

Χρήσεις ορυκτών πρώτων υλών για την
αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων

Ι. Ηλιόπουλος
Πάτρα, 2011

Η εξόρυξη και η κατεργασία των ορυκτών πρώτων υλών έχουν:

- άμεση ή έμμεση επίδραση στην ποιότητα και ποσότητα του εδάφους και του νερού, την ποιότητα του αέρα και στο βιολογικό περιβάλλον, αφού συχνά οδηγεί στην καταστροφή των οικοσυστημάτων της περιοχής.
- άμεση επίπτωση επίσης στην αισθητική του τοπίου με τη μεταβολή της τοπογραφίας της περιοχής, στη δημιουργία θορύβου, σκόνης και γενικά συνθηκών υποβαθμισμένης διαβίωσης.

- Η λειτουργία ή όχι εξορυκτικών δραστηριοτήτων για πολλές πρώτες ύλες μπορεί να έχει κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις όχι μόνο σε τοπικό, αλλά και σε εθνικό επίπεδο.
- Η ζήτηση πολλών ορυκτών πρώτων υλών αυξάνεται συνεχώς, ενώ τα αποθέματα υψηλών συγκεντρώσεων ορυκτών και μετάλλων μειώνονται.
- Απαιτούνται έτσι εξορύξεις διαρκώς μεγαλύτερων όγκων πρώτων υλών για να καλυφθούν οι ανάγκες των χρηστών με αποτέλεσμα η εξορυκτική δραστηριότητα να γίνεται μεγαλύτερη και τα προβλήματα της περιβαλλοντικής υποβάθμισης εξαιτίας του μεγαλύτερου όγκου της εξόρυξης και μεταποίησης να γίνονται επίσης εντονότερα.

- Όμως η σημερινή κοινωνία εξαρτάται στενά από τη διαθεσιμότητα των ορυκτών πόρων και ο σύγχρονος τεχνολογικός πολιτισμός δε θα μπορούσε να υπάρξει χωρίς αυτούς.
- Δραστική μείωση της παραγωγής και της κατανάλωσης του ορυκτού πλούτου θα προκάλούσε υποβάθμιση του βιοτικού επιπέδου.

- Η εξόρυξη των ορυκτών πόρων και οι αγορές αυτών των προϊόντων επηρεάζονται όλο και περισσότερο από την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος.
- Η επίδραση των εξορυκτικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον μπορεί να ελαττωθεί λαμβάνοντας αποτελεσματικά μέτρα κατά την παραγωγή, διαχείριση και επεξεργασία των πρώτων υλών.
- Πρέπει να γίνεται ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση του κοιτάσματος και σχεδιασμός των διαδικασιών κατεργασίας της πρώτης ύλης κατά τρόπο που να ελαχιστοποιεί τα άχρηστα υλικά και την επιβάρυνση της περιοχής με ρυποχόνα συστατικά.

- Τα όποια μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος από την εξόρυξη και την κατεργασία του ορυκτού πλούτου δεν μπορούν να εξαλείψουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μπορούν όμως να τις μειώσουν και να τις περιορίσουν σε ανεκτά επίπεδα.
- Είναι σημαντικό ότι ενώ η εξόρυξη και η επεξεργασία ορυκτών πρώτων υλών δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα, πολλά βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα είναι απαραίτητα για την προστασία του περιβάλλοντος και γενικότερα χρησιμοποιούνται σε περιβαλλοντικές εφαρμογές συμβάλλοντας στη δημιουργία συνθηκών για πιο υγιεινή διαμονή και διατροφή του ανθρώπου.

- Η χρήση συγκεκριμένων βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων (ΒΟΠ) για την προστασία του περιβάλλοντος εξαρτάται:
 - από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων,
 - την ορυκτολογική τους σύσταση,
 - το χημισμό των ορυκτών,
 - από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες (ιδιαίτερα από την ιοντο-ανταλλακτική ικανότητα),
 - από το χημισμό και τις άλλες ιδιότητες της πηγής ρύπανσης.

πίνακας 1. ΙοντοΑνταλακτική Ικανότητα (ΙΑΙ) ορισμένων ορυκτών και υλικών (από Pond & Mumpton 1984, Kabata-Pendias & Pendias 1992, Andrews et al. 1996 κατά Φιλιππίδης 1996).

Ορυκτό / Υλικό	ΙΑΙ (meq 100 g ⁻¹)	Ορυκτό / Υλικό	ΙΑΙ (meq 100 g ⁻¹)
Χαλαζίας	1 - 7	Αμορφα αργιλικά	5- 100
Αστριοι	1 -7	Αργιλικά ορυκτά	3 -150
Μοσχοβίτης	15	Οργανική ύλη	150- 500
Χλωρίτης	10-40	Ζεόλιθοι	220 - 550

1. Ορυκτά που χρησιμοποιούνται κατά τη διαχείριση στερεών αποβλήτων ως υλικά υποστρωμάτων και κάλυψης

- Η πρακτική που χρησιμοποιείται σήμερα στις χωματερές είναι να συλλέγονται τα εκχυλίσματα και να γίνεται η επεξεργασία τους, ώστε να προστατεύονται τα υδροφόρα στρώματα και όχι να διαλύονται και να απορρίπτονται όπως γινόταν στο παρελθόν.
- Τα αρχιλικά ορυκτά είναι αυτά που κυρίως χρησιμοποιούνται ως υλικά για την απομόνωση των εκχυλισμάτων και των στερεών αποβλήτων από το περιβάλλον.

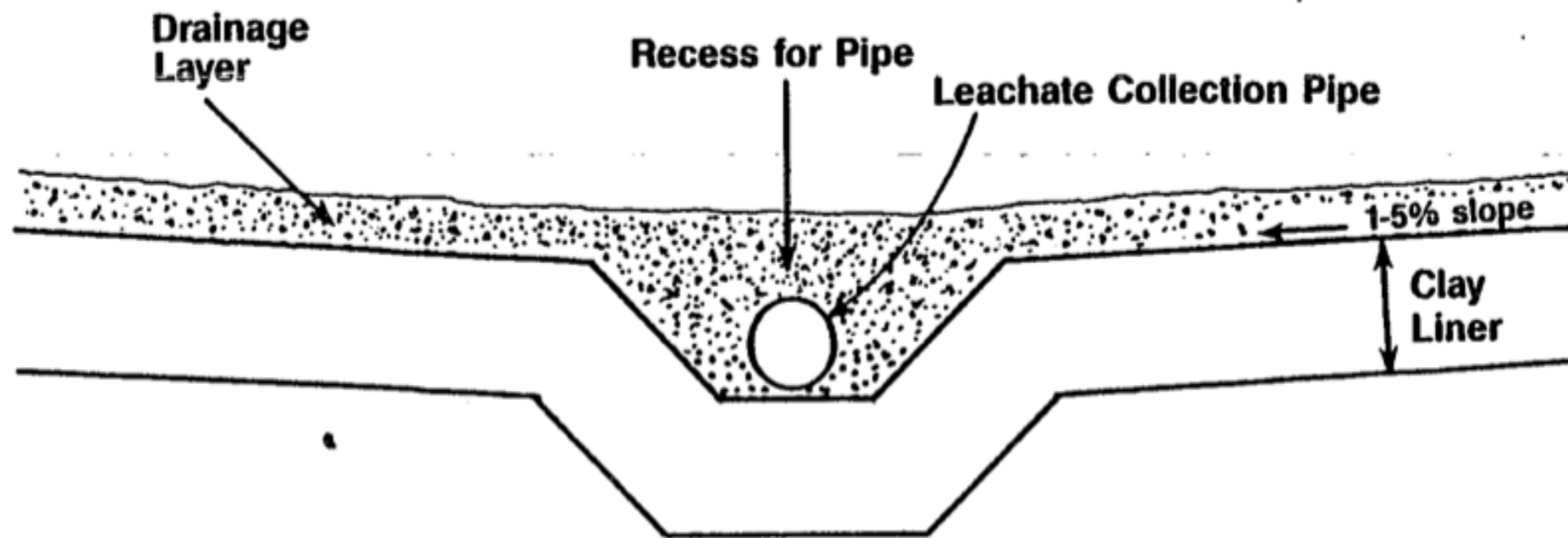
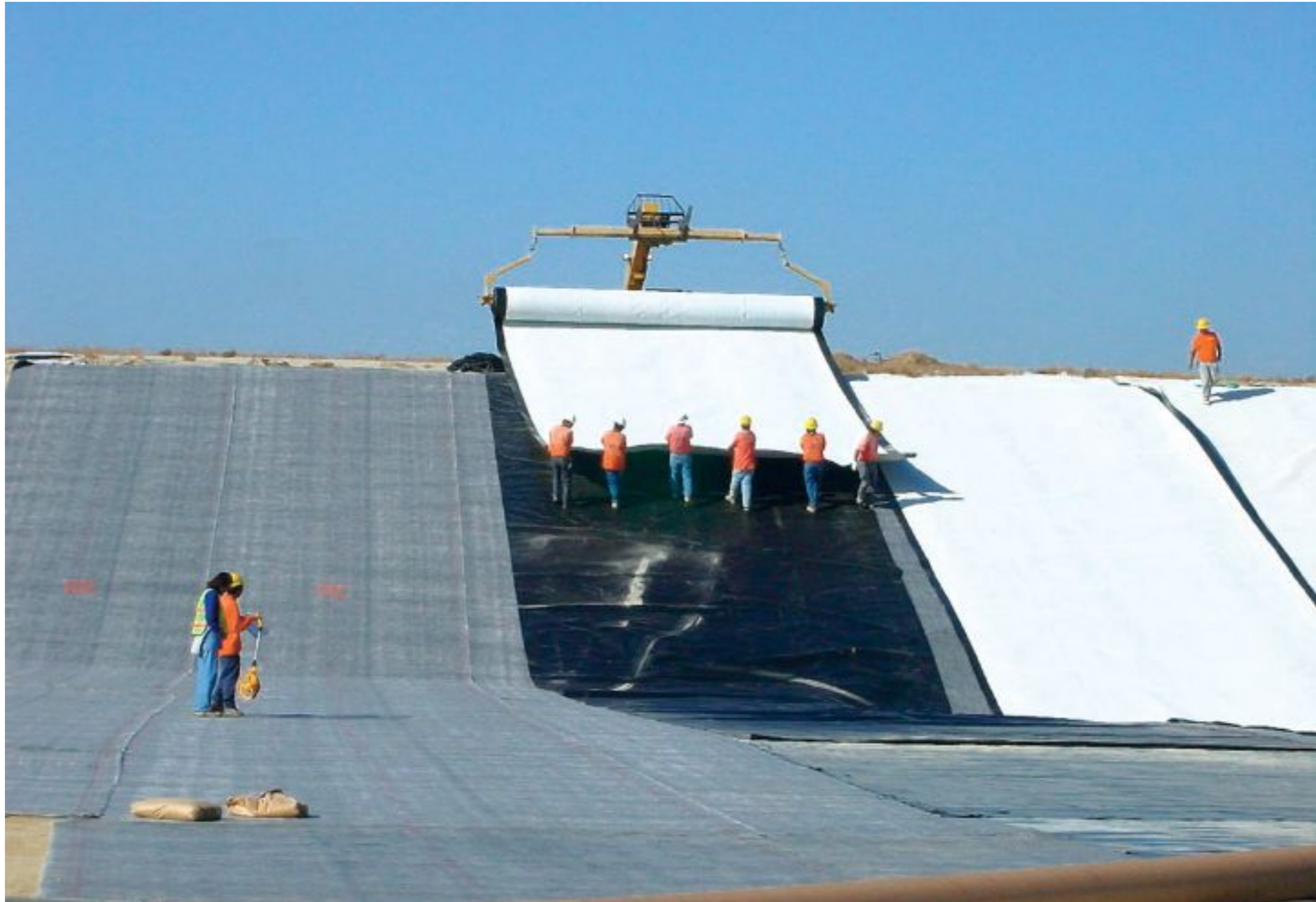


