ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΦΡΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ

ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΚΟΝΤΟΒΑ

Χανιά, 2021

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΦΡΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ

ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΚΟΝΤΟΒΑ

Τριμελής Επιτροπή

Απόστολος Γιαννής, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)

Απόστολος Βουλγαράκης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Αλέξανδρος Στεφανάκης, Επίκουρος Καθηγητής

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν την χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Γιαννή Απόστολο για την ανάθεση της, καθώς και για την πολύτιμη και συνεχή βοήθεια και καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια πραγματοποίησης και συγγραφής της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως επίσης τον κύριο Μαυριγιαννάκη Στυλιανότου Εργαστηρίου Μηχανικής Πετρωμάτων του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, που αφιέρωσε τον πολύτιμο χρόνο του για την εκτέλεση των δοκιμών όλων των κυβικών δοκιμίων τσιμεντοκονιάματος που αναφέρονται στην διπλωματική εργασία.

Παράλληλα, θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτωρ Βασιλική Σαββιλωτίδου για την βοήθεια και καθοδήγηση στο ξεκίνημα αυτής της εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου Ελένη και Κωνσταντίνο για την αγάπη και την συνεχή στήριξή τους, τα αγαπημένα μου αδέρφιαΓιώργο και Σόνια, καθώς και όσους στάθηκαν δίπλα μου προσφέροντας την αμέριστη συμπαράστασή τους, σε όλα αυτά τα χρόνια φοίτησης μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πλαστικά είναι αναμφισβήτητα,υλικά με πολλές πολύτιμες χρήσεις στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Παρ' όλα αυτά, οι ιδιότητες που κάνουν τα πλαστικά τόσο χρήσιμα, όπως η αντοχή τους και το γεγονός ότι δεν αποδομούνται, είναι αυτές που τα κάνουν τόσο επικίνδυνα για το περιβάλλον, αφού τα περισσότερα πλαστικά δεν εξαφανίζονται ποτέ πλήρως, καταλήγοντας στους ωκεανούς αλλά και στην τροφή των ανθρώπων ή των ζώων. Εκτιμάται ότι περισσότεροι από 8,3 δισεκατομμύρια τόνοι πλαστικών έχουν παραχθεί από τις αρχές της δεκαετίας του 1950 και περίπου το 60% έχει καταλήξει είτε σε χώρους υγειονομικής ταφής, είτε στο φυσικό περιβάλλον, προκαλώντας σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά συνέπεια η παραγωγή και χρήση του πλαστικού είναι αναγκαίο να μειωθεί, αλλά πρέπει επίσης να βελτιωθεί και ο τρόπος διαχείρισης των πλαστικών απορριμμάτων. Εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης του πλαστικού, όπως η μηχανική και η θερμική ανακύκλωση, η ενεργειακή αξιοποίησή του και η επαναχρησιμοποίησή του στον κατασκευαστικό τομέα, είναι όλες εξαιρετικά υποσχόμενες τεχνολογίες.Ο καταλληλότερος τρόπος, εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά των πλαστικών αποβλήτων, τις ανάγκες χρήσης των τελικών προϊόντων, όπως και από οικονομικούς παράγοντες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο την μελέτη των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του τσιμεντοκονιάματος με μερική αντικατάσταση των αδρανών με πλαστικό τύπου PET (Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο), PP (Πολυπροπυλένιο), LDPE (Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας), καθώς και μια μίξη των παραπάνω ειδών. Τα ποσοστά αντικατάστασης των αδρανών ήταν 1, 2 και 4 % για το κάθε είδος, ενώ διατηρήθηκε σταθερός λόγος νερού προς τσιμέντο σε κάθε δοκιμή. Εξετάστηκαν βασικές ιδιότητες των κονιαμάτων, όπως η θλιπτική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας και το ειδικό βάρος, για πλαστικά σε μορφή νιφάδων, αλλά και σε μορφή ρητίνων.Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι οι τιμές του ειδικού βάρους μειώνονται όσο αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης της άμμου με τα πλαστικά. Η μείωση επίσης, έχει μικρές διακυμάνσεις μεταξύ των νιφάδων και των ρητίνων. Με βάση τα αποτελέσματα που διεξήχθησαν, τα πλαστικά που επιλέχθηκαν είναι μια κατάλληλη επιλογή για την κατασκευή ελαφρύ σκυροδέματος. Αντιθέτως, οι μετρήσεις των δοκιμίων για αντοχές σε θλίψη, έδειξαν κυρίως ότι η μείωση της θλιπτικής αντοχής γίνεται πιο έντονη καθώς αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης με πλαστικό. Αρκετά δοκίμια τσιμεντοκονιάματος, όπως της μορφής ρητίνης, έδειξαν αρκετά καλές αντοχές, αφού υπήρξε καλύτερη συσχέτιση μεταξύ του μείγματος των αδρανών και του τσιμεντοκονιάματος, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε αυξημένα φορτία μετατόπισης. Η ελαστικότητα των κονιαμάτων παρουσίασε διαφορετικά αποτελέσματα, αναλόγως με την μορφή του πλαστικού. Στα ανακυκλωμένα πλαστικά τύπου ρητίνης, προκλήθηκε αύξηση της ελαστικότητας, ενώ οι νιφάδες δέχθηκαν μείωση όσο αυξανόταν το ποσοστό αντικατάστασης με πλαστικό. Το γεγονός αυτό, οφείλεται στην μείωση της πυκνότητας των τσιμεντοκονιαμάτων, καθώς και στην χαμηλή ελαστικότητα των πλαστικών νιφάδων. Ως αποτέλεσμα, η χρήση των πλαστικών αποβλήτων ως αντικαταστάτες αδρανών στον κατασκευαστικό τομέα, μπορεί να αποτελέσει μια ικανοποιητική μέθοδο επαναχρησιμοποίησης τους, συμβάλλοντας στην αειφορία και την προστασία του περιβάλλοντος.

