



Il Radon: aspetti legislativi, sanitari, ambientali e costruttivi

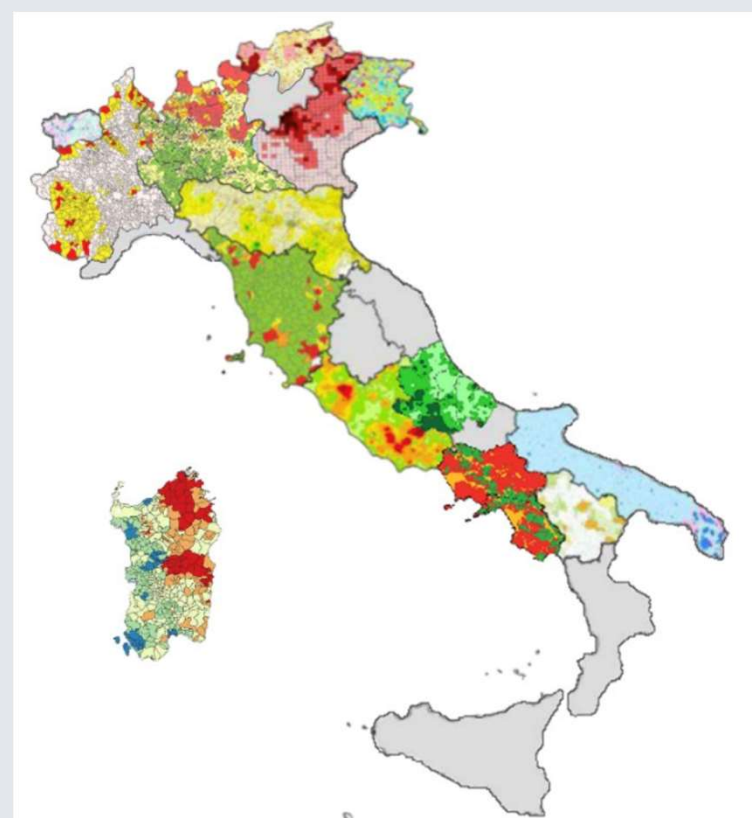
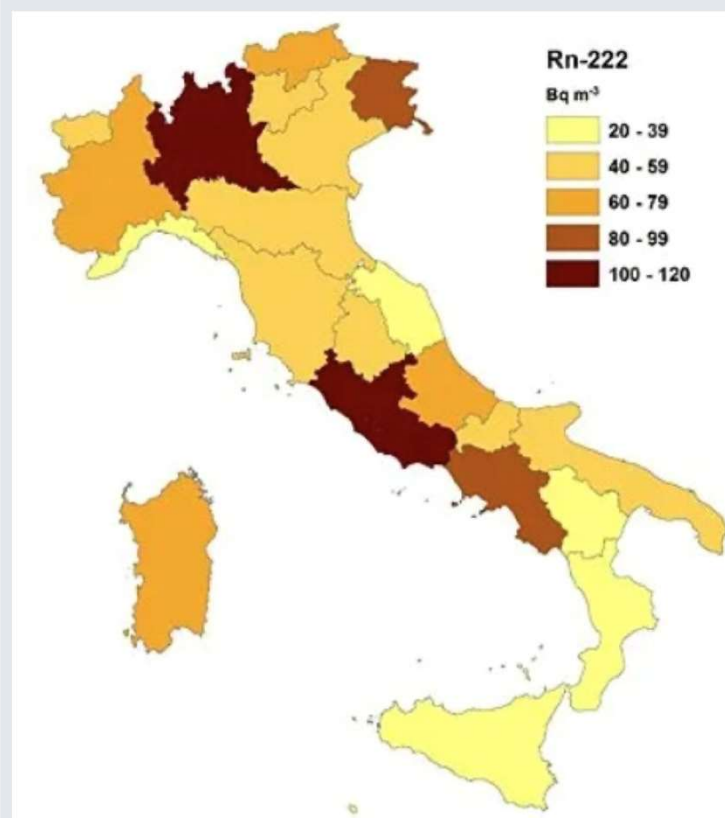
16 gennaio 2025

Aula Y1- Campus Universitario Ecotekne
Università del Salento

Via per Monteroni - Lecce

GIOVANNI QUARTA – RICERCATORE CNR-ISPC LECCE

Il Radon in Puglia: Ipotesi sull'influenza delle caratteristiche Idro-Geo-Morfologiche e Strutturali sulla origine delle concentrazioni anomale nel Salento



Mappa delle concentrazioni medie di radon stimate dall'indagine nazionale 1989-1998.

Quadro nazionale della mappatura delle aree a rischio radon, secondo quando riportato sui siti ARPA e APPA

Mappa aggiornata tratta dal portale dell'ISIN - Ispettorato per la Sicurezza Nucleare e Radioprotezione

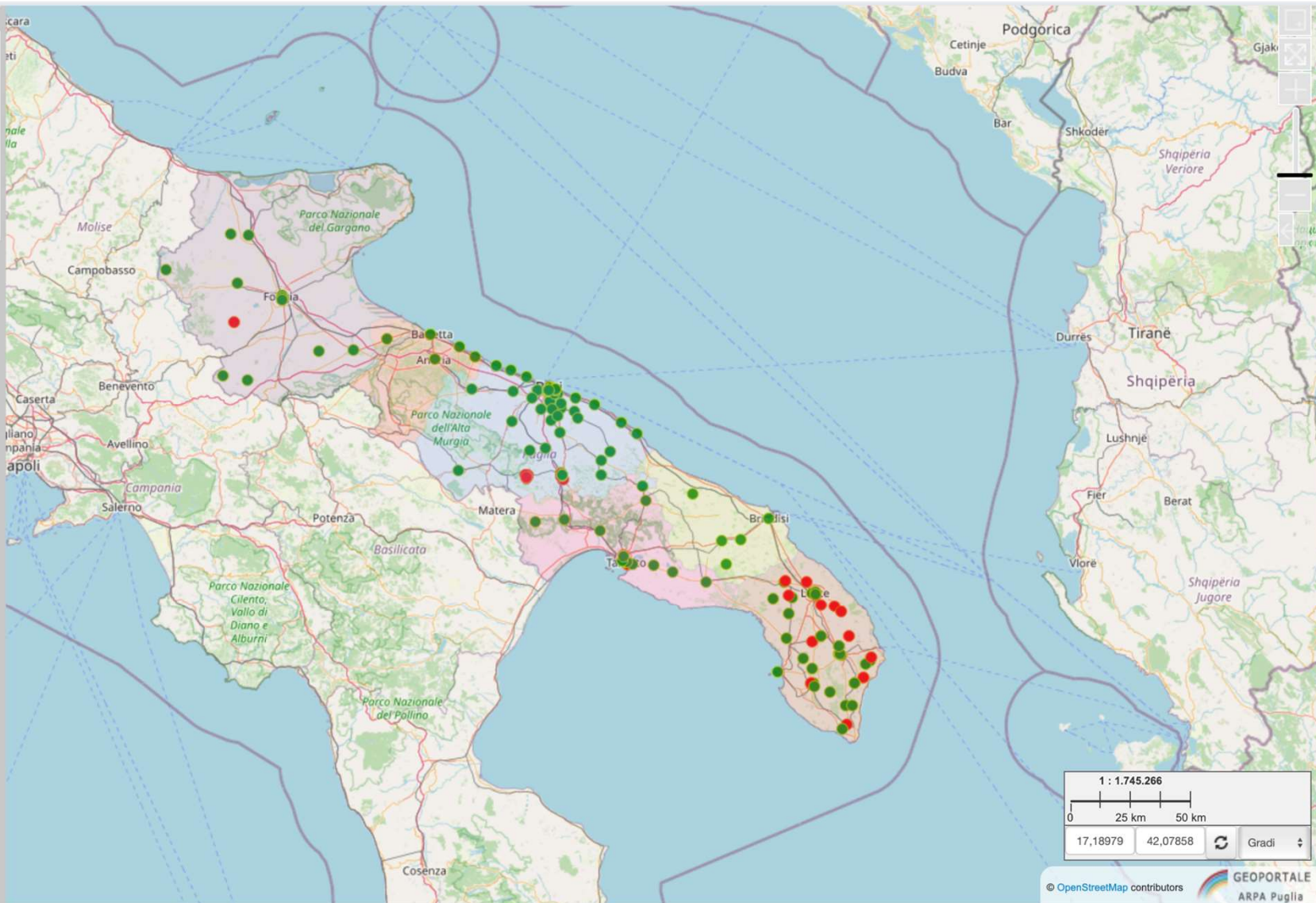


▼ monitoraggi radon

- NON Superamento
- Superamento

▼ Comuni_progetto_pilota

- Prima
- Seconda



DA DOVE PROVIENE IL RADON?

Il rischio da gas Radon rientra a pieno titolo tra quelli di natura geologica

Tipo di roccia	^{238}U (Bq/Kg)	^{232}Th (Bq/Kg)
Calcari	27	7
Rocce carbonatiche	26	8
Arenarie	18	11
granito	59	81
basalto	11	11
Sieniti-nefaline	100	69

Tabella 1.6 contenuto di Uranio e Torio in diversi tipi di rocce

Nelle rocce metamorfiche la quantità di **URANIO** è prevalentemente legata al tipo di roccia dalla quale ha avuto origine.

Il fissaggio nelle rocce sedimentarie è invece di difficile classificazione, ad esempio l'arenaria non ne contiene grandi quantità tranne nel caso in cui vi siano miscelati scisti di materiale carbonioso, che favoriscono il fissaggio dell'uranio. Un esempio di arenaria ricca di uranio è la grovacca essendo ricca di argilla, come anche la bentonite, formate per alterazione degli agenti atmosferici sulle rocce vulcaniche. A causa dell'affinità chimica tra fosfati ed uranio, le rocce fosfatiche tendono ad avere livelli elevati di questo elemento



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



OCF
ORDINE DEI
CHIMICI E FISICI
DI LECCE E
BRINDISI



GEOLOGIA e RADON

L' Uranio e il Torio sono i capostipiti di tutto il radon che si trova sulla terra. È utile perciò conoscere la loro distribuzione nelle rocce, nei minerali, nel suolo e nell'acqua, per comprendere la sua distribuzione sulla terra

L'Uranio è un oligoelemento presente in modo quasi omogeneo nella crosta terrestre. È presente nelle rocce e nei minerali come ione con carica tetravalente (4+) e viene indicato con U^{4+} . Tuttavia, se questo Uranio entra in contatto con acqua contenente ossigeno sciolto (ambiente fortemente ossidante), si ossida in un altro ione di Uranio, ma, questa volta, con carica esavalente (6+), e diventa perciò U^{6+} . **La differenza tra i due ioni è fondamentale per la comprensione della distribuzione dell'Uranio nelle rocce, nel suolo e nell'acqua della crosta terrestre.**



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

ASL Lecce
PugliaSalute



OCF
ORDINE DEI
CHIMICI E FISICI
DI LECCE E
BRINDISI

ordine
Ingegneri
provincia
di lecce



Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Lecce



Lo ione tetravalente ($4+$) è infatti fortemente insolubile che può combinarsi con l'acqua, in forma di idrossido di Uranio, $U(OH)_4$, che si fissa immediatamente. Al contrario lo ione esavalente U^{6+} è estremamente solubile e forma svariati ioni complessi con l'ossigeno O^{2-} e il **carbonato $CaCO_3$ CO^{2+}** . Poiché il carbonato è presente nella maggior parte dell'acqua di superficie, il complesso **carbonato di Uranio** diventa il più comune veicolo di trasporto **dell'Uranio in natura**. Se l'Uranio si fissa nei minerali nella **forma insolubile U^{4+}** , la fonte di radon viene a fissarsi, per necessità, **nello stesso punto**. Diversamente, se **l'Uranio è nella forma U^{6+}** , esso viene prelevato dalle rocce d'origine e si accumula nell'acqua o si fissa nel suolo, lontano dalla sua fonte

GEOLOGIA e RADON

La quantità di Radon non è però sempre direttamente legata alla quantità di Uranio, in quanto il Radio, da cui discende direttamente, ha un diverso comportamento geochimico. In particolare, appartenendo al gruppo degli elementi alcalino-terrosi, si concentra nei Solfati (soprattutto nella barite) e nelle rocce sedimentarie come le argille (Rossetti, 2008).

I diversi **processi di formazione del suolo**, che altro non sono che il prodotto del disfacimento del bedrock sottostante, **comportano concentrazioni di Uranio** nel suolo generalmente diverse da quelle della crosta terrestre. In particolare per processi di “chemical weathering”, **l’Uranio può essere rilasciato o rimosso per percolamento o per un flusso d’acqua, per poi eventualmente riprecipitare in ambiente riducente**, ad esempio nei suoli con orizzonti moderatamente ricchi in calcio.

Nel caso dell’**area pugliese il prodotto di alterazione del calcari è la terra rossa**. Questo prodotto di alterazione rappresenta **il suolo di copertura degli affioramenti calcarei** e si **accumula con spessori considerevoli** all’interno dei numerosi bacini endoreici o in corrispondenza di doline, voragini o all’interno delle cavità presenti all’interno degli ammassi carbonatici carsificati.

GEOLOGIA e RADON

Tipo di suolo	^{226}Ra (Bq/Kg)	^{222}Rn (Bq/m ³)
Suoli con contenuto normale di radio	15 - 65	5000 – 30000
Suoli con frammenti di granito	130 – 125	10000 – 60000
Suoli con frammenti di granito ricco in uranio	125 – 360	10000 – 200000
Ghiaia	30 – 75	10000 – 150000
Sabbia	5 – 35	2000 – 20000
Limo	10 – 50	5000 – 60000
Argilla	10 – 100	10000 – 100000
Suolo contenente frammenti di alum shale	175 – 2500	50000 - >10 ⁶

Tabella 1.3: Concentrazioni medie di ^{226}Ra e ^{222}Rn nei suoli a un metro di profondità.

Principalmente il radon entra in atmosfera attraversando l'interfaccia suolo-aria con una certa velocità, detta velocità di esalazione ($Bq\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$). Il coefficiente di diffusione D in aria é pari a $0.1\text{ cm}^2\cdot s^{-1}$ (10000 volte più grande rispetto a quello in acqua); di conseguenza la distanza di diffusione \sqrt{Dt} (dove τ e' la vita media del radon) è 2.2 m (Tab. 1.7).

Come il Radon entra in atmosfera?

Mezzo	Distanza diffusione media ^{222}Rn (cm)	Costante di diffusione ^{222}Rn ($\text{cm}^2\text{ s}^{-1}$)
Aria	220	10^{-1}
Suolo poroso	155	$5\ 10^{-2}$
Acqua	2.2	10^{-5}
Suolo poroso saturo	1,55	$5\ 10^{-6}$

Tabella 1.7: Distanza di diffusione del ^{222}Rn in diversi mezzi (Tanner, 1964).

Tabella 3.5 – Stima della permeabilità dei terreni basata sulla granulometria prevalente

Tipo di suolo	Ghiaia			Sabbia			Limo			Argilla		
	G	M	F	G	M	F						
Diametro dei Grani mm	20	6	2	0,5	0,02	0,05						0,005
K in cm/sec	10^2	10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Classificazione	Molto Permeabile			Permeabile			Poco Permeabile			Non Permeabile		

Il radon atmosferico presenta un profilo verticale di concentrazione che varia da un massimo in corrispondenza del livello suolo-aria a un valore minimo nella troposfera. Tale diminuzione di concentrazione è dovuta all'azione di rimescolamento dell'aria e al relativamente breve tempo di dimezzamento del radon.

DA DOVE PROVIENE IL RADON?

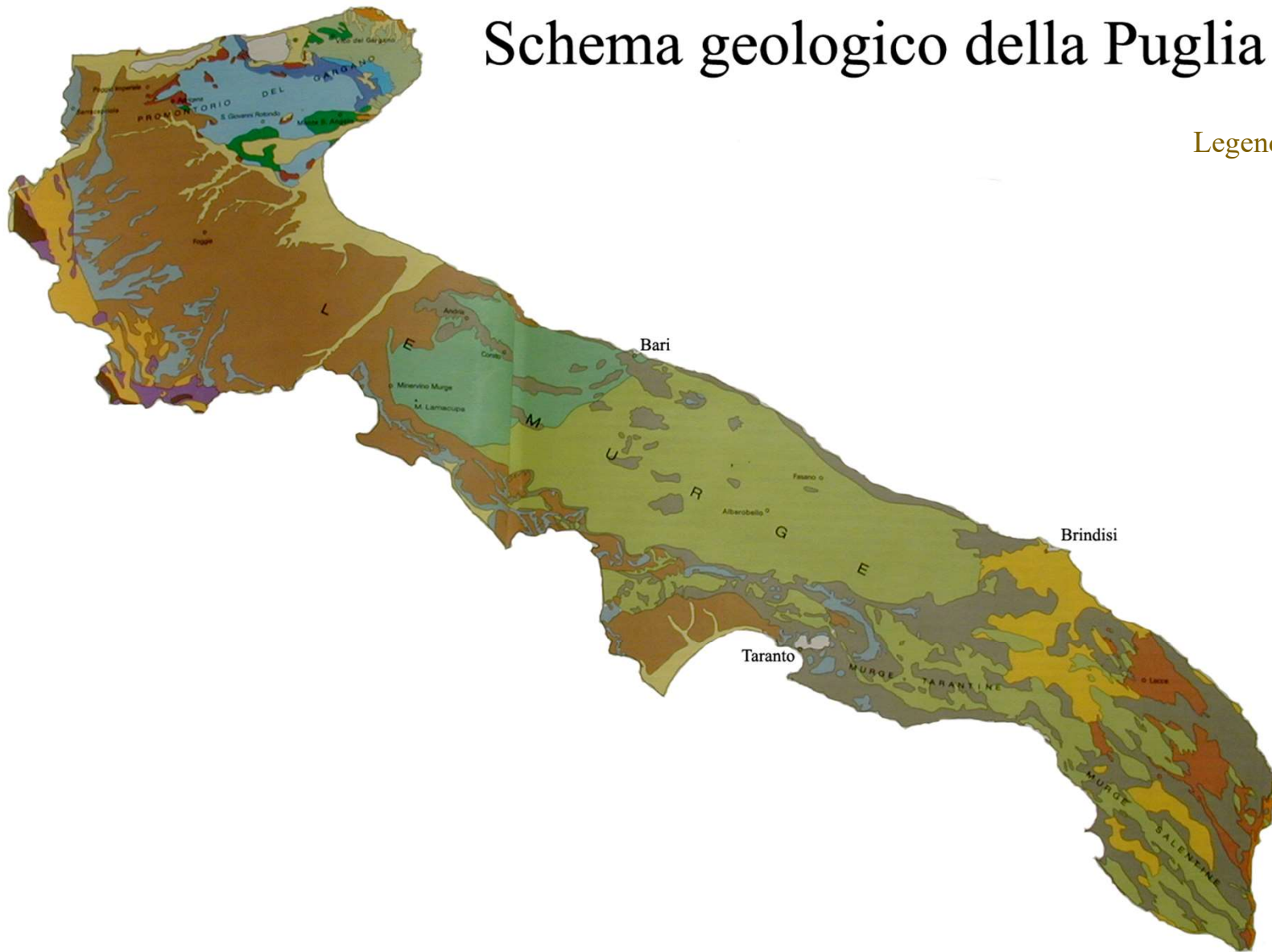
Geologia e Radon: Quali connessioni in Puglia ed in particolare nel Salento?

