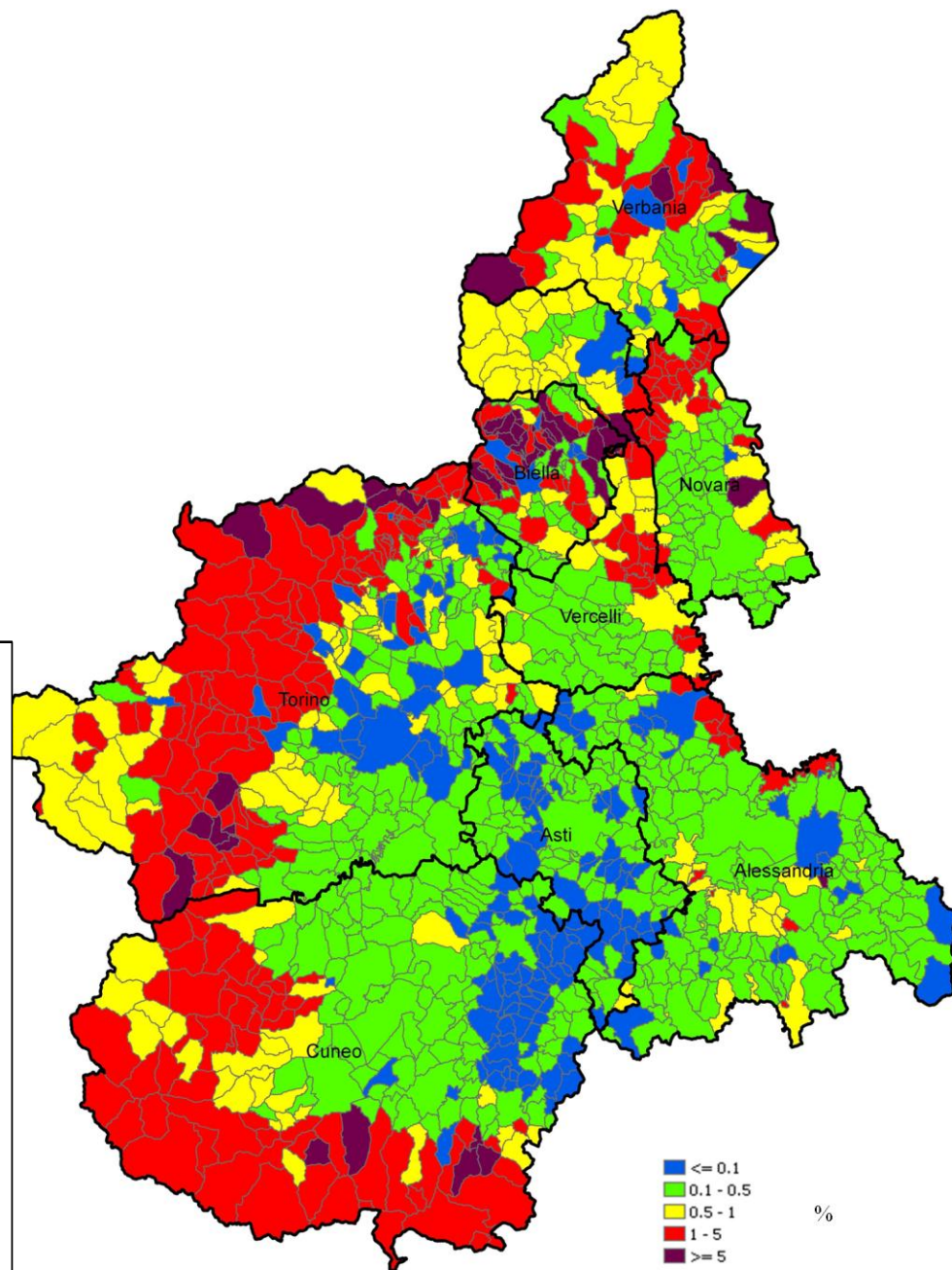
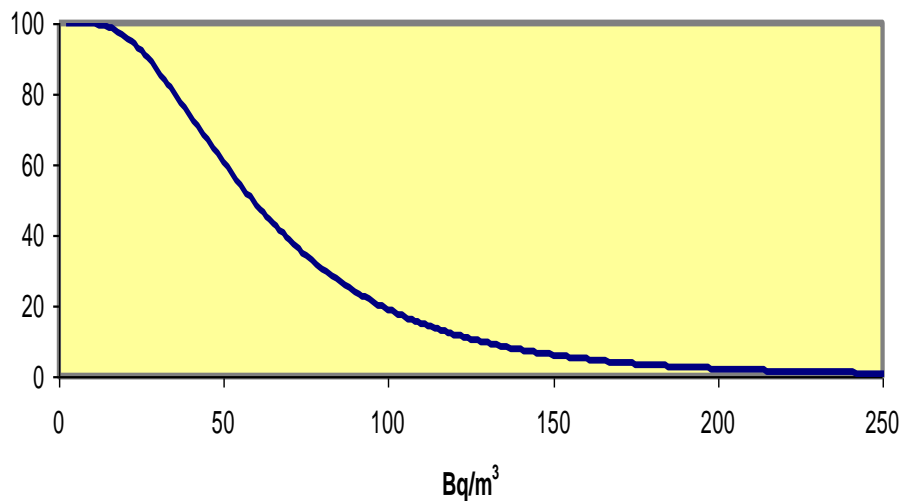