ABSTRACT

Plastic is undoubtedly a material with many valuable uses in everyday life. Nevertheless, the properties that make plastics so useful, such as their durability and the fact that they do not degrade, are what make them so hazardous to the environment, as most plastics never completely disappear, ending up in the oceans and in human or animal food.It is estimated that more than 8.3 billion tonnes of plastic have been produced since the early 1950s and about 60% of this plastic has ended up in either landfills or the natural environment, causing serious environmental impact. It is therefore necessary to reduce the production and use of plastic, but it is also necessary to improve the management of plastic waste.Alternative methods of plastic management, such as mechanical and thermal recycling, energy recovery and reuse in the construction sector, are all promising technologies. The most appropriate method depends mainly on the characteristics of the plastic waste, the needs for the use of the final products, as well as the economic factors.

The aim of this dissertation was to study the physical and mechanical properties of cement mortar by partial replacement of aggregates with plastic type PET (Polyethylene Terephthalate), PP (Polypropylene), LDPE (Low Density Polyethylene) and a mixture of the above. Aggregate replacement rates were 1, 2 and 4% for each type, while a constant ratio of water to cement was maintained in each test. Basic properties of the mortars were examined, such as compressive strength, elasticity and bulk density,for plastics in the form of flakes, but also in the form of resins.The results showed that thebulk density decreases as the replacement percentage of plastics increases. The reduction also has small variations between the flakes and the resins. Based on the results, the plastics selected are a suitable choice for the manufacture of lightweight concrete. On the contrary, the measurements of the tests for resistance to compression, mainly showed that the reduction of the compressive strength becomes more intense as the percentage of plastic increases. Several cement mortars, such as the resin form, showed quite good strength, as there was a better correlation between the aggregate mixture and the cement mortar, resulting in greater resistance to increased displacement loads. The elasticity of the mortars presented different results, depending on the shape of the plastic. An increase of elasticity was appeared, in resin plastics, while the elasticity of flakes decreased as the plastic increased. This is probably due to the reduction of the density of the cement mortars, as well as the low elasticity of the plastic flakes.As a result, the use of plastic waste as a substitute for aggregates in the construction sector can be a satisfactory method of reusing them, contributing to the circularity and protection of the environment.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ..... *iv*
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ..... *v*
ABSTRACT ..... *vi*
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ..... *vii*
Ευρετήριο Διαγραμμάτων ..... *viii*
Ευρετήριο Πινάκων ..... *x*
Ευρετήριο Εικόνων ..... *xi*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 3