La conoscenza delle caratteristiche Geologiche e dei suoli di un territorio è fondamentale per comprendere se tale area è esposta a pericolosità da Radon e di conseguenza all'interno delle abitazioni dell'area.

I fattori principali sono:

1. **Rocce ricche di Uranio e Torio nelle rocce dell'area; NO**
2. **Elevata permeabilità dei suoli; ?**
3. **Suoli ben drenati o asciutti durante lunghi periodi dell'anno; SI**
4. **Presenza di profonde fratture di trazione nei mesi estivi; SI**
5. **Collocazione di pendio o versante; ? Ma in generale NO soprattutto nel Salento**
6. **Sottili coltri di copertura sulle rocce superficiali; SI**
7. **Basamento roccioso fratturato; SI**
8. **Basamento roccioso ricco di cavità e caverne anche carsiche; SI**
9. **Elevati livelli di Radon sono noti in abitazioni; SI**

Schema geologico della Puglia



Legenda

1. Argille limose, limi, sabbie, ghiaie e torbe dei depositi alluvionali e delle piane costiere; "terre rosse" dei depositi colluviali; sabbie sciolte e sabbie calcaree pseudocoerenti delle dune costiere. OLOCENE.
2. Sabbie e limi, talora con livelli di argille limose e di calcareniti tenere stratificate. PLEISTOCENE SUPERIORE E MEDIO.
3. Sabbie e ghiaie con interstrati di conglomerato e di argille limose. PLEISTOCENE SUPERIORE E MEDIO.
4. Argille marmose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro. PLEISTOCENE-PLIOCENE.
5. Calcareniti a grana medio-grossolana, tenaci o friabili, a stratificazione indistinta e calcari organogeni. PLEISTOCENE E/O PLIOCENE.
6. Arenarie molassiche con lenti di conglomerati e talora con intercalazioni di argille sabbiose, generalmente mal stratificate. MIOCENE SUPERIORE.
7. Alternanza di calcari marnosi, calcareniti, calciruditi argille e arenarie ben stratificate (flysch calcareo-marnoso). MIOCENE.
8. Calcareniti tenere a cemento prevalentemente calcifico ("Pietra Leccese"); calcareniti associate con calcari e marmo. MIOCENE SUPERIORE - SERRAVALLIANO.
9. Calcareniti organogene grossolane associate a calciruditi, breccie calcaree e calcari marnosi giallastri o rosati. MIOCENE (SERRAVALLIANO-LANGHIANO).
10. Calcari organogeni compatti e calcareniti friabili a stratificazione indistinta o evidente. OLIGOCENE-PALEOCENE.
11. Argille varicolori scagliose inglobanti, spesso caoticamente, inclusi lapidei formati in prevalenza da calciruditi, brecciole e arenarie quarzose. OLIGOCENE-CRETACEO SUPERIORE.
12. Calcari bianchi compatti, talora ceroidi, associati a calcari organogeni e detritico-organogeni e, localmente, a calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola. CRETACEO SUPERIORE.
13. Calcari organogeni in grosse bancate associati a calcareniti e calciruditi, a stratificazione regolare e mal definita, ed a calcari bianchi fittamente stratificati. CRETACEO.
14. Calcari bianchi, talora giallastri e nocciola, sottilmente stratificati con intercalazioni di selce, sotto forma di interstrati vene e noduli, e di marne argillose grigio-verdastre. CRETACEO.
15. Calcari bianchi alternati a calcari dolomitici e dolomie metasomatiche, grigio e nocciola, calcari con intercalazioni marno-argillose; calcareniti e breccie calcaree. CRETACEO SUPERIORE-GIURASSICO INF.
16. Calcari compatti e ceroidi, bianchi, grigi e rosati, alternati con calcari oolitici e pisolitici grigiastri e, più raramente, con dolomie grigie. GIURASSICO SUPERIORE-CRETACEO INF.
17. Calcari bioclastici, dolomie e calcari dolomitici, talora con selce, a stratificazione assente. CRETACEO INFERIORE-GIURASSICO SUPERIORE.
18. Calcari organogeni e calcari dolomitici, vucolari, a stratificazione, indistinta o assente. GIURASSICO SUPERIORE (Malm).
19. Calcari e calcari marnosi neri; gessi bianco-grigiastro e neri, microcristallini. RABBIANO: Piccolo affioramento della Punta delle Pietre Nere con presenza di basalti nefelinici e pirosseniti biotitiche di età post-rabbiiana.

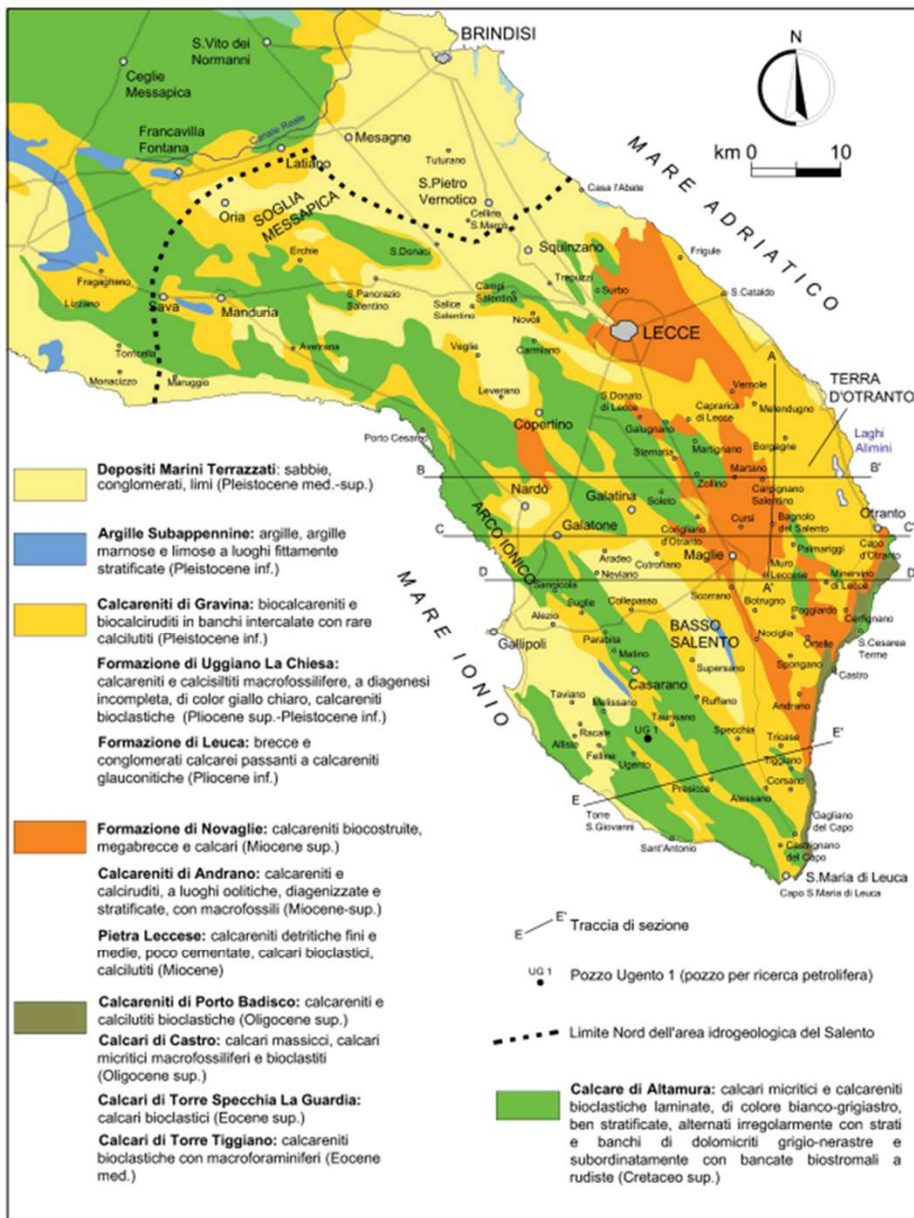
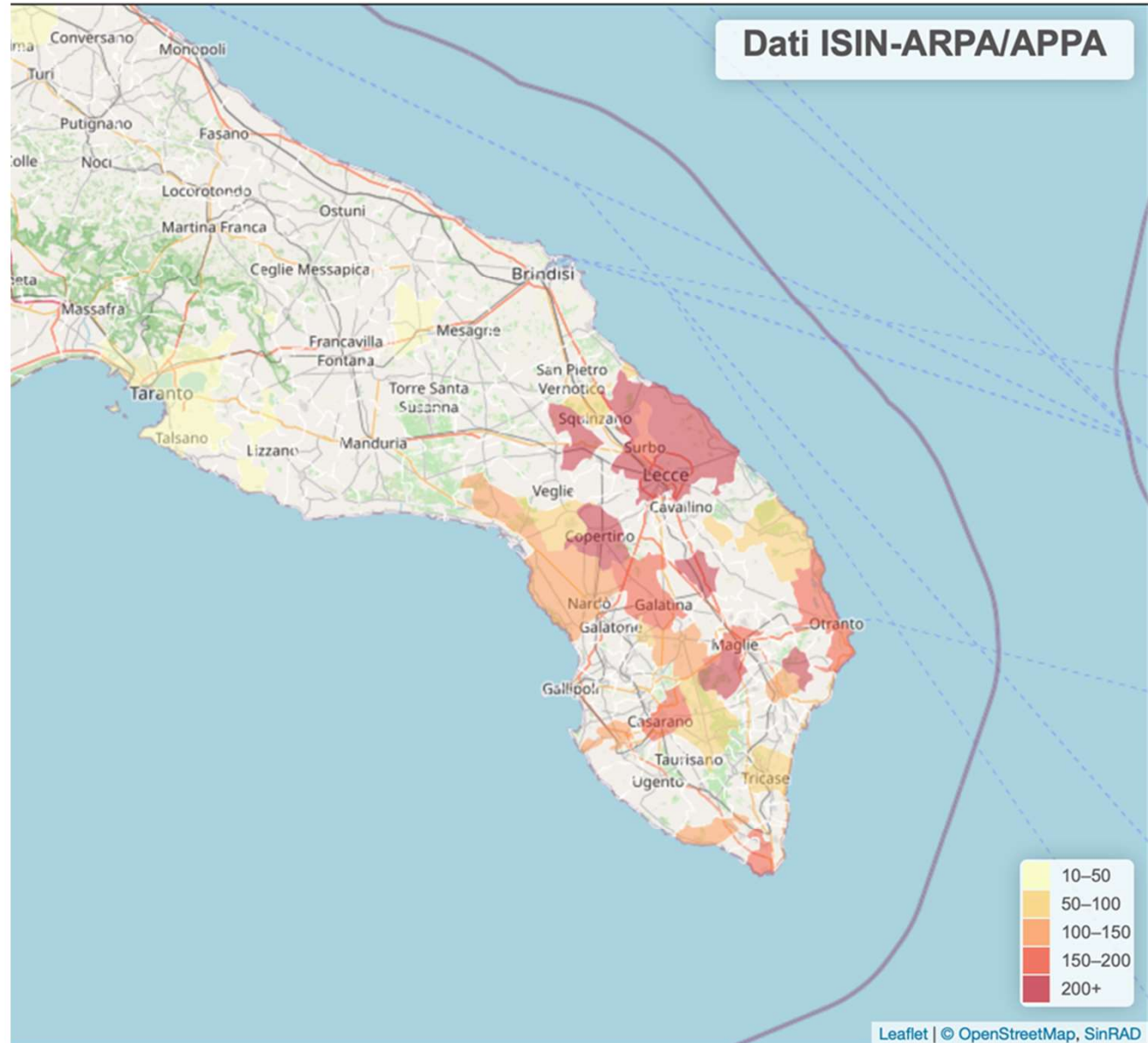


Fig. 18.1 - Carta geologica della Penisola Salentina.



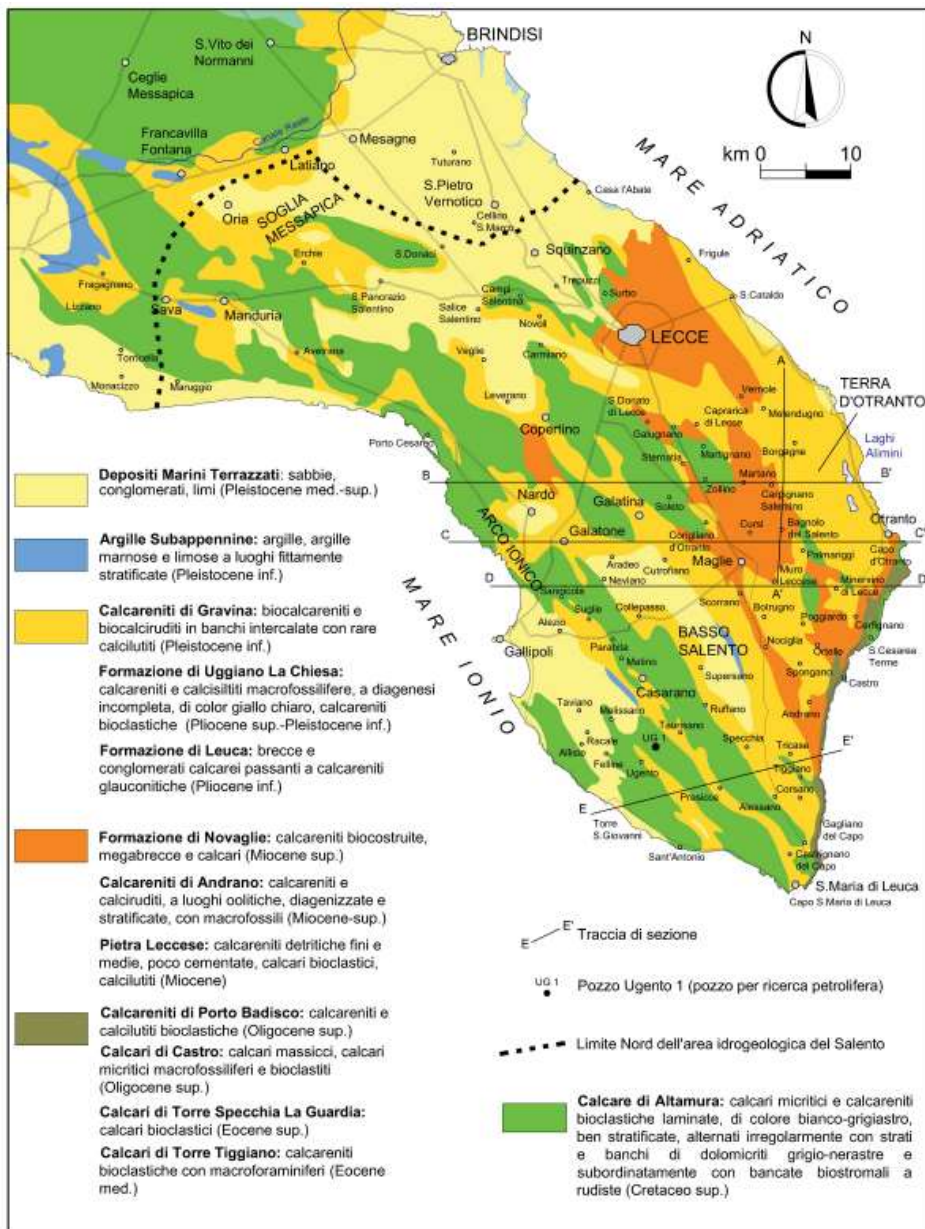


Fig. 18.1 - Carta geologica della Penisola Salentina.

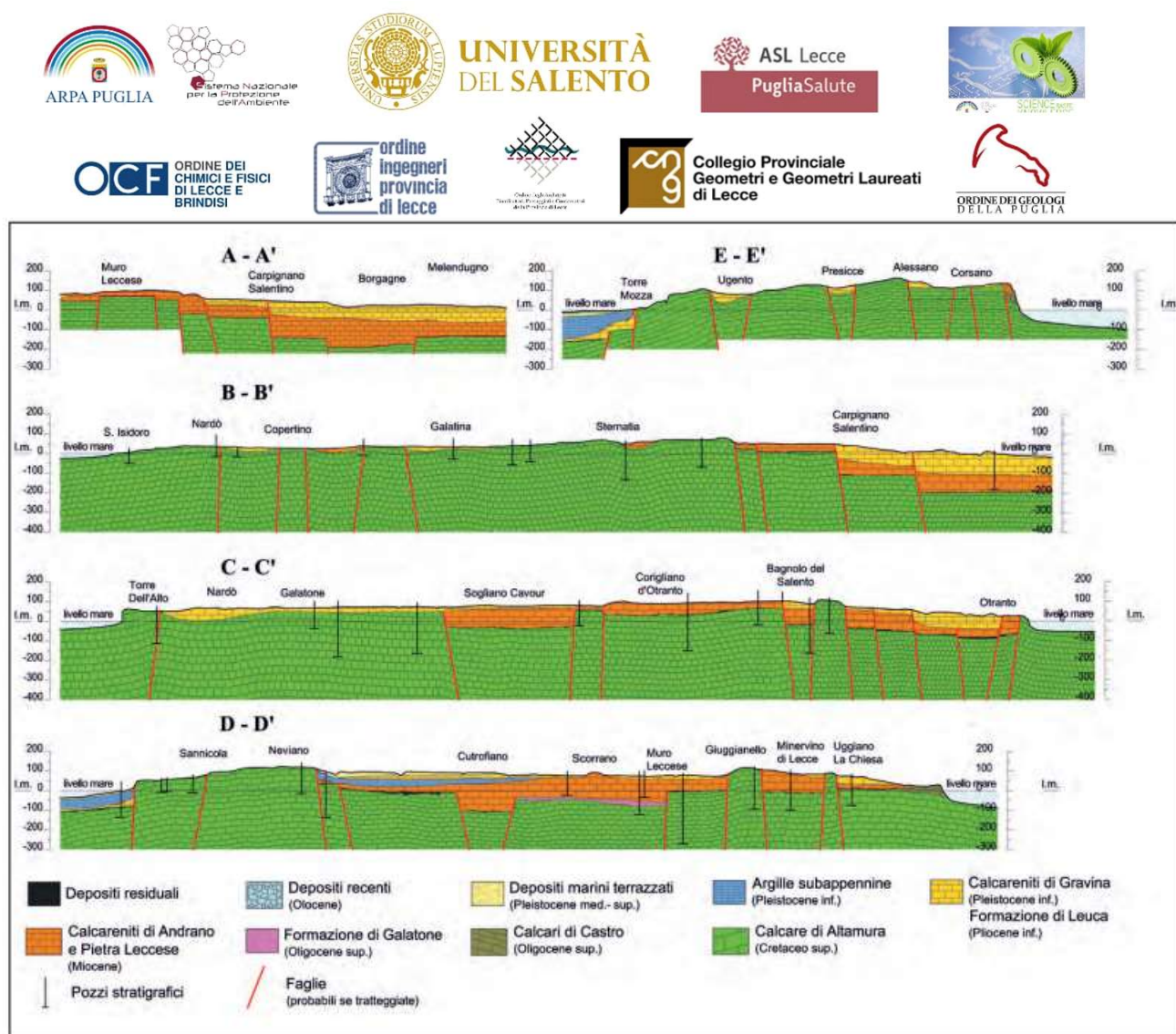


Fig. 18.2 - Sezioni geologiche schematiche della Penisola Salentina le cui tracce sono indicate in fig. 18.1.
- Schematic geological profiles of the Salento Peninsula (traces shown in fig. 18.1).