Figure 5-4. Liner design for collection system pipes and sump.

από Goldman et al., 1988



http://geosyntheticsmagazine.com/repository/2/1967/full_gcltop.jpg

- Η αποτελεσματικότητα του ορυκτού υποστρώματος μπορεί να εκτιμηθεί με βάση τους τρεις μηχανισμούς που επιτρέπουν σε αυτό:
 - α) να εμποδίσει τη ροή του ρυπαντή στο υπέδαφος,
 - β) να απορροφήσει ή να μετριάσει τους αιωρούμενους ή διαλελυμένους ρυπαντές και
 - γ) να εμποδίσει την εισχώρηση εδαφικού νερού.

Κύρια κριτήρια για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας ενός ορυκτολογικού φράγματος για ανάσχεση:

- η υδραυλική του αγωγιμότητα, που κατά τις προδιαγραφές πρέπει να είναι κατά μέγιστο 1×10^{-9} m/s σε υγρό μέτωπο 1m,
- το υλικό πρέπει να έχει ελάχιστη περιεκτικότητα σε κόκκους μεγέθους αρχιλικού κλάσματος (0.002 mm ή μικρότερο) 10%.

- Η υδραυλική αγωγιμότητα των ορυκτολογικών υποστρωμάτων εξαρτάται από
 - την κατανομή του μεγέθους των πόρων,
 - την ορυκτολογία των αρχίλων, και
 - την περιεκτικότητά τους σε νερό κατά τη συμπύκνωση.
- Η διείσδυση των υγρών στο ορυκτολογικό υπόστρωμα γίνεται κυρίως διαμέσου των πόρων που υπάρχουν μεταξύ των σβόλων του υλικού, γι' αυτό θα πρέπει να μην υπάρχουν σφαιρικά συσσωματώματα κατά τη συμπύκνωση (Batchelder, 1997).
- Οι πολύ μικρές τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας, που απαιτείται για το ορυκτολογικό υπόστρωμα των χώρων υγειονομικής ταφής, επιτυγχάνονται μόνο αν σ' αυτό υπάρχει συγκεκριμένη ποσότητα αρχιλικών ορυκτών.

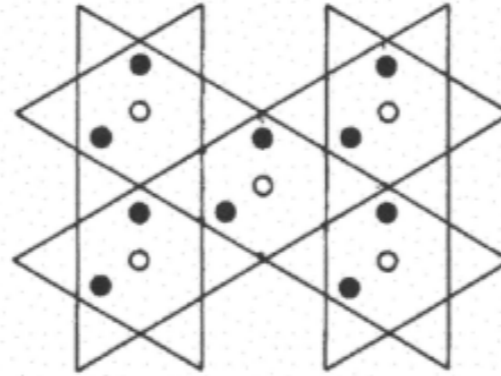
- Τα αρχιλικά ορυκτά είναι ένυδρα αλουμινοπυριτικά ορυκτά με φυλλώδη μορφολογία και σχισμό παράλληλο προς τις φυλλώδεις ατομικές τους δομές.
- Τα σπουδαιότερα απ'αυτά ανήκουν στις ομάδες του καολινίτη, του ιλλίτη και του σμηκτίτη.
- Τα φύλλα τους αποτελούνται από τετραεδρικά και οκταεδρικά στρώματα.
- Αν στην δομή του ορυκτού υπάρχει ένα τετραεδρικό και ένα οκταεδρικό στρώμα η αρχιλική δομή που προκύπτει λέγεται 1:1. Αν συμμετέχουν δύο τετραεδρικά και ένα οκταεδρικό στρώμα η δομή είναι 2:1. Κατιόντα, όπως τα Ca^{2+} , Na^{2+} και K^{+} , οργανικά μόρια και μόρια νερού μπορούν να καταλάβουν θέσεις μεταξύ των φύλλων σε 2:1 δομές.
- Η αντικατάσταση ιόντων, π.χ. του Al^{3+} από Mg^{2+} στα οκταεδρικά στρώματα του μοντοριλονίτη (σμηκτίτη), δημιουργεί ένα συνολικό αρνητικό φορτίο στις επιφάνειες των αρχιλικών ορυκτών.

- Τα διάφορα αρχιλικά ορυκτά έχουν πολύ διαφορετικές ιδιότητες που οφείλονται ακριβώς στις δομικές τους διαφορές και στον βαθμό των αλληλοαντικαταστάσεων ιόντων στα τετραεδρικά και οκταεδρικά στρώματα.
- Οι καολινίτες είναι φυλλο-πυριτικά με χαμηλό αρνητικό φορτίο λόγω της περιορισμένης αντικατάστασης ιόντων. Τα διαδοχικά φύλλα συνδέονται με δεσμούς υδροχόνου και έτσι δεν μπορούν να δεχθούν κατιόντα μεταξύ των φύλλων, επομένως δεν έχουν δυνατότητα διόγκωσης και έχουν μικρή ιοντοανταλλακτική ικανότητα.
- Οι ιλλίτες αποτελούνται από δι- ή τρι- οκταεδρικά 2:1 φύλλα. Τα κατιόντα που εξισορροπούν το αρνητικό φορτίο είναι συνήθως ιόντα K^+ και είναι σταθερά μεταξύ των φύλλων εμποδίζοντας το νερό να παρεμβληθεί. Μόνο τα ιόντα που συγκρατούνται στη μορφολογική επιφάνεια των σωματιδίων του ιλλίτη μπορούν να αντικατασταθούν, οδηγώντας έτσι σε ιοντοανταλλακτικές τιμές 10-40 meq/100gr.

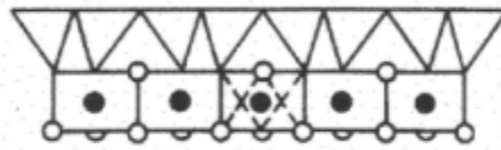
- Η δομή του ιλλίτη συνήθως γίνεται περισσότερο πολύπλοκη με την ενσωμάτωση φύλλων σμηκτίτη. Οι σμηκτίτες έχουν επίσης μία δι- ή τρι- οκταεδρική 2:1 φυλλώδη δομή με υψηλής στάθμης ισόμορφο αντικατάσταση που οδηγεί γενικά σε αρνητικό φορτίο των φύλλων.
- Η παρουσία του νερού μεταξύ των φύλλων διευκολύνει τη μετακίνηση και την αντικατάσταση των κατιόντων από τις επιφάνειες του ορυκτού (ιοντοανταλλακτική ικανότητα 80-150 meq/100gr) και επιτρέπει την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ των φύλλων (διόγκωση) από 10 Å σε περισσότερο από 20 Å.
- Οι φυσικοί νατριούχοι μπεντονίτες (ή οι μπεντονίτες με Na-ούχο αντικατάσταση) είναι κυρίως τα αρχιλικά ορυκτά της ομάδας του σμηκτίτη που θεωρούνται ως πλέον κατάλληλα και χρησιμοποιούνται περισσότερο ως κύριο υπόστρωμα ή ως δευτερογενείς στρώσεις σε σύνθετες γεωμεμβράνες για τη βελτίωση της απόδοσης του αρχιλικού μανδύα των χώρων ταφής των απορριμμάτων.