2.1. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ 3
2.2.1. ΕΥΡΩΠΗ *4*
2.1.2. ΕΛΛΑΔΑ *6*
2.1.3. ΝΟΜΟΣ ΑΤΤΙΚΗΣ *7*
2.1.4. ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ *10*
2.2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ 14
ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΙΔΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ *15*
ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ *21*
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ/ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ *25*
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ *26*
2.3. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ 28

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 30

3.1. ΣΤΟΧΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ 30
3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 30
ΥΛΙΚΟ *30*
ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ *31*
ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ *32*
3.3. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ 33
3.4. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ 36
3.5. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ 36

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 38

4.1. ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ 38
4.2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ 42
4.3. ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ 48
4.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΘΛΙΨΗΣ- ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ 54

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 60

5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 60
5.2. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 61

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 62

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Κατηγοριοποιήση Αποβλήτων..... 3
Διάγραμμα 2: Διαχείριση Αποβλήτων..... 4
Διάγραμμα 3: Ποσότητες αστικών αποβλήτων που παράχθηκαν τα έτη 2005 και 2018 (ή 2017 για την Ελλάδα, την Κύπρο, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ισλανδία), σε κιλά/κάτοικο..... 5
Διάγραμμα 4: Ποσοστά του κάθε είδους απορριμάτων για τον Ν. Αττικής (2018)..... 8
Διάγραμμα 5: Σύσταση Μπλε και Πράσινων Κάδων στην περιοχή της Κρήτης (Πηγή: ΕΣΔΑΚ) 13
Διάγραμμα 6: Ειδικό βάρος πλαστικού PET σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4% 38
Διάγραμμα 7: Ειδικό βάρος πλαστικού PP σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4% 39
Διάγραμμα 8: Ειδικό βάρος πλαστικού LDPE σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4% 40
Διάγραμμα 9: Ειδικό βάρος πλαστικού MIX σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%..... 41
Διάγραμμα 10: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PETFlakes για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες..... 42
Διάγραμμα 11: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PETRetines για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες..... 42
Διάγραμμα 12: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PPFlakes για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες..... 43
Διάγραμμα 13: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PPRetines για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες..... 44
Διάγραμμα 14: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων LDPEFlakes για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες..... 45
Διάγραμμα 15: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων LDPERetines για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες..... 45
Διάγραμμα 16: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων MIXFlakes για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες. 46
Διάγραμμα 17: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων MIXRetines για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες. 47
Διάγραμμα 18 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PET Νιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 48
Διάγραμμα 19 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PET Ρητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 49
Διάγραμμα 20 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PP Νιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 50
Διάγραμμα 21 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PP Ρητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 50
Διάγραμμα 22 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων LDPE Νιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 51
Διάγραμμα 23 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων LDPE Ρητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 52
Διάγραμμα 24 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων MIX Νιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 53
Διάγραμμα 25 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων MIX Ρητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης..... 53
Διάγραμμα 26 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PET Νιφάδες..... 54

Διάγραμμα 27 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PET Ρητίνες 55
Διάγραμμα 28 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PP Νιφάδες 56
Διάγραμμα 29 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PP Ρητίνες 56
Διάγραμμα 30 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για LDPE Νιφάδες 57
Διάγραμμα 31 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για LDPE Ρητίνες 58
Διάγραμμα 32 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για MIX Νιφάδες 59
Διάγραμμα 33 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για MIX Ρητίνες 59