# RISULTATI

indicatore

**% > 400 Bq/m<sup>3</sup>**

% popolazione esposta oltre un dato valore di concentrazione



# Ma.....

- Ci siamo poi accorti analizzando meglio i risultati che, soprattutto in alcuni Comuni delle aree montane, c'era qualcosa che non andava nel nostro modello
- Il più delle volte si trattava (per fortuna) di una sovrastima delle concentrazioni
- Problema: la classificazione imprecisa delle litologie
- Soluzione: chiedere a dei geologi !!





# REVISIONE DELLA MAPPATURA CON CLASSIFICAZIONE DELLE LITOLOGIE CHE TENESSE CONTO CONTEMPORANEAMENTE:

a) Le concentrazione di radionuclidi  
nelle rocce e nei suoli piemontesi  
(394 campioni)

b) Le misure di radon indoor  
(4124 misure)

potenziale geogenico

mappatura del radon

componente terrestre del rateo di dose  $\gamma$

**IMPORTANTE:** la classificazione delle litologie è ottenuta in modo indipendente dalle misure di radon utilizzando le misure di spettrometria gamma

In futuro la base dati verrà ampliata :  
si prevede di analizzare una raccolta di campioni già utilizzati per la valutazione del fondo di inquinanti chimici e tuttora conservati  
(campionamento uniforme punti ogni 9x9 km)

