



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
Τομέας Μεταλλευτικής Τεχνολογίας
Ερευνητική μονάδα Γεωλογίας
(Τεκτονική- Στρωματογραφία- Γεωλογία Περιβάλλοντος)

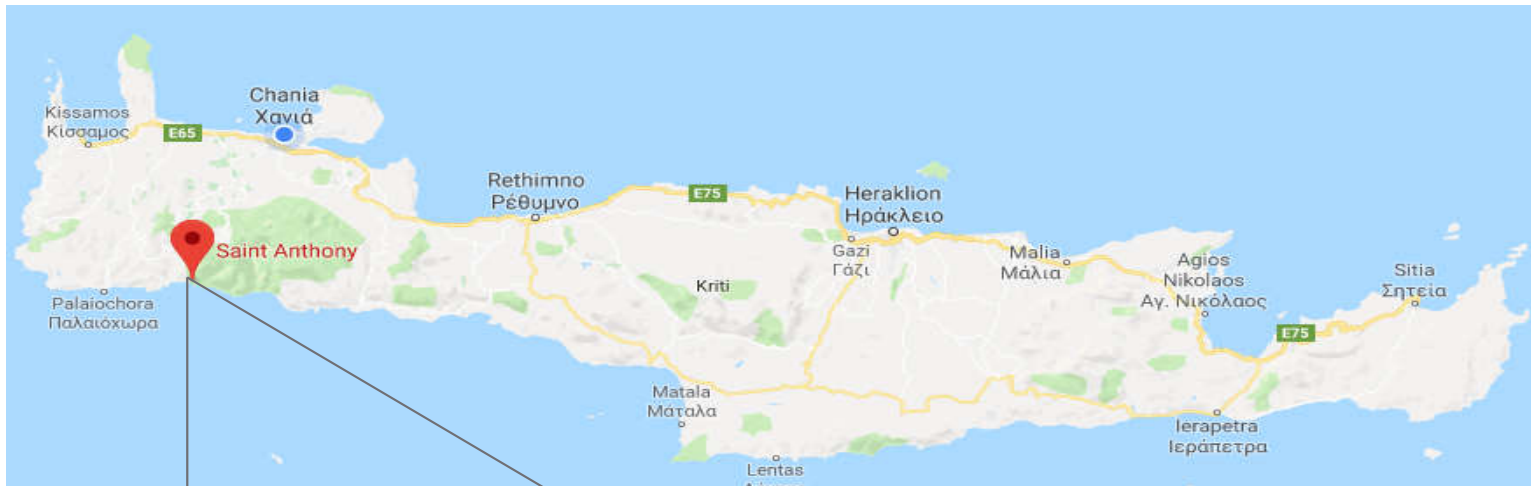


ΡΑΔΟΝΙΟΥΧΕΣ ΠΗΓΕΣ ΣΤΗΝ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ ΚΡΗΤΗ: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αθήνα, Μάρτιος 2020

Εμμανουήλ Μανούτσογλου, Μιλτιάδης Κουφάκης & Νικόλαος Σπανουδάκης

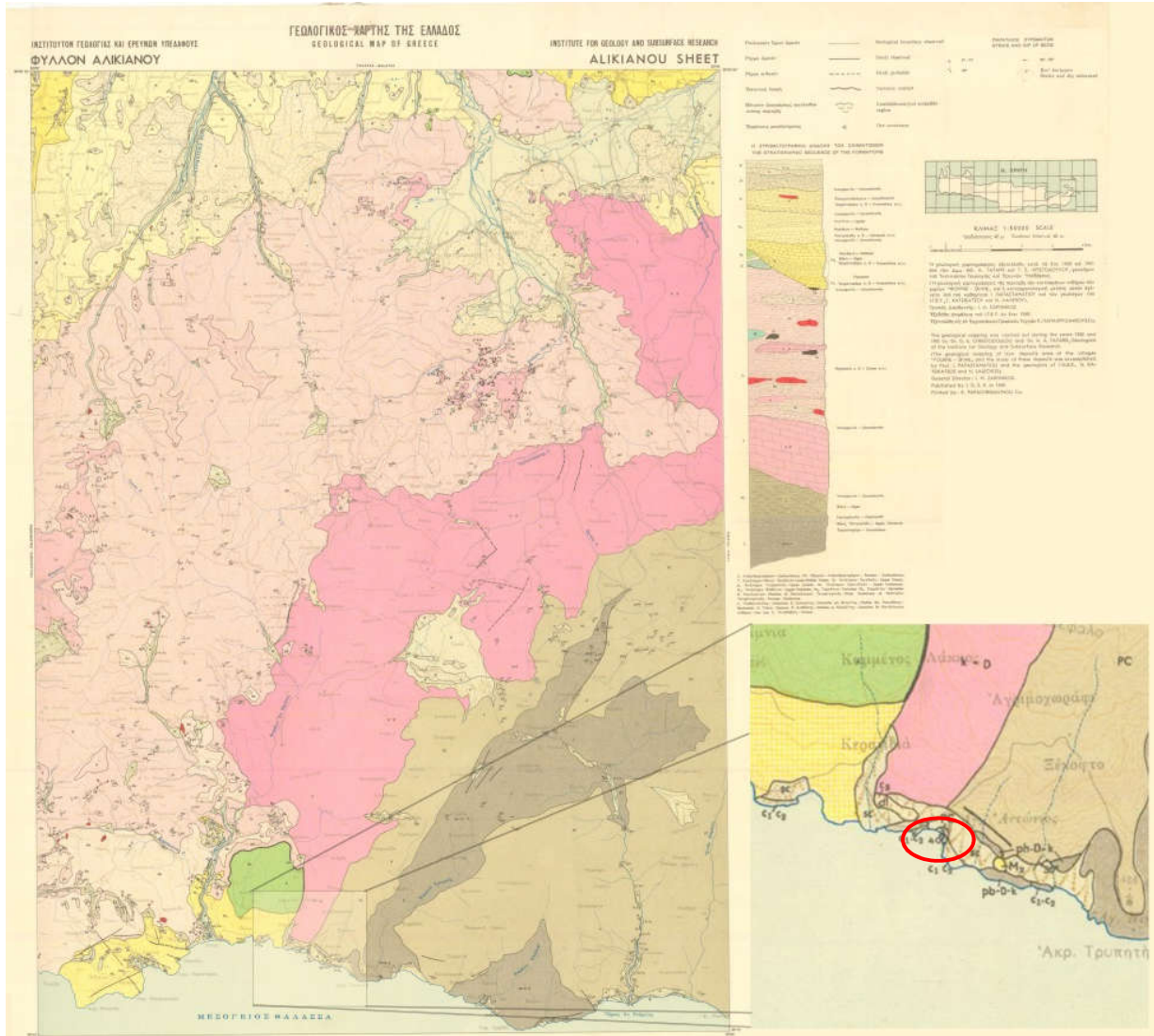
Γεωλογικό-Υδρογεωλογικό περίγραμμα της περιοχής



