



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ANNA A. ΛΙΤΣΙΟΥ

ΠΕΡΑΙΤΗΣ: ΓΕΝΕΣΗ, ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ,
ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2020





ANNA A. ΛΙΤΣΙΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5438

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: ΓΕΝΕΣΗ, ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ,
ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων

ΚΑΝΤΗΡΑΝΗΣ ΑΠ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ



© Άννα Α. Λίτσιου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΠΕΡΛΙΤΗΣ: ΓΕΝΕΣΗ, ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ – *Διπλωματική Εργασία*

© Anna A. Litsiou, School of Geology AUTH, Dept. of Mineralogy – Petrology – Economic Geology, 2020

All rights reserved.

PERLITE: GENESIS, GLOBAL AND GREEK DEPOSITS, PRODUCTION, USES AND PERSPECTIVES – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

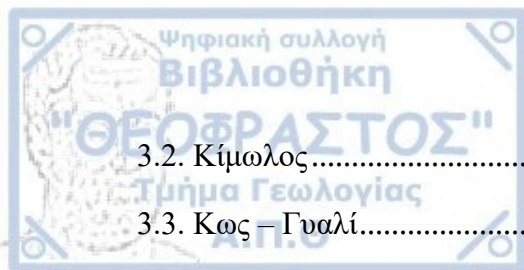
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: Περλίτης από την Αριζόνα των Ηνωμένων Πολιτειών (mindat.org®)



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	1
1. Εισαγωγή.....	3
1.1. Γενικά	3
1.2. Περλίτης	3
1.2.1. Γένεση του περλίτη.....	4
1.2.2. Κύριοι τύποι εμφάνισης.....	7
1.2.3. Έρευνα και μέθοδοι εξόρυξης	7
1.2.4. Προετοιμασία δείγματος και διόγκωση περλίτη.....	8
1.2.5. Χρήσεις.....	11
1.2.5.1. Κατασκευαστικές – οικοδομικές εφαρμογές	11
1.2.5.2. Εφαρμογές στη βιομηχανία.....	12
1.2.5.3. Περιβαλλοντικές – αγροτικές εφαρμογές	12
1.2.6. Επιπτώσεις στην υγεία.....	13
2. Παγκόσμια κοιτάσματα	15
2.1. No Agua, Νέο Μεξικό, ΗΠΑ	15
2.2. Superior, Αριζόνα, ΗΠΑ	17
2.3. Ιαπωνία	18
2.4. Σαρδηνία, Ιταλία.....	19
2.5. Ουγγαρία.....	19
2.6. Βουλγαρία.....	20
2.7. Αργεντινή.....	20
3. Ελληνικά κοιτάσματα	21
3.1. Μήλος.....	22
3.1.1. Το κοίτασμα του Τράχηλα.....	23
3.1.2. Το κοίτασμα του Προβατά (Τσιγκράδο)	25



3.2. Κίμωλος.....	26
3.3. Κως – Γυαλί.....	27
4. Παραγωγή περλίτη.....	29
4.1. Παγκόσμια παραγωγή.....	29
4.1.1. Κατανάλωση περλίτη.....	32
4.1.2. Αγορές.....	34
4.2. Ελληνική παραγωγή	36
4.2.1. Ο Ελληνικός περλίτης στην παγκόσμια αγορά.....	38
4.3. Η συμβολή των ΒΟΠ στην Ελληνική οικονομία	39
5. Συμπεράσματα.....	41
Βιβλιογραφία	43
Παράρτημα	47



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονείται στα πλαίσια του προγράμματος προπτυχιακών σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Στόχος της η βιβλιογραφική μελέτη των περλιτικών κοιτασμάτων και του τρόπου δημιουργίας τους, καθώς και η παρουσίαση στοιχείων που αφορούν την παραγωγή περλίτη.

Αναλυτικότερα, στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά του περλίτη και εξετάζεται ο τρόπος δημιουργία των κοιτασμάτων του. Επίσης γίνεται μία συνοπτική περιγραφή των χρήσεων του περλίτη στις διάφορες εφαρμογές. Ακολουθεί, στα κεφάλαια 2 και 3, η αναλυτική περιγραφή των σημαντικότερων Παγκόσμιων και Ελληνικών κοιτασμάτων περλίτη αντίστοιχα. Τέλος, στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν την παγκόσμια και ελληνική παραγωγή περλίτη και δεδομένα σχετικά με τη διάθεση αυτού και των προϊόντων του στην αγορά.

Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον αναπληρωτή καθηγητή του τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας κ. Καντηράνη Νικόλαο τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τα πετρώματα ανάλογα με τον τρόπο και την περιοχή σχηματισμού τους χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τα πυριγενή, τα ιζηματογενή και τα μεταμορφωμένα. Τα πυριγενή πετρώματα προκύπτουν από στερεοποίηση του μάγματος και ανάλογα με το βάθος κρυστάλλωσης τους χωρίζονται στα βαθυγενή ή πλουτωνικά, όταν κρυσταλλώνονται σε βάθος μέσα στο φλοιό της γης, και στα ηφαιστειακά ή εκρηξιγενή, όταν κρυσταλλώνονται στην επιφάνεια της γης. Όταν κρυσταλλωθούν σε μικρά βάθη ονομάζονται υποηφαιστειακά, ενώ όταν το μάγμα διεισδύσει και στερεοποιηθεί μέσα σε διακλάσεις ή ρήγματα ονομάζονται φλεβικά. Επίσης, τα πυριγενή πετρώματα ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του πυριτίου διακρίνονται στα όξινα ($>63\% \text{SiO}_2$), στα ενδιάμεσα ($63\text{-}52\% \text{SiO}_2$), στα βασικά ($52\text{-}45\% \text{SiO}_2$) και στα υπερβασικά ($<45\% \text{SiO}_2$).

Οι ορυκτές πρώτες ύλες χωρίζονται στις ενεργειακές πρώτες ύλες, στα μεταλλικά ορυκτά και τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα. «Ως βιομηχανικό ορυκτό ή πέτρωμα χαρακτηρίζεται κάθε ορυκτό, πέτρωμα ή άλλη φυσικώς εμφανιζόμενη ουσία οικονομικής αξίας, αποκλείοντας τα κοιτάσματα μεταλλικών ορυκτών, τα ορυκτά καύσιμα και τους πολύτιμους λίθους» (Noetstaller 1988). Τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα βρίσκουν ευρεία χρήση στη βιομηχανία από την οικοδόμηση κτηρίων μέχρι την προστασία του περιβάλλοντος και την γεωργία.

1.2 Περλίτης

Ο περλίτης ανήκει στα βιομηχανικά πετρώματα. Είναι ένα όξινο, υαλώδες, ηφαιστειακό πέτρωμα ρυολιθικής σύστασης, με περιεκτικότητα σε διοξείδιο του πυριτίου $65\text{-}78\%$ και σε νερό μεταξύ $2\text{-}5\%$ (Πίν. 1). Η κύρια μάζα του αποτελείται από άμορφο πυρίτιο. Μπορεί να περιέχει μικρές συγκεντρώσεις ορυκτών όπως χαλαζίας, καλιούχοι άστριοι, πλαγιόκλαστα, βιοτίτης, απατίτης, μαγνητίτης και ιλμενίτης. Εμφανίζει περλιτικό ιστό, δηλαδή η διάταξη της κύριας μάζας του γίνεται σε συγκεντρικές σφαίρες, μορφή η οποία προκύπτει από τη απότομη ψύξη του μάγματος. Ανήκει στην ομάδα των φυσικών γυαλιών η διάκριση μεταξύ των οποίων γίνεται με βάση την περιεκτικότητα σε χημικά ενωμένο νερό. Στην ομάδα αυτή ανήκουν και ο οψιδιανός ($0,1\text{-}1\% \text{H}_2\text{O}$), η κίσσηρις ($1\text{-}10\% \text{H}_2\text{O}$) και το pitchstone ($10\% \text{H}_2\text{O}$) (Koukoulas 1994).

Πίνακας 1. Η χημική σύσταση του περλίτη εκφρασμένη σε οξείδια για τις χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή παγκοσμίως (Kadey 1983, Breese and Barker 1994, Roulia et al. 2006).

	Μέση σύσταση (%)	Ελλάδα (%)	ΗΠΑ (%)	Ιαπωνία (%)	Τουρκία (%)	Ουγγαρία (%)
SiO ₂	71-76	74,2	73,6	74,2	71	73,5
Al ₂ O ₃	12-16	12,3	12,7	1,9	12,77	12,07
Fe ₂ O ₃	0,8-1,5	0,95	0,7	0,68	1,64	1,85
CaO	0,5-1,4	0,85	0,6	0,45	0,93	1,34
MgO	0,2-0,5	0,13	0,2	0,05	0,4	0,27
Na ₂ O	3-5	4	3,2	4,1	3,18	3,56
K ₂ O	4-5	4,4	5	4	4,44	3,69
H ₂ O	2-5	2,8	3,8	3,3	4,75	3,5

Στη βιομηχανία, ως περλίτης χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε υαλώδες ηφαιστειακό πέτρωμα διαθέτει την ικανότητα να αυξάνει τον όγκο του μέχρι και 20 φορές και να σχηματίζει μία ανοιχτόχρωμη αφρώδη μάζα μικρού ειδικού βάρους όταν θερμαίνεται γρήγορα (Koukoulas 1994). Έτσι, ως περλίτης χαρακτηρίζονται και τα μέλη της ομάδας των φυσικών γυαλιών που επίσης διαθέτουν ικανότητα διόγκωσης και άλλες ιδιότητες (Πίν. 2).

Πίνακας 2. Οι φυσικές ιδιότητες του περλίτη (Πάσσα 2007, Καλημέρη 2015).

Μορφή	Κοκκώδης
Χρώμα	Γκρί έως λευκό
Δείκτης διάθλασης	1,5
Πυκνότητα	32-400 Kg/m ³
Σκληρότητα	5,5-7
Ειδικό βάρος	2,2-2,4 gr/cm ³
pH	7,0-7,5
Διαλυτότητα στο νερό	<1%
Σημείο τήξης	1260-1343 °C
Ειδική θερμότητα	0,2 cal/gr
Θερμική αγωγιμότητα	0,04-0,06 W/Mk

1.2.1. Γένεση του περλίτη

Υπάρχουν δύο θεωρίες σχετικά με τη γένεση του περλίτη. Σύμφωνα με τη πρώτη θεωρία, στο διάστημα πριν την εκδήλωση μιας ηφαιστειακής έκρηξης, συσσωρεύονται στον ηφαιστειακό πόρο ηφαιστειακά αέρια και νερό. Κατά τη διάρκεια της έκρηξης η λάβα ψύχεται απότομα παγιδεύοντας στη δομή της τα ηφαιστειακά αέρια και το νερό σχηματίζοντας μια

υαλώδη μάζα, τον περλίτη. Η παραμένουσα, φτωχή σε αέρια και νερό λάβα, κρυσταλλώνεται και δίνει ηφαιστειακά πετρώματα ρυολιθικής σύστασης όπως ο ρυόλιθος και ο οψιδιανός (Ρούλια 1996, Πασσά 2007). Έτσι εξηγείται η εμφάνιση του περλίτη σε φλέβες που διεισδύουν σε προϋπάρχοντα ηφαιστειακά πετρώματα, συνοδευόμενος από οψιδιανό και ρυόλιθο. Όταν η θερμοκρασία της λάβας είναι 950-1200°C και συνεπώς έχει μεγάλο ιξώδες, τα σώματα περλίτη έχουν μικρό πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 10-15 m και βρίσκονται κοντά στον ηφαιστειακό πόρο. Όταν το ιξώδες είναι μικρότερο και η θερμοκρασία είναι 800-900°C σχηματίζονται μεγαλύτερες εμφανίσεις που φτάνουν σε πάχος μέχρι και τα 350 m (Ρούλια 1996, Πασσά 2007).

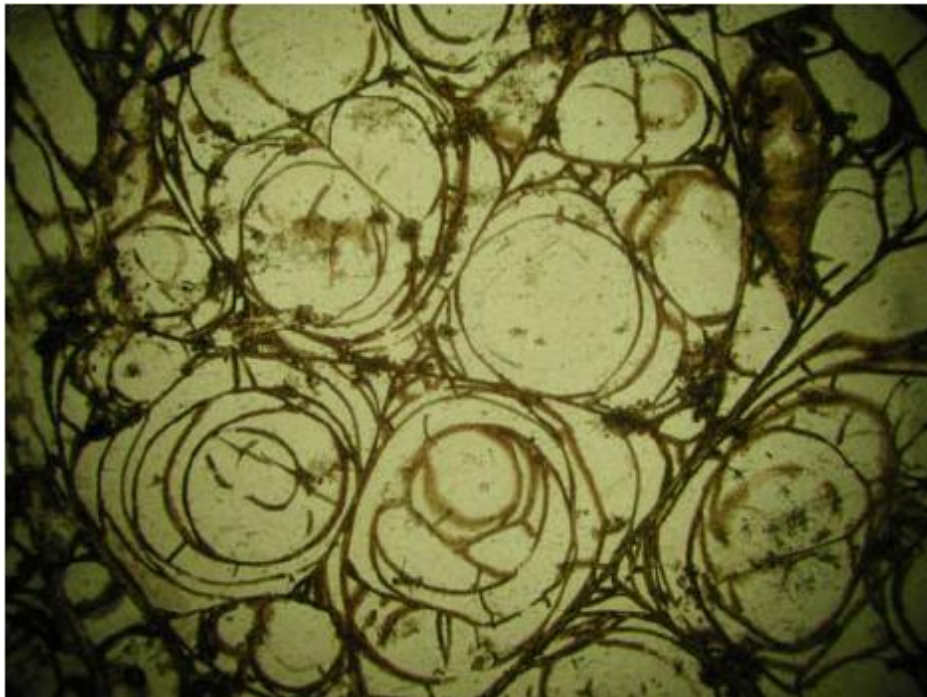
Η δεύτερη θεωρία υποστηρίζει ότι ο περλίτης σχηματίζεται με δευτερογενή ενυδάτωση του οψιδιανού μετά την κρυστάλλωση του, με αποτέλεσμα να αλλάζει το χρώμα του, να αυξάνεται ο όγκος του και να σχηματίζονται συγκεντρικές σφαίρες με μορφή κρεμμυδιού (Koukoulas 1994). Το νερό που προκαλεί την ενυδάτωση του οψιδιανού είναι μετεωρικό το οποίο εισέρχεται στη δομή του οψιδιανού εξαιτίας της εξαλλοίωσης κατά τα αρχικά στάδια της ζεολιθικής φάσης μεταμόρφωσης σε συνθήκες πίεσης κάτω από 2,5 Kb και θερμοκρασίας κάτω από 300°C (Nasedkin 1988, Breese and Barker 1994, Rotella and Simandl 2010).

Η χαρακτηριστική περλιτική υφή (Εικ. 1) δημιουργείται όταν κατά την ενυδάτωση του οψιδιανού, το περίβλημα του διαστέλλεται και σπάει, επιτρέποντας στο νερό να εισχωρήσει βαθύτερα, στο μη ενυδατωμένο τμήμα το οποίο με τη σειρά του σπάει και το νερό εισχωρεί ακόμη βαθύτερα. Συνεπώς, η περλιτική υφή είναι το αποτέλεσμα της σταδιακής ενυδάτωσης του οψιδιανού προς το εσωτερικό του, κάτω από την επίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών, λόγω της πίεσης που ασκεί το νερό στο περίβλημά του και της αύξησης του όγκου του (Πασσά 2007).

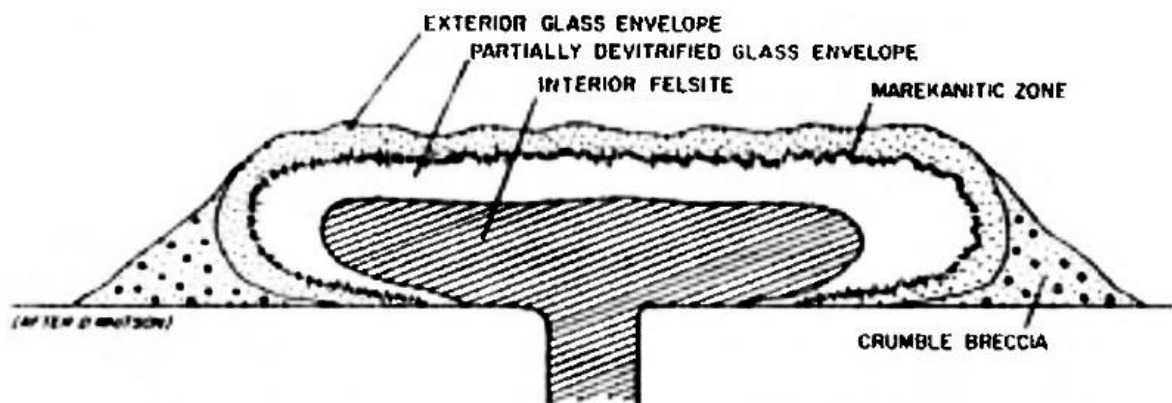
Στα περισσότερα κοιτάσματα περλίτη επικρατεί μια ζωνώδης διάταξη με τους πυριτικούς δόμους και τις ροές λάβας να βρίσκονται στη βάση, ενώ προς τα εξωτερικά τμήματα συναντώνται υαλώδης τέφρα και υαλώδεις ζώνες συγκολλημένων τόφφων. Οι ροές λάβας, συνεπώς και οι δόμοι είναι περιορισμένα, φτάνουν μέχρι μερικά τετραγωνικά χιλιόμετρα, έκταση που σχετίζεται με το μεγάλο ιξώδες της όξινης λάβας (Breese and Barker 1994).

Η ζώνωση αυτή προκύπτει από την απότομη ψύξη του εξωτερικού τμήματος και τη κρυστάλλωση του εσωτερικού τμήματος σε περιβάλλον που ψύχεται πιο αργά. Το εξωτερικό τμήμα αποτελείται από κίσηρη. Τα εσωτερικά υαλώδη τμήματα σταδιακά μεταπίπτουν σε περλίτη εξαιτίας της σταδιακής ενυδάτωσης και προς το εσωτερικό συναντώνται κατά σειρά ο κισσηρώδης, ο κοκκώδης και ο κλασικός περλίτης. Στη συνέχεια διακρίνεται ο οψιδιανός με τη μορφή κονδύλων που αναφέρονται ως «δάκρυα του Απάχη» (Apache tears). Οι κόνδυλοι

του οψιδιανού παρουσιάζονται σε ζώνες με τον μεγαλύτερο αριθμό προς το κέντρο. Η ζώνωση αυτή είναι αποτέλεσμα της σταδιακής ενυδάτωσης του οψιδιανού και αναφέρεται ως «μαρεκανιτική ζώνη» (marekanitic zone), ενώ στο κέντρο συναντάται ο φελσίτης. Η παρατήρηση αυτών των ζωνών είναι σημαντική γιατί υποδηλώνει την ύπαρξη κοιτάσματος (Breese and Barker 1994). Η διαδοχή των ζωνών από την κίσηρη έως τον φελσίτη αποτυπώνεται στο κοίτασμα No Agua στο Νέο Μεξικό των Ηνωμένων Πολιτειών, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 1. Απεικόνιση της περλιτικής υφής σε πολωτικό μικροσκόπιο (Rotella and Simandl 2010).