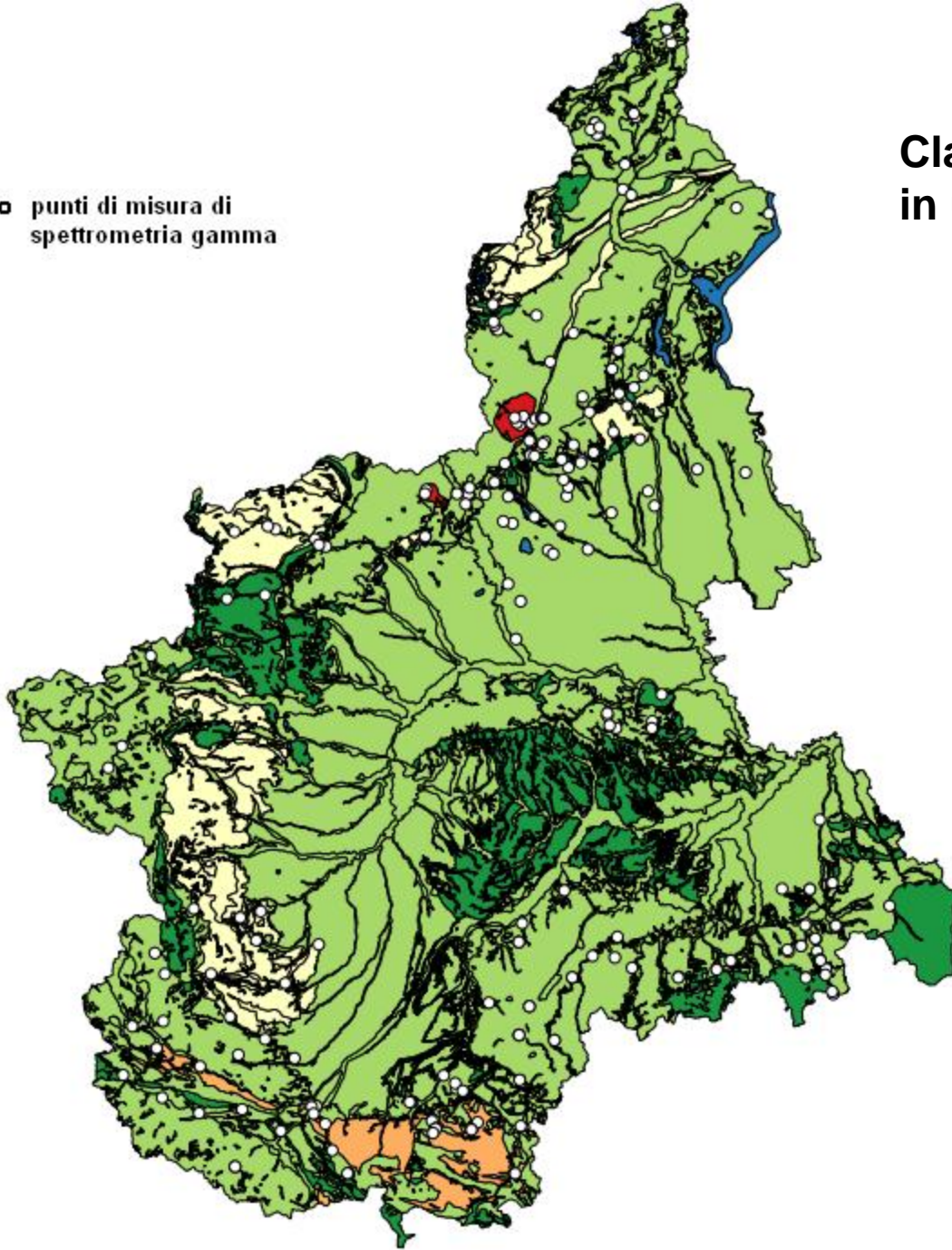


## Classificazione del Piemonte in unità radiogeolitologiche

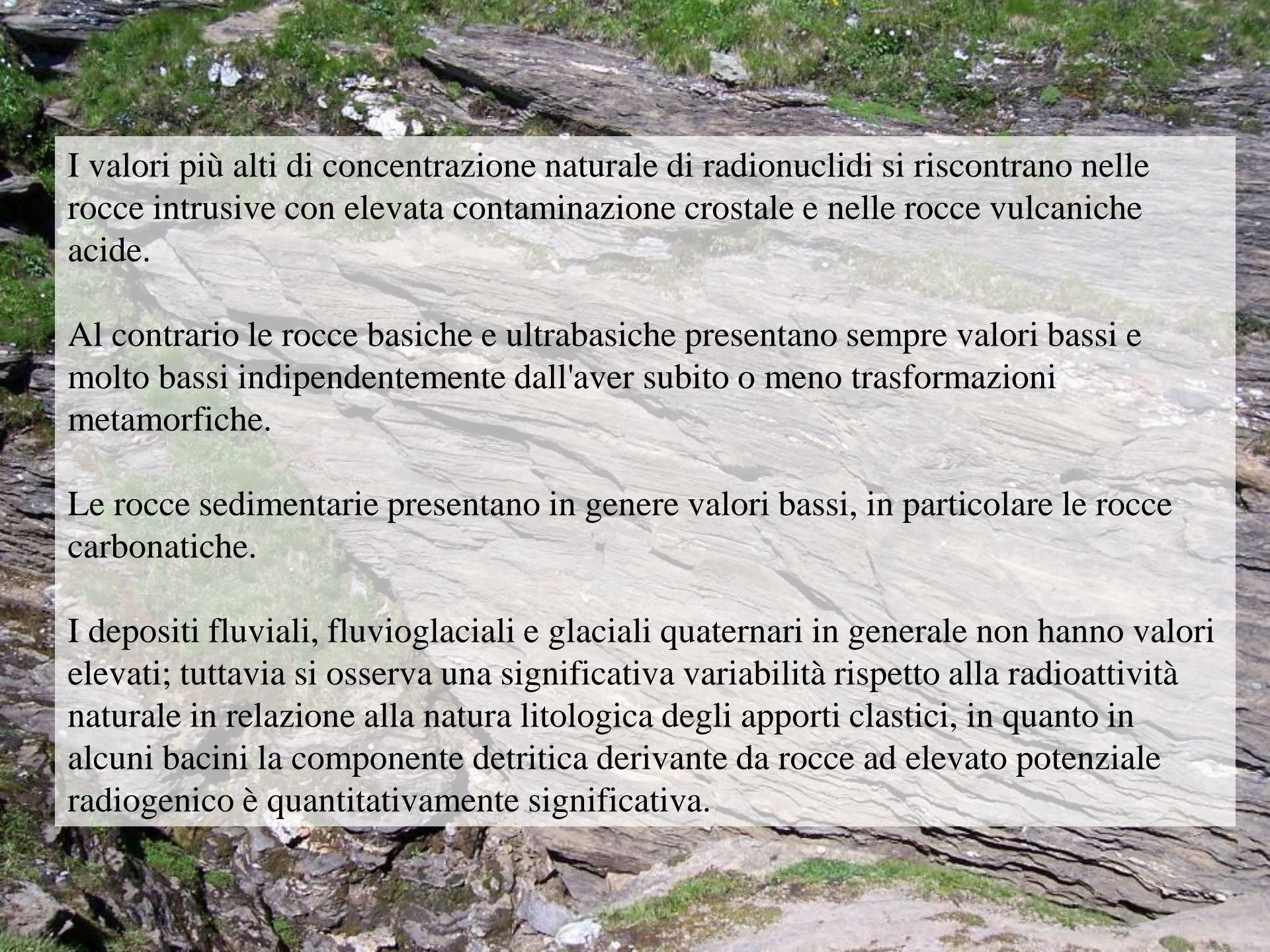
In base ai dati della spettrometria le circa 200 unità di legenda della carta geologica del Piemonte sono diventate 26 unità radiogeolitologiche