Οι πηγές του Αγίου Αντωνίου βρίσκονται στο παραλιακό μέτωπο μιας περιοχής ανατολικά του Δ.Δ. Σούγιας του Δήμου Ανατολικού Σελίνου, στις νότιες παρυφές των Λευκών Ορέων του νομού Χανίων της Κρήτης

Γεωλογικό-Υδρογεωλογικό περίγραμμα της περιοχής

Όπως φαίνεται και στον βασικό γεωλογικό χάρτη για την ευρύτερη περιοχή, του ΙΓΕΥ, οι πηγές εκφορτίζουν υδροφόρο ορίζοντα που βρίσκεται εντός των ημιμεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων της ενότητας του Τρυπαλίου



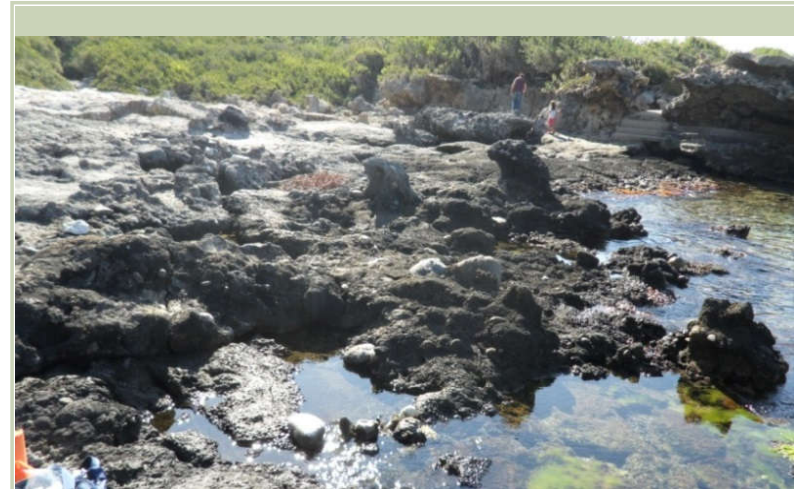
Γεωλογικό-Υδρογεωλογικό περίγραμμα της περιοχής



ΠΗΓΕΣ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟΥ

ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ο όρος «**καρστική πηγή**» υποδηλώνει την σύνδεση του σημείου/σημείων εκφόρτισης με το σύνολο της καρστικής υδροφορίας. Τέτοιου τύπου πηγές συνδέονται με ένα σύστημα πολυάριθμων «**σωλήνων**», διαφόρων σχημάτων και μεγεθών





Επι τόπου μετρήσεις

ΕΠΙ ΤΟΠΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

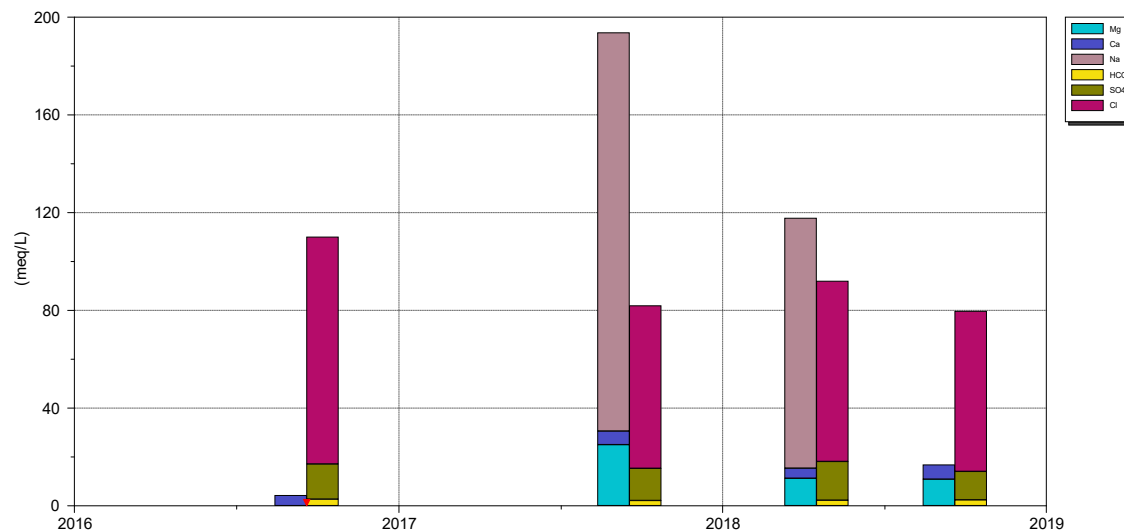
Δείγμα	Ημ/νία	T °C	pH	Eh (mV)	Αγωγιμ. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/L)
AgAntonios1-1	19/09/2016	15.2	7.45	240	11327	N.M.
AgAntonios1-2	18/09/2017	14.3	7.6	287	7520	3750
AgAntonios1-3	17/04/2018	14.5	7.9	173	7420	3780
AgAntonios1-4	20/09/2019	14.2	8.17	111	N.M.	N.M.