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Δημοτικά απόβλητα υγειονομικής ταφής, αποτέφρωσης, ανακύκλωσης και κομποστοποίησης, Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-28, 1995-2018). Πηγή Eurostat. 5
Πίνακας 2: Επεξεργασία Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2009)- Πηγή Eurostat. 6
Πίνακας 3: Παραγόμενες ποσότητες Στερεών Αποβλήτων (tn) στον Νομό Αττικής για το έτος 2018 7
Πίνακας 4: Μέση παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο του Νομού Άττικής (2018) 7
Πίνακας 5: Ποσοστά του κάθε είδους απορριμάτων για τον Ν. Αττικής (2018). 8
Πίνακας 6: Ποσότητες εισερχομένων απορριμάτων και αδρανών στις εγκαταστάσεις του ΕΔΣΝΑ(2017) 9
Πίνακας 7: Προορισμός, προέλευση και ποσότητα (kg) των απορριμάτων του Νομού Αττικής προς ΧΥΤΑ (Πηγή: Ζυγιστήρια Εγκαταστάσεων ΕΔΣΝΑ ΕΕΑΑ-2017) 9
Πίνακας 8: Παραγωγή στερεών αποβλήτων στους Δήμους του Νομού Χανίων για το έτος 2017 (Πηγή ΔΕΔΙΣΑ). 11
Πίνακας 9: Τα ποσοστά και οι ποσότητες των Στερεών Αποβλήτων του Νομού Χανίων ανά είδος 11
Πίνακας 10: Μέση παραγωγή Στερεών Αποβλήτων ανά κάτοικο του Νομού Χανίων 12
Πίνακας 11: Σύσταση Μπλε και Πράσινων Κάδων στη περιοχή της Κρήτης (Πηγή: ΕΣΔΑΚ) 12
Πίνακας 12: Ποσοστά του κάθε είδους απορριμάτων για τον Ν. Χανίων 13
Πίνακας 13: Ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή κάθε μήτρας τριών δοκιμίων. 31
Πίνακας 14: Ποσότητες πλαστικών που χρησιμοποιήθηκν ανά είδος για τη παρασκευή των δοκιμίων. 32
Πίνακας 15: Ειδικό βάρος πλαστικού PET σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4% 38
Πίνακας 16: Ειδικό βάρος πλαστικού PP σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4% 39
Πίνακας 17: Ειδικό βάρος πλαστικού LDPE σε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4% 40
Πίνακας 18: Ειδικό βάρος πλαστικού MIX σε ποσοστά 1, 2 και 4% 41
Πίνακας 19: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης PET, στις 7 και 28 ημέρες 43
Πίνακας 20: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης PP, στις 7 και 28 ημέρες 44
Πίνακας 21: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης LDPE, στις 7 και 28 ημέρες. 46
Πίνακας 22: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης MIX, στις 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης. 47
Πίνακας 23: Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PET για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης. 48
Πίνακας 24 Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PP γι α 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης. 49
Πίνακας 25*:* Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων LDPE για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης. 51
Πίνακας 26*:* Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων MIX για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης. 52
Πίνακας 27 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PET 54
Πίνακας 28 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PP 55
Πίνακας 29 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για LDPE 57
Πίνακας 30 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για MIX 58

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Μήτρα τετραγωνικών δοκιμίων διαστάσεων 5x5x5 cm. 31
Εικόνα 2: α) Κομμάτια πλαστικού αποβλήτου LDPE σε μορφή νιφάδων, β) Κομμάτια πλαστικών σε μορφή ρητίνων 32
Εικόνα 3: Εργαστηριακός αναδευτήρας..... 33
Εικόνα 4: Δοκίμια τοποθετημένα σε λεκάνη με νερό για συνθήκες υγρασίας 100%..... 34
Εικόνα 5 α) Δοκίμια προς θλίψη, β) Μέτρηση δοκιμίου σε ζυγαριά ακριβείας 35
Εικόνα 6: α) Πρέσα τύπου MTS- 815 για δοκιμή θλίψης και β) Καταγραφή αποτελεσμάτων..... 35
Εικόνα 7: Μορφές αστοχίας κυβικών δοκιμίων σε Μονοαξονική Θλίψη..... 37

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πλαστικό είναι ένα υλικό το οποίο αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα συνθετικών ή ημισυνθετικών εύπλαστων οργανικών ενώσεων, τα οποία στην συνέχεια χυτεύονται σε στερεά αντικείμενα.