Da area idrogeologica del Salento – Ispra Vol. 92 2 parte



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



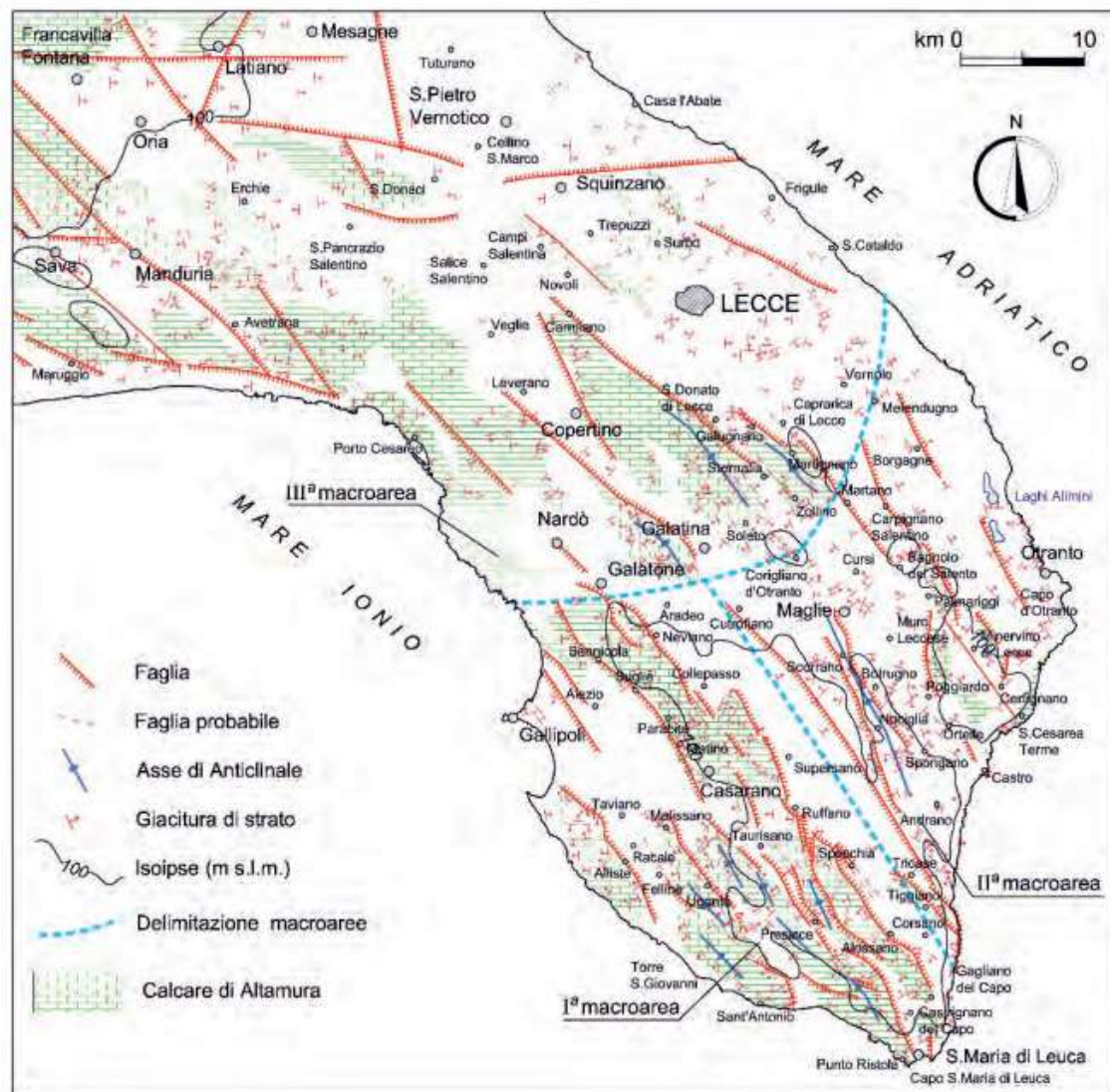


Fig. 18.3 - Carta tettonica della Penisola Salentina.
- Tectonic Map of the Salento Peninsula.



Fig. 18.4 - Carta geomorfologica della Penisola Salentina.
- Geomorphological map of the Salento Peninsula.

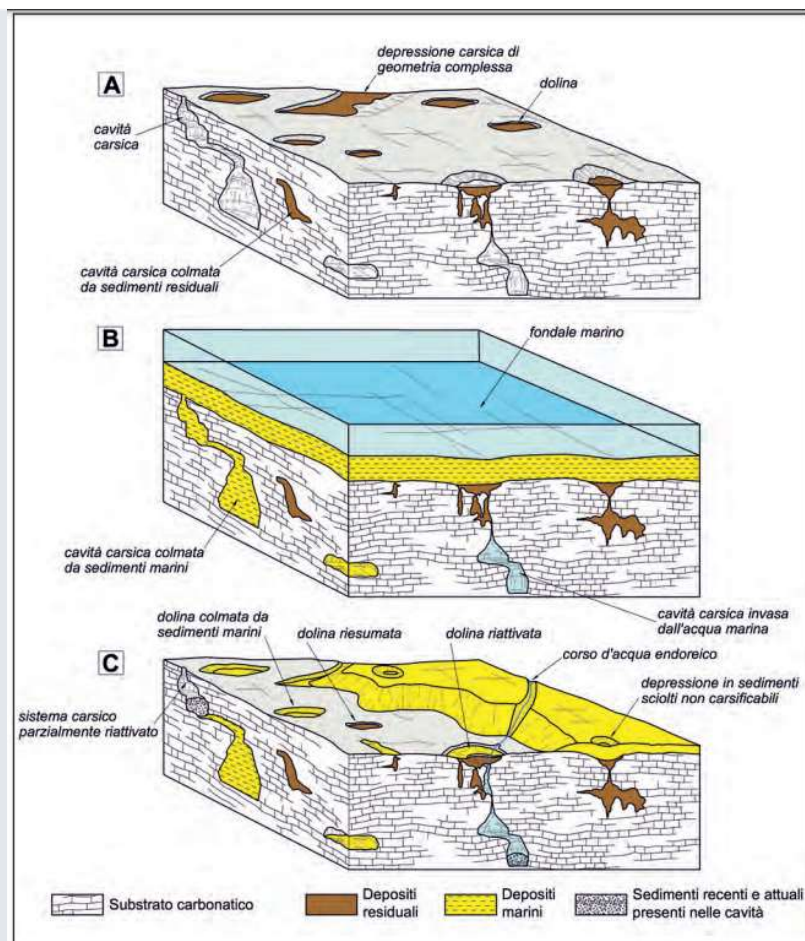


Fig. 18.5 - Nei settori interni del Salento leccese, il paesaggio fisico è essenzialmente il prodotto di una successione di eventi morfogenetici succedutisi tra il Pleistocene e l'Olocene. Tra la fine del Pleistocene inferiore e l'inizio del Pleistocene medio (A) ha preso forma un paesaggio caratterizzato da una notevole densità spaziale e un marcato sviluppo delle forme carsiche di superficie e sotterranee. Nel corso del Pleistocene medio (B) il mare invase quasi completamente la Penisola salentina e la superficie carsica fu sepolta (fossilizzata) da sedimenti marini. Tra la fine del Pleistocene medio e l'Olocene (C), in seguito al ritiro del mare, si è verificata, per erosione dei sedimenti marini, la riesposizione della superficie carsica e la sua parziale riattivazione (mod., da AA.VV., 2009).

- In inland Salento, the physical landscape is mainly the result of a series of morphogenetic events occurred between the early Pleistocene and the beginning of the middle Pleistocene (A) - landscape characterized by high density and marked development of surface and underground karst. Between the end of the early Pleistocene and the beginning of the middle Pleistocene (B) - landscape characterized by high density and marked development of surface and underground karst. Between the end of the early Pleistocene and the beginning of the middle Pleistocene (C) - landscape characterized by high density and marked development of surface and underground karst.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



OCF
ORDINE DEI
CHIMICI E FISICI
DI LECCE E
BRINDISI



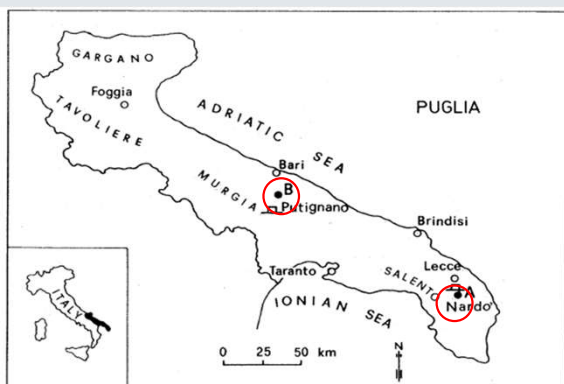
Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Lecce



Relation between “terra rossa” from the Apulia aquifer of Italy and the radon content of groundwater: Experimental results and their applicability to radon occurrence in the aquifer

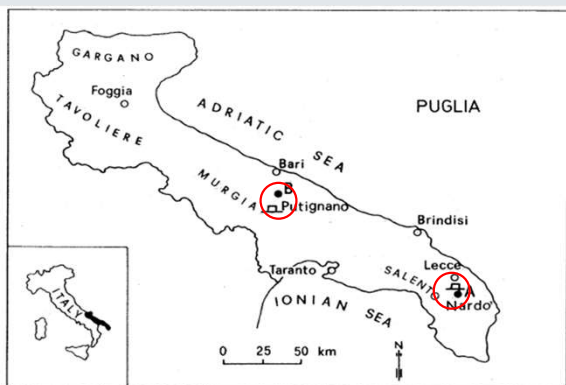
T. Tadolini · M. Spizzico Hydrogeology Journal (1998) 6:450–454 Q Springer

Abstract The radon-222 (^{222}Rn) activity in groundwater of the Apulian karstic aquifer in southern Italy is as great as 500 Becquerel per liter (Bq/L) locally. Normal radium-226 (^{226}Ra) activity in the limestone and calcareous dolomites of the aquifer is not enough to explain such a high level. Laboratory investigations identified high ^{226}Ra activity in the “terra rossa,” the residuum occupying fissures and cavities in the bedrock, and also the relation between (1) ^{226}Ra -bearing bedrock and “terra rossa” and (2) ^{222}Rn in water. The “terra rossa” is the primary source of the radon in the groundwater. The experimental results show the need to characterize the “terra rossa” of Apulia on the basis of ^{226}Ra activity and also to study the distribution and variations in ^{222}Rn activity over time in the aquifer.



Le rocce della piattaforma pugliese formano un'unica vasta falda acquifera. **Nell'area della Murgia, le rocce carbonatiche hanno una permeabilità molto bassa** e una bassa capacità di stoccaggio ad una profondità di circa 500 m sotto il livello del mare. **Solo in una striscia ristretta lungo la costa adriatica la permeabilità è grande, paragonabile alle condizioni del Salento.** La falda freatica nell'area

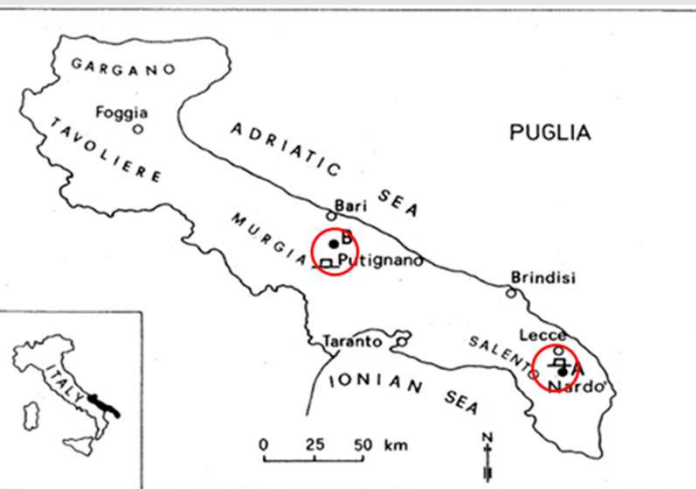
nella Murgia scorre generalmente sotto pressione e a grandi profondità sotto il livello del mare; nell'area del Salento, la permeabilità è relativamente elevata e la falda freatica generalmente circola liberamente, con una piezometrica che è leggermente al di sopra del livello del mare. **L'attività del Rn^{222} è presente in tutte le acque sotterranee campionate dalla falda acquifera pugliese; le quantità vanno da pochi Becquerel per litro (Bq / L) a più di 500 Bq / L.** Gli studi sul flusso di acque sotterranee mostrano che l'attività di Rn^{222} può essere correlata con percorsi di flusso e portate (Cotecchia 1977, Cotecchia e altri 1989, Tadolini et al 1994a). Sono state identificate aree che hanno un'attività simile a ^{222}Rn nelle acque sotterranee, ma l'attività di ^{222}Rn in qualsiasi punto di campionamento cambia nel tempo e in funzione alle variazioni nell'approvvigionamento e / o esaurimento delle falde acquifere (Tadolini et al. 1994b, 1995).



La presenza di ^{222}Rn nell'aria, così come nelle acque sotterranee, è comunemente attribuita alla migrazione verso l'alto di gas dalla profondità della litosfera alla superficie terrestre (Graves 1987).

Tuttavia, questa potenziale fonte sembra non essere applicabile a tutta la piattaforma carbonatica pugliese, che è litologicamente e strutturalmente piuttosto uniforme a una profondità di diverse migliaia di metri.

L'obiettivo di questa indagine era identificare la fonte di ^{222}Rn , che si verifica nelle falde acquifere della falda pugliese a livelli di attività più alti del normale per le rocce carbonatiche.



Materiali e Metodi

Campioni di calcare e dolomia, ottenuti da una cava di 5,5 km a nord di **Nardò**, nella penisola salentina, sono stati frantumati a dimensioni di particelle di **0,1-4 mm**. Sono stati ottenuti sei campioni della roccia frantumata, ciascuno di una dimensione particellare uniforme. Il calcare e la dolomia pugliese contengono "terra rossa" in fessure e cavità in parti sia secche che sature della falda acquifera; pertanto, sono stati raccolti **due campioni di "terra rossa"**, uno dal **Salento** (campione 7-A) e l'altro dalla **Murgia**, 11 km a sud di **Putignano** (campione 8-B) (Figura 1). Tutti i campioni sono stati analizzati per la quantificazione del **Radio** mediante spettrometria gamma.

Table 1 ^{226}Ra activity in calcareous rocks and in "terra rossa" and resulting experimental ^{222}Rn activity

Sample no. ¹ and grain size (mm)	Specific weight (kg/dm ³)	^{226}Ra specific activity (Bq/kg)	^{226}Ra overall activity (Bq)	^{222}Rn activity in water (Bq/l)
Limestone and calcareous dolomite				
1 4	2.55	52	3.12	5.56×10^{-2}
2 2	2.55	50	3.00	14.07×10^{-2}
3 1	2.55	50	3.00	21.11×10^{-2}
4 0.42	2.55	63	3.78	31.85×10^{-2}
5 0.25	2.55	76	4.56	34.07×10^{-2}
6 0.105	2.55	79	4.74	62.52×10^{-2}
"terra rossa"				
7 A mean 10^{-3}	2.30	192	11.52	679.63×10^{-2}
8 B mean 10^{-3}	2.35	109	6.54	204.07×10^{-2}

¹ Dry weight of all samples was 60 g and container volume was 250 cc

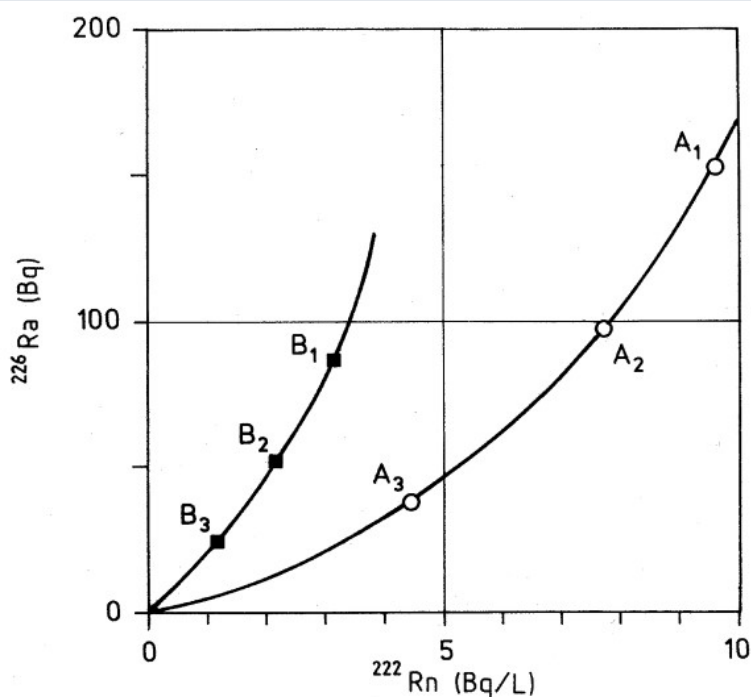
I risultati, riportati nella Tabella 1, indicano che il calcare e la dolomia sono relativamente bassi nell'attività di ^{226}Ra (50-80 Bq / kg), simili ai valori riportati per rocce dello stesso tipo (Magnoni et al., 1995; Graves 1987). Al contrario, l'attività ^{226}Ra per la "terra rossa" è relativamente alta (100-200 Bq / kg).

I sei campioni di rocce calcaree e due campioni "terra rossa" sono stati collocati in contenitori da 250 cc e ai campioni di roccia sono stati aggiunti quantità specifiche di acqua piovana locale (conservata in laboratorio per circa due mesi con un'attività di ^{222}Rn inferiore a $5 / 10^{-4}$ Bq/l e conservati in laboratorio per 38 gg.