Εικόνα 2: Στρωματογραφική απεικόνιση του κοιτάσματος No Agua στο Νέο Μεξικό των Ηνωμένων Πολιτειών (Whitson 1982, Breese and Barker 1994)

1.2.2. Κύριοι τύποι εμφάνισης περλίτη

Κισσιρώδης περλίτης: Βρίσκεται στο εξωτερικό μέρος του κοιτάσματος, κοντά στην επιφάνεια. Το χρώμα του είναι γκρι έως ανοιχτό κίτρινο. Το χαρακτηριστικό του είναι το μεγάλο μέγεθος και οι ανοιχτοί πόροι του, που προκλήθηκαν λόγω της γρήγορης διαφυγής των ηφαιστειακών αερίων. Συνεπώς, το ειδικό του βάρος είναι μικρό. Με το βάθος, οι φυσαλίδες γίνονται επίπεδες και παράλληλες με τη ροή της λάβας. Είναι πιθανό να υπάρχουν πυρήνες οψιδιανού ή σπασίματα της περλιτικής υφής τα οποία δεν είναι εμφανή μακροσκοπικά και εντοπίζονται στα τοιχώματα των φυσαλίδων (Breese and Barker 1994). Παρουσιάζει προβλήματα κατά τη λήψη πυρήνων γεωτρήσεων λόγω της ευθρυπτότητας και μετά τη κονιοποίηση δίνει κόκκους μικρού μεγέθους με μικρή ικανότητα διόγκωσης (Harben and Kužvart 1997).

Κοκκώδης περλίτης: Έχει χαρακτηριστική ζαχαρώδη εμφάνιση και τεμαχώδη σπασίματα, αποτέλεσμα των πολύ πυκνών φυσαλίδων με μεταξώδη λάμψη που κατανέμονται παράλληλα στη ροή της λάβας. Το χρώμα του είναι από κίτρινο έως γκρι και καφέ. Το γεγονός ότι τα τοιχώματα των φυσαλίδων του είναι πιο πυκνά από αυτά του κισσιρώδη περλίτη συμβάλλει στο να δίνει πιο σταθερούς πυρήνες γεωτρήσεων και κόκκους με καλύτερη ικανότητα διόγκωσης. Σπάνια παρατηρούνται πλήρως ανεπτυγμένη περλιτική υφή και υπολείμματα οψιδιανού (Breese and Barker 1994). Χαρακτηριστικό κοίτασμα κοκκώδη περλίτη είναι αυτό του Τράχηλα στη Μήλο (Koukouzas 1994).

Κλασικός περλίτης: Σε αυτό τον τύπο παρατηρείται πλήρως ανεπτυγμένη περλιτική υφή. Εντοπίζεται στη βάση του κοιτάσματος και το χρώμα του είναι γκρι ή μαύρο. Μετά από παρατήρηση σε λεπτές τομές προέκυψε ότι παρουσιάζει φυσαλίδες οι οποίες είναι πάρα πολύ πυκνές και ότι η δομή του είναι κυψελοειδής. Συχνά είναι τα υπολείμματα οψιδιανού από μεμονωμένους κόκκους έως λοβούς διαφόρων διαστάσεων τα οποία συνήθως εμφανίζονται σε ζώνες λόγω της σταδιακής ενυδάτωσης του οψιδιανού (Breese and Barker 1994). Αυτός ο τύπος εμφανίζεται στη νήσο Γυαλί (Πασσά, 2007).

1.2.3. Έρευνα και μέθοδοι εξόρυξης

Με την πάροδο του χρόνου τα ηφαιστειακά γυαλιά αφυαλώνονται και μετατρέπονται σε μια μάζα αποτελούμενη από χαλαζία, αστρίους και αλλά ορυκτά, χάνοντας την ικανότητα διόγκωσης. Επίσης, χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα για την ενυδάτωση του οψιδιανού και τη μετατροπή του σε καλής ποιότητας περλίτη. Γι' αυτό το λόγο, κοιτάσματα περλίτη

συναντώνται κυρίως σε νεότερα ηφαιστειακά πετρώματα ηλικίας από το Τριτογενές έως το μέσο Τεταρτογενές (Breese and Barker 1994).

Οι περλιτικοί δόμοι και οι ροές λάβας συνήθως καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και λόγω του τρόπου σχηματισμού του περλίτη, εντοπίζονται κοντά στην επιφάνεια. Ενδεικτικό στοιχείο για τον εντοπισμό ενός κοιτάσματος είναι η χαρακτηριστική ζώνωση που παρουσιάζει στην εικόνα 2. Η ζώνωση αυτή υποδεικνύει την λιθολογία και την υφή του πετρώματος που αναμένεται να εντοπιστεί, καθώς και το βάθος στο οποίο αναμένεται να βρεθεί ο δόμος. Η έρευνα πραγματοποιείται με γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης και την επιλογή των κατάλληλων θέσεων για την εκτέλεση γεωτρήσεων. Η χαρτογράφηση μπορεί να συνδυάζεται με γεωφυσικές μεθόδους (Breese and Barker 1994).

Αφού εξακριβωθεί η ύπαρξη ενός κοιτάσματος, σειρά έχει η επιλογή της μεθόδου εξόρυξης, όταν η εκμετάλλευση του έχει οικονομικό ενδιαφέρον. Εφόσον, τα κοιτάσματα περλίτη βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια, η εκμετάλλευση γίνεται επιφανειακά σε ανοιχτά ορυχεία με τη μέθοδο της εκσκαφής σε εύθρυπτα υλικά και με τη μέθοδο των ανατινάξεων σε πιο σκληρά υλικά. Η μέθοδος της εκσκαφής είναι η οικονομικότερη, πολλές φορές όμως γίνεται συνδυασμός των δύο μεθόδων. Συχνά επιλέγεται η μέθοδος της επιλεκτικής εξόρυξης κυρίως σε περιοχές που ο περλίτης εμφανίζεται με πολλές μορφές. Ακολουθεί η φόρτωση του υλικού σε φορτηγά και η μεταφορά του στο σημείο που θα γίνει η επεξεργασία (Breese and Barker 1994).

1.2.4. Προετοιμασία δείγματος και διόγκωση του περλίτη

Μετά την εξόρυξη το δείγμα υπόκειται σε επεξεργασία. Αρχικά πραγματοποιείται θραύση του δείγματος σε σπαστήρες, μέχρι και τρεις φορές ανάλογα με το επιθυμητό μέγεθος των κόκκων το οποίο εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται. Ακολουθεί η κοκκομετρική διαβάθμισή του που πραγματοποιείται με κοσκίνισμα (Εικ. 3). Τα τεμάχια που προκύπτουν έχουν μέγεθος από 0,05 έως 3mm και έχουν κυβικό σχήμα. Οι κόκκοι περλίτη κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τις ανάγκες της αγοράς ως εξής (Μπούμης κ.ά. 1979):

- Υπέρλεπτη κοκκομετρία: 0,05-0,3 mm
- Λεπτή κοκκομετρία: 0,3-0,6 mm
- Μεσαία κοκκομετρία: 0,6-1,2 mm
- Χονδρή κοκκομετρία: 1,2-3 mm

Στη συνέχεια, απομακρύνεται το πολύ λεπτόκοκκο υλικό και ακολουθεί το στάδιο της ξήρανσης (Breese and Barker 1994).



Εικόνα 3: Περλίτης πριν τη θραύση (πάνω) και μετά τη θραύση με διαφορετική κοκκομετρία (κάτω)
(www.aegean-perlites.com)

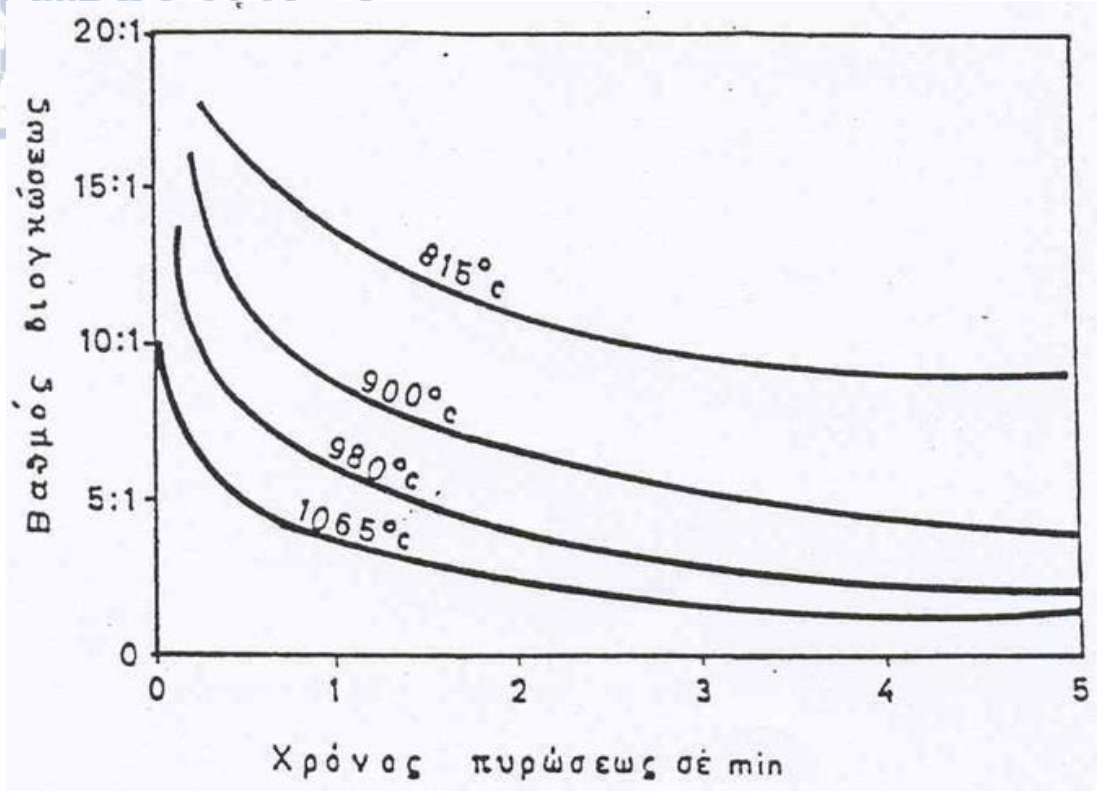
Τέλος ακολουθεί το στάδιο της θέρμανσης (Εικ. 4). Όπως προαναφέρθηκε, ο περλίτης διαθέτει την ικανότητα να αυξάνει τον όγκο του έως 20 φορές κάτω από γρήγορη θέρμανση. Η ικανότητα αυτή οφείλεται στην περιεκτικότητα του σε νερό, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 2-5%. Κατά τη θέρμανση το νερό διαφεύγει σπάζοντας τα συμπαγή τοιχώματα του περλίτη προκαλώντας αύξηση του όγκου του και μείωση του ειδικού βάρους του, αφού χάνει το 30% του αρχικού του βάρους, οδηγώντας σε μια αφρώδη μάζα λευκού χρώματος (Breese and Barker 1994). Για να διογκωθούν ομοιόμορφα όλοι οι κόκκοι περλίτη πρέπει να έχουν την ίδια κοκκομετρία. Τα δείγματα τοποθετούνται σε οριζόντιους ή κατακόρυφους φούρνους όπου θερμαίνονται στους 870-1100 °C, κοντά στο σημείο μαλακώματος του (softening point) (Koukoulzas et al. 2000). Κατά τη διόγκωση του η πυκνότητά του μειώνεται από 950-1200 σε 40-180 kg/m³ (Τσιραμπίδης 2005). Τμήματα οψιδιανού ή κρύσταλλοι ορυκτών που μπορεί να περιέχουν νερό, αλλά το σημείο μαλακώματος τους είναι μεγαλύτερο, δεν διογκώνονται και παραμένουν ως υπολείμματα στο φούρνο.

Μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει ο σταθερός κατακόρυφος φούρνος στον οποίο το δείγμα διοχετεύεται με τη βοήθεια της βαρύτητας. Το δείγμα μπορεί να έχει υποστεί προθέρμανση πριν εισαχθεί στο φούρνο. Μέσα στο φούρνο γίνεται διαχωρισμός του διογκωμένου περλίτη από το μη διογκωμένο υλικό. Στον περιστρεφόμενο οριζόντιο φούρνο ο διαχωρισμός γίνεται με την περιστροφή του δείγματος (Breese and Barker 1994).

Ο λόγος του τελικού όγκου μετά τη διόγκωση προς τον αρχικό όγκο (V_2/V_1) εκφράζει το βαθμό διόγκωσης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο τελικός όγκος, συνεπώς και ο βαθμός διόγκωσης, τόσο καλύτερης ποιότητας θεωρείται ο περλίτης. Ο βαθμός διόγκωσης εξαρτάται από το είδος του περλίτη, την περιεκτικότητά του σε νερό, τους φαινοκρυστάλλους που μπορεί να υπάρχουν στη δομή του, το χρόνο παραμονής στον κλίβανο και τη θερμοκρασία μέσα στον κλίβανο (Πασσά 2007).



Εικόνα 4: Περλίτης μετά τη διαδικασία διόγκωσης σε διαφορετικά μεγέθη κόκκων (www.aegean-perlites.com)



Εικόνα 5: Η σχέση του χρόνου πύρωσης και της θερμοκρασίας μέσα στον κλίβανο με τον βαθμό διόγκωσης (Μπούμης κ.ά. 1979)

1.2.5. Χρήσεις

1.2.5.1. Κατασκευαστικές - Οικοδομικές εφαρμογές

Περισσότερο από το 50% του διογκωμένου περλίτη χρησιμοποιείται στην κατασκευαστική βιομηχανία. Ο διογκωμένος περλίτης, λόγω του μικρού ειδικού του βάρους, της θερμικής και ακουστικής του αγωγιμότητας, παρουσιάζει σημαντική μονωτική ικανότητα. Έτσι, χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση και την ηχομόνωση κτηρίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό πλήρωσης σε δάπεδα και τοίχους, μειώνοντας έως και 50% τη μετάδοση θερμότητας (Τσιραμπίδης 2005).

Ο περλίτης βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία τσιμέντου αφού το σκυρόδεμα που περιέχει περλίτη έχει έως και ένα τρίτο μικρότερο βάρος από το κανονικό και η μονωτική του ικανότητα είναι έως και 20 φορές μεγαλύτερη (Τσιραμπίδης 2005). Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το Perlite Institute (www.perlite.org), η προσθήκη περλίτη στο σκυρόδεμα προσφέρει:

- Υψηλές μονωτικές ικανότητες με τη μέγιστη θερμική απόδοση
- Μεγάλη θερμική αγωγιμότητα

- Ανθεκτικότητα σε συνδυασμό με μικρό ειδικό βάρος
- Μέγιστη αποστράγγιση
- Βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων
- Εξοικονόμηση χώρου και υλικών

Όταν ο περλίτης αναμιγνύεται με την ασφαλτο δίνει ένα υδρόφοβο υλικό που χρησιμοποιείται ως υλικό πλήρωσης σε διάφορες κατασκευές, ενώ όταν αναμιγνύεται με κυτταρίνη και συνδετικό υλικό, πολτοποιείται, συμπιέζεται και ξηραίνεται σχηματίζει ειδικές σανίδες. Επίσης ο διογκωμένος περλίτης δίνει μικρού βάρους και μεγάλης πυριμαχότητας γυψοσανίδες. Τέλος, χρησιμοποιείται ως διακοσμητικός δομικός λίθος, στην παρασκευή καμινάδων ως επίστρωση στο εσωτερικό τους και ως υπόστρωμα σε πισίνες και θερμοκήπια, εξαιτίας της χημικής του αδράνειας και της δομής του, που του επιτρέπουν να απορροφά διάφορα υγρά, δημιουργώντας ένα αποστειρωμένο περιβάλλον (Τσιραμπίδης 2005).

1.2.5.2. Εφαρμογές στη βιομηχανία

Ο ακατέργαστος περλίτης λόγω της μονωτικής του ικανότητας και της μεγάλης θερμικής του αγωγιμότητας βρίσκει εφαρμογή στις βιομηχανίες χάλυβα και χυτηρίων. Σε θερμοκρασίες μικρότερες των 1100°C χρησιμοποιείται στην παρασκευή πυρίμαχων προϊόντων, όπως πυρίμαχα τούβλα, για την επικάλυψη λιωμένων μετάλλων και για κρυογενετική μόνωση και μόνωση υψηλής θερμοκρασίας. Επιπλέον, εισάγεται ως προσθετικό στους φούρνους χύτευσης για την απομάκρυνση της σκουριάς. Η χημική του αδράνεια (pH 6,5-8) επιτρέπει τη χρήση του στη διήθηση υγρών. Έχει ικανοποιητικές αποξεστικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται σε τροχούς κονιοποίησης (Τσιραμπίδης 2005).

1.2.5.3. Περιβαλλοντικές – Αγροτικές εφαρμογές

Ο περλίτης εξαιτίας της χημικής του αδράνειας και της ικανότητας προσρόφησης, χρησιμοποιείται ευρέως στη προστασία του περιβάλλοντος κυρίως στην επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και στον καθαρισμό των νερών. Μια σημαντική χρήση του είναι στην απομάκρυνση πετρελαιοκηλίδων και άλλων ουσιών ελαιώδους μορφής από το νερό (Πασσά 2007). Επίσης διαθέτει την ικανότητα να απορροφά διάφορες μυρωδιές, καθιστώντας τον ιδανικό υλικό για την απόσπηση ζωικών αποβλήτων (Τσιραμπίδης 2005).

Η χρήση του περλίτη στη γεωργία στοχεύει κυρίως στη βελτίωση των εδαφών. Παρέχει στο φυτό την ιδανική αναλογία νερού και αέρα και αποτρέπει τη ξήρανση του εδάφους. Παρουσιάζει εκτεταμένη χρήση ως υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες, σχηματίζοντας

ένα αποστειρωμένο περιβάλλον με ιδανικές συνθήκες αερισμού και κατακρατώντας την υγρασία. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τύρφη και ζεόλιθο σε γλάστρες και ως συστατικό στη παρασκευή φαρμάκων και λιπασμάτων. Λόγω της ικανότητας προσρόφησης που διαθέτει, χρησιμεύει ως φορέας λιπασμάτων, εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων, καθώς μπορεί να απελευθερώνει τις ουσίες που έχει απορροφήσει σταδιακά (Τσιραμπίδης 2005).