Τις τελευταίες δεκαετίες η παραγωγή πλαστικών έχει αυξηθεί σημαντικά σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω του χαμηλού τους κόστους, καθώς και της ευελιξίας τους, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν για την κατασκευή οποιουδήποτε προϊόντος της αγοράς .

Τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει το πλαστικό στην σημερινή κοινωνία, το έχουν καταστήσει ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα παρασκευάσματα του ανθρώπου, φτάνοντας έως και τους 380 εκατομμύρια τόνους ανά έτος (μετά το 2018). Επομένως, για την προστασία του περιβάλλοντος και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης, θεωρείται αναγκαία η μετέπειτα αξιοποίηση τους.

Παρ' όλα αυτά, λόγω του ότι τα πλαστικά είναι συνήθως οργανικά πολυμερή υψηλής μοριακής μάζας και μπορεί να περιέχουν και άλλες ουσίες (κυρίως συνθετικές), η ανακύκλωση τους καθίσταται πολύ δύσκολη ή ακόμη και αδύνατη σε κάποιες περιπτώσεις, με μεγάλο κόστος. Είναι όμως πολύ σημαντική, αφού πολλά πλαστικά μπορεί να περιέχουν διάφορα είδη αρωματικών ή πολυκυκλικών οργανικών ενώσεων, με αποτέλεσμα κατά την καύση τους να διοχετεύονται στο περιβάλλον τοξικές ενώσεις, όπως διοξίνες και φουράνες. Ακόμη, για την διάσπαση τους, απαιτείται μεγάλο ποσό ενέργειας λόγω της πολύπλοκης δομής τους.

Η ανακύκλωση των πλαστικών επομένως, κρίνεται απαραίτητη, λόγω του υπερμεγέθη όγκου των απορριμμάτων, της χαμηλής βιοαποδομησιμότητας, της ανάγκης για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωσης εκπομπών, καθώς και λόγω της ανάπτυξης των υλικών συσκευασίας και των προϊόντων μιας χρήσης, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως και να υπάρχει πιθανώς και οικονομικό κέρδος.

Τα ανακυκλώσιμα πλαστικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες ρευμάτων, το ρεύμα μη αναμεμειγμένων ειδών πλαστικού (producer, homescrap) που μπορεί να επανεισαχθεί κατ' ευθείαν στην παραγωγή, το ρεύμα ανάμεικτων πλαστικών με γνωστή σύσταση και ελεύθερο προσμίξεων (commingledscrap) και το ρεύμα συλλεχθέντων οικιακών και βιομηχανικών απορριμμάτων (μείγμα) που περιέχουν και μη πλαστικές προσμίξεις (post-comsumerscrap). Η ανακύκλωση που λαμβάνει χώρα, μπορεί να είναι πρωτογενής (εσωτερική ή ανακύκλωση κλειστού βρόγχου), δευτερογενής (μετά τη χρήση ή φυσική/μηχανική ανακύκλωση), τριτογενής (χημική ανακύκλωση για ανάκτηση πρώτων υλών) ή τεταρτογενής (θερμική ανακύκλωση με ανάκτηση ενέργειας).

Η χρήση πλαστικού στον κατασκευαστικό τομέα είναι μια μέθοδος επαναχρησιμοποίησης η οποία μέσω της μείωσης των αποβλήτων, συμβάλλει στην αειφορία, στην κυκλική οικονομία και στην προστασία του περιβάλλοντος.Τα πλαστικά απορρίμματα λειτουργούν ως αντικαταστάτες των αδρανών στην κατασκευή σκυροδέματος ή κονιαμάτων καιμπορούν να αποτελέσουν λύση σε μελλοντικές βιώσιμες κατασκευές.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την μελέτη της χρήσης πλαστικών αποβλήτων ως αδρανή στην παρασκευή τσιμεντοκονιαμάτων. Αρχικά, συλλέχθηκαν πλαστικά τύπου PET (Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο) , PP (Πολυπροπυλένιο) και LDPE (Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας). Έπειτα εξετάστηκαν οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες αυτών (θλιπτική αντοχή, μέτρο ελαστικότητας, πυκνότητα).