Table 2 ^{226}Ra activity in "terra rossa" samples and resulting experimental ^{222}Rn activity (^{222}Rn value is the average of several analytical cycles)

Locality ¹ and sample number	a Specific weight (kg/dm ³)	b Dry weight (kg)	c ^{226}Ra specific activity (Bq/kg)	d Total activity $b \times c$ (Bq)	e Total weight of water in sample (kg)	f ^{222}Rn activity in water (Bq/L)	g Ratio (e:b)
A1	2.30	0.802	192	153.98	0.651	9.67	0.81
A2	2.30	0.501	192	96.19	0.781	7.81	1.56
A3	2.30	0.201	192	38.59	0.913	4.33	4.54
B1	2.35	0.801	109	87.31	0.659	3.22	0.82
B2	2.35	0.500	109	54.50	0.789	1.81	1.58
B3	2.35	0.200	109	21.80	0.915	1.00	4.57

¹ A, Nardò; B, Putignano



Conclusioni

- I risultati attestano che la "terra rossa" mostra un'attività ^{226}Ra molto più elevata rispetto al substrato roccioso calcareo. Questa differenza è dovuta al fatto che i sali di radio non sono disciolti nell'acqua di falda, responsabili dei processi carsici, ma piuttosto sono concentrati nei prodotti di alterazione. **Quindi, si conclude che "terra rossa" è la fonte primaria di radon nelle acque sotterranee.**
- Il ^{226}Ra nel substrato roccioso è concentrato nella "terra rossa" in fratture e cavità, piuttosto che essere dissolto nelle acque sotterranee. Il decadimento isotopico del ^{226}Ra rilascia il Radon nella falda acquifera; **maggiore è la quantità di ^{226}Ra nella "terra rossa", maggiore è l'attività del radon.**
- I risultati sperimentali mostrano la necessità di caratterizzare la "terra rossa" della Puglia sulla base dell'attività ^{226}Ra e anche di studiare la distribuzione e la variazione dell'attività ^{222}Rn nel tempo nella falda acquifera.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



Radium and radon content in the carbonate-rock aquifer of the southern Italian region of Apulia

Michele Spizzico, June 2005 [Hydrogeology Journal](#) 13(3):493-505, DOI: [10.1007/s10040-004-0380-y](https://doi.org/10.1007/s10040-004-0380-y)

Abstract

Alte concentrazioni di ^{222}Rn sono state trovate in tutte le acque della falda costiera all'interno dell'ammasso carbonatico mesozoico situata nella regione della Puglia nel sud Italia. Gli studi condotti hanno determinato che tali concentrazioni sono dovute alle **caratteristiche radioisotopiche della terra rossa**, un tipo di paleosuolo che è generato come residuo dal prodotto della dissoluzione delle rocce carbonatiche e che si trova diffuso in tutte le fessure e nelle cavità carsiche della falda acquifera. Questi tipi particolari di terreno **presentano un contenuto di argilla piuttosto elevato (80-95%)** e, sebbene variabile, la loro **attività specifica ^{226}Ra (70-147 Bq/kg)** è tuttavia considerevolmente **maggiore di quella del calcare (~ 50 Bq/kg)**. In realtà, ci sono differenze sostanziali nelle concentrazioni di ^{222}Rn che si trovano nelle acque che vengono a contatto con questo tipo di roccia e paleosuolo. La dissoluzione parziale di alcuni campioni di rocce carbonatiche in laboratorio ha confermato che il ^{226}Ra rilasciato dalla roccia disciolta si accumula principalmente nei depositi residui del terreno, specialmente in quelli contenenti granuli più fini. Questo è stato anche il risultato di **esperimenti condotti su 15 campioni di terra rossa** raccolti dalla regione, che indica che **esiste una stretta correlazione tra l'attività specifica ^{226}Ra e il contenuto di argilla di tali paleosuoli, che varia con lo stadio dei processi di alterazione**. È stato trovato che le concentrazioni di ^{222}Rn nelle acque della regione dipendono dall'attività specifica della terra rossa piuttosto che dalla quantità di terra rossa.

I controlli sul campo hanno confermato la possibilità di utilizzare ^{226}Ra e ^{222}Rn come traccianti naturali al fine di definire i problemi idrogeologici in ambienti speciali come quello interessato da carsismo. Essi possono essere usati per distinguere: le diverse zone nella falda carbonatica; analizzare l'influenza delle maree sulle sorgenti costiere; determinare la direzione del flusso in prossimità di un pozzo; riconoscere, ricaricare e il progressivo declino del livello delle acque sotterranee; ottenere indicazioni di percorsi di flusso sotterranei e la presenza di fessure e cavità carsiche nella falda acquifera carbonatica

Natural radioactivity of some red Mediterranean soils

Matthias Laubenstein ^a, Donatello Magaldi ^{b,*}

^a Laboratori Nazionali del Gran Sasso – INFN, S.S. 17/bis km 18+910, 67010 Assergi (AQ), Italy

^b Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 16, 50144 Firenze, Italy

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 January 2008

Received in revised form 16 July 2008

Accepted 21 August 2008

Keywords:

238 uranium

232 thorium

Terra rossa

Pleistocene paleosols

Gamma-ray spectrometry

Environmental radioactivity

ABSTRACT

Seventeen samples of B-horizon of Pleistocene Terra Rossa soils from carbonate rock were collected in different Countries of the Mediterranean regions (Spain, Italy and Southern Turkey).

The concentration of naturally occurring radionuclides (^{238}U , ^{232}Th , K_{nat}) was measured in all samples using gamma-ray spectrometry at the Gran Sasso National Laboratory of INFN (Italy). The uranium content in Terra Rossa paleosols ranges from 1 to 5 ppm, for thorium the concentration ranges from 3 ppm up to 30 ppm, whereas for potassium it goes from 0.13% up to 1.3. The results indicated that soils characterised by absence or scarcity of 2:1 clay minerals are poor in uranium whereas soils with illite-smectite as the dominant minerals in clay fraction are noticeably richer. Then it is suggested that uranium occurring in traces in the calcite lattice of carbonate rocks, after it is released by weathering, migrates in solution as UO_2^{2+} and can be adsorbed by the soil exchange complex, mainly by clay minerals of Terra Rossa soils.

© 2008 Elsevier B.V. All rights reserved.

Geophysical Research Abstracts
Vol. 12, EGU2010-11112, 2010
EGU General Assembly 2010
© Author(s) 2010



High Radon concentration in the karst area of south Puglia, Italy

Mattia Taroni (1), Paolo Bartolomei (2), Massimo Esposito (1), and Carmela Vaccaro (3)

(1) U-Series Srl, Bologna, Italy (mattia@u-series.com, massimo@u-series.com 00390510875110), (2) ENEA, Laboratorio di Radiodazione, Bologna, Italy (paolo.bartolomei@enea.it), (3) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Ferrara, Ferrara, Italy (vcr@unife.it)

The Radon mapping are normally based on regular grids or on geological maps. The geological maps are advantageous because foresee little areas with high hazard in zones which are otherwise considered like a low risk.

The Italian national maps consider the South Puglia, Lecce Karst, as a zone with low risk, but this region presents local important anomalies that can be seen with the geological Radon map.

The methodology used to understand the natural phenomena (that are the basis of the analysis of potential Radon risk) is based on a preliminary study from literature:

- Geological study, general classification, environment formation in which it has developed the area or part of it, detailed studies of the area investigated, the underground structure, level of fracturing, cracking, and primary and secondary porosity, seismic of area.
- The Area's identification with different risk degrees of Radon production, concentration and emanation characterized by natural boundaries, geological, geomorphological, etc...

Information obtained from paragraphs 1 and 2 provide the "Indices of potential risk of the generation, emanation and diffusion of Radon"; this hazard indices allow to optimize the measurements distribution in soils. We Identify the sub-areas of the zone study that can be characterized by high Radon concentrations, dividing these by "natural"



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



DIURNAL VARIATION OF RADON CONCENTRATION IN THE POSTOJNA CAVE

Asta Gregorič and Janja Vaupotič
Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia
asta.gregoric@ijs.si

INTRODUCTION

Postojna Cave (Figure 1a), with 20 km of galleries, is the longest known cave system and also the largest of about 20 show caves in Slovenia and one of the most visited show caves in the world. It is well known that high concentrations of radon are common in karstic caves [1-3], although quantities of uranium (^{238}U) in limestone are rather low. The reason for this is low natural ventilation of the underground cavities. Tectonic faults constitute an additional source of radon. Variations of radon concentration in cave air arise from a balance of the emission from cave surfaces and drip waters, decay in cave air, and exchange with the outside atmosphere [4]. Because of its elevated radon concentrations, Postojna Cave has been under permanent radon survey since 1995 [5-6]. The influence of meteorological conditions on the radon levels and their temporal variations depends mostly on the shape of the cave [7], and the number and directions of cracks, corridors and fissures connecting the cave rooms with the outside atmosphere. The driving force for air movement in horizontal caves, and thus the inflow of fresh air and release of the cave air to the atmosphere, is the temperature difference between the cave air and outdoors, which causes seasonal pattern of radon concentration in the cave with high levels in summer and low in winter. However, on a daily scale different behaviour of radon can be observed at different locations in the cave. In this paper diurnal variation of radon concentration at two locations is presented and discussed.



[Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk](https://www.core.ac.uk)

Provided by ZRC SAZU Publishing (Znanstvenoraziskovalni center - Slovenske akademije znanosti in umetnosti)

COBISS: 1.01

RADON LEVELS IN KARST CAVES IN SLOVENIA RADON V SLOVENSKIH KRAŠKIH JAMAH

Janja VAUPOTIČ¹

Abstract

UDC 911:551.44:539.16(497.4)

Janja Vaupotič: Radon levels in Karst caves in Slovenia

A review is given on the radon survey in the Slovenian karst caves, those open for tourists and those for cavers and speleologists only. Radon concentrations differed markedly from cave to cave, as well as from point to point in the same cave. In addition to radon, in the Postojna Cave also radon decay products (RnDP), equilibrium factor between radon and RnDP, and the unattached fraction of RnDP have been monitored. Based on high radon levels, permanent radon monitoring was introduced in Postojna Cave and time spent by workers in the cave limited in order to keep their exposure to radon acceptably low.

Keywords: karst caves, radon, radon decay products, nano aerosols, diurnal variations of radon, seasonal variations of radon, radon dosimetry, Postojna Cave.

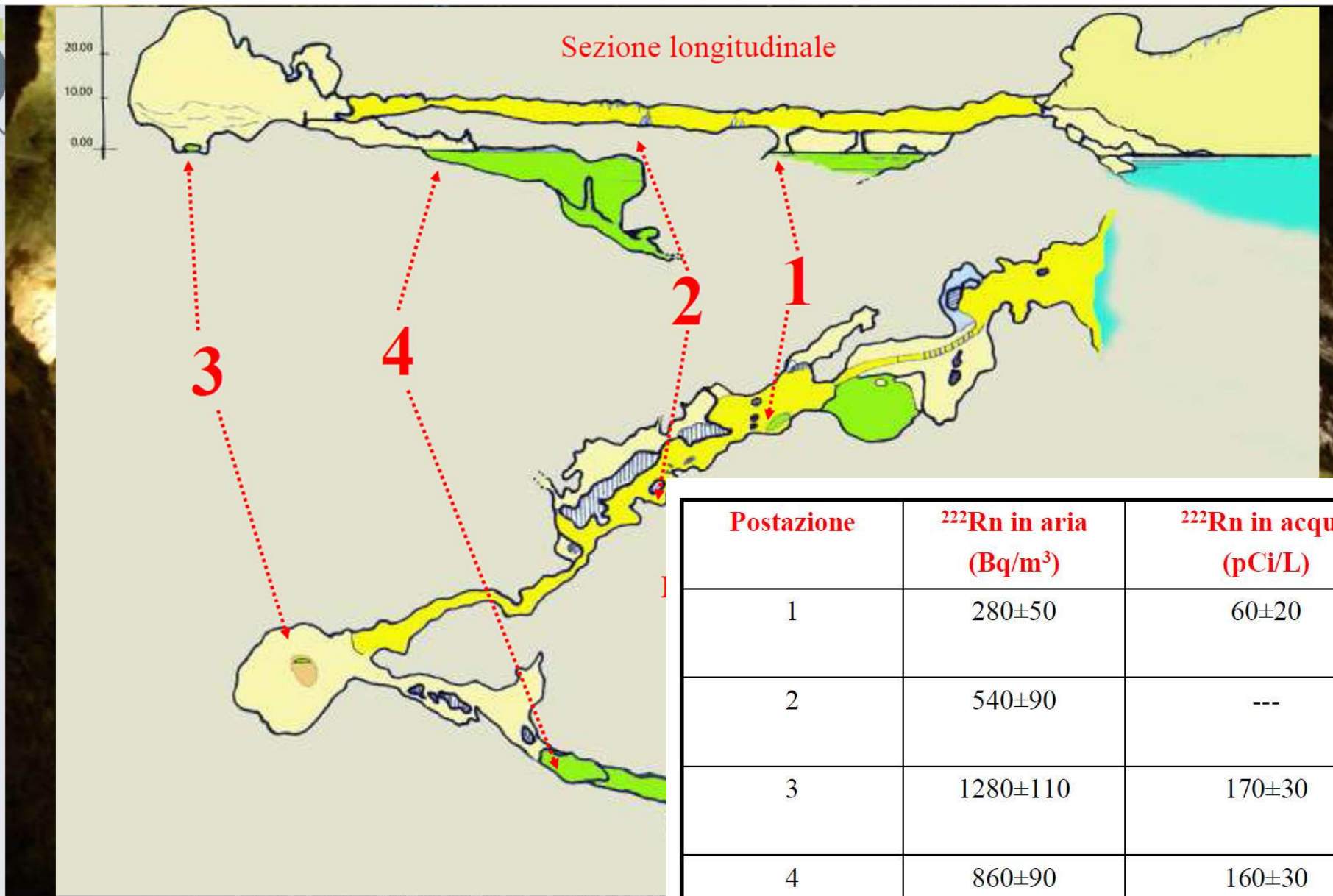
Izvleček

UDK 911:551.44:539.16(497.4)

Janja Vaupotič: Radon v Slovenskih kraških jamah

Podajamo pregled raziskav radona v slovenskih turističnih in ne-turističnih kraških jamah. Koncentracije radona se znatno spreminjajo od jame do jame, prav tako pa tudi znotraj posamezne jame. Poleg radona smo v Postojnski jami spremljali tudi radonove kratkožive razpadne produkte (RnDP), faktor ravnotežja med radonom in RnDP in ne-vezani del RnDP. Zaradi povišane koncentracije radona je bil v Postojnski jami uveden stalni radiološki nadzor, čas, ki ga delavci smejo preživeti v jami pa omejen, da bi ohranili njihovo izpostavljenost radonu na sprejemljivi ravni.

Ključne besede: kraške jame, radon, radonovi razpadni produkti, nano aerosoli, dnevne spremembe radona, spremembe radona z letnimi časi, dozimetrija radona, Postojnska jama.



Miocene; 11 - calcareniti e depositi plio-quadernari.

Postazione	²²²Rn in aria (Bq/m³)	²²²Rn in acqua (pCi/L)
1	280±50	60±20
2	540±90	---
3	1280±110	170±30
4	860±90	160±30

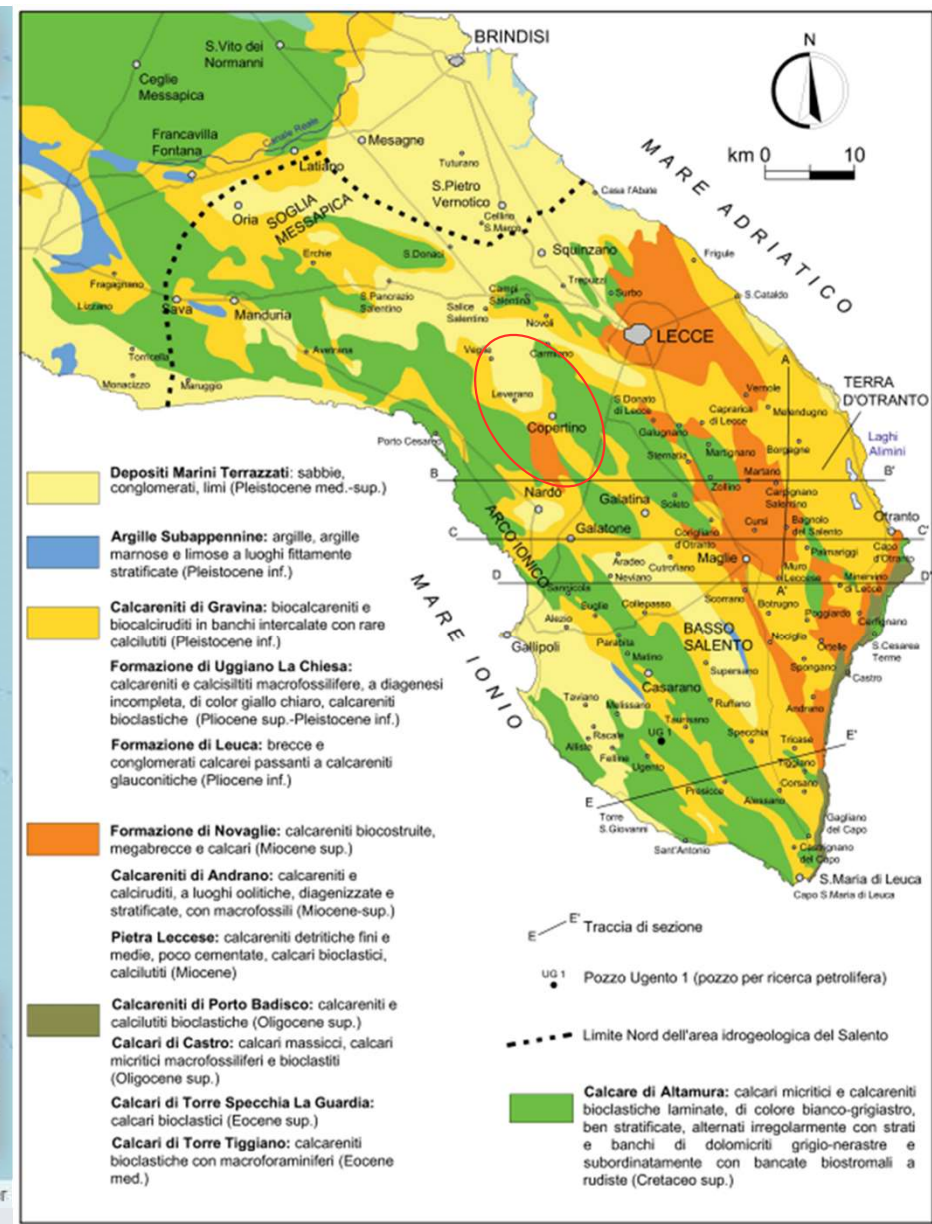
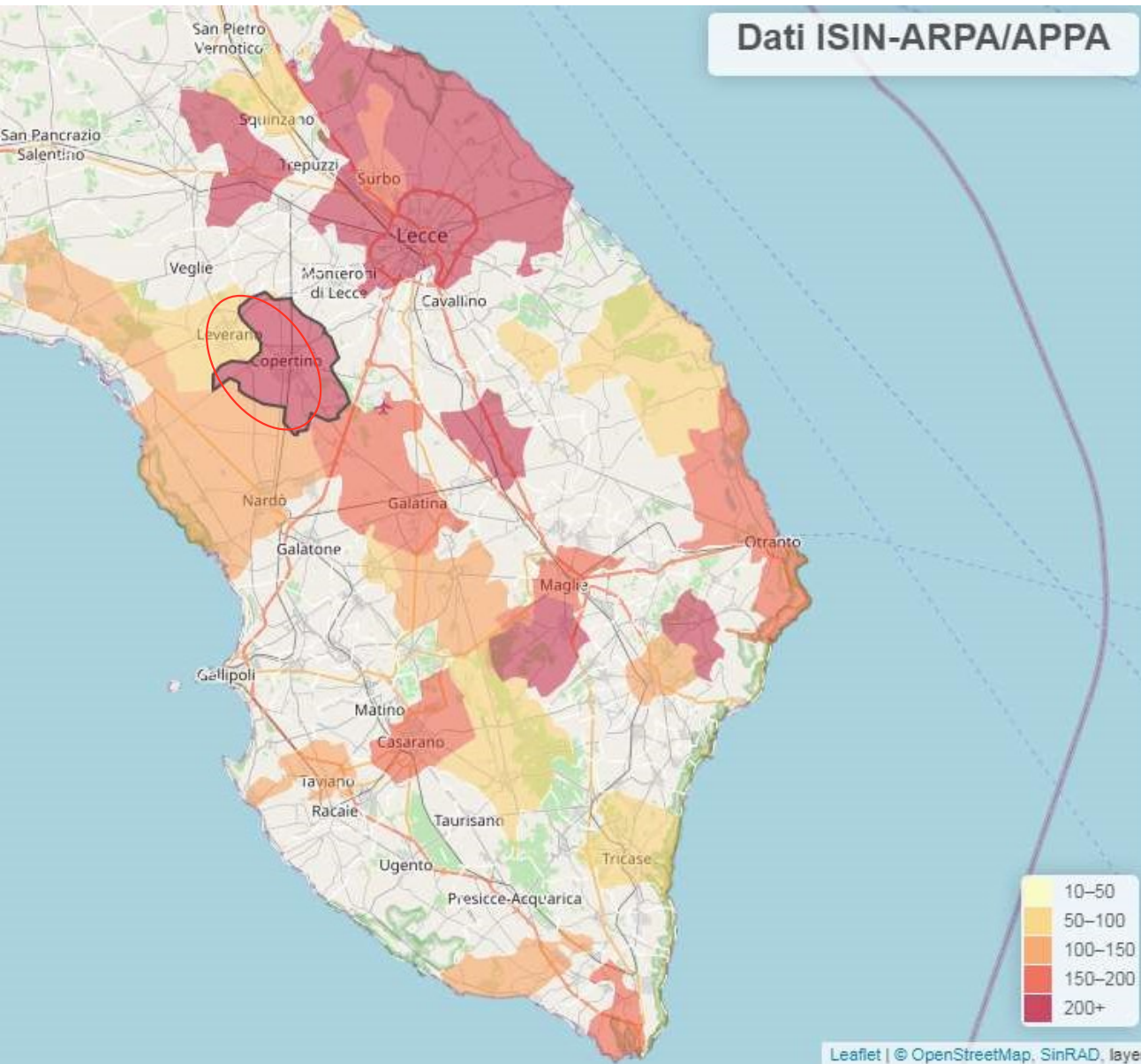