1.2.6. Επιπτώσεις στην υγεία

Μετά από πολυάριθμες και εκτεταμένες μελέτες που έγιναν στο ινστιτούτο περλίτη (Perlite Institute Inc., www.perlite.org), αλλά και από ερευνητικές και κυβερνητικές οργανώσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, προέκυψε ότι δεν υπάρχουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που να σχετίζονται με τη χρήση του περλίτη ή των προϊόντων του καθιστώντας ασφαλή τη χρήση του.

Από το 1975 έχουν γίνει μελέτες από τους Cooper (1975-1976), Cooper and Sargent (1986) και Weill (1990-1994) που εστίαζαν στις επιπτώσεις του περλίτη στους εργαζόμενους στην εκμετάλλευση και την επεξεργασία. Προέκυψε ότι ο περλίτης μπορεί να δημιουργήσει κάποιες ενοχλήσεις όταν βρίσκεται με τη μορφή σκόνης στον εργασιακό χώρο. Αυτές είναι κυρίως ενοχλήσεις στην όραση, στην όσφρηση και κόπωση. Οι επιπτώσεις αυτές είναι προσωρινές και δεν μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην υγεία των εργαζομένων (Πάσσα 2007, Maxim et al. 2014).

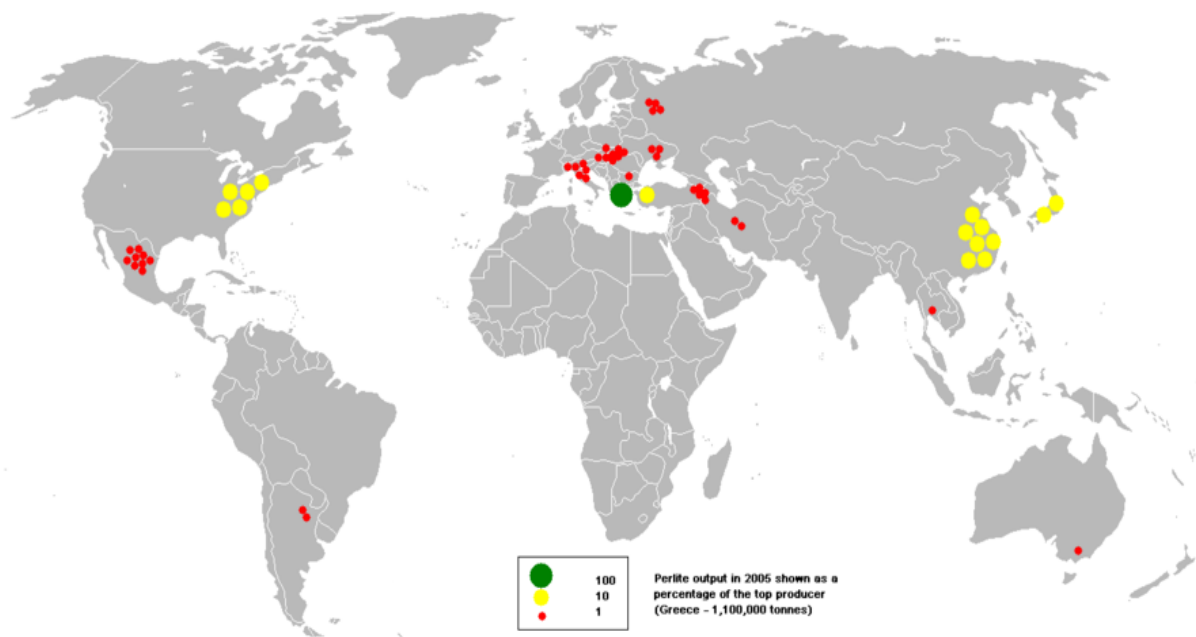
Όπως προαναφέρθηκε (βλ. υποκεφάλαιο 1.2), ο περλίτης μπορεί να περιέχει στη δομή του κάποια ορυκτά. Αυτό που μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία είναι τα κρυσταλλικό πυρίτιο με τη μορφή του χαλαζία, του τριδυμίτη ή του χριστοβαλίτη. Τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργεί το κρυσταλλικό πυρίτιο όταν βρίσκεται με τη μορφή σκόνης, είναι η πυριτίωση, η πνευμονική φυματίωση και οι λοιμώξεις του αναπνευστικού, ενώ θεωρείται καρκινογόνο. Γι' αυτό το λόγο, ο οργανισμός διαχείρισης της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών (OSHA) έχει ορίσει ότι το ανώτερο επιτρεπτό όριο χαλαζιακής σκόνης για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι 15 mg/m^3 στο οκτάωρο εργασίας (Maxim et al. 2014).



2. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ

Τα ηφαιστειακά γυαλιά μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αφυαλώνονται και χάνουν την ικανότητα διόγκωσης τους. Τα κοιτάσματα περλίτη που συναντάμε σχηματίστηκαν πρόσφατα στο γεωλογικό χρόνο, σχετίζονται με τη Τριτογενή ή νεότερη ηφαιστειότητα και συναντώνται κυρίως κατά μήκος του Αλπικού γεωτεκτονικού συστήματος (Breese and Barker 1994). Συναντώνται σε ζώνες σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών όπου παρατηρείται ασβεσταλκαλικού τύπου ηφαιστειότητα, τα προϊόντα της οποίας είναι ρυολιθικής σύστασης.

Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα περλίτη ανά τον κόσμο εντοπίζονται στις ανατολικές ακτές των ΗΠΑ και του Καναδά, στο Μεξικό, στην Αργεντινή, στην Ιταλία, στην Ουγγαρία, τη Βουλγαρία, στην Ελλάδα, στην Τουρκία, στην Κίνα, στην Ιαπωνία, στις Φιλιππίνες, στην Αυστραλία και στη Νέα Ζηλανδία (Breese and Barker 1994). Στη συνέχεια περιγράφονται τα σημαντικότερα κοιτάσματα περλίτη σε παγκόσμιο επίπεδο.



Εικόνα 6: Χάρτης των κοιτασμάτων Περλίτη παγκοσμίως με τη μεγαλύτερη παραγωγή (www.en.wikipedia.org)

2.1. Νέο Μεξικό, ΗΠΑ

Τα κοιτάσματα No Agua και Socorro στο Νέο Μεξικό είναι αυτά με τη μεγαλύτερη παραγωγή στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στην περιοχή υπάρχουν αρκετά γνωστά κοιτάσματα τα οποία έχουν εμπορική αξία, η παραγωγή όμως, που ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950 και

συνεχίζεται μέχρι σήμερα, γίνεται σε τρία ορυχεία, το No Agua και το El Grande στην επαρχία Ταος και το Socorro (Εικ. 7). Η εκμετάλλευση γίνεται με τις μεθόδους των ανοιχτών ορυχείων, ενώ η απομάκρυνση των υπερκείμενων γίνεται με τη χρήση εκρηκτικών και πιο σπάνια με σκαπτικά μέσα (Ennis 2011).



Εικόνα 7: Πανοραμική άποψη του ορυχείου περλίτη Socorro στο Νέο Μεξικό των ΗΠΑ (www.dicalite.com)

Η περιοχή No Agua αποτελείται από τα υπολείμματα δύο ρυολιθικών δόμων και από ηφαιστειακά πετρώματα ρυολιθικής έως βασαλτικής σύστασης με τη μορφή ροών λάβας, που καταλαμβάνουν μία έκταση 6,5 km² και οφείλουν τη δημιουργία τους στα διάφορα επεισόδια ηφαιστειότητας των τελευταίων 10 εκατομμυρίων ετών. Τα κοιτάσματα περλίτη δημιουργήθηκαν κατά το τελευταίο επεισόδιο ηφαιστειότητας κατά το Ανώτερο Μειόκαινο-Πλειστόκαινο, ενώ η ηλικία τους, που προέκυψε από ισοτοπικές αναλύσεις με τη μέθοδο ⁴⁰Ar/³⁹Ar σύμφωνα με τον Appelt (1998), είναι 4,06±0,05 εκατομμύρια χρόνια. Οι Chamberlin και Barker (1996) υποστηρίζουν ότι η δημιουργία του κοιτάσματος οφείλεται σε έναν δόμο μάγματος στον οποίο παρουσιάζεται ζωνώδης μεταβολή της σύστασης, μετά την κρυστάλλωση του οποίου δημιουργήθηκε ο οψιδιανός και με τη δευτερογενή ενυδάτωσή του υπό συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και με τη συμβολή του μετεωρικού νερού, προέκυψε ο περλίτης με της διάφορες μορφές του (βλ. εικόνα 2). Ο οψιδιανός από τον οποίο προκύπτει ο περλίτης βρίσκεται σε αφθονία στην περιοχή σε κατακόρυφους φακούς, το ποσοστό του οποίου στο κοίτασμα κυμαίνεται από 2% έως 50% (Ennis 2011).

2.2 Superior, Αριζόνα, ΗΠΑ

Στη περιοχή του όρους Picketpost, κοντά στο Superior της Αριζόνα, συναντάται ένα από τα σημαντικότερα κοιτάσματα περλίτη στις Ηνωμένες πολιτείες. Το όρος Picketpost είναι ένα ανενεργό ηφαίστειο στο οποίο εκδηλώθηκαν πολλές ηφαιστειακές εκρήξεις, με την τελευταία πριν 18 εκατομμύρια χρόνια. Τα πετρώματα που αποτελούν το υπόβαθρο, ηλικίας προκαμβρίου, είναι σχιστόλιθοι, χαλαζίτες και κροκαλοπαγή. Η Παλαιοζωική και Μεσοζωική πλουτωνική δραστηριότητα αντιπροσωπεύεται κυρίως από διορίτη, ενώ κατά το Καινοζωικό συναντώνται ηφαιστειακά και ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα όπως βασάλτες, ρυόλιθοι πυροκλαστικά υλικά, τόφοι, και τα νεότερα ιζήματα (Nelson 1966, Crosswhite 1984).



Εικόνα 8: Περλίτης με τμήμα οψιδιανού, μορφή γνωστή ως «δάκρυα του Απάχη» που συναντάται στη δεύτερη ζώνη του περλιτικού κοιτάσματος Superior (www.mindat.org)

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής αποτελείται από ρυόλιθο ο οποίος χωρίζεται σε πέντε ζώνες. Ο περλίτης εμφανίζεται πολύ λατυποποιημένος στην οροφή της πρώτης ζώνης και μεταβαίνει στη δεύτερη ζώνη σε περλίτη με ελάχιστες αλλοιώσεις, πλήρως ανεπτυγμένη τη περλιτική υφή και μικρά τεμάχια οψιδιανού που αποτελούν τη μαρεκανιτική ζώνη. Σημειώνεται η εμφάνιση κρυστάλλων αιματίτη και μαγνητίτη στον περλίτη της δεύτερης ζώνης. Στη δεύτερη ζώνη ο περλίτης εμφανίζεται με τη μορφή κηλίδων και απομονωμένων κέντρων μέσα σε ένα καφέ γυαλί που πιθανολογείται ότι αντιπροσωπεύει ένα πέτρωμα πιο

βασικής σύστασης που δεν είχε το χρόνο να αναπτύξει κρυστάλλους. Η τρίτη ζώνη αποτελεί την κύρια ροή λάβας και αποτελείται από ρυόλιθο και σφαιρόλιθους από αχάτη, οπάλιο και χαλκηδόνιο. Μικρά ποσοστά περλίτη εντοπίζονται τη βάση και την οροφή της τρίτης ζώνης, ενώ η τέταρτη ζώνη είναι ίδια με τη δεύτερη. Η μετάβαση στη ζώνη πέντε είναι ίδια με τη μετάβαση της πρώτης στη δεύτερη. Εκτεταμένα φαινόμενα εξαλλοίωσης και αποσάθρωσης παρατηρούνται στην τέταρτη και τη πέμπτη ζώνη. Μικρά ποσοστά περλίτη εντοπίζονται και στο ανώτερο στρώμα που αποτελείται από τόφφους. Η εκμετάλλευση του περλίτη γίνεται στη δεύτερη ζώνη όπου έχει εμπορική αξία (Nelson, 1966, Crosswhite 1984).

2.3 Ιαπωνία

Ένα σημαντικό κοίτασμα περλίτη στην Ιαπωνία συναντάται στην περιοχή Tsuchihata, στο βόρειο μέρος της χώρας και είναι Μειοκαινικής ηλικίας. Το κοίτασμα εντοπίζεται στην περιοχή των «πράσινων τόφφων», μία γεωτεκτονική ζώνη που αποτελεί το εσωτερικό μέρος του νησιωτικού τόξου της Ιαπωνίας. Το κοίτασμα αποτελείται από περλιτική λάβα και πυροκλαστικά υλικά και καλύπτεται από θαλάσσια ιζήματα. Μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα, το κατώτερο που έχει μεγαλύτερη εξάπλωση, και το ανώτερο. Κοντά στην περιοχή που γίνεται η εκμετάλλευση του κοιτάσματος συναντάται ένα τρίτο τμήμα, ο σχηματισμός Kotsunagi (Hunahashi et al. 1972):

- Το κατώτερο τμήμα αποτελείται από διάφορους πετρολογικούς τύπους οι οποίοι σχηματίζουν παράλληλες μεταξύ τους ζώνες με κέντρο τον τυπικό περλίτη, εμφανίζοντας μία αντικλινική δομή. Συναντώνται κυρίως ανδεσιτικές λάβες, τόφφοι, πυροκλαστικά υλικά, περλιτικά κροκαλοπαγή και περλιτικές λάβες. Το πλάτος του τμήματος αυτού είναι 250-350 μέτρα ενώ στις εξωτερικές ζώνες παρατηρούνται φαινόμενα ζεολιθικής εξαλλοίωσης.
- Το ανώτερο τμήμα παρουσιάζει διαφορετικούς τύπους περλίτη από το κατώτερο. Εδώ τα φαινόμενα εξαλλοίωσης είναι πιο εκτεταμένα. Περιλαμβάνει κυρίως περλιτικά λατυποπαγή και λάβα. Μια βασική διαφορά του με το κατώτερο τμήμα, είναι ότι εδώ τα στρώματα είναι οριζόντια, απουσιάζει δηλαδή η αντικλινική δομή που χαρακτηρίζει το κατώτερο τμήμα.
- Ο σχηματισμός Kotsunagi είναι το ανώτερο τμήμα που εμφανίζεται μόνο κοντά στην περιοχή του ορυχείου και επικάθεται ασύμφωνα πάνω στους υποκείμενους σχηματισμούς. Ξεκινάει με κροκαλοπαγές βάσης περιέχει περλιτικά χαλίκια και συνεχίζει με ψαμμίτη και πηλίτη.

2.4 Σαρδηνία, Ιταλία

Στη Σαρδηνία, Ιταλία, κατά το Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο εκδηλώνεται ηφαιστειότητα υποαλκαλικού τύπου, τα προϊόντα της οποίας χωρίζονται σε δύο συμπλέγματα, το Montiferru και το Monte Arci. Το σύμπλεγμα Monte Arci, στο οποίο εντοπίζεται το μοναδικό γνωστό μέχρι σήμερα κοίτασμα περλίτη στο νησί, περιλαμβάνει τις εξής μαγματικές σειρές:

- Τους υποαλκαλικούς βασάλτες έως ρυόλιθους
- Τους μεταβατικούς βασάλτες και τραχύτες
- Τους αλκαλικούς βασάλτες

Οι περλίτες αποτελούν το 25-30% των ρυολιθικών λαβών του συμπλέγματος, το οποίο βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού και χρονολογείται στα 3,8-2,8 εκατομμύρια χρόνια (Palomba et al. 2006).

Το κοίτασμα αποτελείται στη βάση του από ρυολιθικές λάβες πλούσιες σε οψιδιανό, το ποσοστό του οποίου μειώνεται προς την επιφάνεια και αυξάνεται το ποσοστό του περλίτη. Παρουσιάζεται η τυπική ζωνώδης δομή των κοιτασμάτων περλίτη αποτελούμενη από ρυολιθική λάβα, περλίτη μορφής «κρεμμυδιού» και κισσηρώδη περλίτη, που συνήθως περιέχει τμήματα οψιδιανού που δεν έχουν υποστεί εξαλλοίωση. Γεωχημικές και ισοτοπικές αναλύσεις έχουν δείξει ότι ο σχηματισμός του περλίτη οφείλεται στην αλληλεπίδραση του οψιδιανού με το μετεωρικό νερό που εισχώρησε στα σπασίματά του και προκάλεσε την ενυδάτωση, ενισχύοντας τη δεύτερη θεωρία (βλ. υποκεφάλαιο 1.2.1.) σχετικά με το σχηματισμό των περλιτικών κοιτασμάτων (Palomba et al. 2006).

2.5 Ουγγαρία

Τα περλιτικά σώματα στην Ουγγαρία εντοπίζονται στις περιοχές Pálháza και Telkibánya, Βορειοανατολικά της οροσειράς Tokaj. Σχετίζονται με την ηφαιστειότητα που έλαβε χώρα κατά το Μειόκαινο με προϊόντα ρυόλιθους και ρυοδακίτες. Το υπόβαθρο του κοιτάσματος αποτελείται από ανδεδίτη, άργιλο, τόφφους και κίσηρη, ενώ ο περλίτης συναντάται ανώτερα με τη μορφή δόμων ή φλεβών. Οι φλέβες εξωτερικά αποτελούνται από ένα περλιτικό λατυποπαγές και προχωρώντας προς το εσωτερικό εντοπίζεται το pitchstone. Στα ανωτέρα μέρη συναντώνται δόμοι λάβας με οψιδιανό και εκχύσεις λάβας. Οι γεωτρήσεις που έγιναν στη περιοχή έδειξαν ότι το κοίτασμα βρίσκεται σε βάθος 100 μέτρων, μέσα στη καλδέρα που δημιουργήθηκε όταν ο μαγματικός θάλαμος άδειασε, και καλύφθηκε κατευθείαν, γεγονός που συνέβαλε στη προστασία του από της διαδικασίες της αποσάθρωσης (Zelenka 2013).

Το κοίτασμα περλίτη ήταν γνωστό για περισσότερο από 200 χρόνια, ενώ οι έρευνες

ξεκίνησαν την δεκαετία του 1950 και η εκμετάλλευση το 1956. Η παραγωγή ανέρχεται στους 50.000-70.000 τόνους το χρόνο, κάνοντας την Ουγγαρία την 3^η-4^η μεγαλύτερη παραγωγό στην Ευρώπη και την 5^η τον κόσμο (Zelenka 2013).