caratterizzate dall'ipotesi di omogeneità di contenuto radioattivo, pur mantenendo significatività dal punto di vista geologico.

○ punti di misura di spettrometria gamma







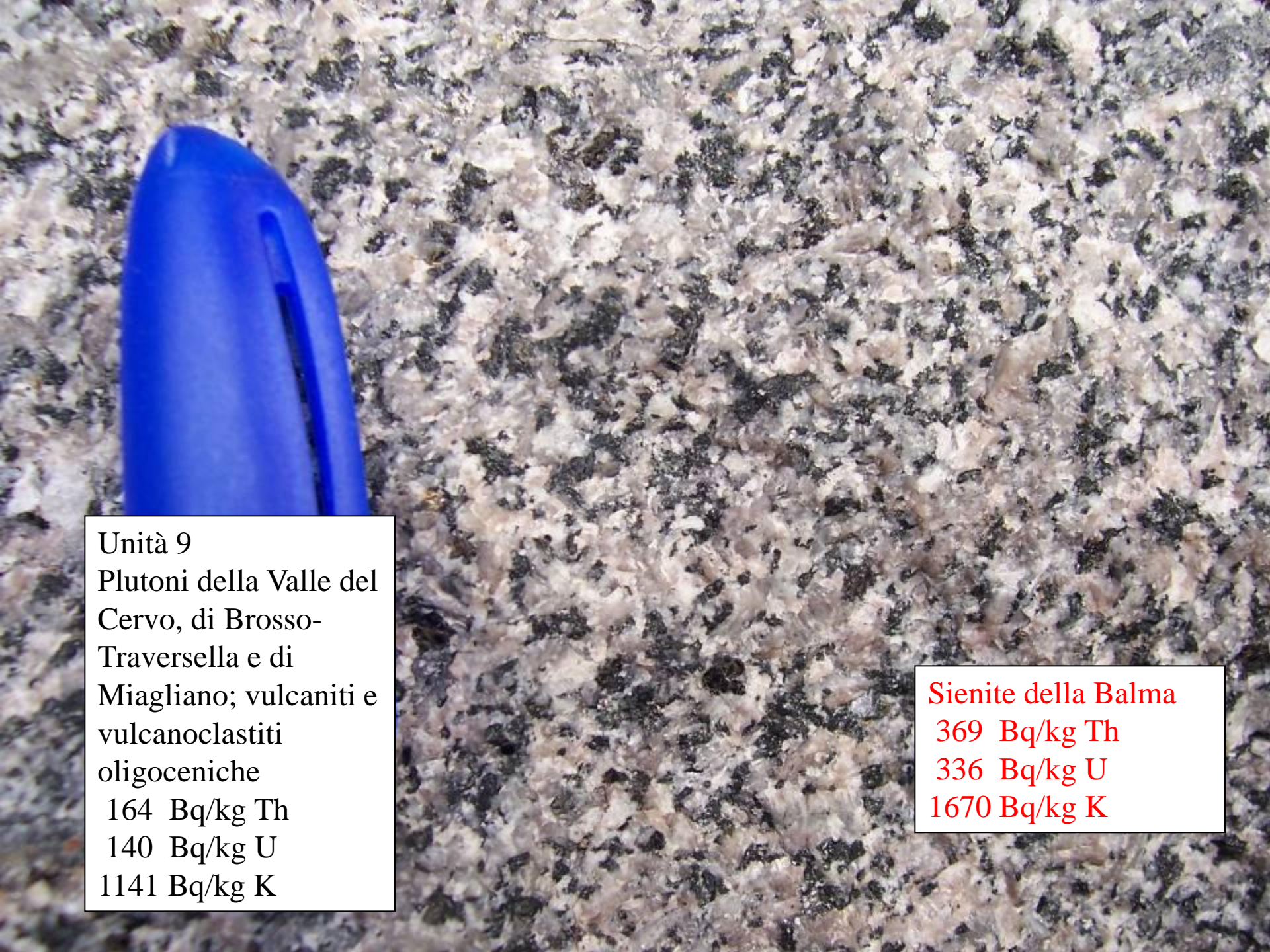
I valori più alti di concentrazione naturale di radionuclidi si riscontrano nelle rocce intrusive con elevata contaminazione crostale e nelle rocce vulcaniche acide.