Fig. 18.1 - Carta geologica della Penisola Salentina.

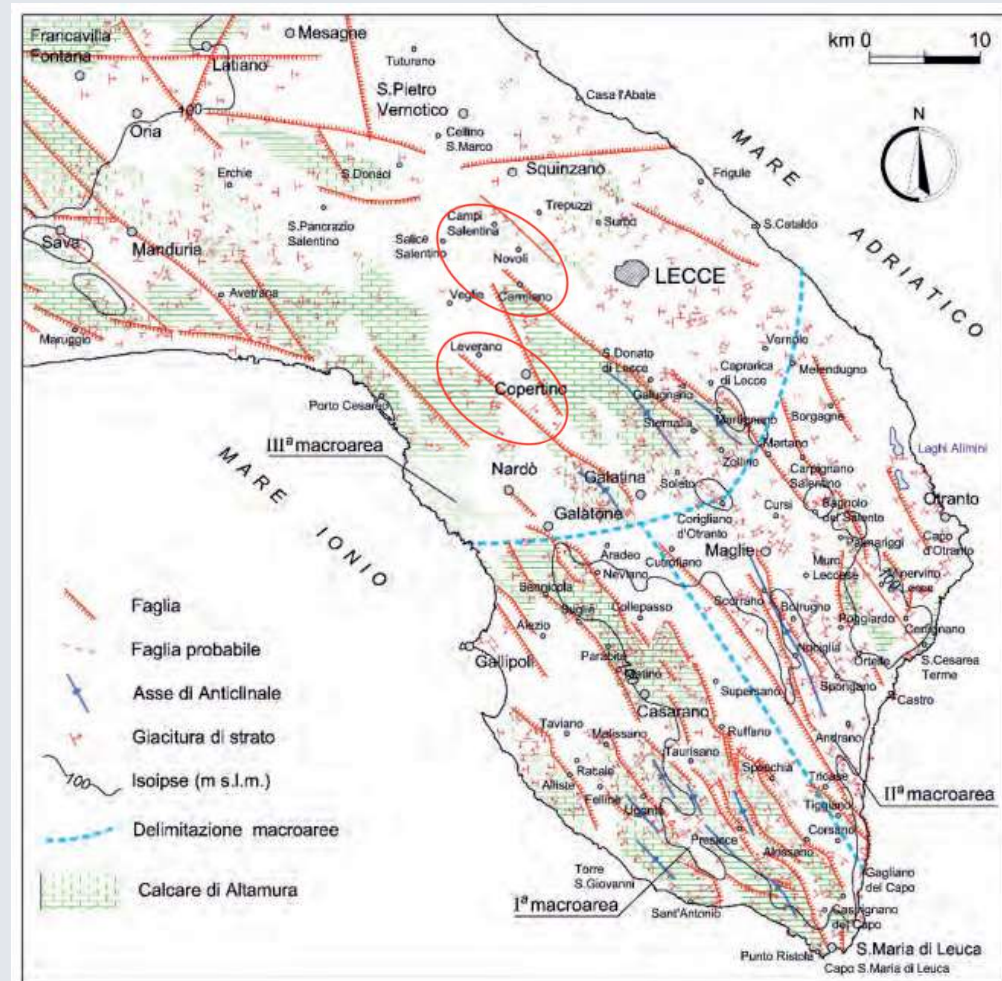
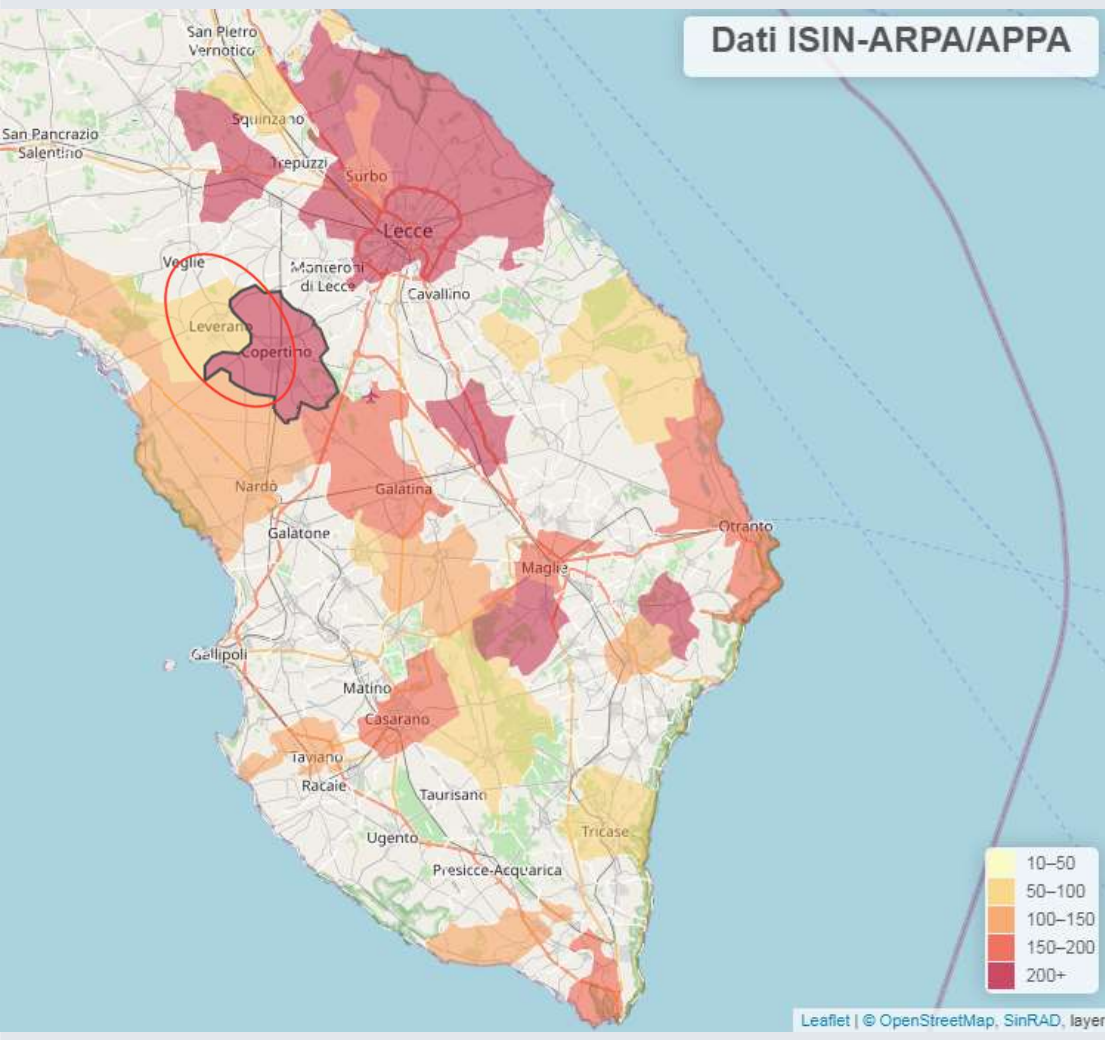


Fig. 18.3 - Carta tettonica della Penisola Salentina.
- Tectonic Map of the Salento Peninsula.



UNIVERSITÀ DEL SALENTO



OCF ORDINE DEI CHIMICI E FISICI DI LECCE E BRINDISI



Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Lecce

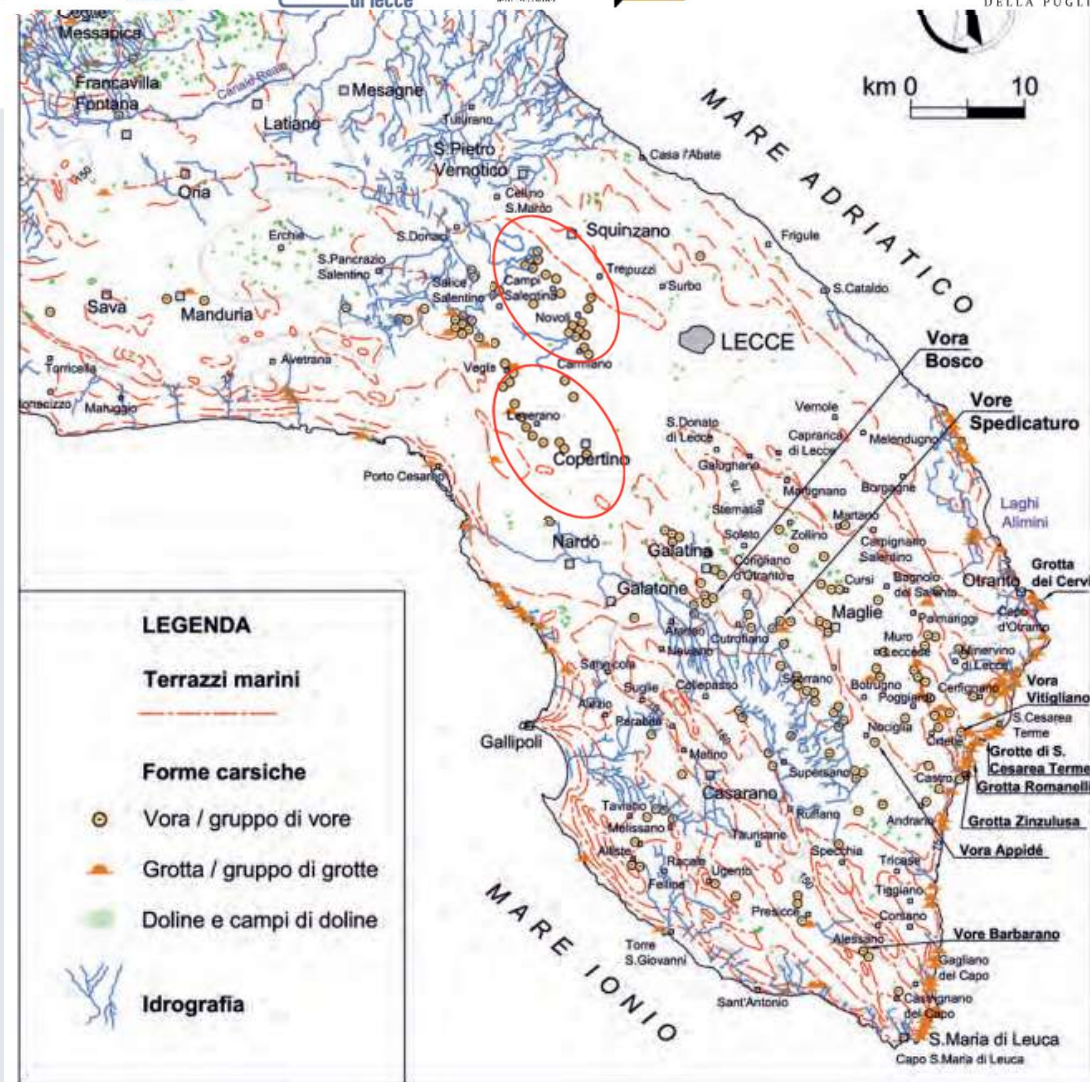
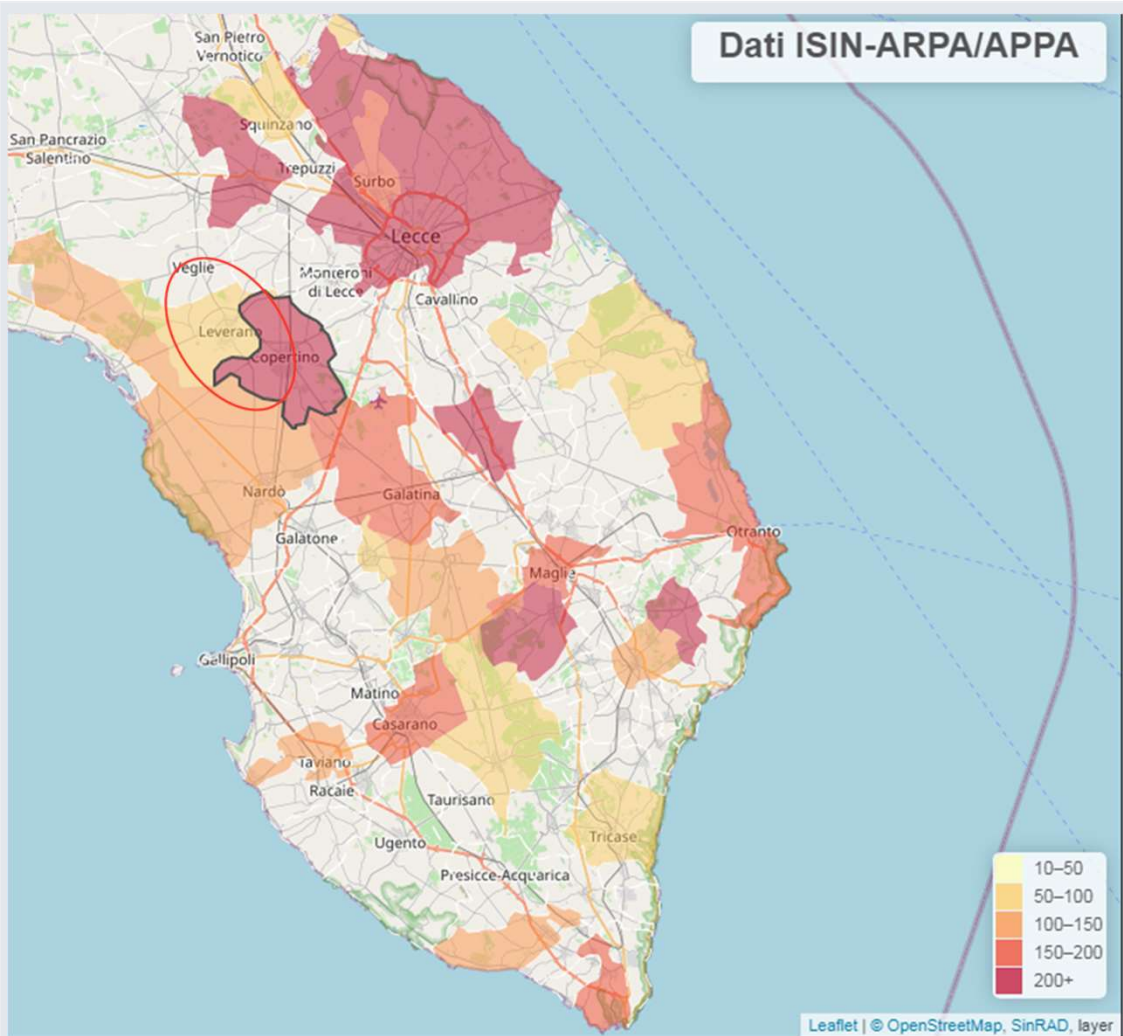


Fig. 18.4 - Carta geomorfologica della Penisola Salentina.
- Geomorphological map of the Salento Peninsula.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ASL Lecce
PugliaSalute