2.6 Βουλγαρία

Το μεγαλύτερο κοίτασμα περλίτη στη Βουλγαρία είναι το Golobradovo στην περιοχή της ανατολικής Ροδόπης όπου σημειώνεται ηφαιστειότητα ρυολιθικής σύστασης κατά το Ολιγόκαινο, με προϊόντα λατίτες, ρυόλιθους, πυροκλαστικά υλικά, κίσηρη και τόφρους. Ο περλίτης εμφανίζεται σε δόμους μικρού μεγέθους που χρονολογούνται στα 32-33 εκατομμύρια χρόνια και βρίσκονται σε διαφορετικό υψόμετρο σε όλη τη έκταση του κοιτάσματος. Οι δόμοι έχουν ζωνώδη δομή και βρίσκονται μέσα σε ιζήματα και πυροκλαστικά υλικά. Στο κέντρο του κυριαρχούν οι τραχυτικές-ρυολιθικές ροές, και προς την περιφέρεια ο περλίτης. Μεταξύ τους υπάρχουν μεταβατικές ζώνες αποτελούμενες από σφαιρόλιθους τραχυ-ρυόλιθου διαμέτρου 10-15 cm μέσα στον περλίτη. Ο περλίτης εμφανίζεται με τη μορφή στηλοειδών κατατμήσεων εξαιτίας της απότομης ψύξης της λάβας, ενώ σε επαφή με αυτόν παρατηρούνται τόφροι που έχουν υποστεί εξαλλοίωση σε ξεόλιθο (Yanev 2003).

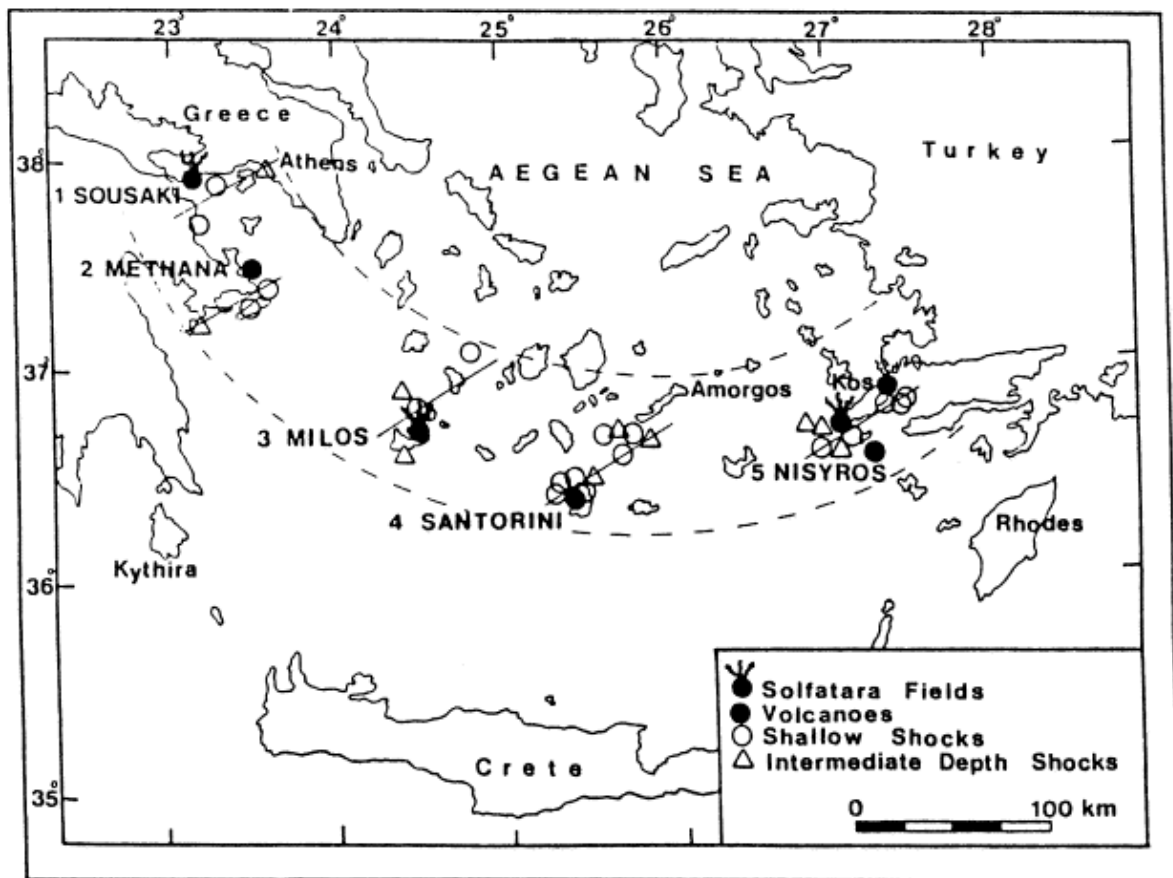
2.7. Αργεντινή

Στη περιοχή Andean Puna στην επαρχία Salta στη Βορειοδυτική Αργεντινή εμφανίζεται ένα από τα σημαντικότερα κοιτάσματα περλίτη της Νότιας Αμερικής. Δημιουργήθηκε κατά τη τελευταία εκδήλωση ηφαιστειότητας του ηφαιστειακού κέντρου Ramadas στο Μειόκαινο. Στο Ramadas σημειώνονται βίαιες εκρήξεις με προϊόντα ρυολιθικής σύστασης, ενώ είναι η πηγή της δημιουργίας πολλών διαφορετικών κοιτασμάτων. Η περιοχή αποτελείται από μια σειρά πυροκλαστικών υλικών με θραύσματα περλίτη που αντιπροσωπεύουν τα υπολείμματα ενός δακτυλίου τόφρων γύρω από το ηφαιστειακό κέντρο Ramadas. Πιθανολογείται ότι ο περλίτης δημιουργήθηκε από την ενυδάτωση των πυροκλαστικών υλικών μετά την απόθεση τους με τη συμβολή του μετεωρικού νερού και την περεταίρω διάβρωση που προκάλεσε τη θραύση του (Tait et al. 2009).

Δύο φάσεις ηφαιστειότητας σχετίζονται με το σχηματισμό του περλίτη. Τα προϊόντα της πρώτης φάσης είναι στρωμένοι τόφροι που περιέχουν μικρά θραύσματα περλίτη, ενώ της δεύτερης φάσης είναι περλιτικοί τόφροι όπου ο περλίτης εμφανίζεται αποκλειστικά με τη μορφή θραυσμάτων και αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του σχηματισμού. Τα περλιτικά κοιτάσματα στη περιοχή θεωρούνται ως τα κοιτάσματα της τελευταίας φάσης ηφαιστειότητας του ηφαιστειακού κέντρου (Tait et al. 2009).

3. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ

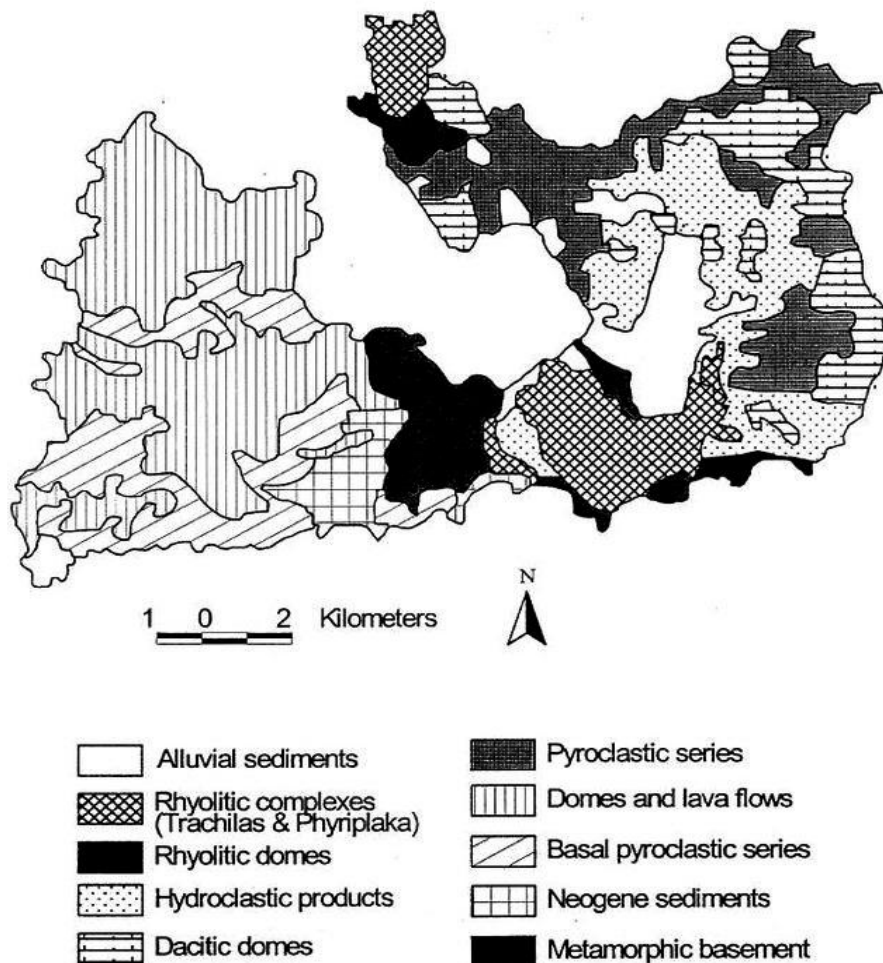
Τα ελληνικά κοιτάσματα περλίτη σχετίζονται με την ασβεσταλκαλικού τύπου ηφαιστειότητα που εκδηλώνεται κατά το Πλειόκαινο-Τεταρτογενές στο χώρο του Νοτίου Αιγαίου. Η δημιουργία τους οφείλεται στην ενεργό υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την μικροπλάκα του Αιγαίου, τμήματος της Ευρασιατικής πλάκας. Εξαιτίας αυτής της υποβύθισης σχηματίζεται το ηφαιστειακό τόξο του νοτίου αιγαίου που χωρίζεται σε δύο κλάδους (Εικ. 9). Ο εσωτερικός κλάδος περιλαμβάνει τα ηφαιστειακά κέντρα της Αντιπάρου και της Κω, ενώ ο εξωτερικός περιλαμβάνει τα ενεργά ηφαίστεια των Μεθάνων, της Μήλου, της Σαντορίνης και της Νισύρου (Μουντράκης 2010). Εμφανίσεις περλίτη έχουν αναφερθεί και στην περιοχή του Έβρου. Στο χώρο του νοτίου Αιγαίου κυριαρχούν δύο φάσεις ηφαιστειότητας. Η πρώτη εκδηλώνεται κατά το Τριτογενές, από το Ολιγόκαινο έως το μέσο Μειόκαινο, ενώ η δεύτερη ξεκινά κατά το μέσο Πλειόκαινο και συνεχίζεται μέχρι σήμερα (Koukoulas 1994).



Εικόνα 9: Το ηφαιστειακό τόξο του Νοτίου Αιγαίου με τα ενεργά ηφαιστειακά κέντρα (Liakopoulos et al. 2001).

3.1 Μήλος

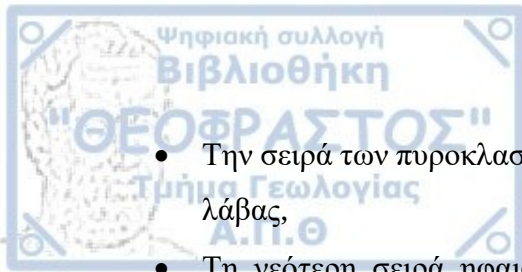
Η Μήλος ανήκει στην Αττικοκυκλαδική ζώνη και όπως προαναφέρθηκε, είναι τμήμα του ηφαιστειακού τόξου του νοτίου Αιγαίου. Οι κυριότερες γεωλογικές ενότητες που συναντώνται στο νησί (Εικ. 10) είναι το κρυσταλλικό υπόβαθρο αποτελούμενο από μεταμορφωμένα πετρώματα της Αττικοκυκλαδικής, τα Νεογενή ιζήματα και τα ηφαιστειακά υλικά, που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του νησιού (Κουκουζας 1994).



Εικόνα 10: Γεωλογικός χάρτης της Μήλου όπου διακρίνονται τα ρυολιθικά συμπλέγματα στα οποία εντοπίζονται τα κοιτάσματα περλίτη του Τράχηλα (βόρεια) και του Προβατά ή Τσιγκράδου (νότια) (Fytikas et al. 1986).

Τα ηφαιστειακά υλικά της Μήλου σχηματίστηκαν κατά την ηφαιστειότητα του Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου και διακρίνονται σε τρεις σειρές (Κουκουζας and Dunham 1998):

- Την παλαιότερη σειρά που περιλαμβάνει πυροκλαστικά υλικά, ροές κίσηρις, τόφφους, ιγκνιμβρίτες και νεότερες λάβες ανδεσιτικής έως ρυολιθικής σύστασης,



- Την σειρά των πυροκλαστικών του Κατώτερου Πλειοκαίνου που περιλαμβάνει δόμους λάβας,
- Τη νεότερη σειρά ηφαιστειακών, προϊόντα των ηφαιστείων του Τράχηλα και της Φυριπλάκας (Προβατάς), που συμπεριλαμβάνει και τα κοιτάσματα περλίτη.

Η εκμετάλλευση του περλίτη στο νησί της Μήλου ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα από την εταιρία «IMERYS» και σε μικρότερο ποσοστό από την «ΕΕΚΟΜ» και τη «ΜΗΛΟΠΑΝ». Τα αποθέματα περλίτη στο νησί υπολογίζονται στο 1 δισεκατομμύριο τόνους, ενώ η ετήσια παραγωγή ανέρχεται στους 450,000 τόνους. Η εκμετάλλευση γίνεται σε ανοιχτά ορυχεία με τη μέθοδο των αναβαθμίδων, ενώ στο νησί υπάρχει και μονάδα επεξεργασίας.

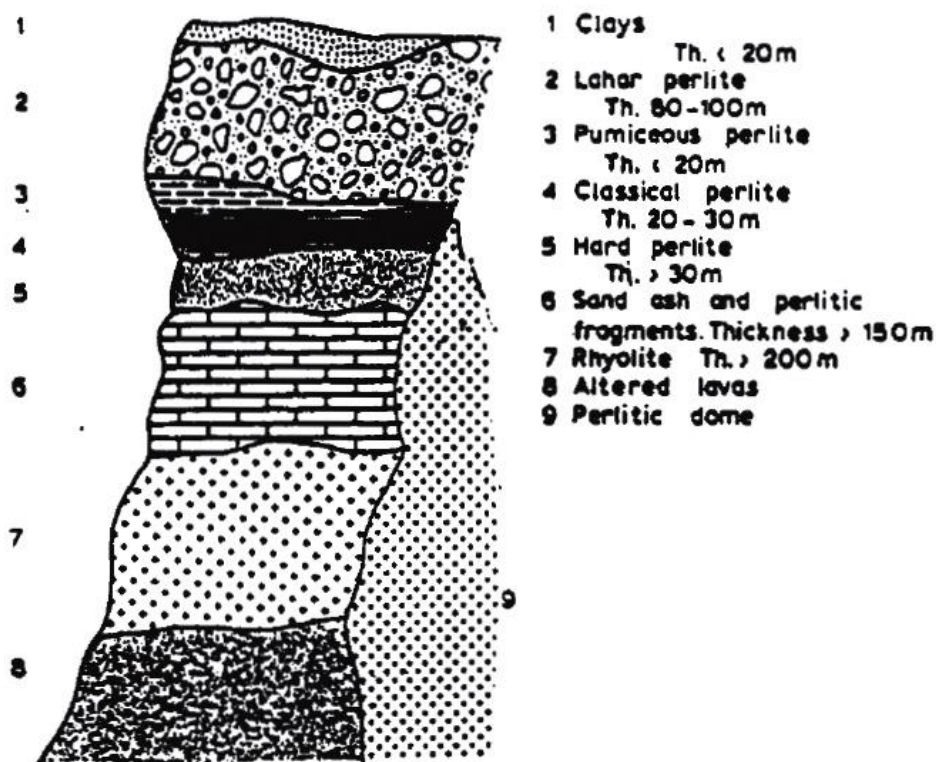
3.1.1. Το κοιτάσμα του Τράχηλα

Η Τελευταία έκρηξη του ηφαιστείου του Τράχηλα, στο βόρειο μέρος του νησιού, έλαβε χώρα πριν 380.000 χρόνια και μεταξύ άλλων ηφαιστειακών υλικών, έδωσε τα σημερινά κοιτάσματα περλίτη. Τα ηφαιστειακά υλικά που εντοπίζονται στον Τράχηλα (Εικ. 11), από τα στρωματογραφικά ανώτερα προς τα κατώτερα (Εικ. 12), είναι τα εξής (Koukoulas and Dunham 1994):

- Το παλιοέδαφος, που αποτελείται από άργιλο και αρκετά θραύσματα δακίτη (1),
- Το περλιτικό λαχάρ, αποτελούμενο από θραύσματα περλίτη και αργιλικά υλικά, καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (2),
- Ο κισσηρώδης περλίτης (3)
- Ο κλασικός περλίτης (4)
- Ο σκληρός περλίτης, εντοπίζεται κυρίως στη περιοχή Κερδάρι (5),
- Ένα στρώμα αποτελούμενο από άμμο, τέφρα και θραύσματα περλίτη, που προέρχεται από παλιότερες λάβες και καταλαμβάνει μικρή έκταση (6),
- Ο περλιτικός δόμος, με κωνικό σχήμα (9)
- Ο ρυόλιθος, που είναι παλαιότερος από τους περλίτες και βρίσκεται δίπλα τους με τεκτονική επαφή (7),
- Οι εξαλλοιωμένες λάβες, παλαιότερες από τους περλίτες και τον ρυόλιθο (8). Η εξαλλοίωση τους οφείλεται σε ένα σύστημα ρηγμάτων.



Εικόνα 11: Το ορυχείο περλίτη στον Τράχηλα της Μήλου (www.geo.auth.gr)



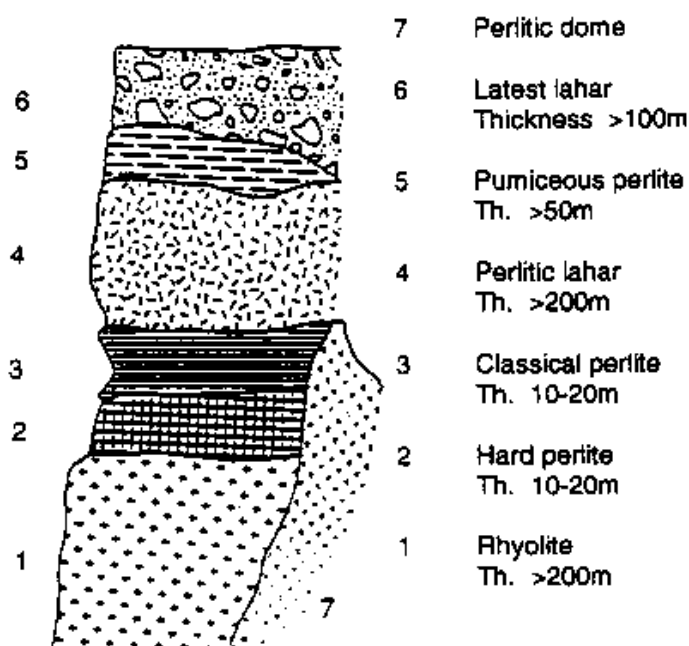
Εικόνα 12: Στρωματογραφική στήλη της περιοχής του Τράχηλα στη Μήλο (Koukouzas and Dunham 1994).