Συγκέντρωση κύριων ιόντων

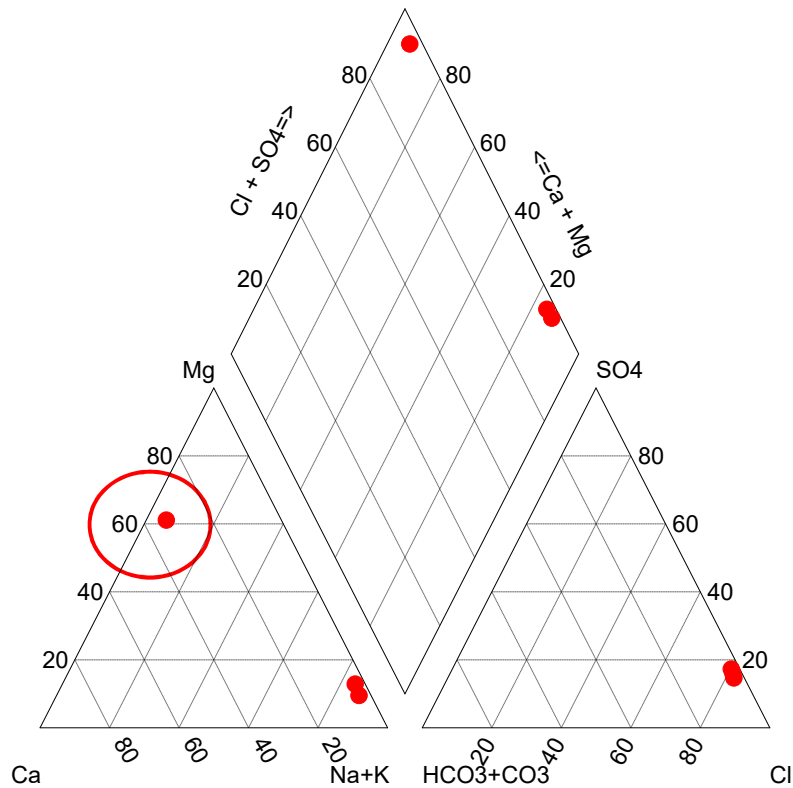
Δείγμα	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	Si	F
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AgAntonios1-1	84.82	N.M.	N.M.	34.00	3294	163.5	691	2.52	1.14
AgAntonios1-2	111.70	303.60	3748	53.74	2360	128.5	633	3.42	0.91
AgAntonios1-3	82.40	136.54	2353	40.20	2618	137.4	760	4.71	1.09
AgAntonios1-4	117.90	131.88	N.M.	40.62	2324	146.1	558	9.84	1.00

N.M.: Not Measured, <DL:Below Detection Limit





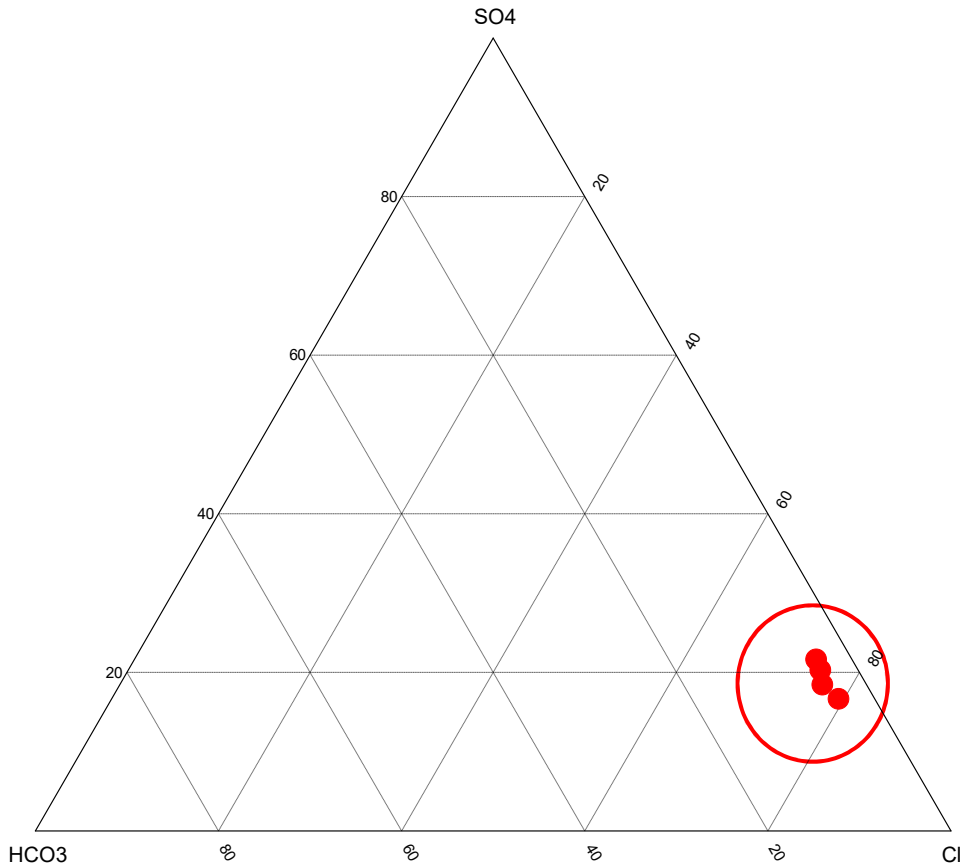
Διάγραμμα Piper



Για τα δείγματα που μπόρεσαν να μετρηθούν ως προς τα **κατιόντα** χαρακτηρίζονται **νατριούχα**, ως προς τα **ανιόντα** **χλωριούχα**, και στο **σύνολο** **χλωρονατριούχα**.