Clay Mineral Structures

Kaolinite Group

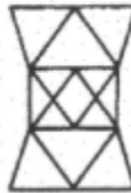


○ = OH
● = Al



Negative Tetrahedral layer
Positive Octahedral layer

Illite Group

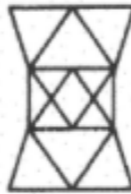


K Interlayer Ca,Na
Si Tetrahedral Si
Al Octahedral Mg,Al

Smectite Group

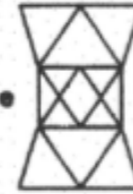


Vermiculite Group



Mg Interlayer -
Si Tetrahedral Si
Mg,Fe,Al Octahedral Al,Mg,Fe
Si Tetrahedral Si

Chlorite Group

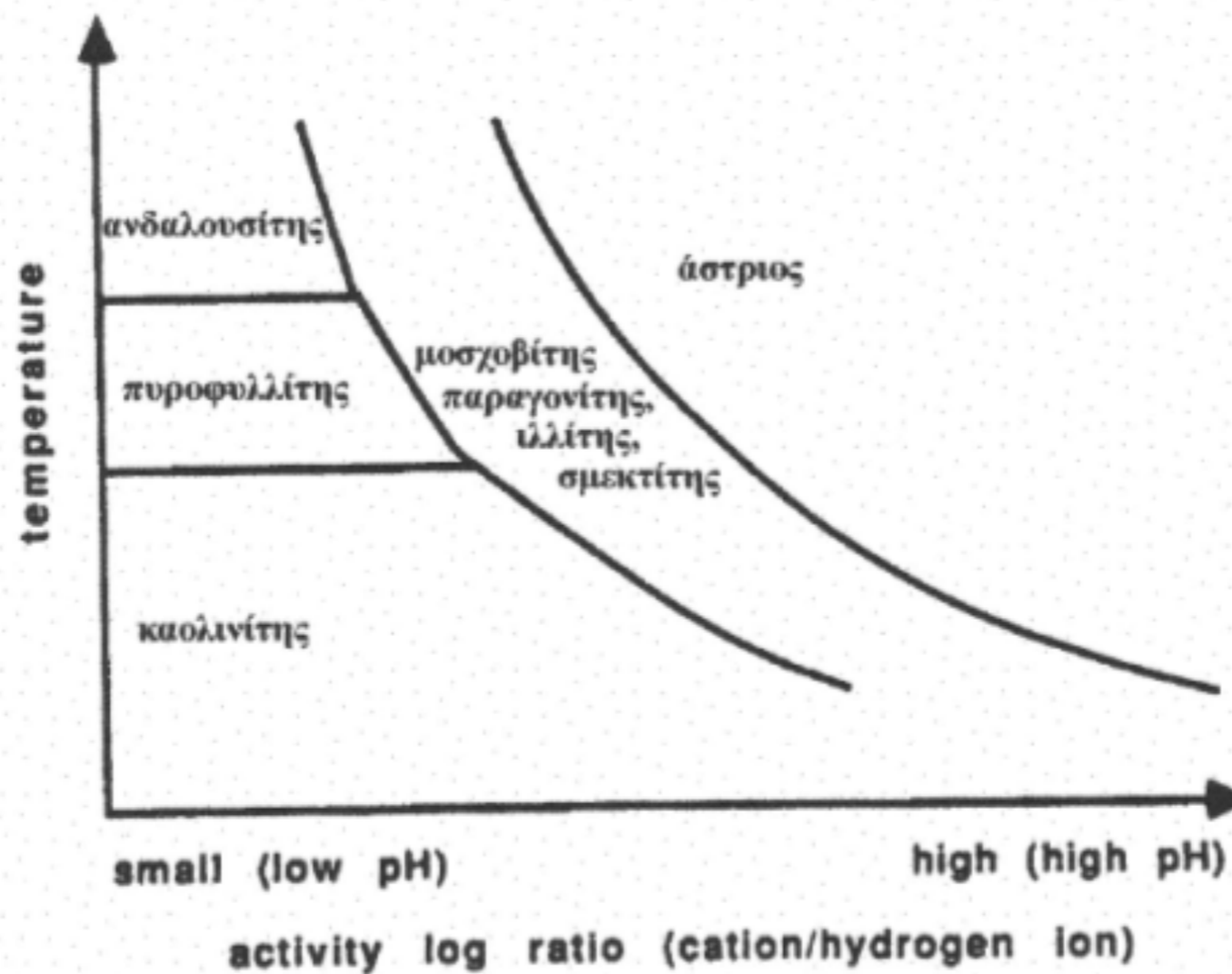


Octahedral Al,Mg,Fe



Σχήμα 1. Δομικοί τύποι αργιλικών ορυκτών (Manning 1995).

- Η μελέτη της επίδρασης των εκχυλισμάτων των χωματερών στις αρχίλους του υποστρώματος έδειξε ότι ο καολινίτης και ο ιλλίτης είναι σχετικά σταθεροί σε εκχυλίσματα με pH 5 έως 8.
- Αν όμως το εκχύλισμα αποκτήσει pH περισσότερο όξινο ή βασικό, τα αρχιλικά αυτά ορυκτά μπορεί να διαλυτοποιηθούν ή να μετασχηματισθούν με αποτέλεσμα την αλλαγή της υδραυλικής αγωγιμότητας και της αντοχής του υλικού.
- Οι μπεντονίτες με μεγάλη περιεκτικότητα σε σμηκτίτη έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τα ιόντα K, Na και NH₄ από το εκχύλισμα με αντικατάσταση ιόντων, είναι επομένως σταθεροί σε μεγαλύτερο εύρος τιμών pH των εκχυλισμάτων.



Σχήμα 2. Σχετική σταθερότητα των αργίλων ύλιτη, καολινίτη και σμεκτίτη συναρτήσει τη θερμοκρασίας και της σύστασης των υγρών (Manning ,1995).

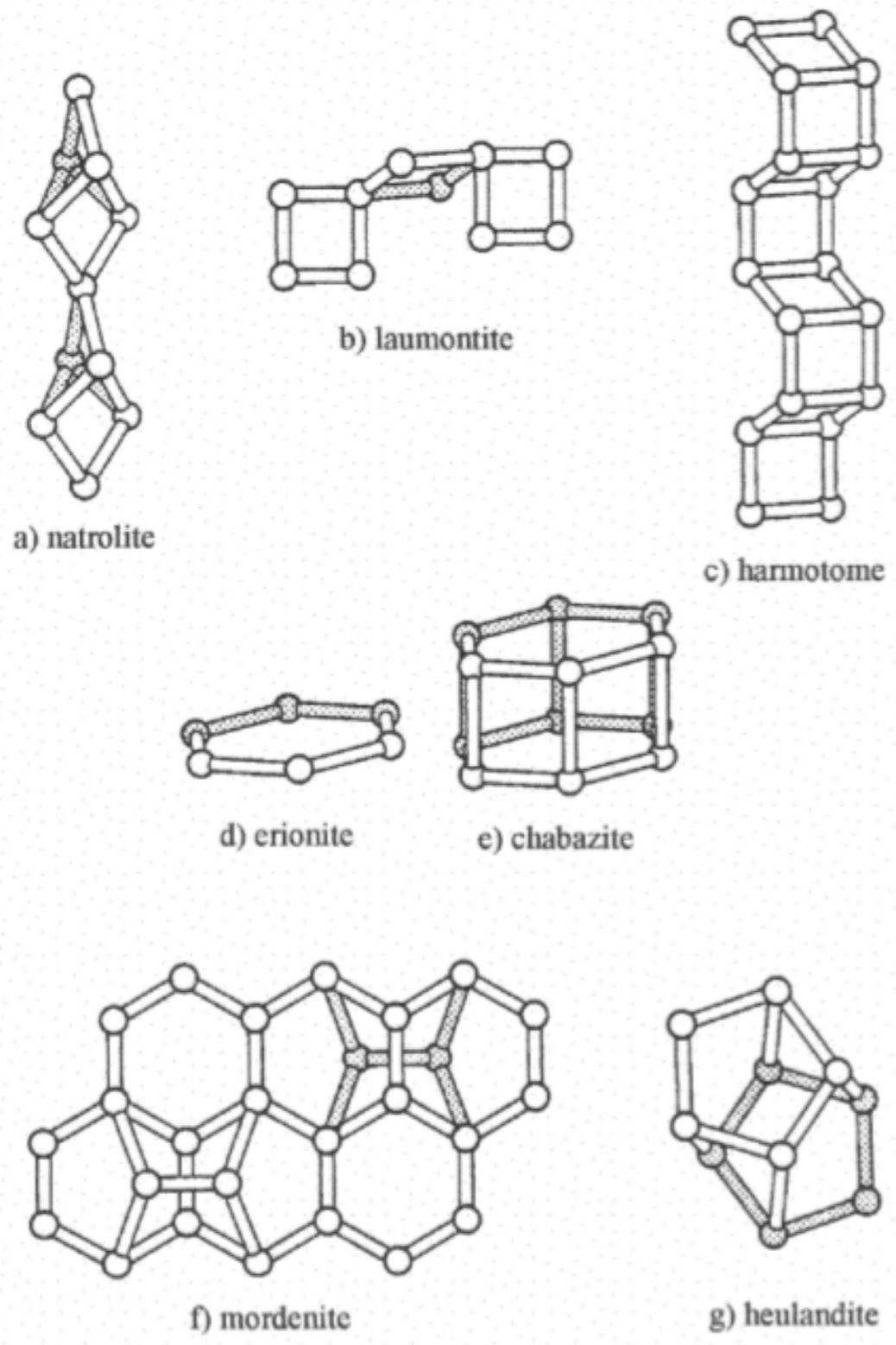
2. Υλικά καθαρισμού αστικών
λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων,
ραδιενεργών καταλοίπων

Ζεόλιθοι, La roca magica...