3.1.2 Το κοίτασμα του Προβατά (Τσιγκράδο)

Το ηφαίστειο της Φυριπλάκας, στο νότιο τμήμα του νησιού, έχει έναν πλήρως διατηρημένο κρατήρα διαμέτρου 1700 μέτρων. Η ηλικία του υπολογίζεται στα 0,9-1,1 εκατομμύρια χρόνια. Τα προϊόντα του καταλαμβάνουν μια έκταση 4 τ.μ. και το πάχος τους είναι μικρό, γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι η έκρηξη του ηφαιστείου είχε μικρή διάρκεια. Τα ηφαιστειακά του Προβατά (Εικ. 13) από τα παλαιότερα στα νεότερα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (Koukoulzas 1994):

- Ο ρυόλιθος που βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με τον περλίτη και είναι παλαιότερος (1),
- Ο σκληρός περλίτης, περικυκλώνει τον περλιτικό δόμο (2),
- Ο κλασικός περλίτης, περικυκλώνει τον σκληρό περλίτη (3),
- Το περλιτικό λαχάρ, καλύπτει τη μεγαλύτερη έκταση και περιλαμβάνει θραύσματα περλίτη μέσα σε αργιλικό υλικό (4),
- Ο κισσηρώδης περλίτης (5),
- Το τελευταίο λαχάρ, προερχόμενο από την τελευταία έκρηξη του ηφαιστείου, περιλαμβάνει θραύσματα περλίτη και κόκκινης λάβας (6),
- Ο περλιτικός δόμος, σχηματίστηκε τελευταίος διεισδύοντας στους περλίτες (7).

Στον περλίτη του Προβατά δεν βρέθηκαν τμήματα οψιδιανού, ενισχύοντας την άποψη ότι η ενυδάτωση του έγινε σε συνθήκες πολύ υψηλού pH με τη συμμετοχή μετεωρικού νερού (Koukoulzas 1994).



Εικόνα 13: Στρωματογραφική στήλη της περιοχής του Προβατά στη Μήλο (Koukoulzas 1994).

3.2 Κίμωλος

Η Κίμωλος, όπως και η γειτονική της Μήλος, ανήκει στην Αττικοκυκλαδική ζώνη και είναι τμήμα τα ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου. Γεωλογικά, η Κίμωλος αποτελείται από τους σχιστόλιθους του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, από νεογενή ιζήματα, γρανιτικές διεισδύσεις και ηφαιστειακά υλικά, όπως τόφφοι, λάβες, πυροκλαστικά, δόμοι και ροές λάβας (Koukoulas and Dunham 1998). Στη Κίμωλο συναντώνται ανδεσιτικές και δακιτικές λάβες που προέρχονται από την ηφαιστειότητα της Μήλου. Η ηφαιστειότητα στη Κίμωλο λαμβάνει χώρα κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο-Κατώτερο Πλειστόκαινο σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση καλύπτει τις ανδεσιτικές και δακιτικές λάβες και χρονολογείται στα 3,5-2 εκατομμύρια χρόνια. Η δεύτερη φάση καλύπτει τα προϊόντα της πρώτης και χρονολογείται στα 2-0,9 εκατομμύρια χρόνια (Koukoulas 1994)

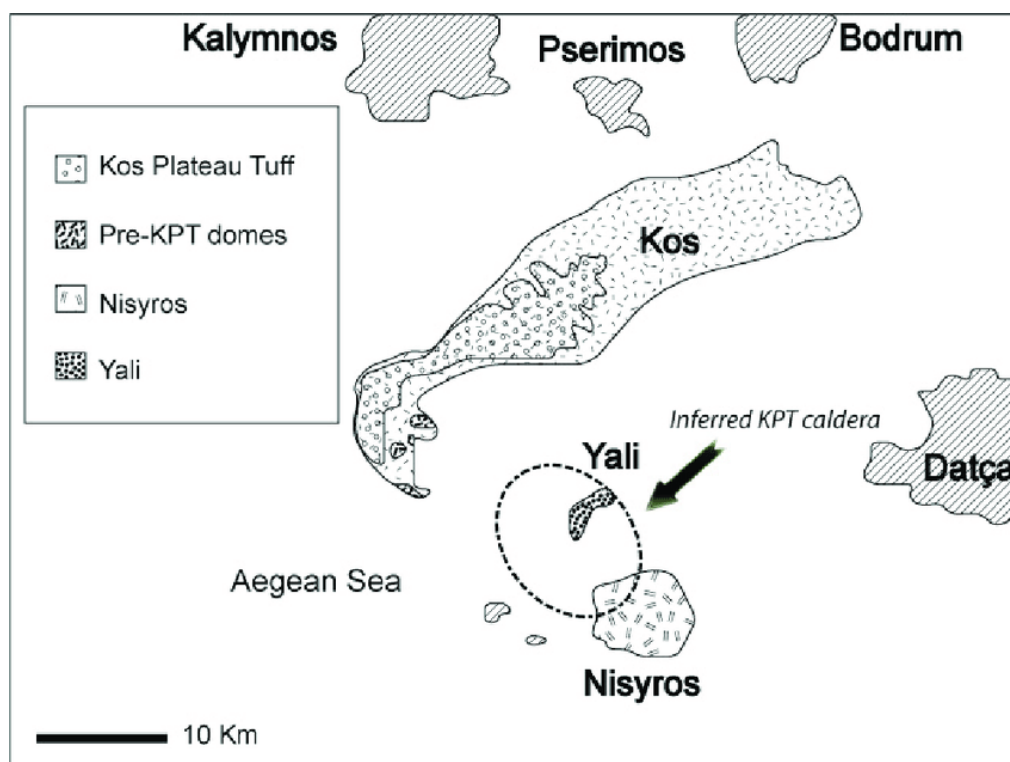
Οι περλίτες την Κιμώλου προέρχονται από τη δεύτερη φάση ηφαιστειότητας, συναντώνται κυρίως στο βόρειο μέρος του νησιού και καταλαμβάνουν μικρή έκταση. Έχουν περισσότερο ανεπτυγμένη τη «μορφή κρεμμυδιού» από τους υπόλοιπους περλίτες της Ελλάδος. Η διαδοχή των τύπων εμφάνισης του περλίτη είναι παρόμοια με αυτή της Μήλου με τη διαφορά ότι εδώ απουσιάζουν τα περλιτικά λαχάρ. Η εξόρυξη περλίτη στο νησί έχει σταματήσει, ενώ παλαιότερα λειτουργούσε ένα μικρό ανοιχτό ορυχείο (Εικ. 14) στα Πράσσα (Koukoulas 1998).



Εικόνα 14: Ορυχείο περλίτη στα Πράσσα Κιμώλου (www.behance.net)

3.3 Κως – Γυαλί

Το νησί της Κω ανήκει στην Υποελαγονική ζώνη και αποτελεί τμήμα του ηφαιστειακού τόξου του νοτίου Αιγαίου. Στο νησί παρουσιάζεται ηφαιστειότητα κατά το Ανώτερο Μειόκαινο, τα υλικά της οποίας εντοπίζονται στην περιοχή του Κέφαλου, στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού. Τα υλικά αυτά είναι τραχύτες, δακίτες και ρυόλιθοι ενώ εμφανίζονται και ιγκνιμβρίτες. Μια δεύτερη φάση ηφαιστειότητας λαμβάνει χώρα κατά το Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο με προϊόντα δακιτικούς και ρυολιθικούς δόμους, κίσσηρις και τόφφους, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται καλδέρα στον κόλπο του Κέφαλου. Η τελευταία έκρηξη έγινε πριν 200.000-100.000 χρόνια ανάμεσα στη Κω και το Γυαλί (Koukouzas 1994).

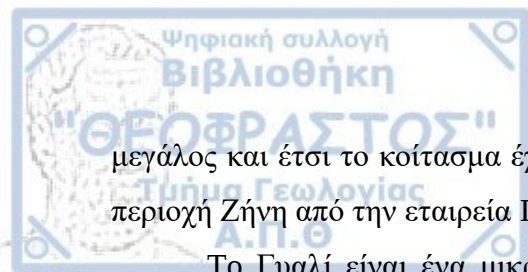


Εικόνα 15: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Κω, του Γυαλιού και της Νισύρου (Allen 2001)

Τα κοιτάσματα περλίτη στο νησί της Κω (Εικ. 15) εντοπίζονται στο ακρωτήριο του Κέφαλου σε τέσσερις περιοχές:

- Στις περιοχές Ζήνη, Θυμιάνο και Άγιο Μάμμα, ο περλίτης συναντάται μέσα σε ρυολιθικό λαχάρ και έχει πάχος 30-40 μέτρα και
- Στη περιοχή Λάθρα, όπου τα αποθέματα δεν έχουν υπολογιστεί και δεν πραγματοποιείται εκμετάλλευση.

Ο περλίτης που παράγεται στη Ζήνη έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα στις δοκιμές διόγκωσης, ενώ στις περιοχές Θυμιάνου και Αγίου Μάμμα ο βαθμός διόγκωσης δεν ήταν



μεγάλος και έτσι το κοίτασμα έχει μικρή εμπορική αξία. Η εκμετάλλευση γίνεται μόνο στην περιοχή Ζήνη από την εταιρεία IMERYS.

Το Γυαλί είναι ένα μικρό νησί (Εικ. 15) ανάμεσα από τη Κω και τη Νίσυρο που αποτελείται αποκλειστικά από υλικά ασβεσταλκαλικού τύπου ηφαιστειότητας. Το βόρειο τμήμα του νησιού αποτελείται από περλίτη κάτω από τον οποίο συναντάται οψιδιανός, ενώ το νότιο τμήμα αποτελείται από κίσσηρη (Varnavas and Cronan 1991). Οι μόνες εγκαταστάσεις που υπάρχουν στο νησί είναι της εταιρείας «Περλίτες Αιγαίου» που πραγματοποιούν την εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Η παραγωγή αγγίζει τους 250.000 τόνους το χρόνο, αποτελώντας τη δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγή στην Ελλάδα μετά τη Μήλο.

4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΡΛΙΤΗ

Από τον 3^ο αιώνα π.Χ., όπως γράφει ο Θεόφραστος, οι αρχαίοι Έλληνες είχαν παρατηρήσει ότι ορισμένα πετρώματα διαθέτουν ικανότητα διόγκωσης. Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι ο λιπαρίτης, όπως ήταν γνωστός ο οψιδιανός λόγω της εμφάνισής του στο νησί Lipari της Ιταλίας, όταν θερμαίνεται αλλάζει χρώμα, μέγεθος και αποκτά πόρους. Το 1822, ο περλίτης αναφέρεται με το σημερινό του όνομα, ενώ παρατηρούνται ορισμένες εμφανίσεις του στο Yellowstone των ΗΠΑ (Koukoulzas 1994).

Η χρήση του διογκωμένου περλίτη γνώρισε άνθηση τον 20ο αιώνα, αφού τα πειράματα της ελεγχόμενης θέρμανσης για τη διόγκωσή του ξεκίνησαν το 1925 στη Γερμανία και ακολούθησαν οι ΗΠΑ τη δεκαετία του 1940. Οι πρώτες έρευνες για την εμπορική εκμετάλλευση του περλίτη έγιναν το 1929 στην Ιαπωνία. Η διάθεσή του στην αγορά και η χρήση του ξεκίνησε το 1945 ως ελαφρύ αδρανές, στις μονώσεις και η πιο λεπτόκοκκη μορφή του στα καθαριστικά. Μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο και τις αυξημένες ανάγκες για οικοδόμηση, ο περλίτης βρήκε ευρεία εφαρμογή, πολλές φορές αντικαθιστώντας τη σκυρία, την άργιλο, τον βερμικουλίτη και άλλα υλικά.

Το 1946 η παραγωγή στις ΗΠΑ έφτασε τους 3.820 τόνους και η τιμή του τα 41 \$ τον τόνο. Μέχρι το 1948 η τιμή του μειώθηκε σχεδόν στο μισό και η παραγωγή αυξήθηκε στους 36.700 τόνους. Το 2000 η παραγωγή ξεπέρασε τους 670.000 τόνους και οι εισαγωγές, σχεδόν αποκλειστικά από την Ελλάδα, τους 180.000 τόνους (USGS – Minerals Yearbook 2000, www.usgs.gov).

Σήμερα, η εξόρυξη στις ΗΠΑ γίνεται σε ανοιχτά ορυχεία μικρής έκτασης, κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές, ενώ υπάρχουν μέτρα για τη συλλογή της σκόνης και τη χρήση των αποβλήτων, ελαχιστοποιώντας τα περιβαλλοντικά προβλήματα.

4.1. Παγκόσμια παραγωγή

Η παγκόσμια παραγωγή περλίτη αυξάνεται συνεχώς, γεγονός που οφείλεται στις νέες εφαρμογές που ανακαλύπτονται για το υλικό αυτό. Υπολογίζεται ότι το 1949 η παγκόσμια παραγωγή περλίτη ήταν 80.000 τόνοι, ενώ το 2015 ξεπέρασε τους 4.380.000 τόνους. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση της ζήτησης στις οικοδομικές εφαρμογές, αλλά και στη γεωργία και την κτηνοτροφία.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσιεύθηκαν το 2018 από τη USGS (www.usgs.gov), την παγκόσμια παραγωγή περλίτη το 2017 κατείχαν η Κίνα (35%), η Ελλάδα (30%), η Τουρκία

(20%), οι ΗΠΑ (10%) και σε μικρότερο ποσοστό το Ιράν, η Ουγγαρία και το Μεξικό, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Παγκόσμια παραγωγή περλίτη για το έτος 2017 (USGS, Mineral Commodity Summaries 2018, www.usgs.gov).

Χώρα	Παραγωγή (σε τόνους)
Κίνα	1.800.000
Ελλάδα	1.550.000
Τουρκία	1.000.000
ΗΠΑ	520.000
Ιράν	60.000
Ουγγαρία	50.000
Μεξικό	40.000
Υπόλοιπες χώρες	120.000
Παγκόσμια παραγωγή	5.100.000

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η διακύμανση της παραγωγής επεξεργασμένου περλίτη παγκοσμίως με στοιχεία που δημοσιεύτηκαν από το USGS και αφορούν την περίοδο 1994-2015. Οι χώρες που καθορίζουν την παγκόσμια παραγωγή είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες την Αμερικής, η Ελλάδα, η Ιαπωνία και η Τουρκία ενώ οι υπόλοιπες χώρες αποτελούν μικρότερο ποσοστό. Από το 1995 συμπεριλαμβάνεται και η παραγωγή της Ουγγαρίας που φτάνει τους 151.000 τόνους και από το 2003 το Μεξικό με 194.000 τόνους. Από το 2008, η παραγωγή του Ιράν, που αγγίζει τους 600.000 τόνους, συμπεριλαμβάνεται στην παγκόσμια παραγωγή. Το 2011 λαμβάνονται αξιόπιστα στοιχεία για τη παραγωγή της Κίνας, που ξεπερνά τους 2.500.000 τόνους, καταλαμβάνοντας την πρώτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή. Μέχρι τότε οι τιμές της παραγωγής και των αποθεμάτων της Κίνας βασιζόταν μόνο σε εκτιμήσεις.

Παρατηρείται ότι κατά το διάστημα 1994-2000 η παγκόσμια παραγωγή παρουσίαζε μικρή αύξηση φτάνοντας τους 1.940.000 τόνους. Η αύξηση από τους 1.650.000 τόνους το 1994 στους 1.800.000 τόνους το 1995 οφείλεται κυρίως στην αύξηση της παραγωγής της Ουγγαρίας από τους 86.000 τόνους στους 150.000 τόνους. Ακολούθησε πτώση στους 1.730.000 τόνους το 2001 που οφείλεται στην μείωση της παραγωγής των ΗΠΑ, της Ελλάδας, της Ιαπωνίας και της Τουρκίας. Την περίοδο 2001-2007 η παραγωγή δεν παρουσίαζε αξιοσημείωτες μεταβολές με μέση τιμή της τάξεως των 1.800.000 τόνων και μέγιστη τιμή τους 1.870.000 τόνους το 2004. Το 2008 παρουσιάζεται μία αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής εξαιτίας της αύξησης της παραγωγής του Ιράν από 30.000 τόνους το 2007 σε 600.000 τόνους το 2008. Ακολούθησε πτώση στους 20.000 τόνους το 2010 που συντέλεσε στη μείωση της παγκόσμιας παραγωγής

στα επίπεδα των προηγούμενων ετών. Η αύξηση που σημειώνεται το 2011 οφείλεται στη δημοσιοποίηση αξιόπιστων στοιχείων για τη παραγωγή της Κίνας, εκτοξεύοντας την παγκόσμια παραγωγή στους 4.590.000 τόνους. Τα επόμενα χρόνια η παραγωγή κινήθηκε στα ίδια επίπεδα, κοντά στους 4.300.000 τόνους.

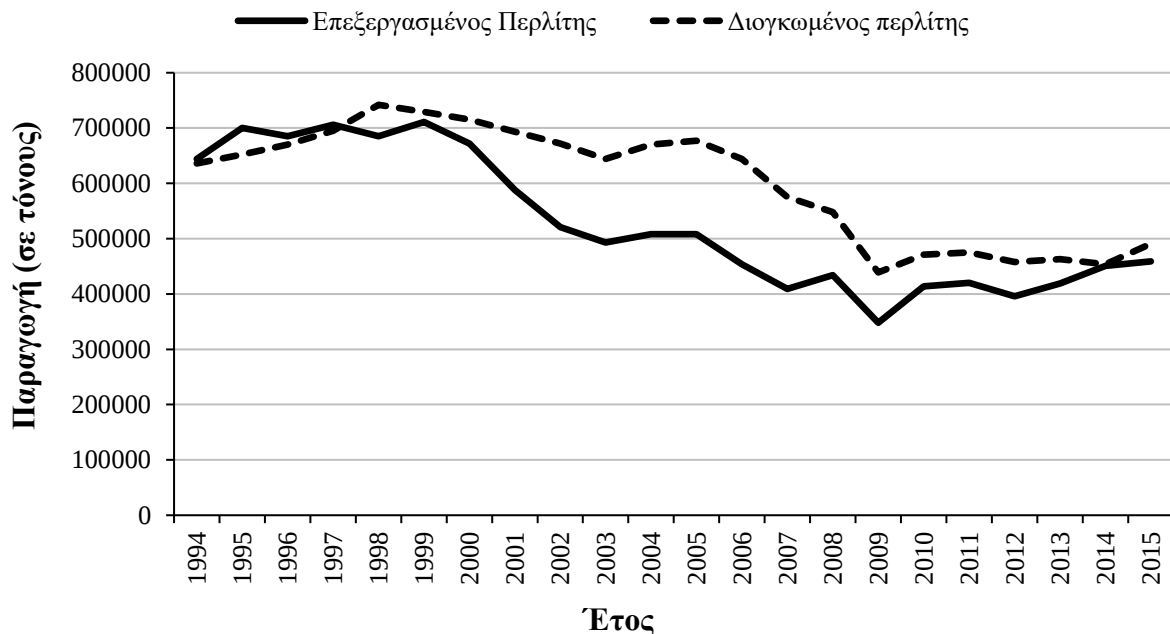


Διάγραμμα 1: Παγκόσμια παραγωγή επεξεργασμένου περλίτη για την περίοδο 1994-2015 (USGS – Minerals Yearbook, www.usgs.gov).