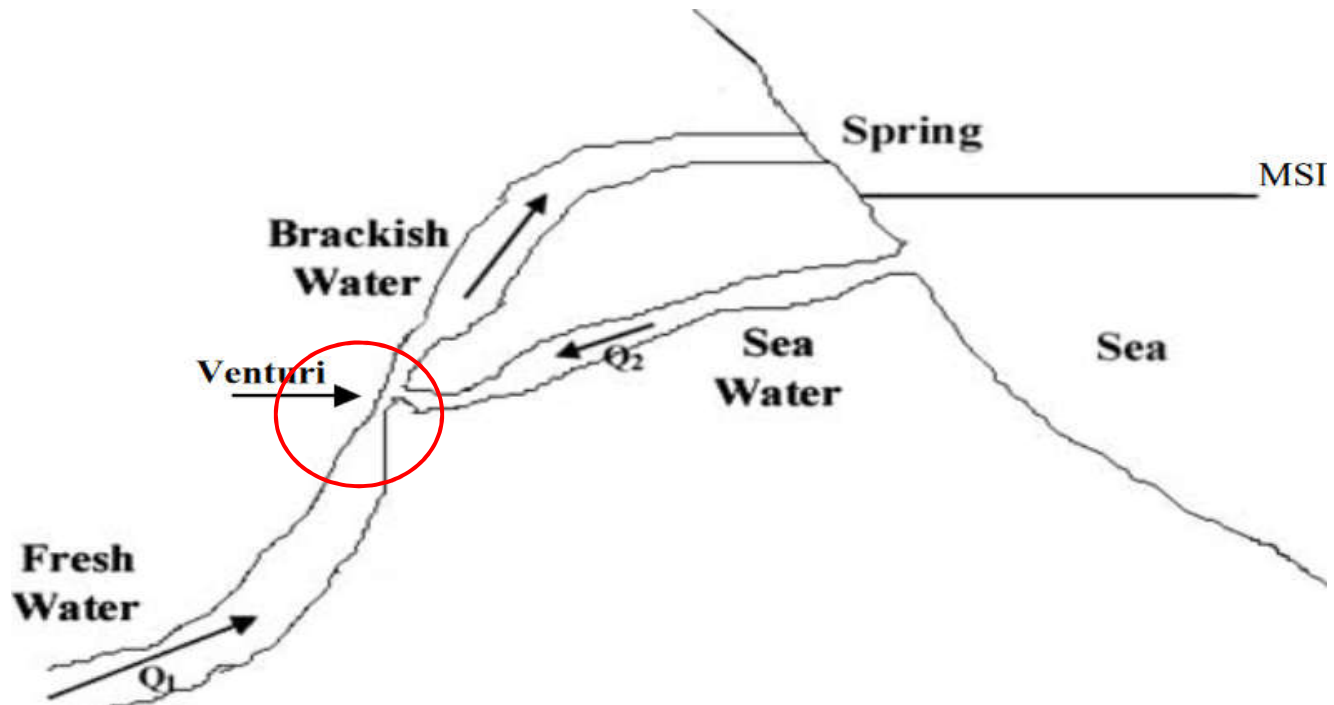
Διάγραμμα Piper



Λαμβάνοντας υπ' όψιν
όλα τα δείγματα,
χαρακτηρίζονται
μόνον ως προς τα
ανιόντα χλωριούχα.

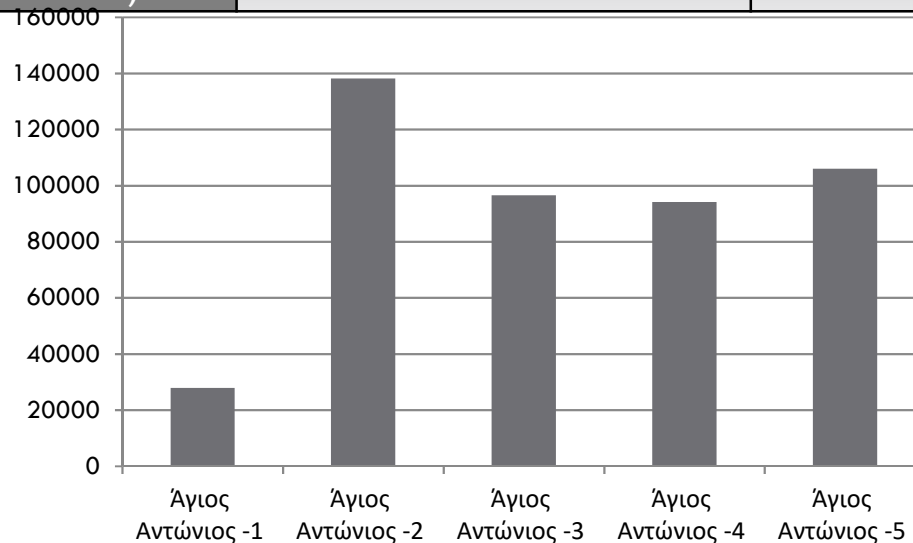
Φαινόμενο “Venturi” στις υπό μελέτη καρστικές πηγές

- Οι καρστικοί «σωλήνες» που μεταφέρουν το γλυκό νερό από τον ταμιευτήρα στην πηγή, συναντώνται με άλλους που μεταφέρουν αλμυρό (θαλασσινό) νερό, με αποτέλεσμα να «τραβάνε» θαλασσινό νερό



Συγκέντρωση ραδονίου-Rn (Bq/m^3)

Αριθμός Δείγματος	Ραδόνιο (Bq/m^3)	Θορόνιο (Bq/m^3)
Άγιος Αντώνιος -1	27.911	<DL
Άγιος Αντώνιος -2	138.132	1048
Άγιος Αντώνιος -3	96.560	223
Άγιος Αντώνιος -4	94.180	496
Άγιος Αντώνιος -5 (14/12/2019)	105.989	<DL