- Οι ειδικές φυσικές και χημικές ιδιότητες των ζεολίθων εξαρτώνται από τη δομή και τη χημική τους σύσταση.
- 45 περίπου ορυκτά
- κοινό χαρακτηριστικό ότι το βασικό τους πλέγμα αποτελείται από $(Al, Si)O_4$ τετράεδρα.
- Με συνδυασμούς των τετραέδρων δημιουργούνται πιο σύνθετες δομικές μονάδες αποτελούμενες από περισσότερους δακτυλίους με αποτέλεσμα την κατασκευή ανοικτών κρυσταλλικών πλεχμάτων που περιλαμβάνουν κοιλότητες μεγάλου μεγέθους.

Ζεόλιθοι

- Οι κοιλότητες αυτές επικοινωνούν μεταξύ τους σχηματίζοντας κανάλια, τα οποία καταλαμβάνονται από κατιόντα κυρίως Na, K, Ca, Mg, ώστε να υπάρχει εξισορρόπηση του αρνητικού φορτίου του πλέγματος και μόρια νερού.
- Τα είδη που περιέχονται στα κανάλια μπορούν να κινούνται ελεύθερα σ'αυτά επιτρέποντας τις ανταλλαγές ιόντων. Το εύρος των καναλιών των κρυσταλλικών πλεχμάτων αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των αλουμινοπυριτικών τετραέδρων που συμμετέχουν στους δακτυλίους των δομικών μονάδων (Deer et al., 1992).



Σχήμα 3. Δομικοί τύποι ζεολίθων (κατά Deer et al., 1992). Κάθε κορυφή αντιπροσωπεύει $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ τετράεδρο.

Table 1					
Representative formulae and selected physical properties of important zeolites*					
Zeolite	Representative unit-cell formula	Void volume, %	Channel dimensions, Å	Thermal stability (relative)	CEC, meq/g[†]
Analcime	$\text{Na}_{10}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	18	2.6	High	4.54
Chabazite	$(\text{Na}_2\text{Ca})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$	47	3.7 × 4.2	High	3.84
Clinoptilolite	$(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	34	3.9 × 5.4	High	2.16
Erionite	$(\text{NaCa}_{0.5}\text{K})_9(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$	35	3.6 × 5.2	High	3.12
Faujasite	$(\text{Na}_{58})(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}) \cdot 240\text{H}_2\text{O}$	47	7.4	High	3.39
Ferrierite	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	28	4.3 × 5.5	High	2.33
Heulandite	$(\text{Ca}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	39	4.0 × 5.5	Low	2.91
			4.4 × 7.2		
			4.1 × 4.7		
Laumontite	$(\text{Ca}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	34	4.6 × 6.3	Low	4.25
Mordenite	$(\text{Na}_8)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	28	2.9 × 5.7	High	2.29
			6.7 × 7.0		
Phillipsite	$(\text{NaK})_5(\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	31	4.2 × 4.4	Medium	3.31
			2.8 × 4.8		
			3.3		
Linde A	$(\text{Na}_{12})(\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$	47	4.2	High	5.48
Linde X	$(\text{Na}_{86})(\text{Al}_{86}\text{Si}_{106}\text{O}_{384}) \cdot 264\text{H}_2\text{O}$	50	7.4	High	4.73

↵* Modified from refs. 103 and 104. Void volume determined from water content.

↵† Calculated from unit-cell formula.

Ζεόλιθοι

- σχηματίζονται συνήθως σε ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς ή σε κοιλότητες εξαλλοιωμένων ηφαιστειακών πετρωμάτων.
- Στη χώρα μας έχουν εντοπισθεί σημαντικές εμφανίσεις ζεολίθων κλινοπτιλόλιθου, μορντενίτη και ανάλκιμου σε περιοχές της Θράκης, στη Σαντορίνη, τη Σάμο και την Πολύαιχο.

Scanning electron micrograph of plates of clinoptilolite from Castle Creek, ID [Reproduced with permission from ref. 3 (Copyright 1976, The Clay Minerals Society)].



Mumpton F A PNAS 1999;96:3463-3470

Ζεόλιθοι και βαρέα μέταλλα

- Ο κλινοπτιλόλιθος, σε συνδυασμό με άλλα μέσα, μπορεί να δεσμεύει ανόργανες και οργανικές ουσίες και κατάλοιπα σε βαθμό τέτοιο ώστε τα λύματα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανικά λιπάσματα ή και για αρδευτικούς σκοπούς.
- Σε μονάδες καθαρισμού λυμάτων που λειτουργούν στις ΗΠΑ, την Ιαπωνία, την Ουγγαρία και αλλού αναφέρεται ότι ο κλινοπτιλόλιθος κατακρατεί το 99% της αμμωνίας και σε σημαντικό βαθμό τα τοξικά βαρέα μέταλλα (Pb, Cu, Zn, Cd κ.ά.).

Ζεόλιθοι και βαρέα μέταλλα

- Την ικανότητα κατακράτησης των βαρέων μετάλλων έχουν επίσης οι ζεόλιθοι μορντενίτης και χαμπαζίτης (Dyer, 1994).
- Η αμμωνία δεν είναι ιδιαίτερα τοξική σε υδάτινες μορφές ζωής, συντελεί όμως στη γρήγορη ανάπτυξη των φυκών και οδηγεί στον ευτροφισμό των νερών.
- Σήμερα έχουν επιβληθεί αυστηροί περιορισμοί για την επιτρεπτή ποσότητα αζώτου στα βιομηχανικά και αστικά λύματα. Το όριο που συνήθως γίνεται αποδεκτό είναι 1 ppm.

Ζεόλιθοι και ραδιενεργά κατάλοιπα

- Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα είναι η αποθήκευση των ραδιενεργών καταλοίπων, αλλά και η ραδιενεργός μόλυνση.
- ^{137}Cs : ο κλινοπτειλόλιθος απομακρύνει τα ραδιοϊσότοπά του
- Χρήση τους και για άλλα: Th, ^{115}As , ^{45}Ca , ^{60}Co
- Στην περίπτωση του Chernobyl ένα από τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μείωση του κινδύνου ήταν και ο από αέρα ψεκασμός της περιοχής της έκρηξης με ζεολιθικό υλικό.

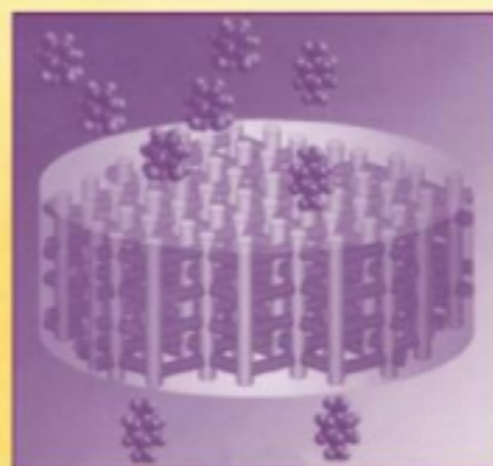
- Ρίψη ζεολίθων με τη βοήθεια αμμόσακκων στην εκβολή αχωχού λυμάτων πυρηνικού εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ιαπωνία μετά τον σεισμό και το τσουνάμι το Μάρτιο του 2011, με σκοπό να περιοριστεί η ρύπανση της θάλασσας



<http://www.japannewstoday.com/?p=3137>

Copyrighted Material

HANDBOOK OF
ZEOLITE SCIENCE AND
TECHNOLOGY



EDITED BY
SCOTT M. AUERBACH
KATHLEEN A. CARRADO
PRABIR K. DUTTA

"Many researchers have demonstrated the ability of several natural zeolites to take up certain radionuclides (e.g., ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{45}Ca , and ^{51}Cr). Zeolite mordenite has effectively decontaminated soils contaminated with ^{137}Cs and ^{90}Sr . Clinoptilolite shows a significant protective effect reducing radiocesium-137 accumulation in male broiler chickens exposed to alimentary contamination. Clinoptilolite supplementation in food eliminated ^{137}Cs deposition in some organs and tissues... elimination increased and the radionuclide deposition in liver, kidneys, and femoral musculature decreased. The clinoptilolite decontamination effects were observed with preventive administration, as well as with sorbent administration, from 24 hours after a single contamination of brown rats."