Οι Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής είναι από τους σημαντικότερους παραγωγούς περλίτη παγκοσμίως με πολυάριθμες εμφανίσεις και κοιτάσματα, με αυτά που εντοπίζονται στην Αριζόνα, το Νέο Μεξικό και το Όρεγκον να παράγουν το μεγαλύτερο μέρος του επεξεργασμένου και διογκωμένου περλίτη στη χώρα. Οι εξαγωγές περλίτη των ΗΠΑ, κυρίως προς τον Καναδά, κυμαινόταν μεταξύ 30.000-50.000 τόνων το χρόνο κατά το διάστημα 1994-2015. Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται η διακύμανση της παραγωγής επεξεργασμένου και διογκωμένου περλίτη στις ΗΠΑ κατά το διάστημα 1994-2015.

Το 1994 ήταν ένα σημαντικό έτος για τη παραγωγή περλίτη στις ΗΠΑ η οποία έφτασε τους 640.000 τόνους, σπάζοντας το «ρεκόρ» που κατείχε μέχρι τότε το 1979 με 599.000 τόνους. Το 2005 η αύξηση αυτή συνεχίστηκε με παραγωγή που έφτασε τους 700.000 ενώ το 1996 η παραγωγή παρουσίασε μείωση που αποδίδεται στο κλείσιμο μίας μονάδας επεξεργασίας στη Καλιφόρνια εξαιτίας κατολίσθησης. Το 1997 η παραγωγή επανήλθε στα επίπεδα των προηγούμενων ετών μέχρι και το 2000. Από το 2001 παρουσιάζεται μείωση της

παραγωγής επεξεργασμένου περλίτη έως και το 2009. Από το 2010 και μετά σημειώνεται μία μικρή αύξηση της παραγωγής, δεν φτάνει όμως στα επίπεδα των προηγούμενων ετών.



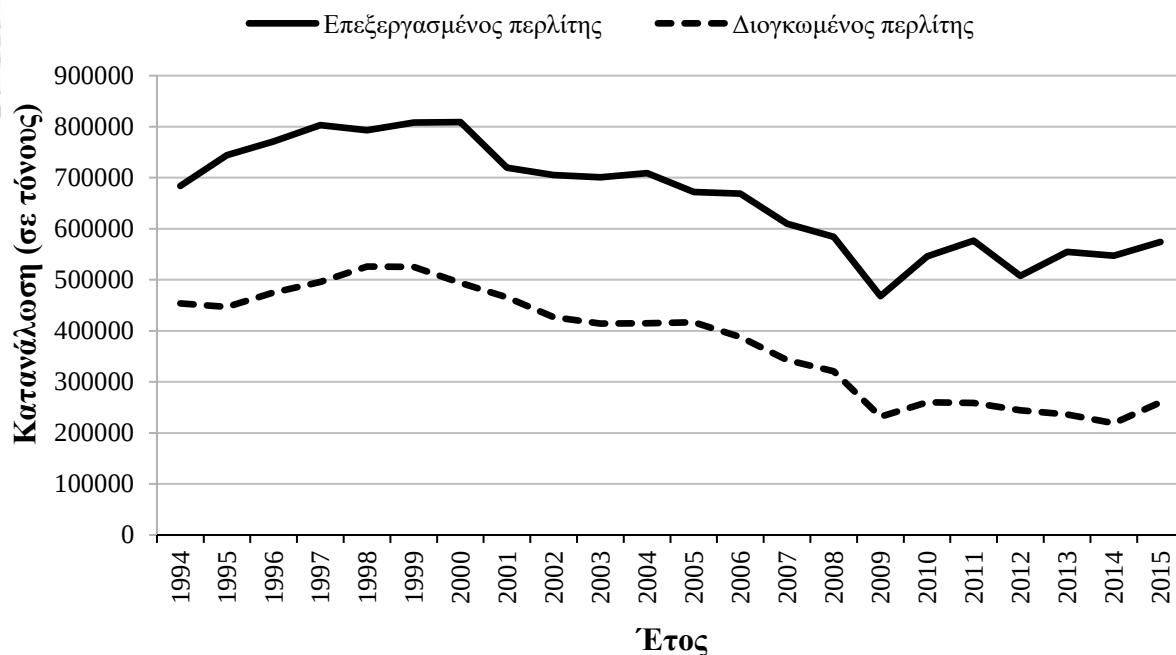
Διάγραμμα 2: Παραγωγή επεξεργασμένου και διογκωμένου περλίτη στις ΗΠΑ για την περίοδο 1994-2015 (USGS - Minerals Yearbook, www.usgs.gov).

Η παραγωγή διογκωμένου περλίτη παρουσίασε ανοδική πορεία μέχρι και το 1998 ξεπερνώντας την παραγωγή του επεξεργασμένου περλίτη. Από το 1999 μέχρι και το 2009 σημειώθηκε μια γενική μείωση της παραγωγής που στη συνέχεια σταθεροποιήθηκε μέχρι και το 2015. Από το 1997 και μετά η παραγωγή διογκωμένου περλίτη είναι μεγαλύτερη της παραγωγής του επεξεργασμένου περλίτη, γεγονός που οφείλεται στην αντικατάσταση του διογκωμένου από τον επεξεργασμένο σε πολλές εφαρμογές με ανάλογη ζήτηση στην αγορά.

4.1.1. Κατανάλωση περλίτη

Τα δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση επεξεργασμένου και διογκωμένου περλίτη προέρχονται κυρίως από τις ΗΠΑ και παρουσιάζονται στο διάγραμμα 3 για την περίοδο 1994-2015.

Οι ΗΠΑ αποτελούν την πρώτη χώρα σε κατανάλωση περλίτη παγκοσμίως που ξεπερνά τους 800.000 τόνους επεξεργασμένου και τους 520.000 τόνους διογκωμένου περλίτη. Το 1/3 περίπου αυτών προέρχονται από εισαγωγές, από την Ελλάδα σε μεγαλύτερο ποσοστό και από την Τουρκία, το Μεξικό και τη Ζιμπάμπουε σε μικρότερο ποσοστό. Οι μεγαλύτερες ποσότητες περλίτη στις ΗΠΑ χρησιμοποιούνται στις κατασκευαστικές και τις οικοδομικές εφαρμογές.

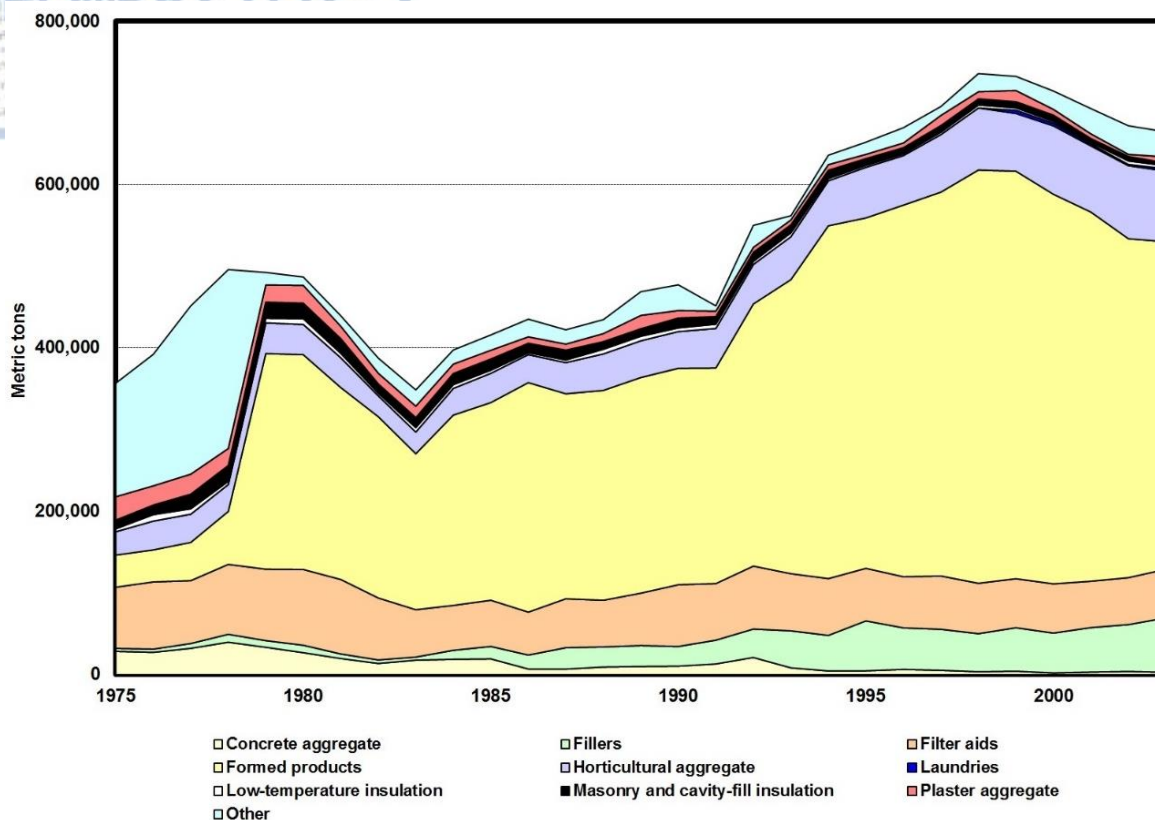


Διάγραμμα 3: Κατανάλωση επεξεργασμένου και διογκωμένου περλίτη στις ΗΠΑ κατά τη περίοδο 1994-2015 (USGS - Minerals Yearbook, www.usgs.gov).

Η κατανάλωση επεξεργασμένου περλίτη στις ΗΠΑ παρουσίαζε αύξηση μέχρι και το 2000 φτάνοντας τους 809.000 τόνους. Ακολούθησε μείωση μέχρι το 2009 στους 468.000 τόνους, τη χαμηλότερη τιμή που παρατηρήθηκε. Μέχρι και το 2015 η κατανάλωση παρουσίαζε αυξομειώσεις και κυμαινόταν στους 508.000-577.000 τόνους.

Η κατανάλωση διογκωμένου περλίτη στις ΗΠΑ ήταν μικρότερη και εμφάνισε μια πιο ομαλή διακύμανση σε σχέση με τον επεξεργασμένο. Η αύξηση συνεχίστηκε μέχρι το 1998 φτάνοντας τους 526.000 τόνους. Από το 1999 έως το 2009 σημειώθηκε μείωση μέχρι τους 232.000 τόνους, ενώ από το 2010 και μετά η κατανάλωση δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διακυμάνσεις.

Στην εικόνα 16 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη για την περίοδο 1975-2003 οι διάφορες χρήσεις του επεξεργασμένου περλίτη με τις αντίστοιχες ποσότητες. Το 1994 για παράδειγμα, το 71% του διογκωμένου περλίτη διοχετεύτηκε στις κατασκευαστικές και οικοδομικές εφαρμογές. Μέχρι το 2003 το ποσοστό αυτό έφτασε στο 48% παρουσιάζοντας συνεχή μείωση. Ακολουθούν οι αγροτικές εφαρμογές και η χρήση του περλίτη στις μονώσεις και τα φίλτρα. Η μείωση του ποσοστού του περλίτη για τις κατασκευαστικές και οικοδομικές εφαρμογές γίνεται με ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού των αγροτικών εφαρμογών, των μονώσεων και των φίλτρων. Σε πολλές περιπτώσεις το ποσοστό του περλίτη που καταναλώνεται για μονώσεις ξεπερνά αυτό του περλίτη για αγροτικές εφαρμογές.



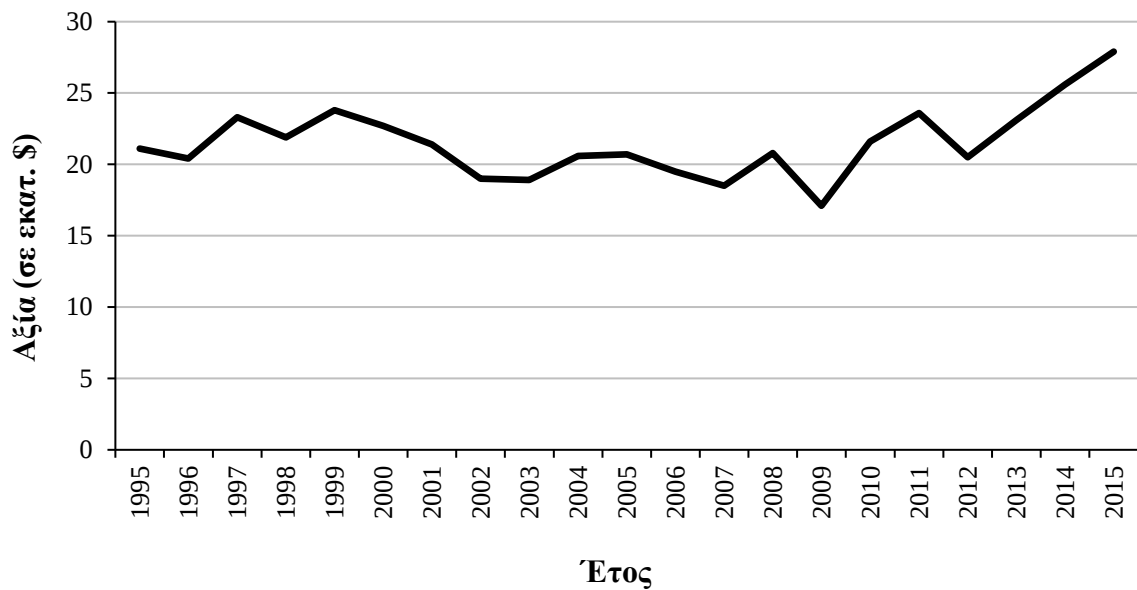
Εικόνα 16: Κατανομή του επεξεργασμένου περλίτη στις διάφορες εφαρμογές του κατά τη περίοδο 1975-2003 (www.globalearthregeneration.com).

4.1.2. Αγορές

Τα τελευταία χρόνια οι ανάγκες για οικοδόμηση, αλλά και η χρήση του περλίτη σε εφαρμογές που στοχεύουν στη προστασία του περιβάλλοντος έχουν αυξηθεί. Επιπλέον, παρατηρείται η αντικατάσταση του βερμικουλίτη και λοιπών ανταγωνιστικών προϊόντων από τον διογκωμένο περλίτη. Όλα τα παραπάνω συνέβαλαν ώστε οι εξαγωγές, αλλά και η αξία του περλίτη να αυξάνονται συνεχώς. Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η διακύμανση της αξίας του επεξεργασμένου περλίτη στις ΗΠΑ για την περίοδο 1995-2015.

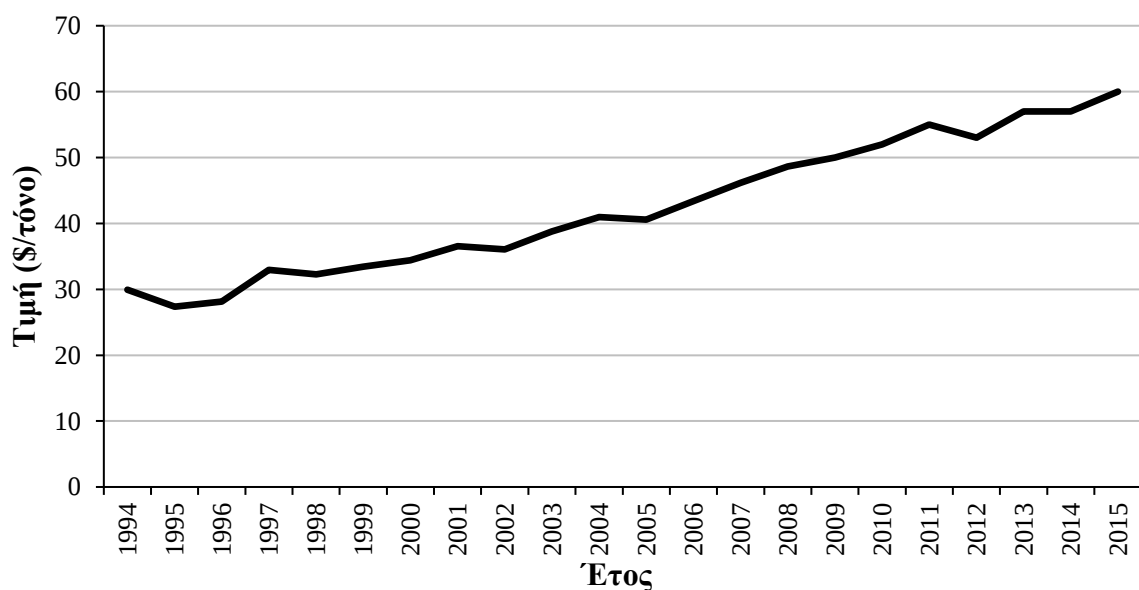
Η ετήσια αξία του περλίτη που παράγεται στις ΗΠΑ παρουσιάζει αυξομειώσεις κατά την περίοδο 1995-2015 με μία μέση τιμή 21 εκατ. \$. Μέχρι και το 2001 η αξία του επεξεργασμένου περλίτη κυμαινόταν κοντά στα 22 εκατ. \$. Από το 2003-2008 επικρατούν χαμηλότερες τιμές κοντά στα 20 εκατ. \$. Το 2009 σημειώνεται η χαμηλότερη τιμή της τάξεως των 17,1 εκατ. \$ που θεωρείται αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης και της μειωμένης χρήσης του περλίτη, κυρίως στις κατασκευαστικές και οικοδομικές εφαρμογές που το συγκεκριμένο έτος αποτελούσαν το 53% της κατανάλωσης επεξεργασμένου περλίτη, σε αντίθεση με το 2008 που αποτελούσαν το 59%. Από το 2010 σημειώνεται αύξηση στις αξίες κοντά στα 21,5 εκατ. \$ με

τη μέγιστη τιμή να παρατηρείται το 2015 στα 27,9 εκατ. \$ παρουσιάζοντας αύξηση 36% σε σχέση με το 2012.