OCF

ORDINE DEI
CHIMICI E FISICI
DI LECCE E
BRINDISI



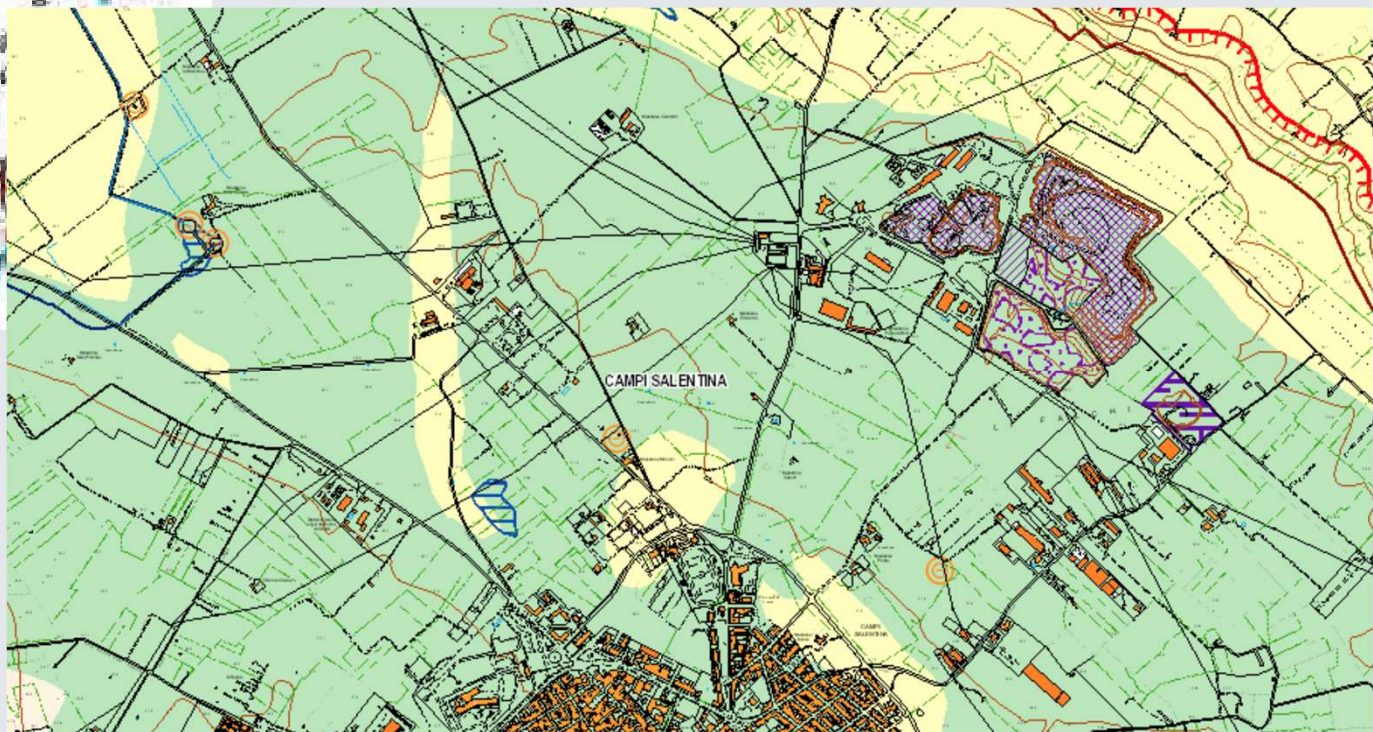
ordine
Ingegneri
di lecce

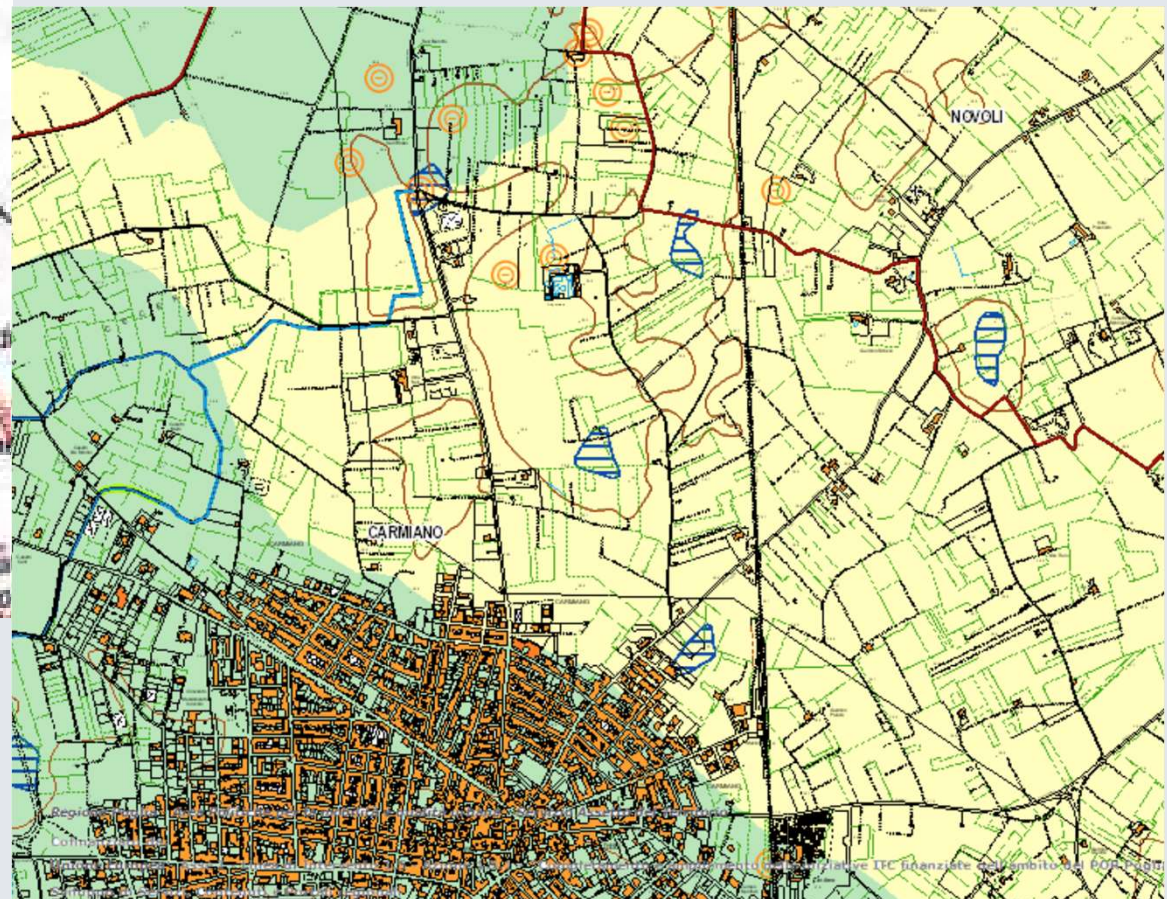


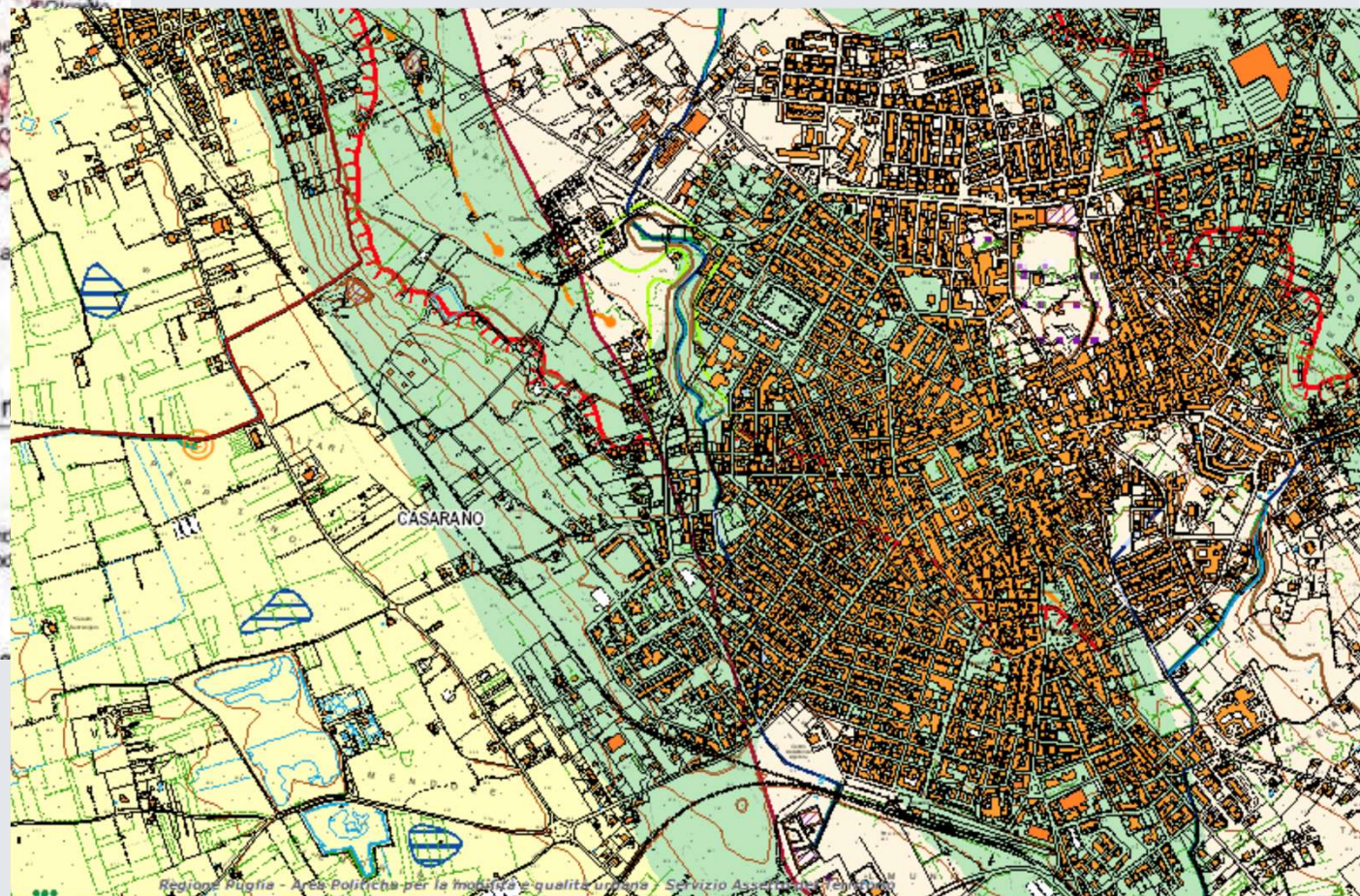
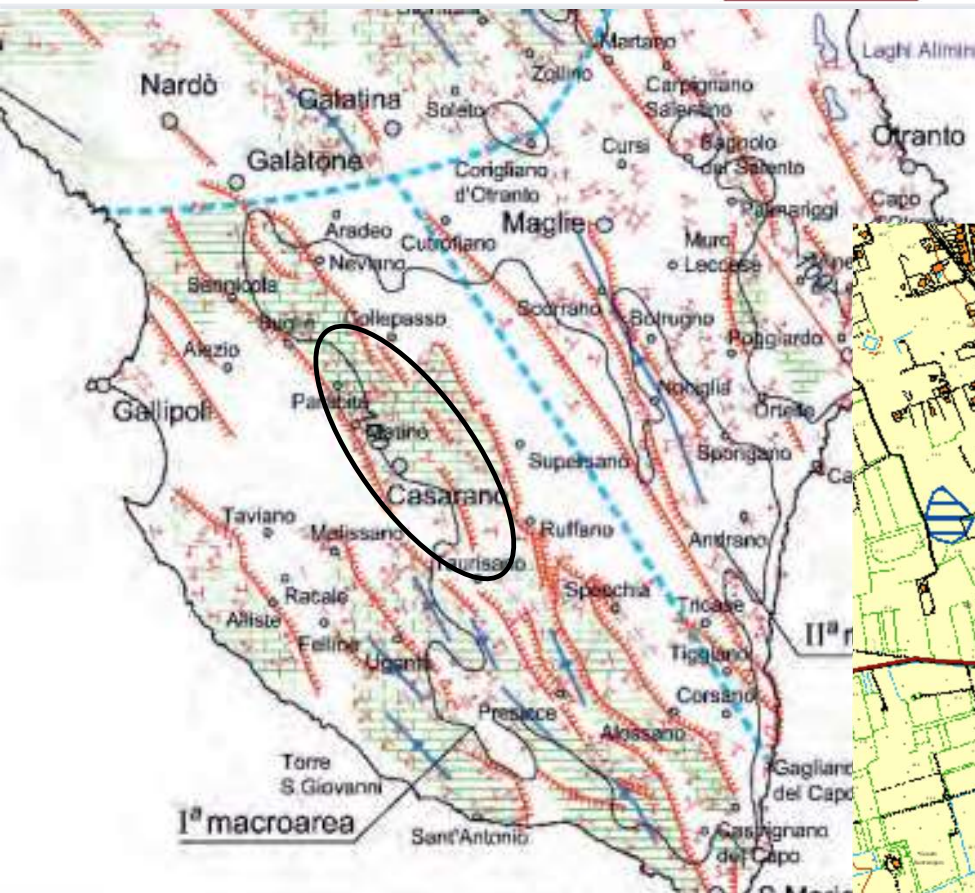
Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Lecce



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA









UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ASL Lecce
PugliaSalute



OCF

ORDINE DEI
CHIMICI E FISICI
DI LECCE E
BRINDISI



ordine
ingegneri
provincia
di lecce



Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Lecce



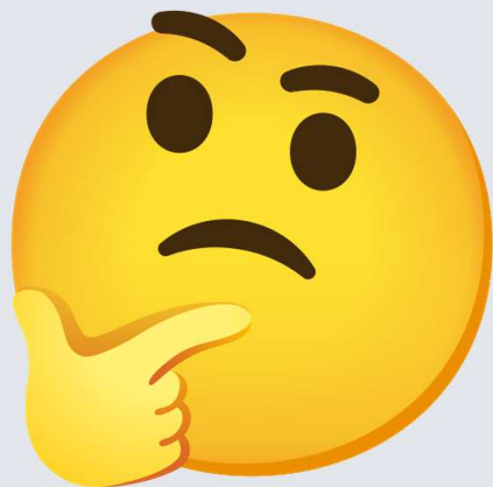
La pianificazione

Per un corretto approccio al **problema della pericolosità di un'area interessata da RADON (AREE PRIORITARIE)**, risulta quindi necessario procedere alla **redazione di mappe**, basate su valutazioni che implicino considerazioni sulla **geologia locale** ed in particolare:

- **Il dominio geologico condizionante gli affioramenti geologici;**
- **La tipologia dei suoli con particolare riferimento alla terra rossa**
- **La permeabilità dei suoli;**
- **La presenza di faglie e fratture locali o regionali che può convogliare grandi quantità di gas da profondità notevoli;**
- **La presenza di cavità sotterranee;**
- **Lo spessore e natura della coltre di copertura;**
- **La presenza di falde acquifere**

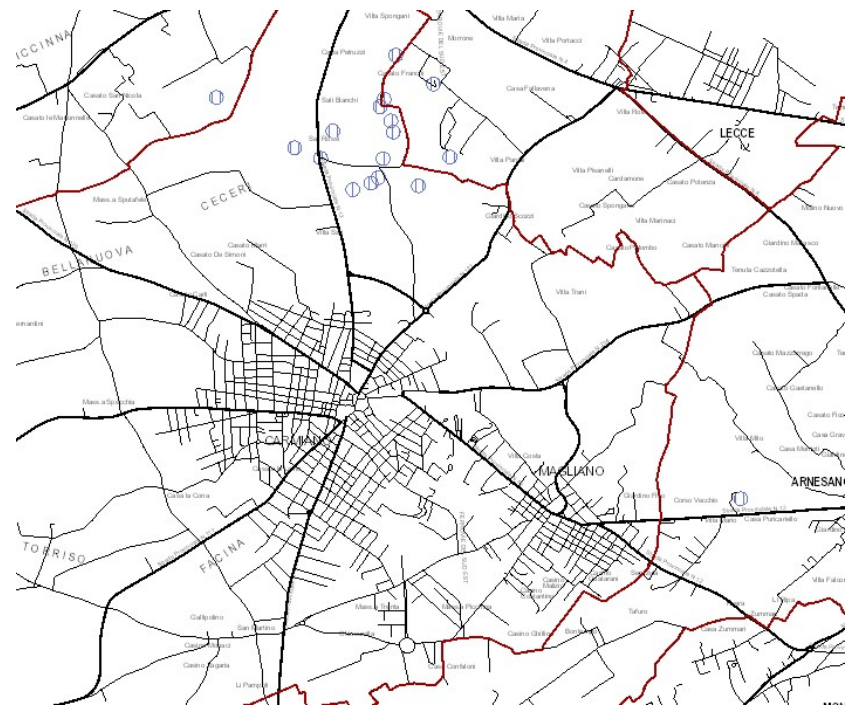
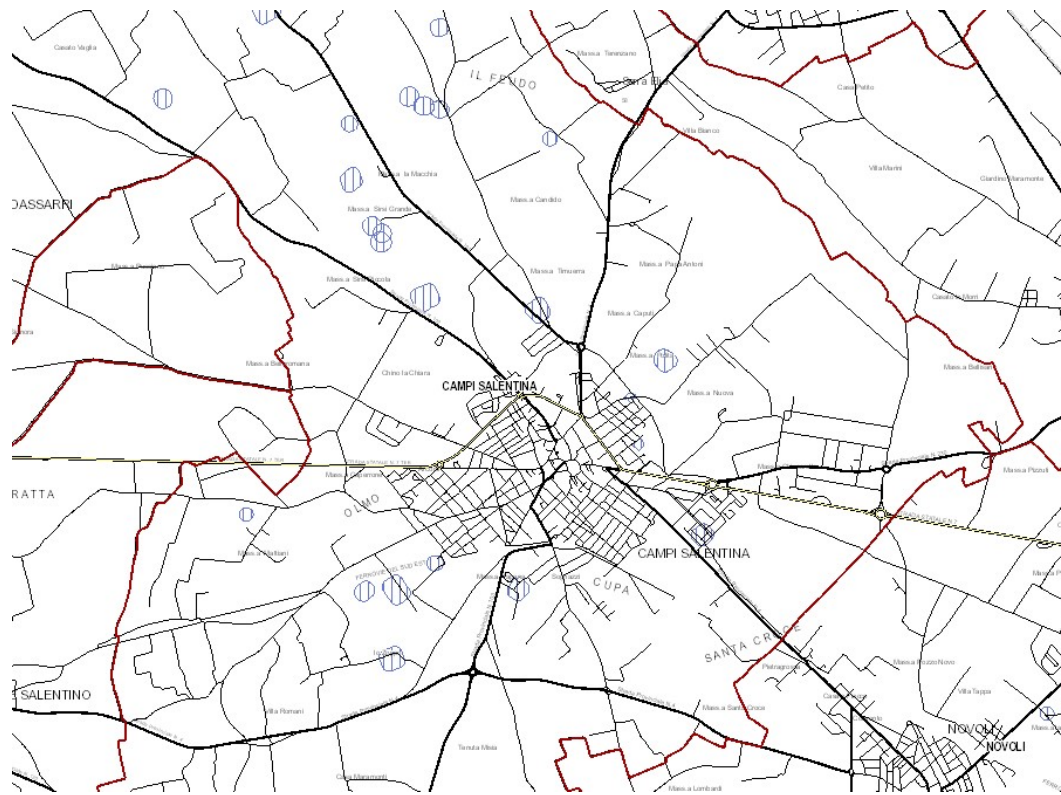
Ad ulteriore sostegno di questa posizione si richiama l'attenzione sul fatto che in tutti i paesi esteri dove viene prestata attenzione al problema Radon, le mappe di rischio sono redatte dai competenti **Servizi Geologici**.