Ανθρακικά πετρώματα

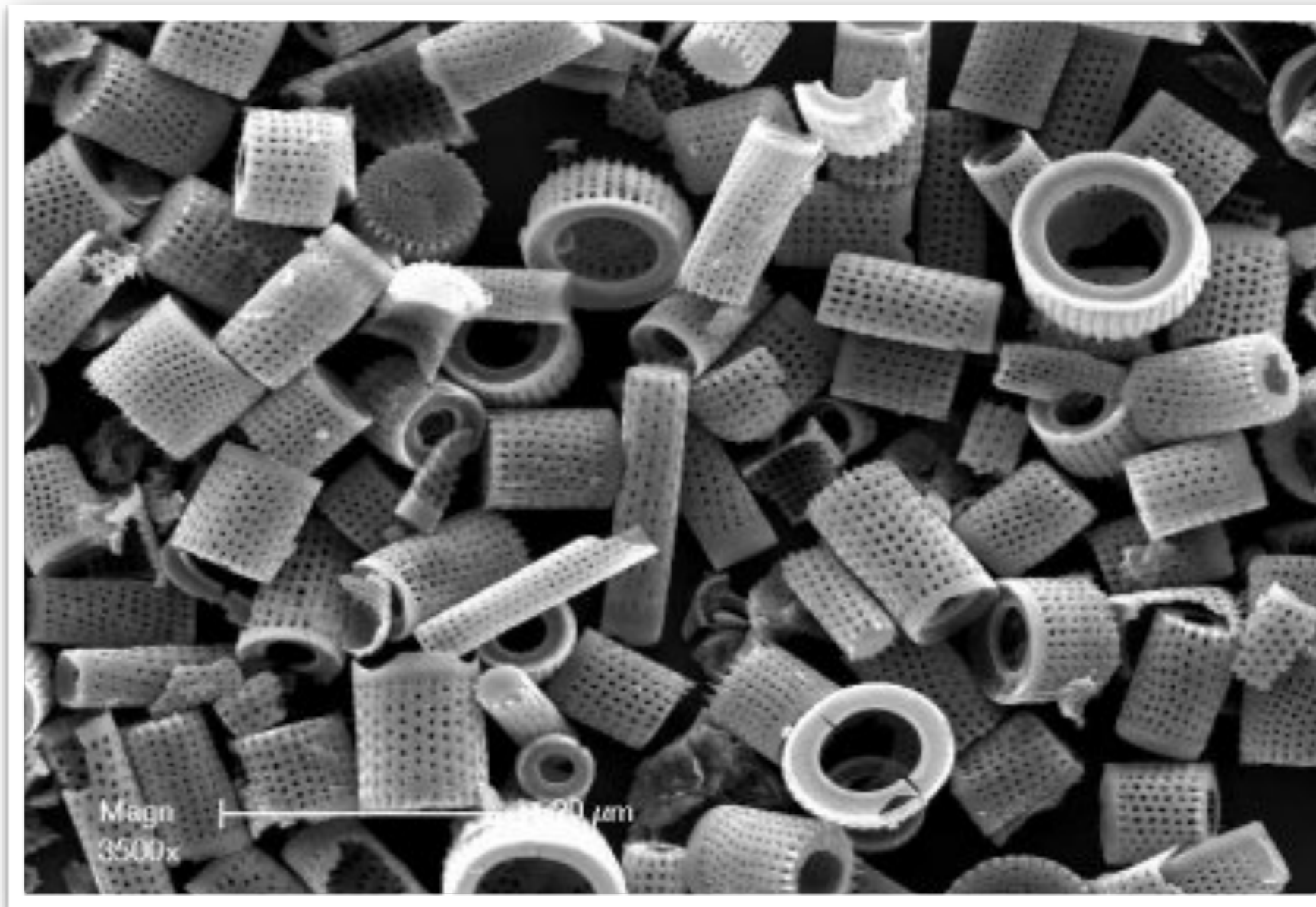
- Ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης και τα μάρμαρα είναι ανθρακικά πετρώματα που αποτελούνται κυρίως από ασβεστίτη ή δολομίτη.
- Είναι από τα αφθονότερα πετρώματα της χώρας μας και είτε με τη φυσική τους μορφή ή με τη μορφή των προϊόντων διάσπασης των ανθρακικών ορυκτών [άσβεστος (CaO) και περίκλαστο (MgO)], βρίσκουν ευρύτατες εφαρμοχές σε προβλήματα απορρύπανσης.

Ανθρακικά πετρώματα

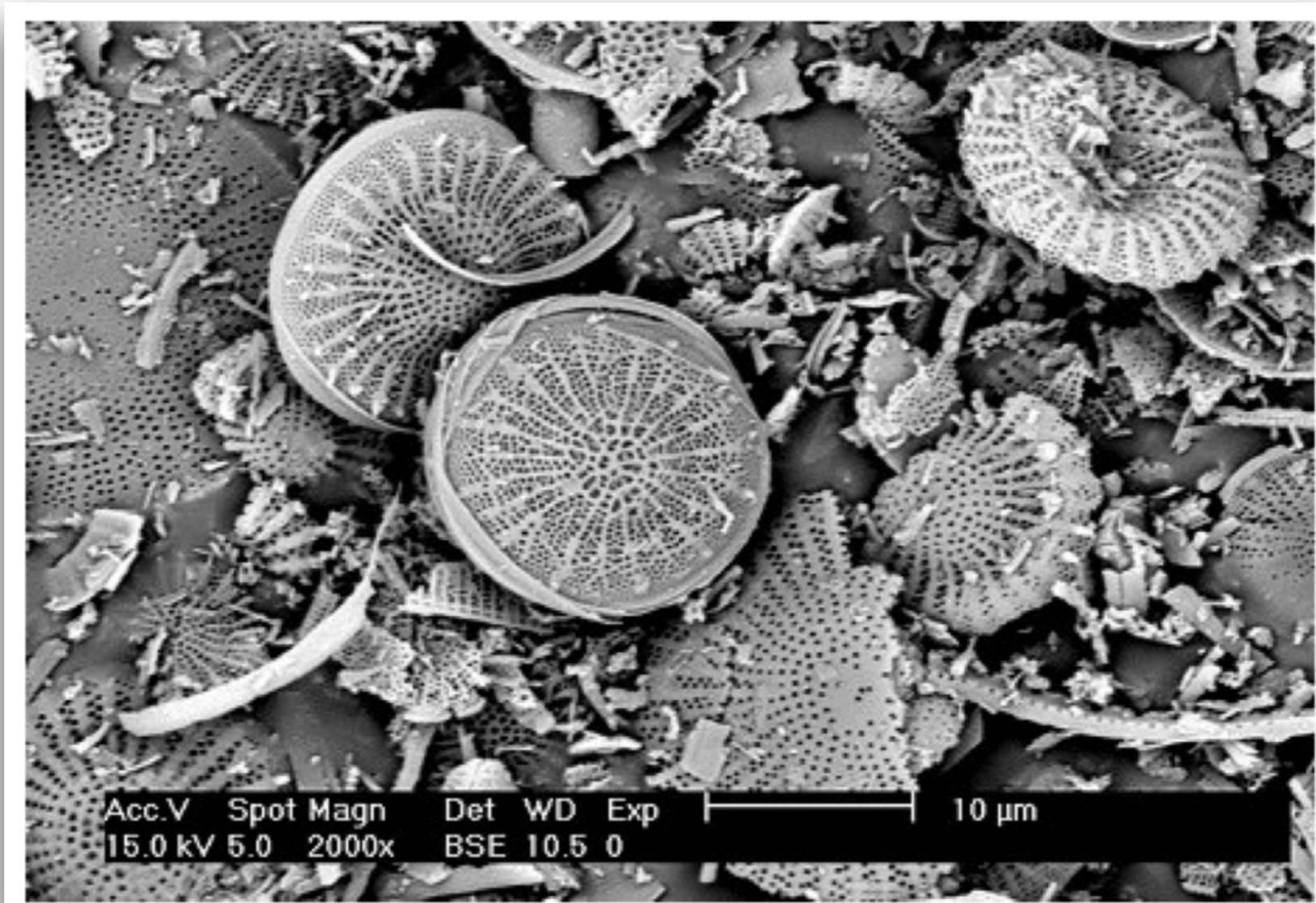
- Ασβεστολιθικά πετρώματα μεγάλης καθαρότητας ($\text{CaCO}_3 > 85\%$, $\text{MgO} < 5\%$) θρυμματισμένα και τοποθετημένα σε στρώματα, αποτελούν αποτελεσματικό μέσο καθαρισμού βιομηχανικών και αστικών λυμάτων ή άλλων μολυσμένων υδάτων.
- Η προσθήκη άσβεστου στα βιομηχανικά απόβλητα ελαττώνει την οξύτητά τους και επιτρέπει την καθίζηση των θειούχων και των βαρέων μετάλλων.
- Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την κατεργασία όξινων διαλυμάτων των μεταλλείων, ώστε να αποκτήσουν αυτά ουδέτερο έως αλκαλικό pH.

Διατομίτης

- Λευκόχρωμο, μικρού ειδικού βάρους πέτρωμα, που αποτελείται κυρίως από πυριτικά μικροαπολιθώματα υδροβίων μονοκύτταρων φυκών, γνωστών ως διατομών.
- Παρουσιάζει μοναδικό συνδυασμό φυσικών και χημικών ιδιοτήτων : υψηλό πορώδες, μεγάλη διαπερατότητα, μικρό μέγεθος κόκκων, μεγάλη ειδική επιφάνεια, χαμηλή θερμική αγωγιμότητα και είναι χημικά αδρανής ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).
- Κατάλληλος για πολλές εφαρμογές καθαρισμού υδάτων και βιομηχανικών ρευστών, συμπεριλαμβανομένων ανορχάνων και οργανικών χημικών υγρών.



<http://www.mtsylviadiatomite.com.au/diatomite-products/>



από: McLean et al., 2005

Άρχιλοι

- Κυρίως τα αρχιλικά ορυκτά μπεντονίτης, βερμικουλίτης, ατταπουλχίτης και σεπιόλιθος χρησιμοποιούνται στον καθαρισμό υγρών αποβλήτων.

Τύρφη

- Χρησιμοποιείται σε συστήματα καθαρισμού μεταλλευτικών, βιομηχανικών και αστικών υγρών αποβλήτων, όπως επίσης και στον καθαρισμό υδατικών συστημάτων από πετρέλαια



GO Advanced Search Search Tips

You have Guest access
What can I do as a guest

VOLUME ISSUE SHOPPING CART

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY
Volume 48, Number 6, 738-744, DOI: 10.1007/s002530051126



ORIGINAL PAPER

Bacterial degradation of styrene in waste gases using a peat filter

M. Arnold, A. Reittu, A. von Wright, P. J. Martikainen and M.-L. Suihko

Περλίτης

- ένυδρο πυριτικό ηφαιστειακό γυαλί που έχει περλιτική δομή και λάμψη.
- Όταν διογκωθεί με γρήγορη πύρωση ο περλίτης δημιουργεί ένα αδρανές υλικό με μικρή πυκνότητα και θερμική αγωγιμότητα και υψηλή ηχοαπορροφητικότητα.
- Χρησιμοποιείται σε στρώσεις σε διάφορα συστήματα καθαρισμού υγρών αποβλήτων.