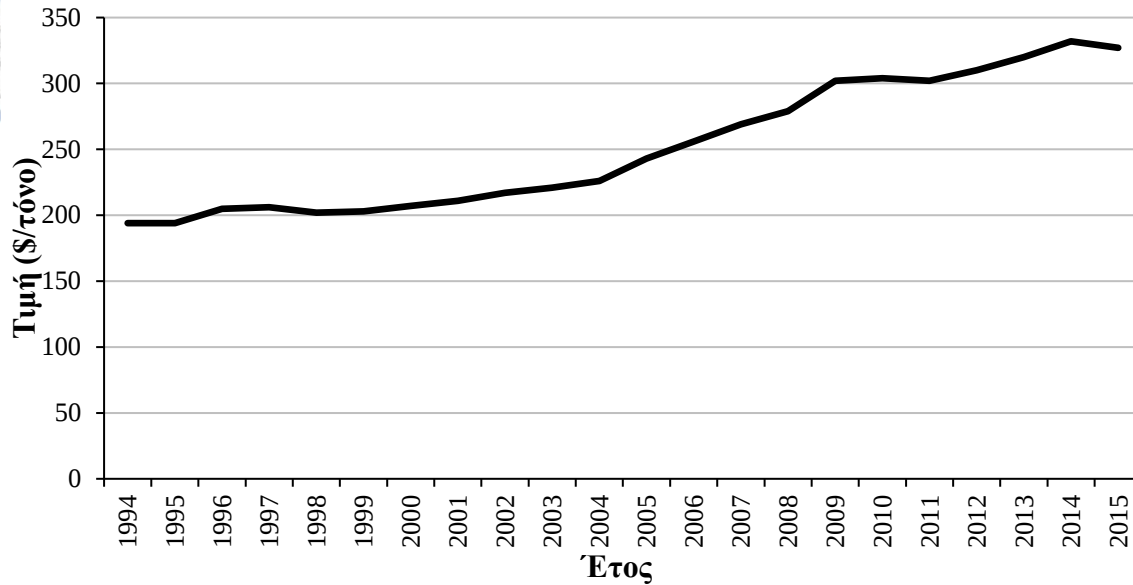


Διάγραμμα 4: Αξία του επεξεργασμένου περλίτη στις ΗΠΑ κατά τη περίοδο 1995-2015 (USGS - Minerals Yearbook, www.usgs.gov).

Σε αντίθεση με την αξία του επεξεργασμένου περλίτη που παρουσιάζει αυξομειώσεις, η τιμή ανά τόνο του επεξεργασμένου και του διογκωμένου περλίτη στις ΗΠΑ σημειώνει συνεχή άνοδο χωρίς αξιόλογες μεταβολές κατά τη περίοδο 1994-2015, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5 για τον επεξεργασμένο και στο διάγραμμα 6 για τον διογκωμένο περλίτη.



Διάγραμμα 5: Τιμή ανά τόνο του επεξεργασμένου περλίτη στις ΗΠΑ κατά την περίοδο 1994-2015 (USGS - Minerals Yearbook, www.usgs.gov)



Διάγραμμα 6: Τιμή του διογκωμένου περλίτη στις ΗΠΑ κατά την περίοδο 1994-2015 (USGS - Minerals Yearbook, www.usgs.gov)

Η χαμηλότερη τιμή του επεξεργασμένου περλίτη παρατηρείται το 1995 με 27,36 \$/tn και η υψηλότερη το 2015 με 60 \$/tn παρουσιάζοντας αύξηση της τάξεως του 45,6%. Γενικότερα η τιμή του διογκωμένου περλίτη είναι μεγαλύτερη από αυτή του επεξεργασμένου, γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη ζήτησή του, αλλά και στην ενέργεια που καταναλώνεται για τη διόγκωσή του. Η χαμηλότερη τιμή του διογκωμένου περλίτη παρατηρείται τη διετία 1994-1995 με 194 \$/tn και η υψηλότερη το 2014 με 332 \$/tn, μία αύξηση κατά 58,4%. Αναμένεται ότι η αύξηση στις τιμές επεξεργασμένου και διογκωμένου περλίτη θα συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια.

4.2. Ελληνική παραγωγή

Η Ελλάδα είναι μία από τις μεγαλύτερες παραγωγούς χώρες περλίτη παγκοσμίως. Μέχρι το 2003 βρισκόταν στη δεύτερη θέση της παγκόσμιας παραγωγής, πίσω από τις ΗΠΑ, ενώ το 2004 τις ξεπερνά και βρίσκεται στην πρώτη θέση μέχρι το 2010. Το 2011, η δημοσιοποίηση αξιόπιστων στοιχείων για την παραγωγή της Κίνας, φέρνει την Ελλάδα στη δεύτερη θέση της παγκόσμιας παραγωγής όπου βρίσκεται μέχρι και σήμερα (Πίν. 3, στοιχεία 2017).

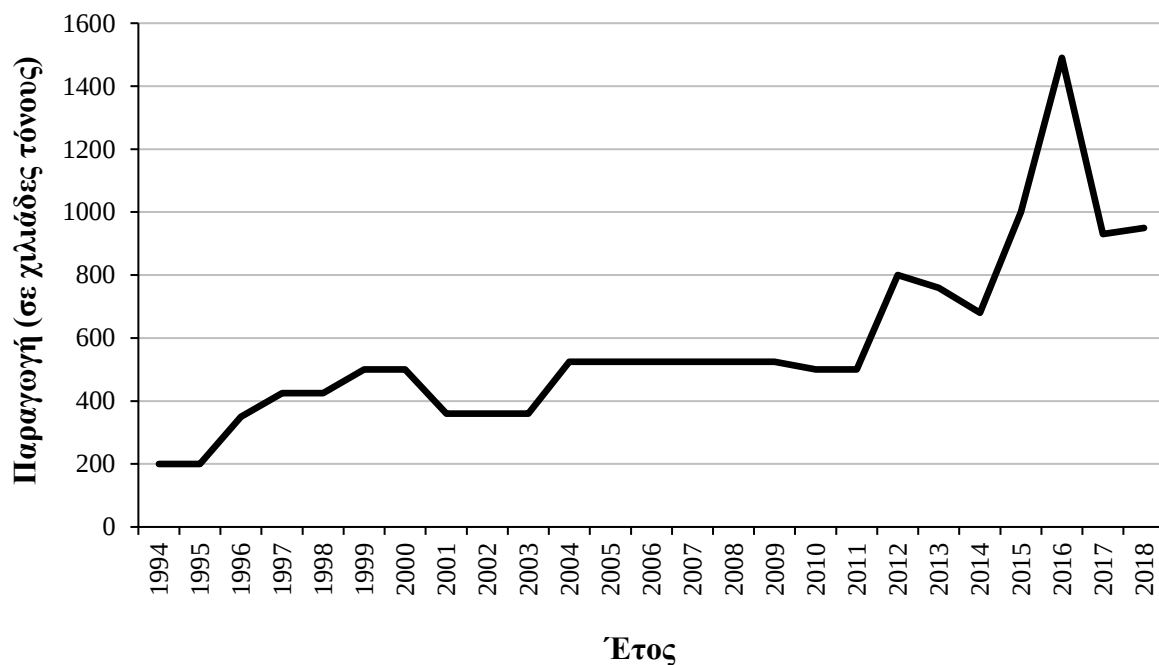
Οι Ελληνικοί περλίτες προέρχονται από τα νησιά της Μήλου (σε μεγαλύτερο ποσοστό) και του Γυαλιού. Στα κοιτάσματα του Προβατά (Τσιγκράδο) και του Τράχηλα στη Μήλο δραστηριοποιούνται οι εταιρείες «IMERYS» (πρώην «S&B Βιομηχανικά ορυκτά ΑΕ»), η «EEKOM ΑΕ» και η «Μηλοπάν Α.Ε.», ενώ στο Γυαλί δραστηριοποιείται η εταιρεία «Περλίτες

Αιγαίου Α.Ε.». Η παραγωγή ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950 και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με αυξανόμενους ρυθμούς.

Ενδεικτικά, το 2011 η «S&B Βιομηχανικά ορυκτά Α.Ε.» παρήγαγε από το Τσιγκράδο και τον Τράχηλα της Μήλου 385.000 τόνους περλίτη, που αντιστοιχούν στο 77% της συνολικής ελληνικής παραγωγής. Το 99,5% αυτού αποτελούν εξαγωγές συνολικής αξίας 33,4 εκατ. € (Tzeferis, 2011)

Θεωρείται ότι η Ελλάδα, μαζί με τις ΗΠΑ, διαθέτουν τα μεγαλύτερα αποθέματα περλίτη παγκοσμίως που αγγίζουν τα 50 εκατομμύρια τόνους η καθεμιά. Το 2017 ο αριθμός των αποθεμάτων αναθεωρείται στα 120 εκατομμύρια τόνους. Η αναθεώρηση γίνεται με βάση την βελτίωση του εξοπλισμού και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση με αποτέλεσμα κοιτάσματα που χαρακτηρίζονται ως «δυνητικά εκμεταλλεύσιμα» να μετατρέπονται σε εκμεταλλεύσιμα, ή μπορεί να οφείλεται στην ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων.

Στο διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η διακύμανση της παραγωγής επεξεργασμένου περλίτη στην Ελλάδα κατά την χρονική περίοδο 1994-2018 με βάση τα στοιχεία που δημοσιεύθηκαν από τη USGS (www.usgs.gov). Η τιμή για το 2018 αφορά την εκτιμώμενη παραγωγή που βασίστηκε στα στοιχεία και τις προβλέψεις των προηγούμενων ετών.



Διάγραμμα 7: Παραγωγή περλίτη στην Ελλάδα την περίοδο 1994-2018 (USGS - Mineral Commodity Summaries, www.usgs.gov).

Η παραγωγή επεξεργασμένου περλίτη στην Ελλάδα παρουσιάζει μια αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια. Τα έτη 1994-1995 υπολογίστηκε στους 200.000 τόνους, ενώ τα επόμενα

χρόνια παρουσίασε αύξηση φτάνοντας μέχρι και τους 500.000 τόνους τη διετία 1999-2000. Την περίοδο 2001-2003 σημειώθηκε μείωση της παραγωγής στους 360.000 τόνους, ενώ από το 2004 σημειώθηκε αύξηση με παραγωγή που ξεπέρασε τα επίπεδα των προηγούμενων ετών και άγγιξε τους 525.000 τόνους. Μέχρι και το 2009 η παραγωγή κινήθηκε στα ίδια επίπεδα. Το 2010 σημειώνεται μικρή πτώση στους 500.000 τόνους που θεωρείται αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης. Από το 2012 και μετά παρατηρείται αύξηση της παραγωγής φτάνοντας το 2016 τη μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί σε 1.490.000 τόνους. Το 2017 η παραγωγή μειώνεται στους 930.000 τόνους, ενώ εκτιμάται ότι και το 2018 κινήθηκε στα ίδια επίπεδα, ίσως με μια μικρή αύξηση στους 950.000 τόνους.

Σύμφωνα με τα στοιχεία για τη διετία 2010-2011 που δημοσίευσε το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής της Ελλάδας (2011, 2012), υπολογίζεται ότι από το σύνολο του περλίτη που παράγεται στην Ελλάδα, το 60% χρησιμοποιείται για κατασκευαστικές-οικοδομικές εφαρμογές, το 25% χρησιμοποιείται στις αγροτικές εφαρμογές και το υπόλοιπο 15% στις εφαρμογές χυτηρίων, κυρίως ως μονωτικό υλικό.

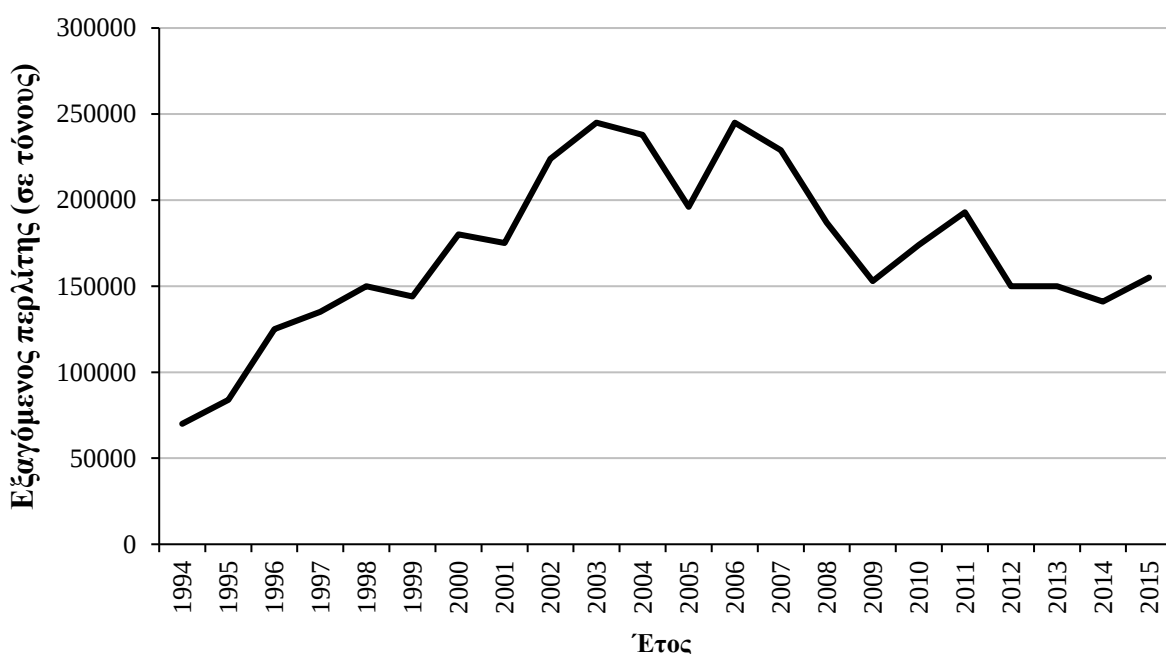
4.2.1. Ο Ελληνικός περλίτης στην παγκόσμια αγορά

Η Ελλάδα πραγματοποιεί ελάχιστες εισαγωγές περλίτη, κυρίως από την Ιταλία. Η Ελληνική παραγωγή επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της χώρας και το μεγαλύτερο μέρος του περλίτη που παράγεται διοχετεύεται στις αγορές του εξωτερικού, κυρίως στις ΗΠΑ και σε μικρότερο ποσοστό στην Γερμανία. Τα τελευταία χρόνια, μεγάλο ποσοστό του περλίτη που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ προέρχεται από την Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει διότι ο εισαγόμενος από την Ελλάδα περλίτης έχει πλεονέκτημα κόστους σε σχέση με τον εγχώριο περλίτη, λόγω χαμηλότερου κόστους μεταφοράς από την Ελλάδα στις Ανατολικές ακτές. Ο Ελληνικός περλίτης παράγεται στη Μήλο και στο Γυαλί, κοντά στη θάλασσα, δίνοντας του το πλεονέκτημα της απευθείας μεταφοράς με φορτηγά πλοία. Ο περλίτης που παράγεται εντός των ΗΠΑ μεταφέρεται με τρένο απαιτώντας μεγαλύτερα ασφαλιστικά κόστη και κόστη φορτίου, αυξάνοντας το κόστος μεταφοράς.

Στο διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η διακύμανση της ποσότητας των εξαγωγών του Ελληνικού περλίτη στις ΗΠΑ για την περίοδο 1994-2015 σύμφωνα με τα δεδομένα της USGS (www.usgs.gov).

Η ποσότητα του Ελληνικού περλίτη που εξάγεται προς τις ΗΠΑ παρουσιάζει αυξητική τάση κατά την περίοδο 1994-2003 ξεκινώντας από τους 70.000 τόνους και φτάνοντας στους 245.000 τόνους που αποτελούν τη μέγιστη τιμή. Τη διετία 2004-2005 παρατηρείται μείωση

στους 196.000 τόνους, ενώ το 2006 οι εξαγωγές επανέρχονται στα επίπεδα του 2003. Το κόστος μεταφοράς μέχρι το 2006 παρουσιάζει μικρές αυξομειώσεις κοντά στα 33 \$/tn. Το 2008 παρατηρείται μείωση 18,5% στις εξαγωγές προς τις ΗΠΑ με βασικότερη την αύξηση του κόστους μεταφοράς της τάξεως του 147%, από 53,48 \$/tn το 2007 σε 132 \$/tn το 2008, εξαιτίας της αύξησης των τιμών των καυσίμων και της παρακμής των ωκεάνιων μεταφορών. Το 2009 σημειώνεται περεταίρω μείωση των εξαγωγών και αύξηση των τιμών εξαιτίας της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Οι εξαγωγές αυξάνονται το 2011 στους 193.000 τόνους και μειώνονται ξανά το 2012 στους 150.000 τόνους όπου παραμένουν σχεδόν σταθερά μέχρι το 2015. Το κόστος μεταφοράς την περίοδο 2009-2015 παραμένει αυξημένο και κυμαίνεται κοντά στα 105 \$/tn.



Διάγραμμα 8: Ποσότητα εξαγωγών του Ελληνικού περλίτη στις ΗΠΑ την περίοδο 1994-2015 (USGS – Minerals Yearbook, www.usgs.gov).

4.3. Η συμβολή των ΒΟΠ στην Ελληνική οικονομία

Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδας είναι σημαντικός σε ποιότητα, αλλά και ποικιλία ορυκτών πρώτων υλών. Σημειώνεται ότι η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη και δεύτερη παγκόσμια στην παραγωγή περλίτη, η μοναδική χώρα στην παγκοσμίως στην παραγωγή χουντίτη και η δεύτερη χώρα στη παραγωγή κίσσηρης και μπεντονίτη. Έτσι, η εξορυκτική βιομηχανία αποτελεί σημαντικό μέρος της Ελληνικής οικονομίας με συμμετοχή 3-5% στο ΑΕΠ της χώρας και σε συνδυασμό με τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες της

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη σημερινή εποχή επικρατεί η άποψη ότι τα περλιτικά κοιτάσματα σχηματίζονται από τη δευτερογενή ενυδάτωση του οψιδιανού κάτω από την επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και με τη συμβολή του μετεωρικού νερού. Σχετίζονται με την Τριτογενή ή νεότερη ηφαιστειότητα, καθώς μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, τα ηφαιστειακά γυαλιά αφυαλώνονται, χάνοντας την ικανότητα διόγκωσης, την κύρια ιδιότητα η οποία καθορίζει την οικονομική αξία ενός κοιτάσματος. Συνεπώς, τα περλιτικά κοιτάσματα που συναντώνται σε παγκόσμιο επίπεδο σχετίζονται κυρίως με την ασβεσταλκαλικού τύπου ηφαιστειότητα που εντοπίζεται κατά μήκος του Αλπικού γεωτεκτονικού συστήματος.