Al contrario le rocce basiche e ultrabasiche presentano sempre valori bassi e molto bassi indipendentemente dall'aver subito o meno trasformazioni metamorfiche.

Le rocce sedimentarie presentano in genere valori bassi, in particolare le rocce carbonatiche.

I depositi fluviali, fluvioglaciali e glaciali quaternari in generale non hanno valori elevati; tuttavia si osserva una significativa variabilità rispetto alla radioattività naturale in relazione alla natura litologica degli apporti clastici, in quanto in alcuni bacini la componente detritica derivante da rocce ad elevato potenziale radiogenico è quantitativamente significativa.



A close-up photograph of a granite surface. The granite has a complex, multi-colored pattern with shades of beige, tan, and dark grey/black. In the lower-left foreground, a portion of a blue, curved object, possibly a tool or a piece of equipment, is visible. The background is filled with the intricate texture of the granite.

Unità 9  
Plutoni della Valle del  
Cervo, di Brosso-  
Traversella e di  
Miagliano; vulcaniti e  
vulcanoclastiti  
oligoceniche  
164 Bq/kg Th  
140 Bq/kg U  
1141 Bq/kg K

Sienite della Balma  
369 Bq/kg Th  
336 Bq/kg U  
1670 Bq/kg K





SCAPPELLINI E SIENITE,  
UOMINI E PIETRA TENACI  
DELLA VALLE DEL CERVO

PICAPÈRE E PÈRA DLA BALMA,  
OMNE E PÈRA GOURÈGN  
DLA BÛRSCH



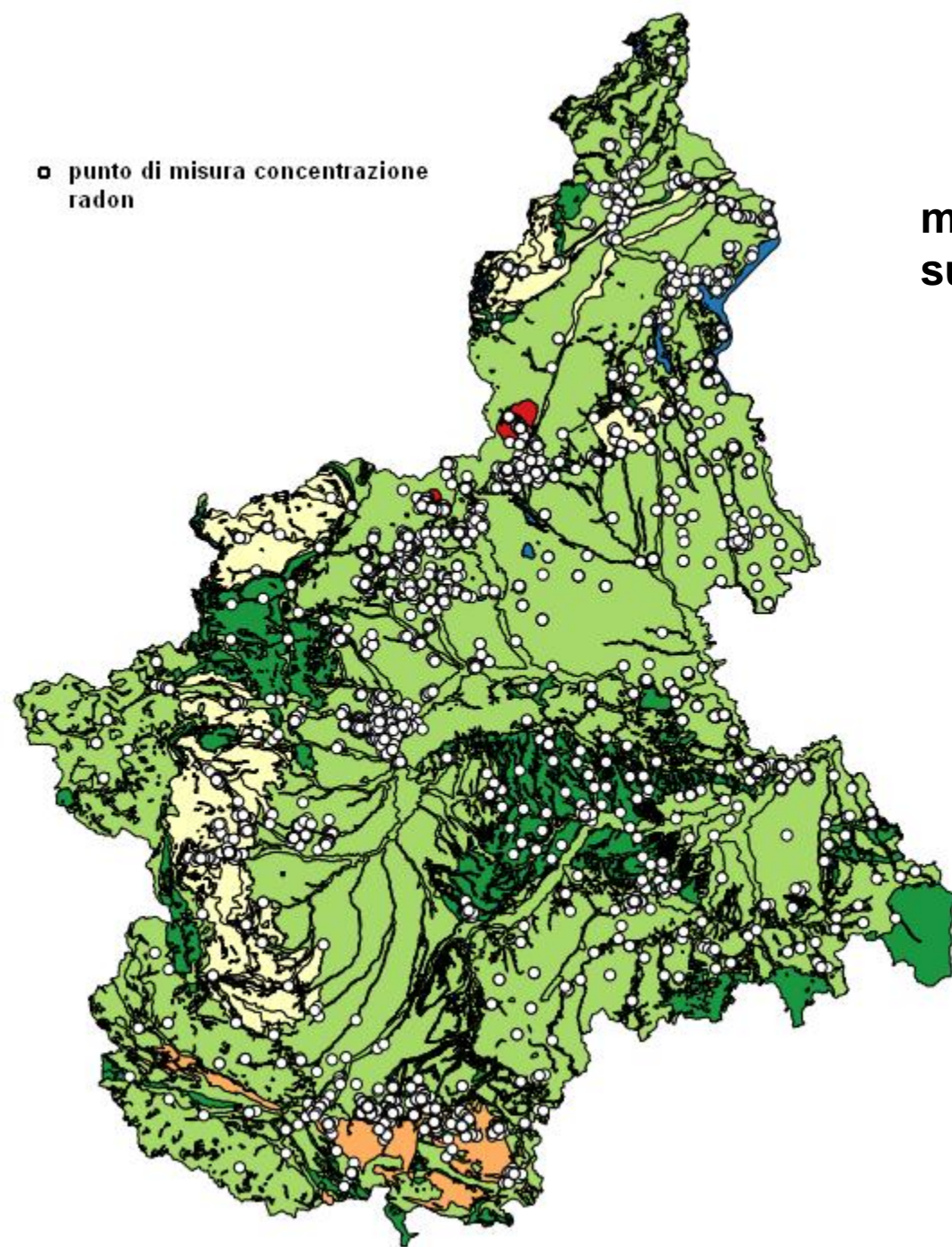
Sienite della Balma  
rateo di dose  
 $0,458 \mu\text{Gy/h}$



○ punto di misura concentrazione radon

## media sperimentale del Rn sulle unità radiogeolitologiche

Sovrapponendo le concentrazioni radon sperimentali alle nuove classi radiogeolitologiche si ottengono i valori medi di radon su tale suddivisione



## Costruzione della mappa radon sulle unità amministrative (Comuni)

Nelle unità amministrative si ottiene un valore di radon dalle medie sperimentali delle aree “radiogeolitologiche” che insistono sul territorio comunale