Σχετικά με το ραδόνιο

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΡΑΔΟΝΙΟ ΚΑΙ ΠΟΙΑ ΤΑ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΤΟΥ ΙΣΟΤΟΠΙΑ

Είναι ένα άχρωμο, άγευστο, άοσμο, φυσικά ραδιενεργό, ευγενές αέριο

Εμφανίζει **27** ισότοπα (από το ^{200}Rn έως το ^{226}Rn), με πιο κοινά του τα: ^{222}Rn (ραδόνιο), ^{220}Rn (θορόνιο) και ^{219}Rn (ακτινόνιο)

Είναι μέλη των φυσικών ραδιενεργών σειρών του ^{238}U (ουρανίου), του ^{232}Th (θορίου) και του ^{235}U (ακτινίου)

Οι χρόνοι ημίσειας ζωής: **Ραδόνιο (^{222}Rn)-3.82 ημέρες, θορόνιο (^{220}Rn)-56 δευτερόλεπτα, ακτινόνιο (^{219}Rn)-4 δευτερόλεπτα**

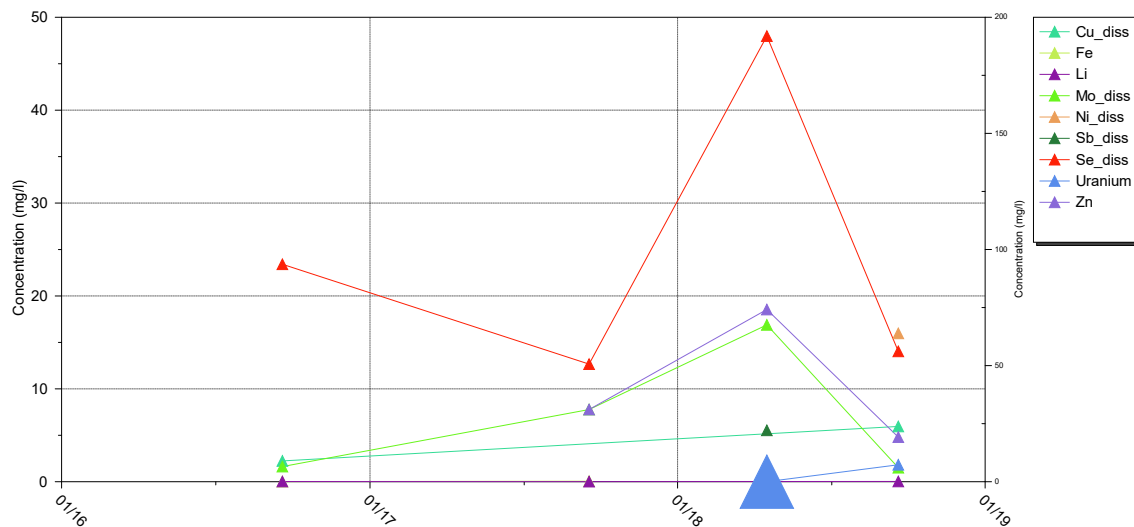
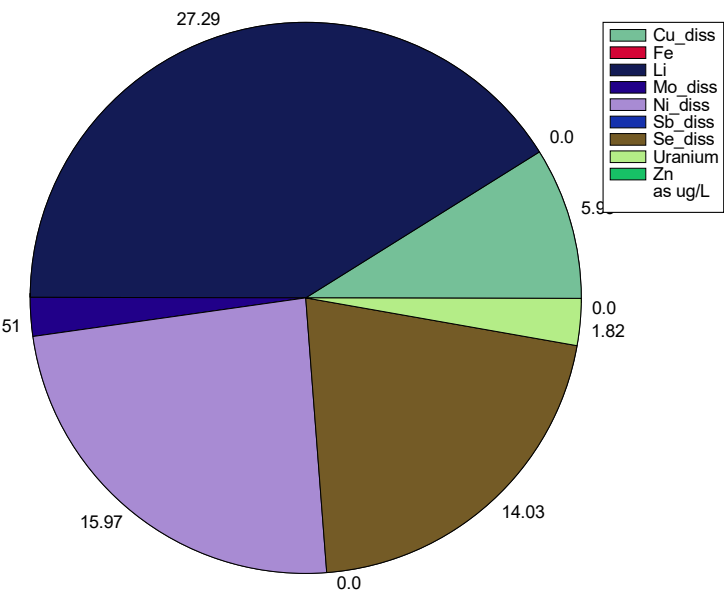
Το ραδόνιο με την σειρά του διασπάται χάνοντας ένα α-σωματίδιο και μεταπίπτει σε **πολώνιο** → **βισμούθιο** → **μόλυβδο**



Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων

Δείγμα	NO2	NO3	NH4	B	Ba	Cr	Cu	Fe	Li	Mo	Ni	Sb	Se	Sr	U	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/l	µg/L	µg/L
AgAntonios1-1	0.01	2.27	0.05	0.15	0.01	<DL	2.2	0.01	0.02	1.6	<DL	<DL	23.4	2.43	<DL	<DL
AgAntonios1-2	0.01	0.09	0.13	0.09	0.01	<DL	<DL	0.06	0.01	7.8	<DL	<DL	12.7	3.04	<DL	7.8
AgAntonios1-3	0.01	0.21	0.17	0.46	0.02	10.6	<DL	<DL	0.02	16.9	<DL	5.53	48.0	3.60	<DL	18.5
AgAntonios1-4	<DL	0.30	0.06	0.39	0.02	<DL	5.9	<DL	0.02	1.5	16.0	<DL	14.0	3.47	1.8	4.8