C'e' ancora molto da fare....



Grazie per l'attenzione e....

la pazienza

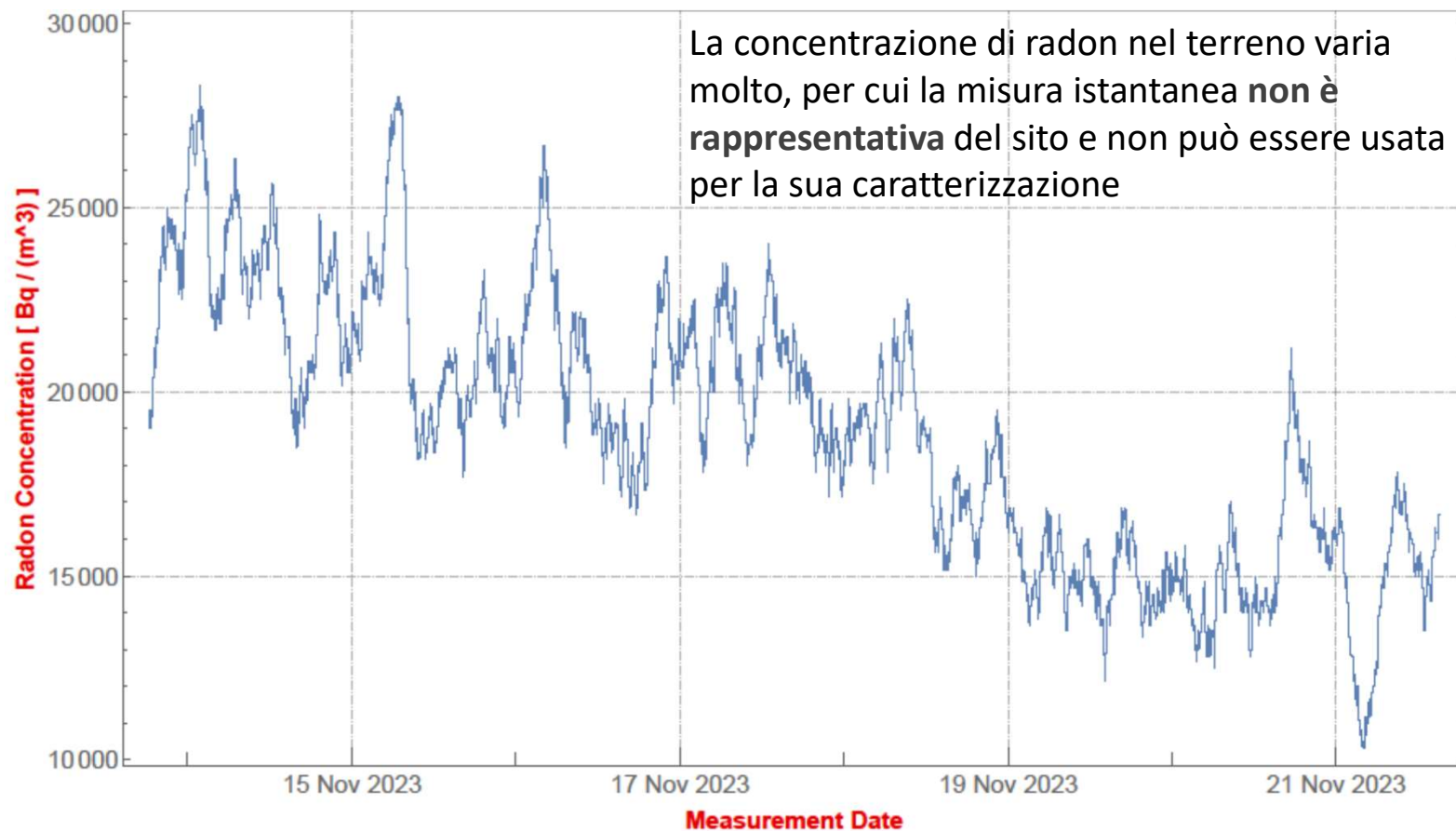


Tecniche più utilizzate

- meno di 2 ore?
- ostruzioni della punta
- flussometro
- permeabilità alta
- faglie



Misure nel terreno con un sistema attivo sperimentale governabile da remoto in fase di studio



SISTEMA INNOVATIVO DELLA RADONGAS

(Coperto da Brevetto Europeo N. 2307912)

La tecnica utilizzata dal laboratorio RADONGAS consiste in :

-un dosimetro a tracce CR-39 delle dimensioni 13X37 cm ricoperto da **2 strati di policarbonato da 40 µm** di spessore, che catturando il radon nei suoi pori diventa un **radiatore** a tutti gli effetti.

Il radiatore trasforma la **concentrazione volumetrica di radon in una concentrazione superficiale** che irradia così il CR-39. Il dosimetro così preparato viene inserito in una piccola busta di polietilene progettata ad hoc che viene termosaldata in modo tale da impedire all'umidità presente nel terreno di entrare in contatto col CR-39.

MISURE NEL TERRENO LABORATORIO RADONGAS



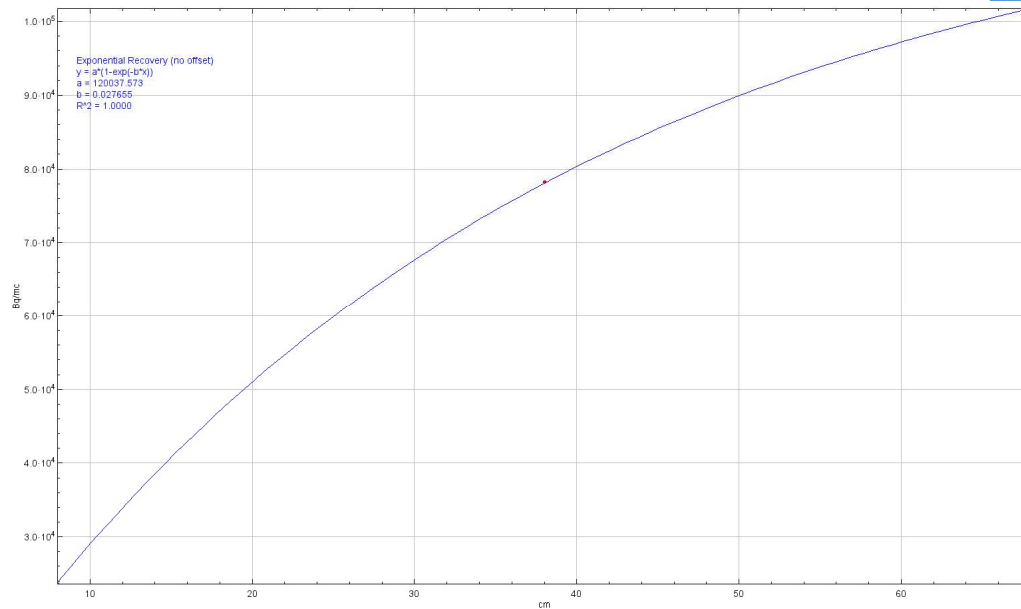


La misurazione è stata effettuata dal 6-11-2023 al 13-11-2023 per un totale di 168 ore

LOCALITA' MISURA: Lizzanello (Le)

LATITUDINE: xxxx

LONGITUDINE: xxx



Punto misura 1	
Profondità (cm)	Bq/m ³
8	23595
38	78241
68	101653

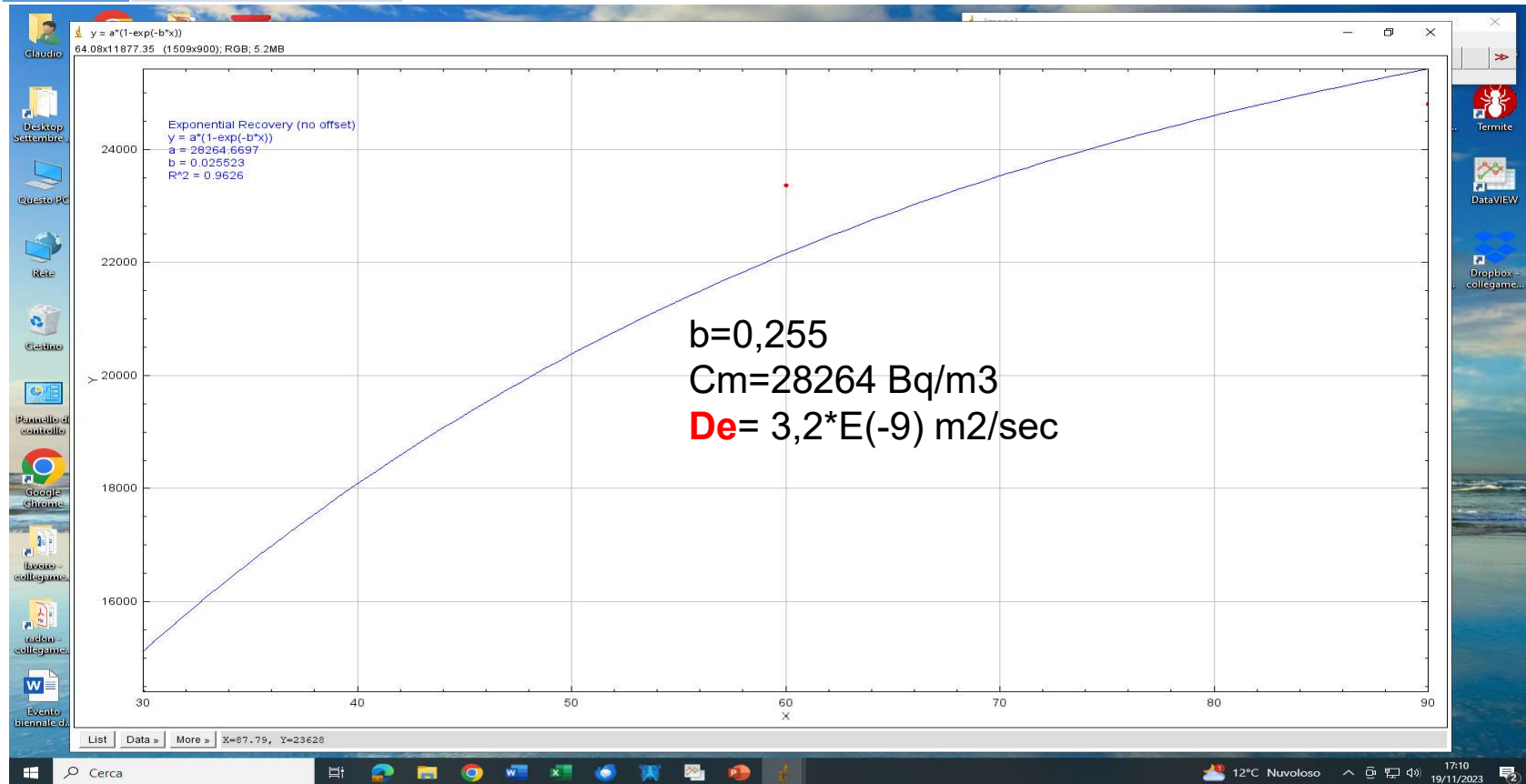


Lo strato di terreno in superficie, costituito da calcareniti marnose a grana uniforme, è caratterizzato da coefficiente di diffusione di circa:

$$2,75 * 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

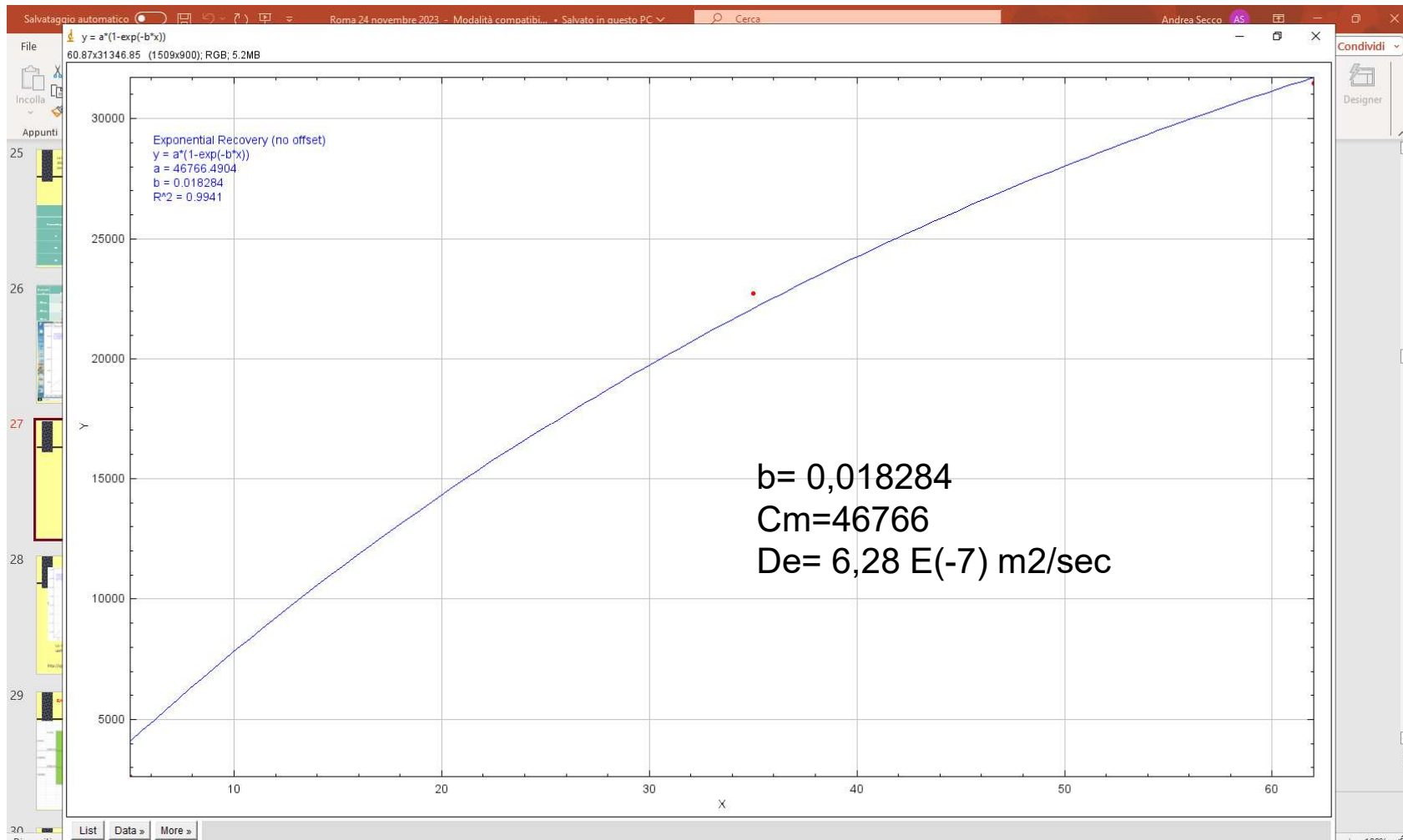
Profondità	Bq/m ³
90 cm	24796
60 cm	23362
30 cm	14403

Comune di Monopoli: effettuata dal 21-09-2018 al 28-09-2018 per complessive 169 ore.



10 cm: 2631
45 cm: 22743
65cm: 31457

Brindisi: 26-11-2018 , alle ore 16 del 03-11-2018, per complessive 196 ore.



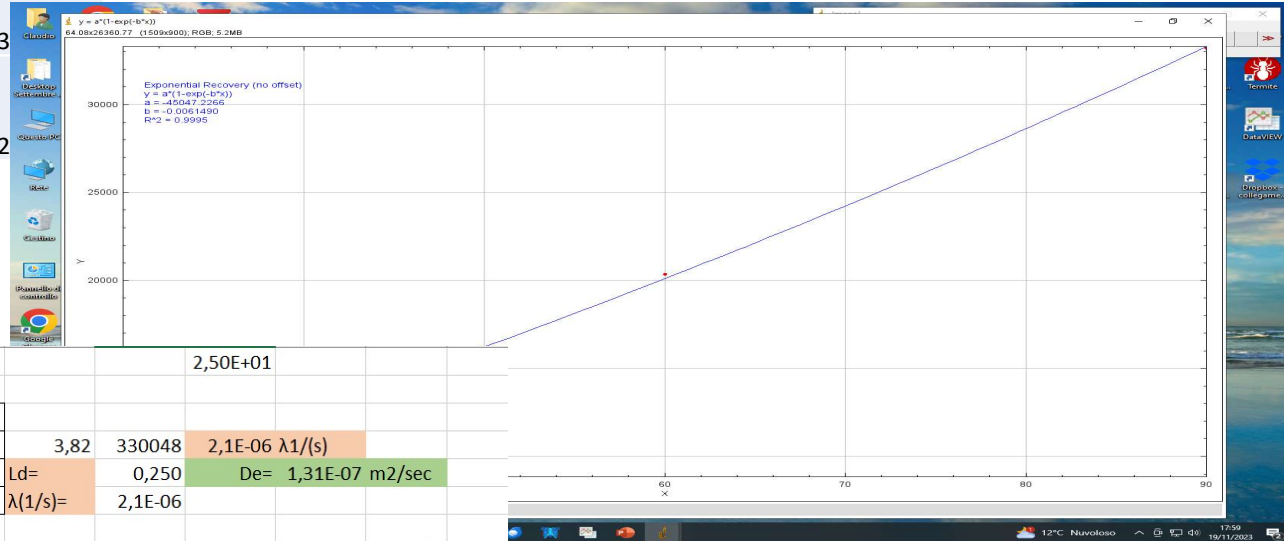
Localita' Fornelle – TRICASE (LE): effettuata dal 27-06-2019
al 04-07-2019 per complessive 169,75 ore.