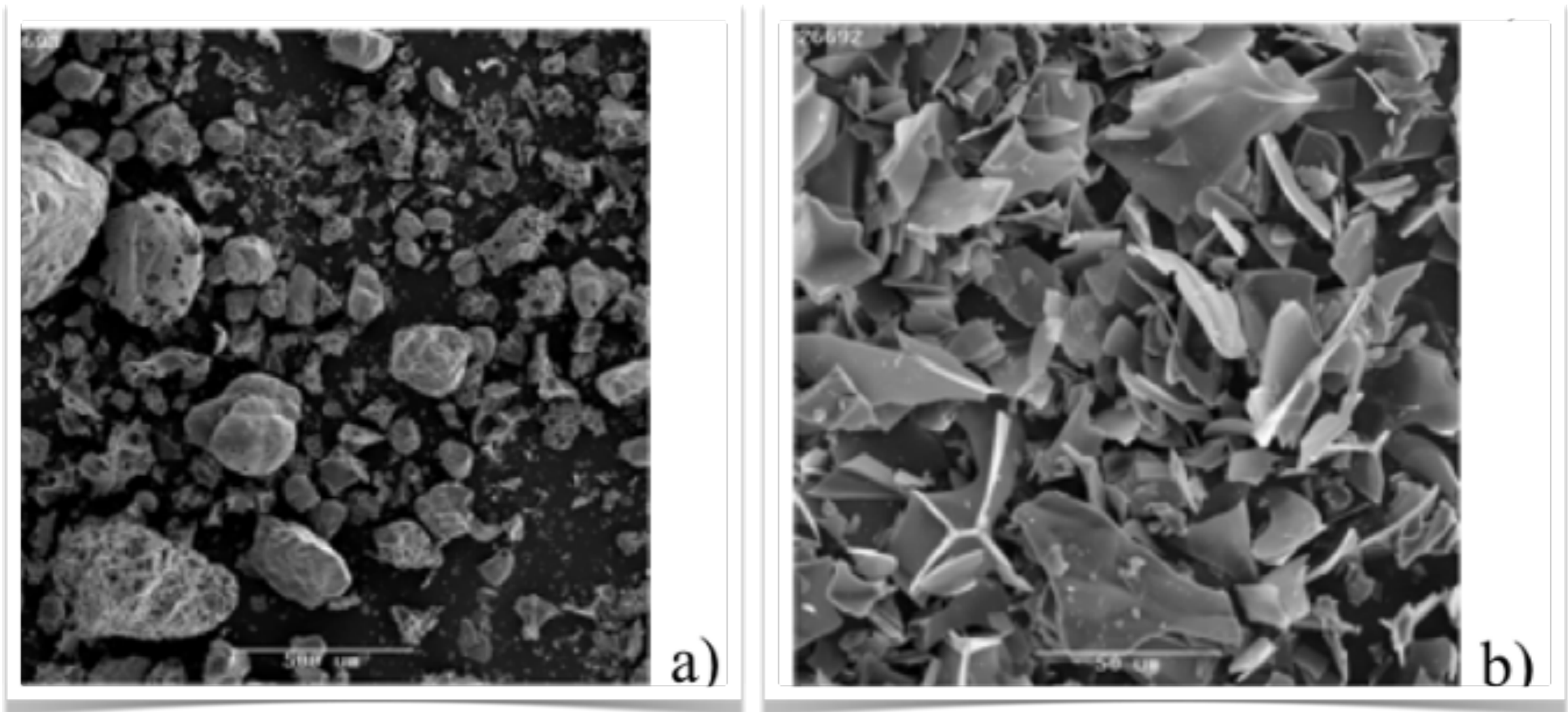


Fig. 2 Secondary SEM images of (a) coarse and (b) fine perlite.

3. Απορροφητικά,
αποξηραντικά υλικά,
παχιδευτές βαρέων μετάλλων

La roca magica...και πάλι

- Τείνουν να υποκαταστήσουν πολλά ορυκτά από αυτή τη χρήση.
- Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν λιγνίτη ή αέριο ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα εκπέμποντας σημαντικές ποσότητες SO_2 .
- Μόνο στις ΗΠΑ κάθε χρόνο εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τέτοιους σταθμούς παραγωγής 25.000.000 τόνοι θείου.

Συμφωνία Clean Air Act

- Προβλέπεται ο περιορισμός των εκπομπών SO_2 στα 1.1 mg ανά εκατομμύριο BTU πολλαπλασιαζόμενο με την ποσότητα καυσίμου που απαιτείται για την ίδια μονάδα μέτρησης (Βρετανική Θερμική Μονάδα) κατά το διάστημα 1995 - 2000 και παραπέρα περιορισμός του ορίου αυτού μετά το 2000, περίπου στο μισό (0.5 mg ανά εκατομμύριο BTU).
- Από στοιχεία που υπάρχουν για την Τσεχοσλοβακία, η συνολική εκπομπή SO_2 στη χώρα κατά το 1987 ήταν 2.9 εκατ. τόνοι, εκτός των διαφόρων ιχνοστοιχείων και των άλλων συστατικών. Ως αποτελέσματα αυτών των εκπομπών θεωρείται η καταστροφή των δασών της ελάτης, η οξύνιση του εδάφους και των επιφανειακών νερών καθώς επίσης και η αύξηση της περιεκτικότητας των τελευταίων σε Be. Τα τελευταία χρόνια θεσπίστηκαν από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Παράδειγμα Τσεχοσλαβακίας

- Η συνολική εκπομπή SO_2 στη χώρα κατά το 1987 ήταν 2.9 εκατ. τόνοι, εκτός των διαφόρων ιχνοστοιχείων και των άλλων συστατικών.
- Ως αποτελέσματα αυτών των εκπομπών θεωρείται η καταστροφή των δασών της ελάτης, η οξύνιση του εδάφους και των επιφανειακών νερών καθώς επίσης και η αύξηση της περιεκτικότητας των τελευταίων σε Be.
- Τα τελευταία χρόνια θεσπίστηκαν από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυστηρές οδηγίες για τον περιορισμό των εκπομπών του SO_2 από τους θερμικούς σταθμούς.

Ζεόλιθοι

- Ζεολιθικά ορυκτά της ομάδας του μορντενίτη και του κλινοπτιλόλιθου έχουν την ικανότητα δέσμευσης μέχρι 200 mg SO₂ ανά γραμμάριο ζεολίθου και χρησιμοποιούνται ως μέσα αποθείωσης.
- Σημαντική είναι επίσης και η ικανότητα ορισμένων φυσικών ζεολίθων στην παχίδευση των επιβλαβών για τα φυτά ιόντων βαρέων μετάλλων όπως Cu, Cd, Pb και Zn ώστε να μην εισέρχονται από το έδαφος στα φυτά.
- Η ικανότητα δέσμευσης των ιόντων αυτών από τους ζεολίθους ανοίγει επίσης προοπτικές χρήσης κατεργασμένων λυμάτων ως λιπασμάτων γεωργικών και δασικών καλλιεργειών.

Ανθρακικά

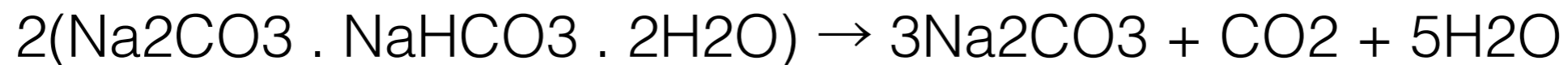
- Για την αποθείωσή των καυσαερίων, χρησιμοποιείται ευρύτατα ασβεστόλιθος.
- Κατά τη διέλευση των καυσαερίων από ένα παχύρρευστο ασβεστολιθικό διάλυμα, το SO_2 αντιδρά με το $CaCO_3$ σχηματίζοντας γύψο, η οποία αποτελεί σημαντικό βιομηχανικό ορυκτό (FED γύψος).
- Από έναν σταθμό 750 MW που χρησιμοποιεί λιγνίτη παράγεται ποσότητα γύψου που κυμαίνεται από 110.000 έως 1150.000 τόνους ετησίως.
- Η γύψος αυτή είναι λεπτόκοκκη, χρησιμοποιείται όμως με τη φυσική γύψο και τον ανυδρίτη στις βιομηχανίες γύψου και τσιμέντων.

Ανθρακικά

- Οι σταθμοί της ΔΕΗ που λειτουργούν στη Δ. Μακεδονία έχουν συνολική ισχύ 3620 MW και η εγκατάστασή τους στην πεδιάδα Αμυνταίου - Πτολεμαΐδας - Κοζάνης προκαλεί σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Η εγκατάσταση μονάδων αποθείωσης με τη χρήση των ανθρακικών πετρωμάτων που αφθονούν στην περιοχή θα μπορούσε να περιορίσει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής και παράλληλα να στηρίξει βιομηχανίες εκμετάλλευσης της χύψου.