N.M.: Not Measured, <DL:Below Detection Limit

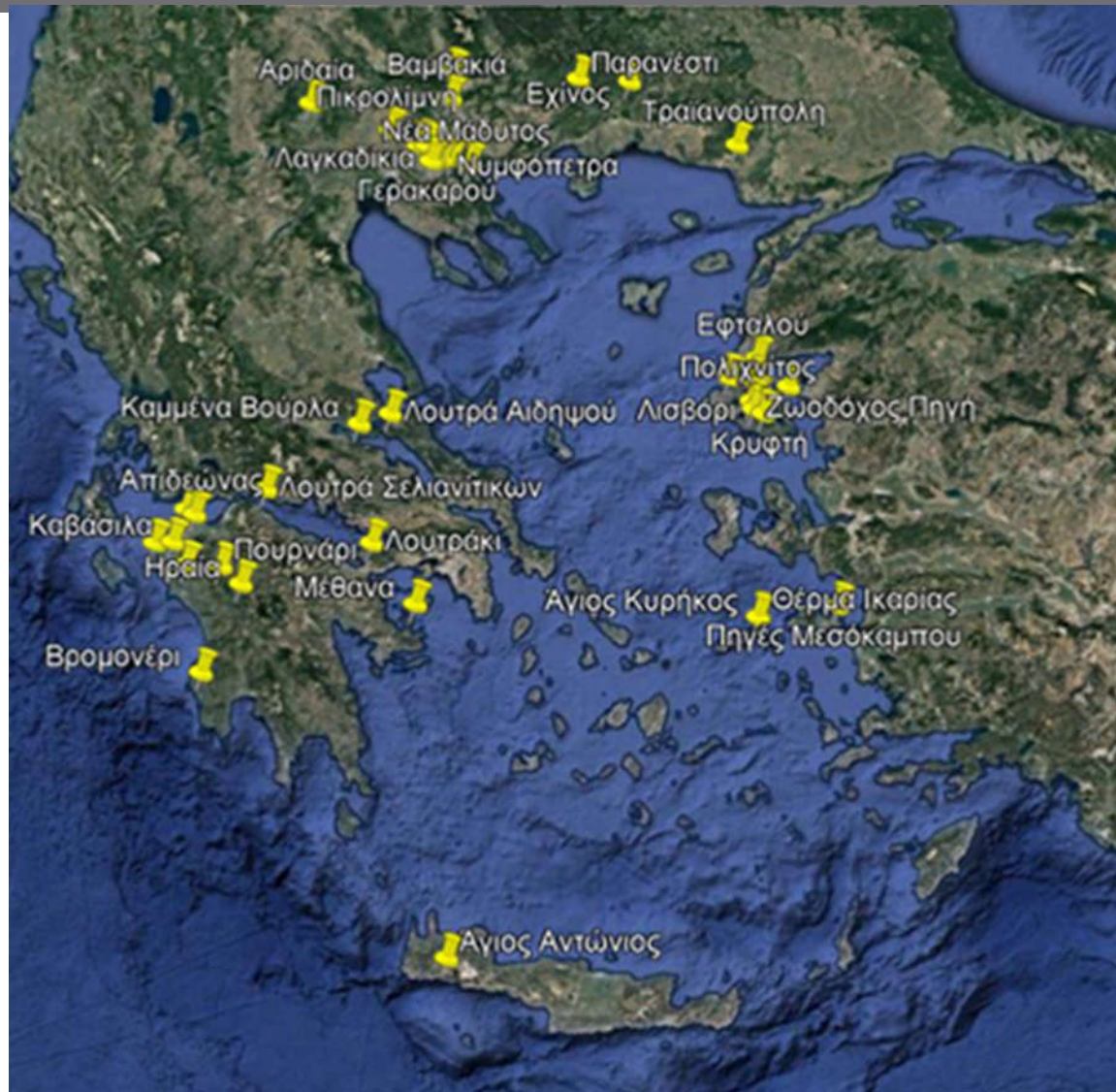


Συγκεντρώσεις ραδονίου σε διάφορες ραδονιούχες πηγές στην Ελλάδα

Όνομασία ιαματικής πηγής	Τοποθεσία	Ραδιενεργός συγκέντρωση (Mache)	bq/m ³
Ασθενείς			197715
Ευθαλούς	Λέσβος	14,7	151985
Ε.Ο.Τ.	Λουτράκι	11,3	96840
Πόσιμου Ύδατος	Σουρωτή	7,2	95495
Πόσιμου Ύδατος	Νιγρίτα	7,1	87425
Αθάνατο νερό	Ικαρία	6,5	87425
Σπηλαιίου	Ικαρία	6,5	80700
Πολυχνίτου	Λέσβος	6	71285
Τραιανουπόλεως	Φέρρες	5,3	57835
Βυζαντινού Λουτήρος	Ν. Απολλωνίας	4,3	55145
Κακκάβου	Κύθνος	4,1	1116350
Μέτριες			780100
Παμφίλη	Ικαρία	83	699400
Θέρμες Σύλλα	Αιδηψός	58	403500
Αγ. Κυριακής	Ικαρία	50-54	416950
Αγ. Κυριακής Β'	Ικαρία	28-32	336250
Δήμου	Λουτράκι	31	10141300
Αγ. Αναργύρων	Κύθνος	25	7007450
Ισχυρές			4967085
Αρτέμιδος	Ικαρία	754	4681945
Απόλλωνος	Ικαρία	521	3776760
Μουσταφά Λίτζα (Ασκληπιός)	Ικαρία	369,3	2918650
Μεταξά	Κ. Βούρλα	348,1	
Παπαστράτου	Κ. Βούρλα	280,8	
Κράτσα	Ικαρία	217	

1 ΜΕ = 3,64 Eman = $3,64 \times 10^{-10}$ Ci/L = 13,45 Bq/L (ή $1000 \times 13,45 = 13.450$ Bq/m³)

Οι ραδονιούχες πηγές της Ελλάδας



Σχετικά με το ραδόνιο



ΟΦΕΛΗ ΡΑΔΟΝΙΟΥ-

Radiation Hormesis

Χρησιμοποιείται για την
θεραπεία της αρθρίτιδας, σε
δερματικές και ρευματικές
παθήσεις.