Profondità	38 cm	38368	Bq/m ³
------------	-------	-------	-------------------

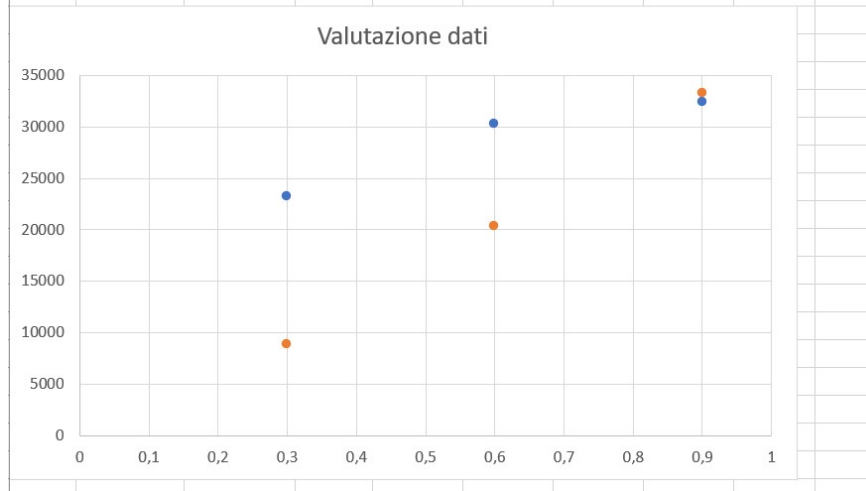
Poco terreno

30	8841
60	203
90	332

LEQUILE (LE) dal 15-05-2018 al 21-05-2018 per
complessive 144 ore



b	4,00E+00				2,50E+01	
x	EXP(-bx)	Valori Tend	Reali			
0,3	0,3011942	23231	8841	3,82	330048	2,1E-06 λ1/(s)
0,6	0,090718	30228	20352	Ld=	0,250	De= 1,31E-07 m2/sec
0,9	0,0273237	32336	33224	λ(1/s)=	2,1E-06	



Fitting non adeguato



Dr. Geol. Maria-Luise Gögl
Dr. Geol. Giovanni Ronzani
www.geo-3.it
sede Bressanone (BZ)
Via Julius Durst Str. 66

Misure a Bolzano



MISURE IN CANTIERE WBZ Stoefl BVH - Città: Villandro (BZ)

Codice dosimetro	Data inizio Esposizione	Data fine Esposizione	Concentrazione (Bq/mc)	Incertezza (Bq/mc)	Esito (Pass/Fail)
BL089	06-03-2023	10-03-2023	14234	1313	NORMAL RISK
BL086	06-03-2023	10-03-2023	62527	4880	HIGH RISK
BL084	06-03-2023	10-03-2023	62564	4883	HIGH RISK

Le misure evidenziano che già a 60 cm si raggiunge il valore massimo della concentrazione di radon. L'escalazione del radon non avviene solo per diffusione, ma anche per altri processi.

Indice di rischio della zona: **ALTO**

MISURE IN CANTIERE WBZ Stoefl BVH - Città: Villandro (BZ)

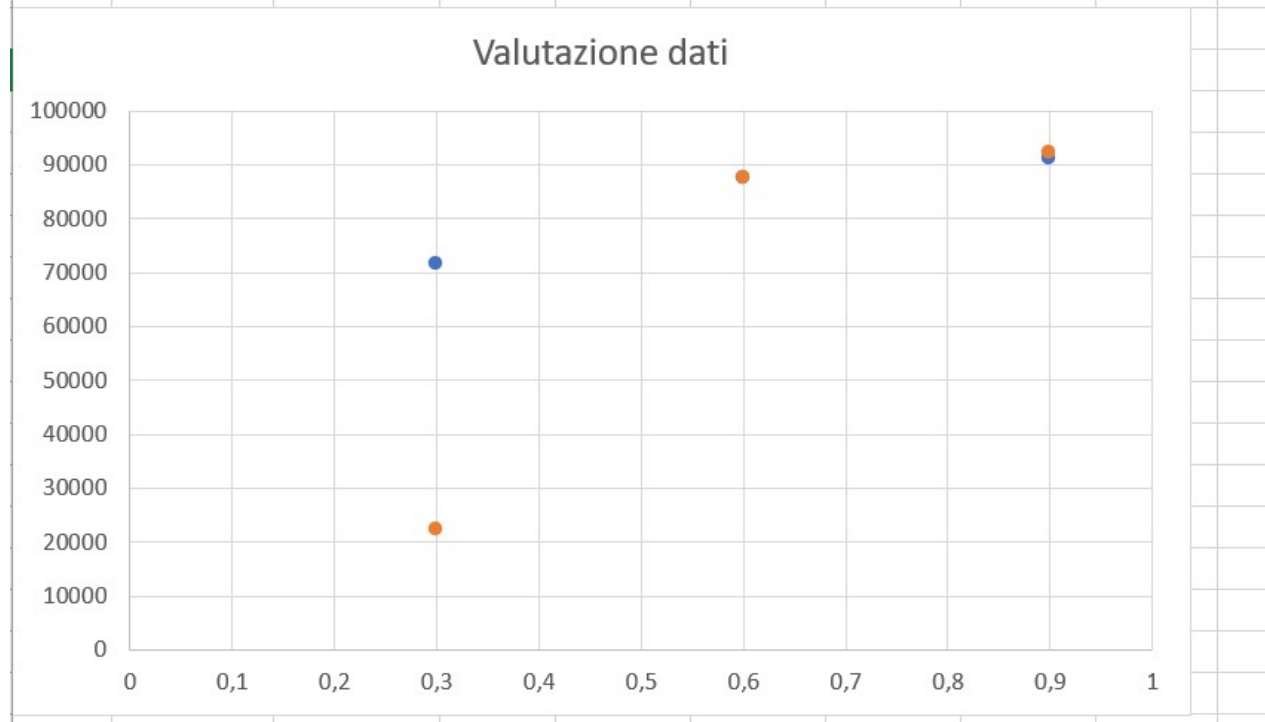
Codice dosimetro	Data inizio Esposizione	Data fine Esposizione	Concentrazione (Bq/mc)	Incertezza (Bq/mc)	Esito (Pass/Fail)
BL094	06-03-2023	10-03-2023	22404	1914	NORMAL RISK
BL093	06-03-2023	10-03-2023	87545	6732	HIGH RISK
BL092	06-03-2023	10-03-2023	92121	7071	HIGH RISK

Le misure evidenziano un valore massimo della concentrazione a circa 90 cm di profondità. L'esalazione del radon sembra avvenire per diffusione da 60 a 90 cm di profondità, mentre a 30 cm la concentrazione è molto al di sotto di quella aspettata dai soli processi diffusivi. Se il terreno non è omogeneo si potrebbe ipotizzare uno strato di terreno molto umido da 60 a 30 cm di profondità.

Indice di rischio della zona: ALTO.

MISURE IN CANTIERE WBZ Stoefl BVH - Città: Villandro (BZ)

Cmax	92121						
b	5,00E+00						
x	EXP(-bx)	Valori Tend	Reali				
0,3	0,2231302	71566	22404	3,82	330048	2,1E-06 $\lambda 1/(s)$	
0,6	0,0497871	87535	87545	Ld=	2,00E-01	De= 2,90E-04 m2/sec	
0,9	0,0111109	91098	92121	$\lambda(1/s)=$	2,1E-06		



MISURE IN CANTIERE WBZ Stoefl BVH - Città: Villandro (BZ)

Codice dosimetro	Data inizio Esposizione	Data fine Esposizione	Concentrazione (Bq/mc)	Incertezza (Bq/mc)	Esito (Pass/Fail)
BL119	06-03-2023	10-03-2023	23747	2013	NORMAL RISK
BL097	06-03-2023	10-03-2023	39797	3198	NORMAL RISK
BL096	06-03-2023	10-03-2023	15033	1371	NORMAL RISK

Le misure in evidenziano un valore massimo della concentrazione a circa 60 cm di profondità.

L'escalazione del radon non avviene solo per diffusione, ma anche per altri processi.

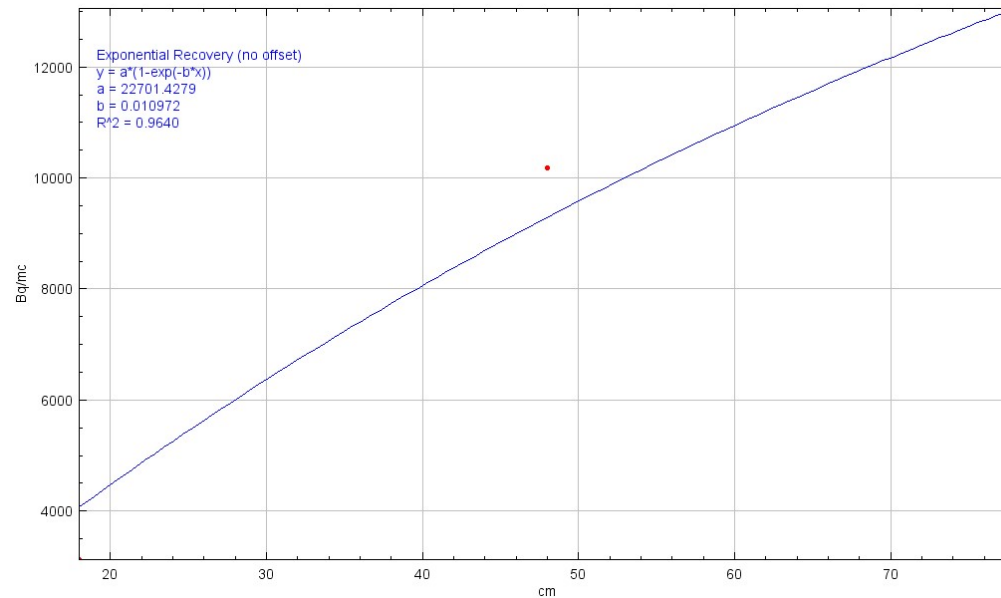
Barletta. LATITUDINE: xxx LONGITUDINE: xx

Realizzazione di un fabbricato per civile abitazione e attività terziarie

Punto misura 1	
Profondità (cm)	Bq/m ³
73	29523
43	19579
13	6550

Francavilla Fontana (BR)

Punto misura 1	
Profondità (cm)	Bq/m ³
18	3125
48	10177
78	12720



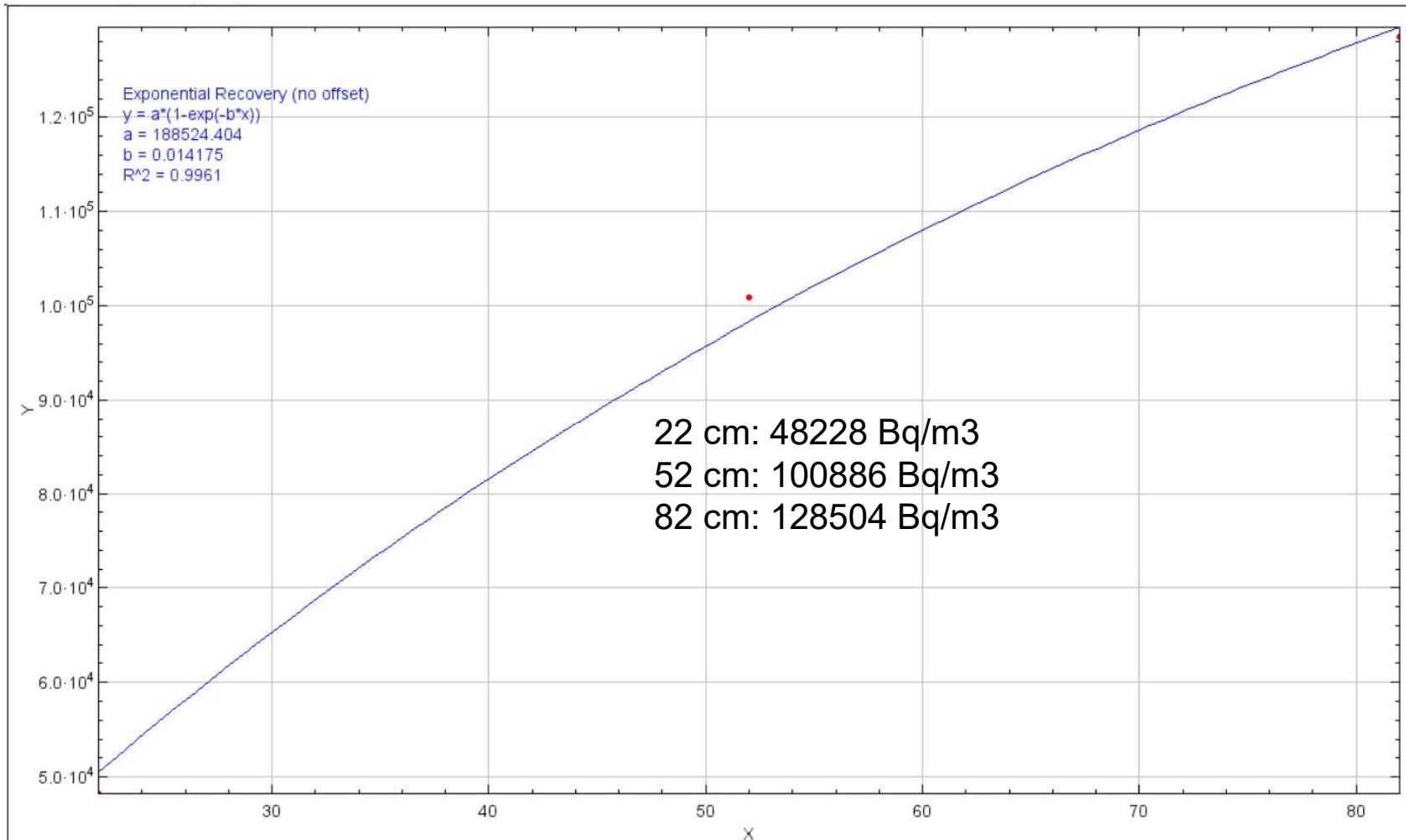
Lo strato di terreno in superficie, costituito da sabbie calcaree poco cementate, è caratterizzato da coefficiente di diffusione di circa:

$$1,74 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Misure a Roma (Enea casaccia)

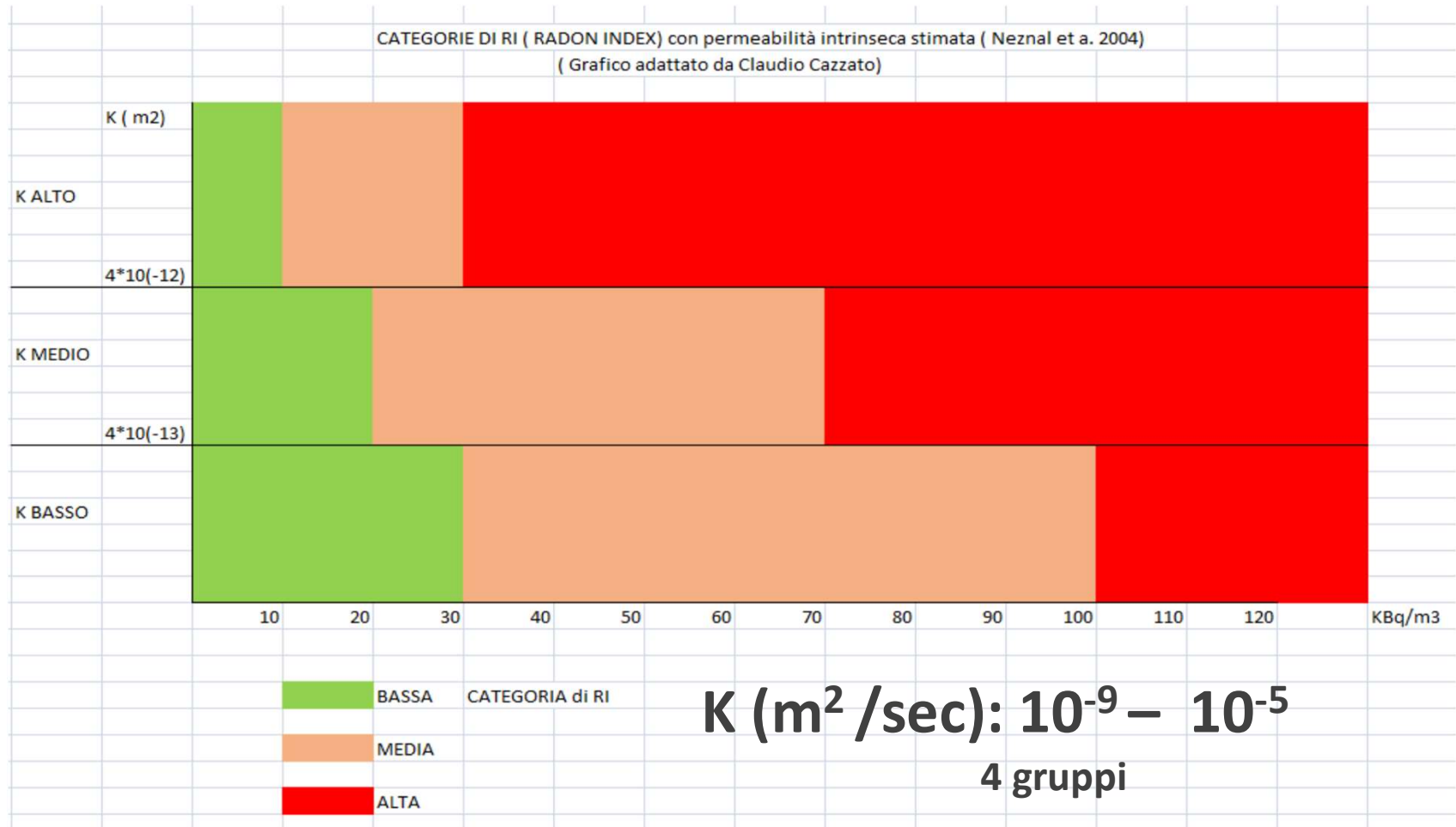


ROMA



RADON INDEX: funzione della Permeabilità e Concentrazione

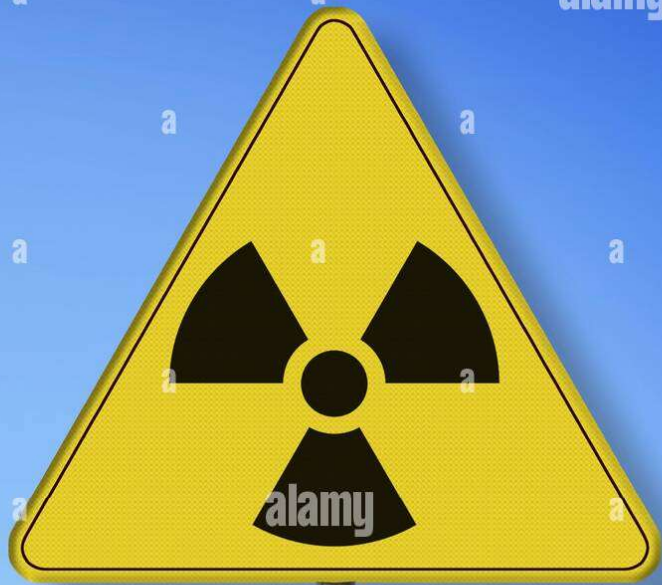
Grafico adattato da Claudio Cazzato



Da ultimo: anche l'acqua estratta dalla falda potrebbe essere una fonte di inquinamento da radon.

Bologna 11-13-ottobre 2023





**DANGER
RADON**



Grazie per l'Attenzione