Τρόνα

- Χρησιμοποιείται κυρίως στην αποθείωση των αερίων.
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sodium carbonate . sodium bicarbonate . water
- When heated to 120-250 oC in a duct or a calciner, the sodium trona decomposes to sodium carbonate according to the formula:



- When injecting trona into a coal fired power plant flue gas, it reacts with hydrochloric acid and SO_2 according to the following:





από: <http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/>

4. Γεωργία, κτηνοτροφία,
υδατοκαλλιέργειες, όξινες
λίμνες

- Η ανάπτυξη νέων μεθόδων καλλιέργειας με μεγαλύτερη απόδοση και συγχρόνως χωρίς τη δημιουργία προβλημάτων, όπως αυτά που έχουν προκύψει από την αλόγιστη χρήση των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, αποτελεί ανάγκη όχι μόνο για τις αναπτυσσόμενες χώρες αλλά και για τις αναπτυγμένες.
- Τα τελευταία χρόνια η προσοχή των ερευνητών στρέφεται όλο και περισσότερο στην αναζήτηση και χρήση ορυκτών που θα μπορούσαν λόγω των ειδικών τους ιδιοτήτων, να συμβάλουν στη βελτίωση της σημερινής κατάστασης.
- Πολλά ορυκτά χρησιμοποιούνται σήμερα στη γεωργία, την κτηνοτροφία και τις υδατοκαλλιέργειες, ως λιπάσματα και βελτιωτικά εδαφών, ως συμπληρώματα τροφών ή ως υλικά καθαρισμών των γεωργό- κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων.

La roca magica...και στη γεωργία

- Ο κλινοπτιλόλιθος έχοντας μεγάλη ικανότητα δέσμευσης μεγάλων ιόντων, όπως του καλίου και του αμμωνίου και άλλων συστατικών, χρησιμοποιείται ευρύτατα στα γεωργικά εδάφη
- αποδεσμεύει αυτά τα ιόντα σταδιακά, ώστε τα φυτά να τροφοδοτούνται συνεχώς με τα απαραίτητα για την αύξησή τους συστατικά.
- Η υψηλή ιοντοανταλλακτική ικανότητα των ζεολίθων τους κάνει κατάλληλους επίσης για χρήση ως φορέων εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων εξασφαλίζοντας έτσι περιορισμό των ασθενειών των φυτών.

Περιβαλλοντικό όφελος

- Το περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει είναι
 - αφενός μεν η αύξηση της απόδοσης με τη σύγχρονη μείωση της ποσότητας των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων,
 - αφετέρου δε η ελάττωση της τοξικότητας των εδαφών και των υδάτων, αφού η προσθήκη των ζεολίθων εμποδίζει την έκ- πλυση των ιχνοστοιχείων.
- πολλές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία από διάφορες χώρες δείχνουν τη θετική επίδραση που έχει η προσθήκη 5 - 10% κλινοπειλόλιθου στο εδαφικό υπόστρωμα, για την αύξηση της παραγωγής, τη βελτίωση της ποιότητας των καρπών και την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών.

La roca magica...και στη κτηνοτροφία

- Στην ικανότητα των ζεολίθων να δεσμεύουν τις τοξικές ουσίες και βλαβερά ιχνοστοιχεία οφείλεται και η χρήση τους ως συμπλήρωμα της διατροφής ζώων.
- Η προσθήκη ζεολίθων σε ποσοστά 6 - 7 % στην τροφή των ζώων (π. χ. χοίροι, αγελάδες, πουλερικά) εκτός από την αύξηση του βάρους, της γεννητικότητας και της μείωσης της θνησιμότητάς τους, προκαλεί βελτίωση της ποιότητας του κρέατος.

La roca magica...και στη κτηνοτροφία

- Η εντατικοποίηση της ζωικής παραγωγής για την κάλυψη της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης ζωικών πρωτεϊνών δημιουργεί τεράστιους όγκους αποβλήτων, που προκαλούν σοβαρά προβλήματα υγείας στα ζώα και τους εργαζόμενους και μολύνουν το περιβάλλον.
- Επειδή οι ζεόλιθοι έχουν ικανότητα δέσμευσης όχι μόνον ανοργάνων αλλά και οργανικών συστατικών και ταυτόχρονα εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα σε οξυγόνο με τη δέσμευση του αζώτου, η χρήση τους συμβάλλει στη μείωση της δυσοσμίας από τα περιττώματα και τον αέρα και περιορίζει την υγρασία των αποβλήτων στις γεωργοκτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, ώστε να γίνεται ευκολότερη η συκέντρωση και απομάκρυνσή τους.
- Για τον ίδιο λόγο χρησιμοποιούνται επίσης ως άμμος υγιεινής για κατοικίδια ζώα.

La roca magica...και στις υδατοκαλλιέργειες

- Η έλλειψη οξυγόνου στις λίμνες, τα ποτάμια και τους χώρους υδατοκαλλιερχειών οδηγεί στην εξαφάνιση των ψαριών και της φυτικής ζωής.
- Πειράματα που έγιναν σε πολλές χώρες έδειξαν ότι οι ζεόλιθοι ,π.χ. ο κλινοπτιλόλιθος, μπορεί να δεσμεύει το 90 - 99 % των ιόντων του αμμωνίου που παράγονται στις υδατοκαλλιέργειες.
- Η χρήση των ζεολίθων συντελεί στον εμπλουτισμό του υδάτινου βιολογικού περιβάλλοντος σε οξυγόνο.

Ανθρακικά πετρώματα και γεωργία

- Κονιοποιημένα ανθρακικά πετρώματα προστιθέμενα στο έδαφος εξουδετερώνουν την οξύτητα και αυξάνουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε Ca και Mg ,που είναι τα βασικά θρεπτικά συστατικά.
- Στα βιομηχανικά λιπάσματα προστίθεται δολομίτης, ο οποίος παρέχει Ca και Mg εξουδετερώνοντας τις φωσφορικές, θειικές και νιτρικές ενώσεις που τείνουν να δημιουργήσουν όξινο περιβάλλον.

Ανθρακικά πετρώματα και κτηνοτροφία

- Κονιοποιημένος ασβεστόλιθος υψηλής καθαρότητας ($\text{CaCO}_3 > 98\%$) προστίθεται στις ζωοτροφές ή διασκορπίζεται στους χώρους εκτροφής των πτηνών για τη διευκόλυνση της πέψης των τροφών και τη μείωση των τοξινών του κρέατος.
- Άσβεστος που διασκορπίζεται στους χώρους εκτροφής εξουδετερώνει τις ασθένειες και μειώνει τη δυσσομία.

Ανθρακικά πετρώματα και υδατοκαλλιέργειες

- Σε λίμνες ή έλη, των οποίων τα ύδατα έχουν όξινο χαρακτήρα, η προσθήκη κονιοποιημένου ασβεστόλιθου ή ένυδρης ασβέστου αυξάνει το pH βελτιώνοντας έτσι τις συνθήκες για την ανάπτυξη ζωικών και φυτικών οργανισμών.

Άργιλοι

- Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό των εδαφών και ως φορέας ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων.
- Ο καολινίτης χρησιμοποιείται ως λίπασμα και ως συμπλήρωμα διατροφής ζώων και ο βερμικουλίτης ως φορέας υγρών λιπασμάτων.
- Ο μπεντονίτης, λόγω της μεγάλης απορροφητικής του ικανότητας, χρησιμοποιείται επίσης ως άμμος υγιεινής κατοικίδιων ζώων.

Περλίτης

- Χρησιμοποιείται γενικά ως βελτιωτικό εδαφών, ιδιαίτερα ως υπόστρωμα θερμοκηπίων με τελικό αποτέλεσμα την παραγωγή υγιεινών φρούτων και λαχανικών.

Άλλα ορυκτά

- Ο διατομίτης λόγω της μεγάλης του ειδικής επιφάνειας και του μικρού ειδικού του βάρους, μπορεί να απορροφήσει, σε κονιοποιημένη μορφή, 2.5 φορές το βάρος του σε νερό. Η απορροφητική του ικανότητα τον κάνει χρήσιμο ως φορέα ζιζανιοκτόνων και ως άμμο υγρικής.
- Η κίσσηρις χρησιμοποιείται επίσης ως φορέας ζιζανιοκτόνων.
 - Το μικρό της ειδικό βάρος και η μεγάλη ειδική της επιφάνεια της επιτρέπουν να παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους και να απελευθερώνει εκεί τα χημικά στοιχεία.
 - Αντίθετα, οι αρχιλικοί φορείς ζιζανιοκτόνων έχουν την τάση να βυθίζονται και να απελευθερώνουν τα ζιζανιοκτόνα στη ρίζα.
 - Λόγω της κυψελωτής της δομής χρησιμοποιείται ως πρόσθετο των εδαφών για τη διατήρηση της υγρασίας.

Ολιβίνης:

- Το πρόβλημα των όξινων νερών που δημιουργείται κυρίως από την καύση των ανθράκων και υπολογίζεται ότι υπάρχει σε 10.000 - 20.000 λίμνες στον κόσμο, αντιμετωπίζεται με τη χρήση κονιοποιημένου ολιβίνης.
- Η χρήση του επιφέρει σταδιακή αύξηση του pH των νερών, προτιμάται δε έναντι των ανθρακικών, γιατί εκτός του ότι αποφεύχεται η απότομη αλλαγή του pH, η οποία επιφέρει βλάβη στα οικοσυστήματα, έχει μεγαλύτερη διάρκεια δράσης.
- Ο ολιβίνης $(Mg,Fe)_2SiO_4$ πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο Mg-ούχος και ελεύθερος Ni, Zn, Mn. Πρακτικά χρησιμοποιείται δουνίτης, με περιεκτικότητα σε ολιβίνης >90%.



Σχήμα 5. Επίδραση ολιβίνη και ανθρακικών πετρωμάτων στο pH των όξινων λιμνών (από Handols Taljsten 1983 κατά Φιλιππίδη 1996).