Βοηθάει στην ρύθμιση του στρες
και καταστέλλει τον καρκίνο,
την υπέρταση και το διαβήτη.

Αποτελεί «άσκηση» για το
ανοσοποιητικό σύστημα.

Crete

Υπόμνημα

Pelopónnisos-Cretan Ridge

Cretan Trough



Ptolemy Trench

Ptolemy Mountains

East Mediterranean Ridge

Λιβυκό Πλά...

Google Earth

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus
© 2018 Google



80 km

Σεισμικότητα στην Νοτιοδυτική Κρήτη

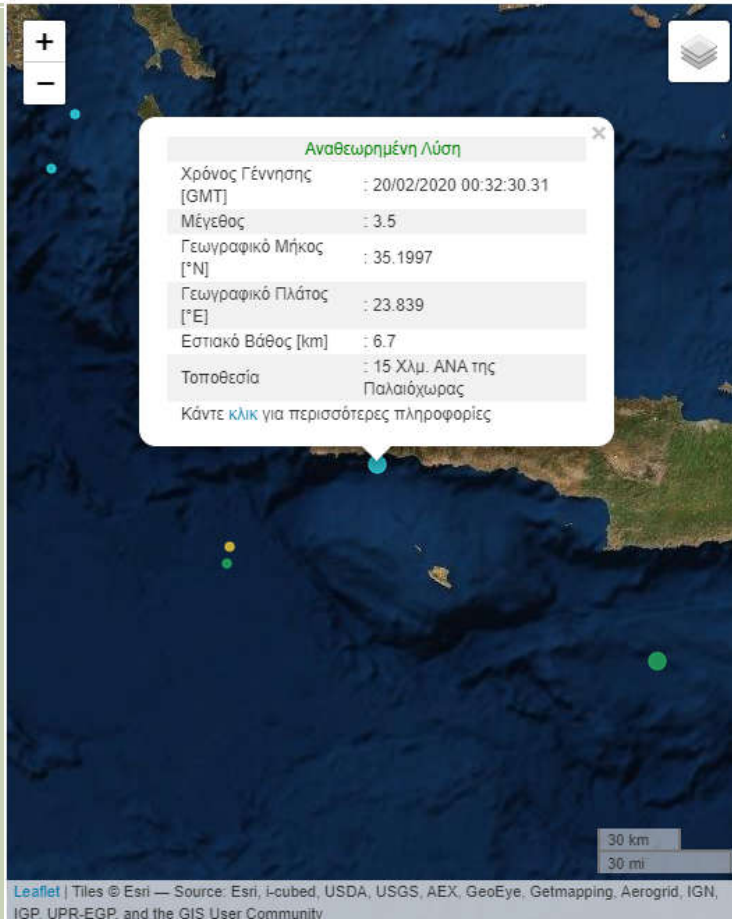
Σύμφωνα με το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Αθηνών, την Παρασκευή είχαμε ΝΝΔ της Κρήτης έντονη σεισμική δραστηριότητα με

συνολικά **12 δονήσεις**. Η μεγαλύτερη, εντάσεως 4,5 ρίχτερ, σημειώθηκε στις 8:45 το πρωί με επίκεντρο 38,8 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων και εστιακό βάθος 8 χιλιομέτρων. Ο σεισμός έγινε αισθητός στους κατοίκους των Χανίων, ωστόσο δεν έχουν αναφερθεί πληροφορίες για ζημιές ή τραυματισμούς. Λίγα λεπτά αργότερα, στις 9 το πρωί, σημειώθηκε νέα σεισμική δόνηση

3,7 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ, με επίκεντρο 40,6 χιλιόμετρα ΝΝΔ των Χανίων και εστιακό βάθος 8 χλμ. Στις 9:55 ακολούθησε κι άλλη δόνηση με επίκεντρο 41,8 χλμ ΝΝΔ των Χανίων και εστιακό βάθος 19 χλμ. εντάσεως **3** ρίχτερ, στις 10:23 με επίκεντρο 39,6 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων

εντάσεως **3,9** ρίχτερ με εστιακό βάθος τα 7 χλμ., στις 11:12 με επίκεντρο 39,2 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 2 χλμ. και ένταση

3,2 ρίχτερ, στις 11:15 με επίκεντρο 38,7 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 2 χλμ. και ένταση 3,1 ρίχτερ, στις 12:21 μ.μ. με επίκεντρο 35,6 χλμ. ΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 12 χλμ. και ένταση 3,1 ρίχτερ, στις 2:44 το μεσημέρι με επίκεντρο 40,2 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 9 χλμ. και ένταση 3 ρίχτερ, στις 2:53 μ.μ. με επίκεντρο 39,2 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 4 χλμ. και ένταση 3,3 ρίχτερ και στις 4:59 το απόγευμα με επίκεντρο 39,0 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 3 χλμ. και ένταση 3 ρίχτερ. Τα Ρίχτερ ωστόσο συνεχίστηκαν και το απόγευμα, οπότε και σημειώθηκαν δύο δονήσεις: στις 7:01 η μία με επίκεντρο 38,2 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 3 χλμ. εντάσεως 3,5 ρίχτερ και η άλλη με επίκεντρο 39,2 χλμ. ΝΝΔ των Χανίων, εστιακό βάθος 7 χλμ. και ένταση **3,4** ρίχτερ.