Το μεγαλύτερο μέρος του περλίτη που παράγεται παγκοσμίως βρίσκει εφαρμογή στις κατασκευές ως δομικό και μονωτικό υλικό και στην οδοποιία, ενώ σημαντική είναι η εφαρμογή του στη παραγωγή τσιμέντου και στην υδροπονία. Σε μικρότερο ποσοστό χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, κυρίως στη κατασκευή πυρίμαχων, αλλά και ως προσθετικό στους φούρνους χυτηρίων και σε αγροτικές εφαρμογές ως φορέας λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται συνεχώς η χρήση του σε εφαρμογές που έχουν ως στόχο την προστασία του περιβάλλοντος. Η απορροφητική ικανότητα που διαθέτει ο διογκωμένος περλίτης συμβάλει στον καθαρισμό των υδάτων και στην απόσμηση των αποβλήτων.

Τα σημαντικότερα κοιτάσματα βρίσκονται στις Δυτικές Ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, στην Ελλάδα, στην Ιαπωνία, στην Ουγγαρία, στην Τουρκία και στο Μεξικό, χώρες οι οποίες αποτελούν τις μεγαλύτερες παραγωγούς περλίτη παγκοσμίως. Η παγκόσμια παραγωγή επεξεργασμένου περλίτη παρουσιάζει συνεχή αύξηση από το 1994 έως και το 2015 με την ποσότητά του να τριπλασιάζεται σχεδόν από τους 1.650.000 τόνους το 1994 στους 4.590.000 τόνους το 2014.

Η Ελλάδα για πολλά χρόνια αποτελούσε τη πρώτη χώρα σε παραγωγή περλίτη στην Ευρώπη αλλά και παγκόσμια, ενώ σήμερα βρίσκεται στη πρώτη θέση στην Ευρώπη και στη δεύτερη θέση παγκόσμια, πίσω από τη Κίνα. Η παραγωγή επεξεργασμένου περλίτη αυξήθηκε από τους 200.000 τόνους το 1994 στους 1.490.000 τόνους το 2016. Η ποσότητα αυτή επαρκεί για την κάλυψη των εγχώριων αναγκών, ενώ το μεγαλύτερο μέρος εξάγεται στο εξωτερικό, κυρίως στις ΗΠΑ, αφήνοντας κέρδη στην Ελληνική οικονομία που το 2011 άγγιζαν τα 33,1 εκατομμύρια ευρώ. Περίπου το 70% του Ελληνικού περλίτη παράγεται στη Μήλο σε δύο ορυχεία, στον Τράχηλα και στο Τσιγκράδο (Προβατάς), ενώ ακολουθεί το Γυαλί και με μικρότερες ποσότητες η Κως.

Τη διετία 2009-2010 παρατηρείται μείωση της παγκόσμιας παραγωγής περλίτη, της παραγωγής των ΗΠΑ, αλλά και της κατανάλωσης και της αξίας του. Σε πολλούς από αυτούς τους τομείς εφαρμογής του περλίτη οι τιμές που παρατηρήθηκαν ήταν οι χαμηλότερες των τελευταίων δεκαετιών. Η μείωση αυτή οφείλονταν στην παγκόσμια οικονομική κρίση που είχε ως συνέπεια τη μείωση της ζήτησης του περλίτη και των προϊόντων του στη διεθνή αγορά. Η μείωση της ζήτησης είχε ως αποτέλεσμα την ελάττωση της παραγωγής η οποία οδήγησε στην αύξηση της τιμής, φτάνοντας στα υψηλότερα επίπεδα των τελευταίων ετών, αύξηση που συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Από το 2011 σημειώθηκε αύξηση σε όλους τους τομείς και η βιομηχανία περλίτη άρχισε να ανακάμπτει χωρίς όμως να φτάνει τα επίπεδα παραγωγής των προηγούμενων ετών. Ο μόνος τομέας που παρουσίασε αύξηση και ξεπέρασε κατά πολύ τα προηγούμενα έτη ήταν η παγκόσμια παραγωγή, εξαιτίας την δημοσίευσης αξιόπιστων στοιχείων για την παραγωγή της Κίνας, εκτοξεύοντας την πάνω από τους 4.500.000 τόνους.

Στην Ελλάδα, η παραγωγή περλίτη σημείωσε μικρή μείωση κατά τη διετία 2009-2010, όμως μετά το 2011 αυξήθηκε, φτάνοντας σε υψηλότερα επίπεδα από τα προηγούμενα χρόνια. Ο τομέας των εξαγωγών την ίδια περίοδο παρουσίασε μείωση στα χαμηλότερα επίπεδα από το 2000 και μετά. Από το 2011 σημειώθηκε αύξηση, η οποία όμως δεν έφτανε τις ποσότητες των προηγούμενων ετών. Σε αυτό συνέβαλε η αύξηση τις τιμές των καυσίμων και του κόστους μεταφοράς και ασφάλισης, καθιστώντας τη μεταφορά στις ΗΠΑ, που αποτελεί τη χώρα με τις μεγαλύτερες εισαγωγές περλίτη από την Ελλάδα, πιο δαπανηρή.

Παρά την αύξηση στην τιμή του περλίτη και των προϊόντων του και του κόστους μεταφοράς, η ζήτησή του αυξάνεται, εξαιτίας της πληθώρας των εφαρμογών του. Συνεπώς, η παραγωγή αυξάνεται, έχοντας θετικό αντίκτυπο στην Ελληνική και Παγκόσμια οικονομία, καθώς η εξορυκτική βιομηχανία αποτελεί σημαντικό μέρος αυτής.



Ξενόγλωσση

- Allen, S., 2001. Reconstruction of a major caldera-forming eruption from pyroclastic deposit characteristics: Kos Plateau Tuff, eastern Aegean Sea. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 105, 141-162.
- Appelt, R.M., 1998. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and volcanic evolution of the Taos Plateau Volcanic Field, northern New Mexico and southern Colorado. *MSc Thesis, New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, NM*, pp. 217.
- Breese, R. and Barker, J., 1994. Perlite. In D. Carr (ed) *Industrial Minerals and Rocks*. Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. pp. 735-749.
- Chamberlin, R. M. and Barker, J.M., 1996. Genetic aspects of commercial perlite deposits in New Mexico. *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Bulletin 154, Geology of Industrial Minerals 31st Forum*, p. 171-185.
- Charalampides G., Vatalis K.I., Platias S., and Karayannis, V., 2014. The Contribution of Industrial Minerals to Sustainable Recovery of Greek Economy. *Procedia Economics and Finance*, 14, 128-136.
- Cooper W.C., 1975. Radiographic survey of perlite workers. *J. Occup. Med.*, v.17(5), p.304-7.
- Cooper W.C., 1976. Pulmonary function in perlite workers. *J. Occup. Med.*, v.18(11), p.723-9.
- Cooper W.C. and Sargent E.N., 1986. Study of chest radiographs and pulmonary ventilatory function in perlite workers. *J. Occup. Med.*, v.28(3), p.99-206
- Crosswhite, F.S., 1984. History, Geology and Vegetation of Picketpost Mountain. *Desert Plants*, pp. 73-127.
- Ennis, D., 2011. Perlite mining and reclamation in the No Agua Peaks, Taos County, New Mexico. In D. J. Koning, K. E. Karlstrom, S. A. Kelley, V. W. Lueth, and S. B. Aby (eds), *Geology of the Tusas Mountains and Ojo Caliente*. New Mexico Geological Society 62nd Annual Fall Field Conference Guidebook. pp. 409-418.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Kolios, N., Manetti, P., Mazzuoli, R., Poli, G., Rita, F., and Villari, L., 1986. Volcanology and Petrology of Volcanic products from the Island of Milos and Neighbouring Islets. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 28, 297-317.
- Harben W.P., and Kužvart M., 1997. *Industrials Minerals: a global geology*. Industrial Minerals Information Ltd.

- Hunahashi, M., Watanabe, J., and Kim, C.W., 1972. Zeolitic Alteration of Perlite Complex in Tsuchihata Mining District, Northeast Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy*, 15(1-2), 41-79.
- Kadey, F.L.Jr., 1983. Perlite. *Industrial Minerals and Rocks*, 5th ed. S.J. Lefond, ed, AIME, New York, pp. 997-1015
- Koukouzas, N., Dunham, A., and Scott, P., 2000. Suitability of Greek perlite for industrial applications. *Applied Earth Science*, 109(2), 105-111.
- Koukouzas, N. and Dunham, A., 1994. Genesis of a volcanic industrial rock, Trachilas perlite deposit, Milos island, Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 30(3), 333-340.
- Koukouzas, N. and Dunham, A., 1998. Glass composition of perlites from Milos, Kimolos and Kos Islands (Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 32(3), 303-312.
- Koukouzas, N., 1994. Geology, mineralogy and geochemistry of Greek perlites: Industrial applications. *PhD Thesis, Department of Geology, University of Leicester*.
- Liakopoulos, A., Glasby, G., Papavassiliou, C., and Boulegue, J., 2001. Nature and origin of the Vani manganese deposit, Milos, Greece: an overview. *Ore Geology Reviews*, 19, 181-209.
- Maxim, L.D., Niebo, R., and McConnell, E.E., 2014. Perlite toxicology and epidemiology-a review. *Inhalation toxicology*, 26(5), 259–270.
- Nasedkin, V.V., 1988. Hydration Types, Minerals and Geology of Volcanic Glasses. *Second International Conference on Natural Glasses, Prague, J. Konta*.
- Nelson, E.W., 1966. The geology of Picketpost Mountain, Pinal County, Arizona. *Thesis, Department of Geology, The University of Arizona*.
- Noetstaller, R., 1988. Industrial Minerals – A technical review. Papers 76, Working Papers, World Bank - Technical Papers.
- Palomba, M., Padalino, G., and Marchi, M., 2006. Industrial mineral occurrences associated with Cenozoic volcanic rocks of Sardinia (Italy): Geological, mineralogical, geochemical features and genetic implications. *Ore Geology Reviews*, 29, 118 – 145.
- Rotella, M. and Simandl, G., 2010. Marilla Perlite - Volcanic Glass Occurrence, British Columbia. *Industrial Minerals with emphasis on Western North America*, pp. 263-272.
- Roulia, M., Chassapis, K., Kapoutsis, J., Kamitsos, E., and Savvidis, T., 2006. Influence of thermal treatment on the water release and the glassy structure of perlite. *Journal of Materials Science*, 41, 5870-5881.

Tait, M., Cas, R., and Viramonte, J.V., 2009. The origin of an unusual tuff ring of perlitic rhyolite pyroclasts: The last explosive phase of the Ramadas Volcanic Centre, Andean Puna, Salta, NW Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 183(1), 1-16.

Tzeferis P., 2011. Greek Mining/Metallurgical Industry. Review 2010-2011. Greek Ministry of Environment Energy & Climate Change.

Varnavas, S. and Cronan, D., 1991. Hydrothermal metallogenic processes off the islands of Nisiros and Kos in the Hellenic Volcanic Arc. *Marine Geology*, 99, 109-133.

Weill H. (Tulane University), 1990, unpublished study from the Perlite Institute.

Weill H. (Tulane University), 1994, unpublished study from the Perlite Institute

Whitson, D., 1982. Geology of the Perlite Deposit at No Agua Peaks, New Mexico. *Industrial Rocks and Minerals of the Southwest*, Circular 182, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Recourses, pp. 89-95

Yanev, Y., 2003. Petrology of Golobradovo perlite deposit, Eastern Rodopes. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia*, 40, 1-20.

Zelenka, T., 2013. Geology of the perlite bodies at Pálháza. *European Geologist, Journal of the European Federation of Geologists*, 36, 19-21.

Ελληνική

Καβαλόπουλος, X., 2015. Ο Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος-σημασία-προοπτικές, θέσεις και βασικά αιτήματα. Αθήνα: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων.

Καλημέρη, Z., 2015. Τελική Έρευνα Αγοράς - Περίληψη. Αθήνα: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

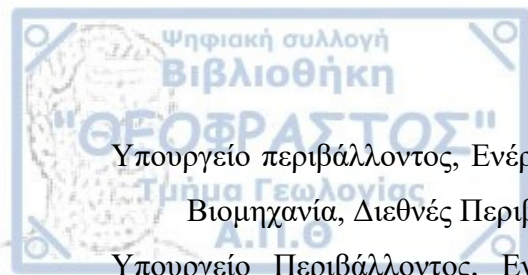
Μουντράκης, Δ., 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Μπούμης, Δ., Παραδείσης, Γ. και Παπαδημητρίου, Κ., 1979. Ο Ελληνικός ορυκτός πλούτος. Αθήνα: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων.

Πασσά, Κ.Σ., 2007. Βιομηχανικά ορυκτά για περιβαλλοντικές χρήσεις: μελέτη φυσικών, χημικών και ορυκτολογικών ιδιοτήτων του Περίληψης της νήσου Μήλου. *Διπλωματική Εργασία Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας*, 198 σ.

Ρούλια, Μ., 1996. Περίληψης: ένα βιομηχανικό ορυκτό κάτω από το βλέμμα ενός χημικού. *Χημικά Χρονικά*, 5, 458-460.

Τσιραμπίδης, Α., 2005. Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδος. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.



Υπουργείο περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2011. Ελληνική εξορυκτική Βιομηχανία, Διεθνές Περιβάλλον, Φυσιογνωμία-Προοπτικές.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012. Η εξορυκτική μεταλλουργική δραστηριότητα στην Ελλάδα. Στατιστικά δεδομένα και παρεμβάσεις της Πολιτείας για τη διετία 2011-2012. Αθήνα.

Διαδικτυακές Πηγές

Aegean Perlites SA, <https://www.aegean-perlites.com/el/>

Dicalite Management Group, <https://www.dicalite.com/location/socorro-nm/>

Mines, Minerals and More, <https://www.mindat.org/>

Mining in the Cyclades Islands, <https://www.behance.net/gallery/20733343/Mining-in-the-Cyclades-Islands>

Perlite <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=File:2005perlite.PNG>

Perlite Institute <https://www.perlite.org/>

Perlite Production and Use, 2018, <https://www.globalearthregeneration.com/resources/perlite-production-and-use-2018/>

Perlite Statistics and Information, USGS, <https://www.usgs.gov/centers/nmic/perlite-statistics-and-information>

United States Geological Survey, <https://www.usgs.gov/>

Ορυχείο περλίτη στον Τράχηλα, http://www.geo.auth.gr/google/milos/route_1/1-5.htm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 4: Στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη παραγωγή περλίτη και την αξία του (USGS - Minerals Yearbook - Mineral Commodity Summaries)

Έτος	Παγκόσμια παραγωγή (τόνοι)	Ελληνική παραγωγή (τόνοι)	Παραγωγή ΗΠΑ		Ελληνικά αποθέματα (τόνοι)	Αξία (\$)
			Επεξεργασμένος (τόνοι)	Διογκωμένος (τόνοι)		
1994	1.650.000	200.000	644.000	636.000	50.000.000	-
1995	1.800.000	200.000	700.000	652.000	50.000.000	21.100.000
1996	1.830.000	350.000	685.000	670.000	50.000.000	20.400.000
1997	1.900.000	425.000	706.000	695.000	50.000.000	23.300.000
1998	1.890.000	425.000	685.000	742.000	50.000.000	21.900.000
1999	1.920.000	500.000	711.000	729.000	50.000.000	23.800.000
2000	1.940.000	500.000	672.000	715.000	50.000.000	22.700.000
2001	1.730.000	360.000	588.000	693.000	50.000.000	21.400.000
2002	1.810.000	360.000	521.000	672.000	50.000.000	19.000.000
2003	1.810.000	360.000	493.000	644.000	50.000.000	18.900.000
2004	1.870.000	525.000	508.000	670.000	50.000.000	20.600.000
2005	1.790.000	525.000	508.000	677.000	50.000.000	20.700.000
2006	1.800.000	525.000	454.000	644.000	50.000.000	19.500.000
2007	1.760.000	525.000	409.000	575.000	50.000.000	18.500.000
2008	3.210.000	525.000	434.000	548.000	50.000.000	20.800.000
2009	2.220.000	525.000	348.000	439.000	50.000.000	17.100.000
2010	1.890.000	500.000	414.000	471.000	50.000.000	21.600.000
2011	4.590.000	500.000	420.000	475.000	50.000.000	23.600.000
2012	4.400.000	800.000	396.000	458.000	50.000.000	20.500.000
2013	4.340.000	760.000	419.000	463.000	50.000.000	23.100.000
2014	4.330.000	680.000	451.000	454.000	50.000.000	25.600.000
2015	4.380.000	1.000.000	459.000	491.000	50.000.000	27.900.000
2016	-	1.490.000	-	-	50.000.000	-
2017	-	930.000	-	-	120.000.000	-
2018	-	950.000	-	-	120.000.000	-

Πίνακας 5: Στατιστικά στοιχεία σχετικά με την τιμή και τη διάθεση του περλίτη στην αγορά (USGS – Minerals Yearbook – Mineral Commodity Summaries)

Έτος	Τιμή	Τιμή	Ελληνικές	Αξία	Κατανάλωση των ΗΠΑ	
	επεξεργασμένου περλίτη (\$)	διογκωμένου περλίτη (\$)	εξαγωγές στις ΗΠΑ (τόνοι)	ελληνικών εξαγωγών (\$/tn)	Επεξεργασμένος (τόνοι)	Διογκωμένος (τόνοι)
1994	29,94	194	70000	-	684000	454000
1995	27,36	194	84000	-	744000	447000
1996	28,14	205	125000	-	771000	475000
1997	32,94	206	135000	-	803000	496000
1998	32,25	202	150000	-	793000	526000
1999	33,44	203	144000	-	808000	525000
2000	34,39	207	180000	-	809000	494000
2001	36,53	211	175000	-	720000	466000
2002	36,04	217	224000	-	705000	427000
2003	38,76	221	245000	36,25	701000	414000
2004	40,94	226	238000	31,16	709000	415000
2005	40,56	243	196000	34,6	672000	417000
2006	43,39	256	245000	34,64	669000	388000
2007	46,15	269	229000	53,48	610000	343000
2008	48,62	279	187000	132	584000	321000
2009	50	302	153000	104	468000	232000
2010	52	304	174000	102	546000	260000
2011	55	302	193000	114	577000	259000
2012	53	310	150000	107	508000	244000
2013	57	320	150000	104	555000	236000
2014	57	332	141000	108	547000	219000
2015	60	327	155000	102	574000	260000
2016	-	-	-	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-
2018	-	-	-	-	-	-