5. Ορυκτά, νερό και υγεία

Αλληλεπίδραση νερού και ορυκτών

- Εκτός από τις ανθρωπογενείς πηγές μόλυνσης των νερών, η αλληλεπίδραση νερού και πετρογενετικών ορυκτών δημιουργεί σοβαρά προβλήματα ποιότητας και καταλληλότητας των πόσιμων νερών σε πολλές περιοχές της Γης.
- Κατά ειρωνικό τρόπο, το πρόβλημα που δημιουργείται από την παρουσία του F, As και άλλων στοιχείων στο πόσιμο νερό εμφανίστηκε ή έγινε πιο έντονα αντιληπτό κατά τη διάρκεια ενός εντατικού παγκόσμιου γεωτρητικού προγράμματος, που έγινε τις δύο τελευταίες δεκαετίες για την ανεύρεση βακτηριολογικά ασφαλούς πόσιμου νερού (Edmunds and Smedley, 1995).

Αλληλεπίδραση νερού και ορυκτών

- Η σύσταση των εδαφικών και υπεδαφικών νερών αντανακλά σε πολύ μεγάλο βαθμό την τοπική πετρολογική σύσταση.
- Οι αντιδράσεις μεταξύ του νερού της βροχής και των πετρωμάτων κατά το διάστημα των ημερών ή των μηνών της διήθησής του, δίνουν στο υπεδαφικό νερό τα διαλυμένα σ'αυτό χημικά συστατικά.
- Ο βαθμός της αντίδρασης με το πέτρωμα στο οποίο φιλοξενείται εξαρτάται από το χρόνο παραμονής σ'αυτό και την πρωτογενή ορυκτολογική του σύσταση.

Αλληλεπίδραση νερού και ορυκτών

- Η αρχική συγκέντρωση του CO_2 στο έδαφος προσδιορίζει το βαθμό της αρχικής αντίδρασης των ανθρακικών ή πυριτικών ορυκτών που γίνεται στο υδροφόρο πέτρωμα.
- Η απουσία ανθρακικών ορυκτών μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία όξινων νερών και κινητοποίηση ιόντων μετάλλων που είναι επικίνδυνα στην υγεία.
- Ελάττωση του pH κατά μία μονάδα μπορεί να προκαλέσει αύξηση της συγκέντρωσης ορισμένων μετάλλων κατά περισσότερες από μία τάξεις μεγέθους.

Αλληλεπίδραση νερού και ορυκτών

- Παρότι πολλά από τα διαλυμένα στο νερό στοιχεία (ή ενώσεις) είναι απαραίτητα για την ανθρώπινη υγεία και το μεταβολισμό, ένας μεγάλος αριθμός απ'αυτά δεν είναι απαραίτητα και εφόσον μάλιστα βρίσκονται πάνω από συγκεκριμένες συγκεντρώσεις μπορεί να έχουν βλαβερή επίδραση.
- Η στενή σχέση μεταξύ της ανθρώπινης υγείας, του γεωχημικού χαρακτήρα του περιβάλλοντος και της ποιότητας του πόσιμου νερού καταδεικνύεται από τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση πόσιμου νερού με υψηλές ή χαμηλές περιεκτικότητες σε F.

Η περίπτωση του F

- υπεδαφικά νερά με $<0.5 \text{ mg/l}$ F είναι ακατάλληλα για την προστασία των δοντιών και αναπτύσσεται τερηδόνα
- ενώ αν οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες ($>2\text{mg/l}$) μπορεί να αναπτυχθεί οδοντική φθορίωση (διάστικτο οδοντικό σμάλτο) ή και σκελετική φθορίωση ($>4\text{mg/l}$).
- Τα αποτελέσματα αυτά δεν είναι αντιστρεπτά.
- Υψηλές συγκεντρώσεις F έχουν επίσης συνδεθεί με καρκινογένεση (Marshall, 1990).

Η περίπτωση του F

- Ενδημικά προβλήματα οδοντικής φθορίωσης που οφείλονται στις υψηλές συγκεντρώσεις F στο πόσιμο νερό λόγω της διάλυσης φθοριούχων ορυκτών, όπως ο φθορίτης (CaF_2) και ο απατίτης $\text{Ca}_5(\text{Cl},\text{F},\text{OH})(\text{PO}_4)_3$, απασχολούν πολλά εκατομμύρια ανθρώπων σε πολλά μέρη της Γης.
- Το πρόβλημα της τερηδόνας που προκύπτει από τη μικρή περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε F φαίνεται να αντιμετωπίζεται εν μέρει με την προσθήκη φθορίου στην οδοντόπαστα ή με τη φθορίωση του παρεχομένου για κατανάλωση νερού σε συγκεντρώσεις της τάξεως του 1 mg/l.
- Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας συνιστά ως ανώτερο όριο περιεκτικότητας του πόσιμου νερού σε F το 1.5 mg/l.

Βελτίωση ποιότητας νερού

- Η ποιότητα του πόσιμου νερού βελτιώνεται με τη χρήση ορισμένων ορυκτών ως φίλτρων.
- Οι ζεόλιθοι, εκτός της δέσμευσης ανοργάνων αλλά και οργανικών συστατικών, έχουν ως γνωστόν την ικανότητα ρύθμισης του pH των πόσιμων νερών σε ουδέτερες τιμές.
- Πόσιμα νερά με pH 5.5 έως 6 ,π.χ με την προσθήκη ζεολίθων αποκτούν σε πολύ μικρό χρόνο pH ~ 7, που είναι πολύ καλύτερο για την υγεία του ανθρώπου (Fillipidis et al., 1996).
- Ο περλίτης χρησιμοποιείται κυρίως στη δέσμευση φυκών και βακτηριδίων και η κίσηρις ως φίλτρο δέσμευσης Fe από το πόσιμο νερό.

Φαρμακευτικά προϊόντα

- Οι ζεόλιθοι (κυρίως ο φιλλιψίτης), έχοντας υψηλή ιοντοανταλλακτική ικανότητα υπερτερούν άλλων υλικών στο διαχωρισμό του νιτρικού αμμωνίου από τα υγρά αιμοδιάλυσης,
- ο κλινοπτιλόλιθος χρησιμοποιείται στις φθοριούχες οδοντόπαστες ως καταλληλότερος στιλβωτικός παράγοντας αντί του CaHPO_4 , διευκολύνοντας συγχρόνως τα ιόντα του φθορίου να παραμείνουν σε ανιονική μορφή.
- Ως υλικά καθαρισμού και στίλβωσης των δοντιών χρησιμοποιούνται επίσης ο χαλαζίας, ο διατομίτης, η κίσσηρις και ο φθοριοαπατίτης.

Φαρμακευτικά προϊόντα

- Υψηλής καθαρότητας ανθρακικά ορυκτά ή προϊόντα διάσπασης αυτών και υψηλής καθαρότητας αρχιλικά ορυκτά χρησιμοποιούνται ως φαρμακευτικά υλικά.
- Λεπτόκοκκα μεγάλης καθαρότητας αρχιλικά ορυκτά, όπως ο καολινίτης και ο σμηκτίτης, χρησιμοποιούνται θεραπευτικά σε ασθένειες επιδημικού χαρακτήρα που προκαλούν διάρροια και εμετούς, όπως η χολέρα, η δυσεντερία και ο κοιλιακός τύφος (Robertson, 1996).

Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- Batchelder, M. (1997): Considerations on the mineralogical compositions of landfill liners. *Mineral. Soc. Bulletin*, 115, p. 3-7
- Campbell, L. S. (1996): Radioactive pollution: a mineralogical solution? *Mineral. Soc. Bull.*, 110, p. 3-5
- Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J. (1992): An introduction to the rock forming minerals. Longman. London
- Dyer, A. (1994): Zeolites - The versatile minerals. *Mineral. Soc. Bull*, 103, p. 3-6 Edmunds W. M. and Smedley P. L. (1995): Minerals, water and health. *Mineral. Soc. Bull.*, 106, p. 3-7
- L. J. Goldman, L. I. Greenfield, A. S. Damle, G. L. Kingsbury, C. M. Northeim, and R. S. Truesdale. (1988). DESIGN, CONSTRUCTION, AND EVALUATION OF CLAY LINERS FOR WASTE MANAGEMENT FACILITIES. Published by Office of Solid Waste and Emergency Response U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC 21460 and Risk Reduction Engineering Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268 USA. EPA/ 530-SW-86-007F, 540 pages.
- Manning D. A. C. (1995): Industrial Minerals. Chapman and Hall. U.K. Marshall E. (1990): The fluoride debate: one more time. *Science*, 247, p. 276-277
- McLean, B., D. Frost, E. Evans, A. Clarke, ζ and B. Griffiths. 2005. The inclusion of diatomaceous earth in the diet of grazing ruminants and its effect on gastrointestinal parasite burdens. Pages 277–280 in International Scientific Conference on Organic Agriculture, Adelaide, Australia. International Society of Organic Agriculture Research, Bonn, Germany.
- Robertson R. H. S. (1996): Cadaveras, choleras and clays. *Mineral. Soc. Bull*, 113, p. 3-7
- Filippidis A., Goletitsas A., Charistos D., Misaelides P. & Kassoli-Fournaraki A. (1996): The chemical behaviour of natural zeolites in aqueous environments: interactions between low-silica zeolites and 1M NaCl solutions of different pH-values. *Appl. Clay Sci.*
- Vance, E. R., Perera, D. S., Imperia, P., Cassidy, D. J., Davis, J., & Gourley, J. T. (2009). Perlite waste as a precursor for geopolymer formation. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 45, 44-49.
- Τσώλη-Καταγά Π. & Καταγάς Χ. (2005). Χρήσεις ορυκτών πρώτων υλών για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Σημειώσεις Μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, Ορυκτές Ύλες - Περιβάλλον, Πάτρα.
- Φιλίππιδης Α. (1996): Σημειώσεις για το μάθημα Περιβαλλοντική Γεωλογία. Θεσσαλονίκη.