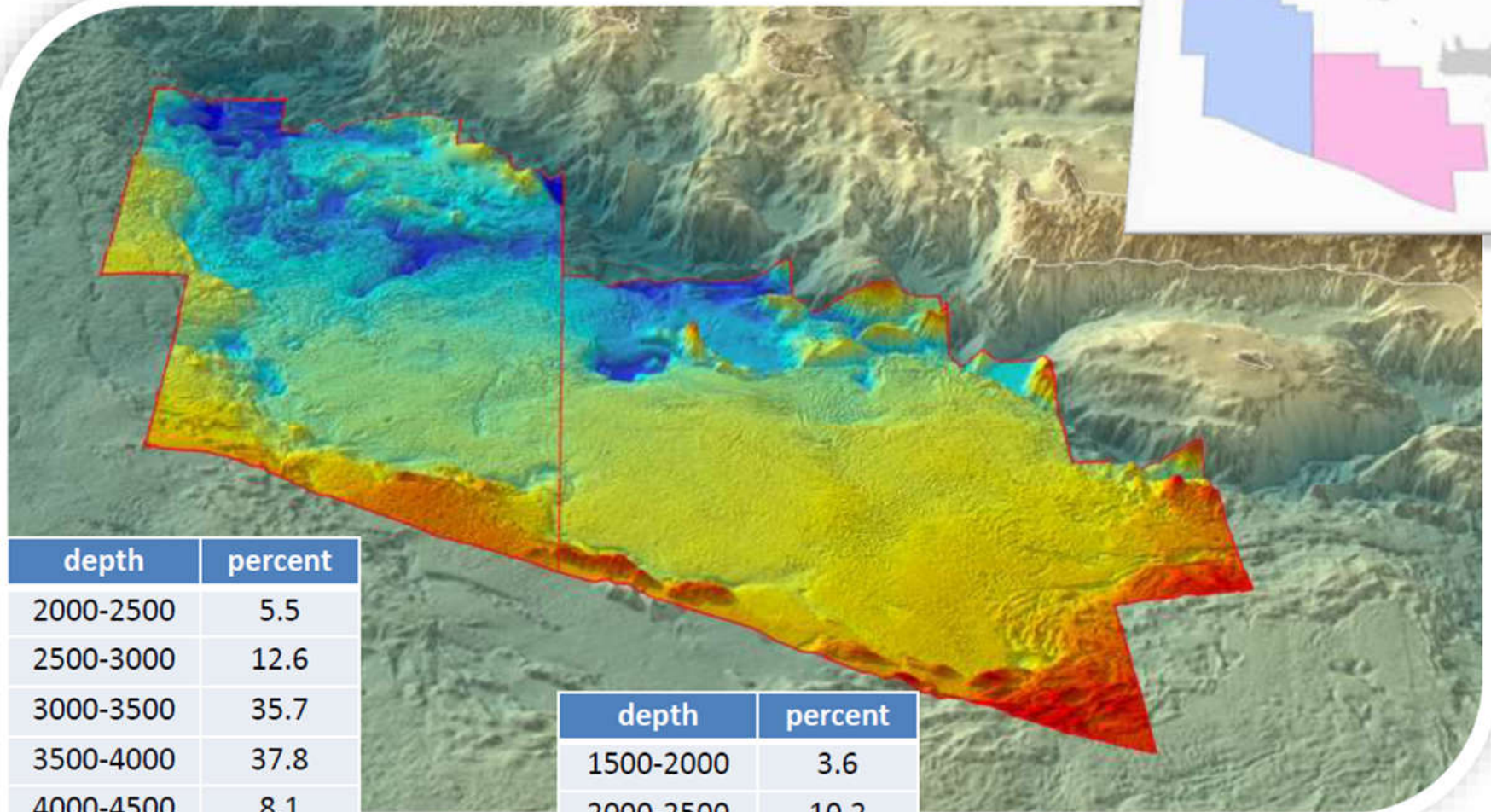
24h 48h 7d

ΧΡΟΝΟΣ ΓΕΝΕΣΗΣ (GMT)	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΒΑΘΟΣ (χλμ)	ΤΥΠΟΣ
20/02/2020 03:37:16.63	2.8	7.4	[M]
20/02/2020 02:36:51.32	1.4	13.9	[M]
20/02/2020 01:59:13.99	3.3	6.8	[M]
20/02/2020 01:46:38.90	3.0	20.0	[M]
20/02/2020 01:39:27.52	2.3	7.2	[M]
20/02/2020 01:23:19.03	1.8	2.0	[M]
20/02/2020 00:32:30.31	3.5	6.7	[M]
20/02/2020 00:30:53.56	0.9	7.9	[M]
20/02/2020 00:27:06.73	2.7	2.0	[M]
20/02/2020 00:09:17.29	1.5	17.5	[M]

https://www.creteplus.gr/ei-diseis/seismos_stin_kriti.html

<https://www.youtube.com/watch?v=ZrJbJBoQsq4>

Western and South of Crete Blocks



depth	percent
2000-2500	5.5
2500-3000	12.6
3000-3500	35.7
3500-4000	37.8
4000-4500	8.1
>4500	0.4

depth	percent
1500-2000	3.6
2000-2500	10.2
2500-3000	51.7
3000-3500	19.2
3500-4000	12.1
4000-4500	3.2

IV Αντί συμπερασμάτων

- Και στην Κρήτη εντοπίστηκαν ραδονιούχες πηγές που συνδέονται πιθανώς με την ύπαρξη μεγάλων και ενεργών ρηγμάτων στην περιοχή της νοτιοδυτικής Κρήτης
- Οι πηγές είναι ψυχρές, επηρεάζονται από το φαινόμενο Venturi για αυτό και παρουσιάζουν χλωρονατριούχο σύσταση
- Οι πηγές του Αγίου Αντωνίου περιέχουν αυξομειούμενες, αλλά **ικανοποιητικές συγκεντρώσεις ραδονίου που στοιχειοθετούν την ίδρυση σταθμού συνεχούς μέτρησής του.**
- **Έκλυση ραδονίου ως πρόδρομο φαινόμενο σεισμικής διέγερσης έχει παρατηρηθεί και έχει μελετηθεί σε διάφορα σημεία του πλανήτη, με ενδιαφέροντα αποτελέσματα.**
- **Σταθμοί μέτρησης και παρακολούθησης έκλυσης ραδονίου έχουν στηθεί σε διάφορα σημεία της Ελλάδος, γιατί όχι και ένας στην νοτιοδυτική Κρήτη??**

ΤΕΛΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!