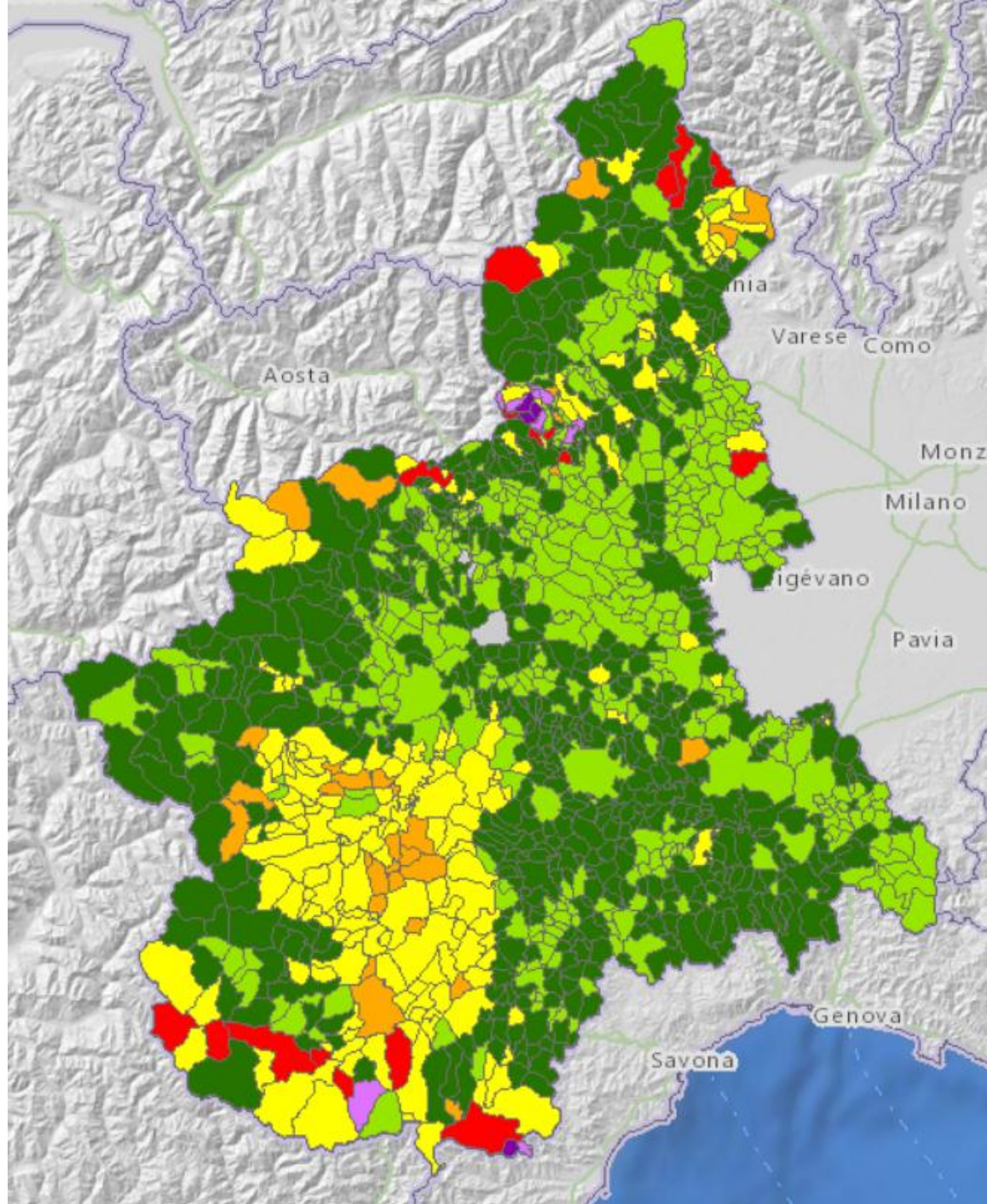
$$MA_j = \sum_{k=1}^p \frac{AL_k \cap AC_j}{AC_j} \cdot ML_k$$

Il modello supera in parte alcuni problemi legati alla variabilità antropogenica del radon che elaborazioni puramente geolitologiche non risolvono. Nel calcolo delle  $ML_k$  per le unità “radiogeolitologiche” ci basiamo sempre su misure di concentrazione radon

(~3700 misure per 26 classi radiogeolitologiche)



# Mappa delle concentrazioni al piano terra



**Geoportale – [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it)**

**Trova la concentrazione di gas radon  
nel tuo Comune**

**Mappa radon interattiva Regione Piemonte  
(media piano terra comune per  
comune) aggiornata al 01/06/2018:**

Aprire il link seguente alla voce "Arpa Piemonte -  
Radiazioni ionizzanti - Medie radon comunali" e  
selezionare il tasto Viewer

[http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.p  
hp/tematiche/radioattivita](http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/tematiche/radioattivita)

# Conclusioni

Le elaborazioni mostrate sono in continua evoluzione e miglioramento con l'arricchimento dei dataset (misure radon e di spettrometria gamma)

I criteri adottati sono applicabili in linea di principio con dettagli via via maggiori, inserendo nel modello anche informazioni aggiuntive, considerando ad esempio le aree edificate.

**Grazie per l'attenzione e grazie a tutti i colleghi di ARPA Piemonte che in questi anni hanno lavorato a questo progetto**





STRUMENTI  
GRAMMOLI

STRUMENTI  
GRAMMOLI

STRUMENTI  
GRAMMOLI



Allegato C



Allegato A