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι μέθοδοι που απαιτούνται για την διαχείριση του πλαστικού και την ανακύκλωση του, αφού περιγράφονται προηγουμένως και οι διαδικασίες διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Επιπροσθέτως, περιγράφεται η επαναχρησιμοποίηση του πλαστικού σε τσιμεντοκονιάματα. Στο τρίτο κεφάλαιο, παρατίθεται η πειραματική διαδικασία που εκτελέστηκε, σχετικά με την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, την παρασκευή των δοκιμίων και τις μετέπειτα αναλύσεις που έλαβαν χώρα. Στο τέταρτο κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν και προτείνονται λύσεις για τον σχεδιασμό, την παραγωγή και την διαχείριση ολόκληρου του κύκλου ζωής των καταναλωτικών προϊόντων από πλαστικό, για ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

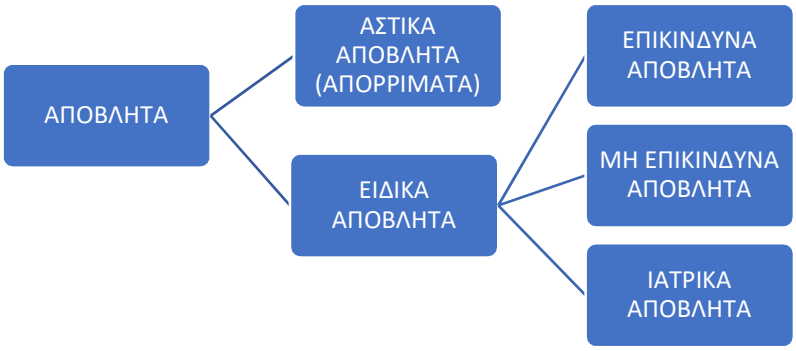
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ως στερεά απόβλητα ορίζονται τα στερεά υλικά, τα οποία χρησιμοποιεί ο άνθρωπος καθημερινά και στην συνέχεια δεν χρειάζεται, θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί από αυτά. Είναι ακόμη τα υλικά, τα οποία προκύπτουν από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών, των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των εμπορικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων.

Τα στερεά απόβλητα, υπήρχαν ακόμη και σε πρώιμους πολιτισμούς και από αυτά μπορούν να ληφθούν πολύ σημαντικές πληροφορίες. Παρ΄όλα αυτά, την σημερινή εποχή, τα προβλήματα που κρίνεται να αντιμετωπιστούν σχετικά με τα απόβλητα είναι κυρίως η αστικοποίηση, όπου προκαλεί μεγάλες ροές υλικών και ποσότητες αποβλήτων στις πόλεις που σχετίζονται με την παραγωγή και την κατανάλωση αγαθών και ακόμη η βιομηχανοποίηση, η οποία οδηγεί στην εισαγωγή πιο σύνθετων προϊόντων που περιέχουν πολλές χημικές ουσίες και ενώσεις.

Τα στερεά απόβλητα, θεωρούνται ως η τρίτη μεγαλύτερη πηγή ρύπανσης του πλανήτη, ακολουθώντας την μόλυνση του νερού και της ατμόσφαιρας. Ουσιαστικά, οι ρύποι (απόβλητα) μεταφέρονται από κάποιο μέσο (υδατικό ή αέριο υγρό). Επομένως, τα κύρια μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος, είναι ο καθαρισμός των μέσων μεταφοράς. Τα συγκεκριμένα μέσα δεν είναι δυνατόν να καθαριστούν με ευκολία, οπότε πρέπει τα αστικά απόβλητα να διαχειρίζονται, για ασφαλή ανακύκλωση των υλικών και της διάθεσης τους στο περιβάλλον. Τα στερεά απόβλητα μπορεί να είναι στερεά, ιλύς και υγρό.



Διάγραμμα 1:Κατηγοριοποιήση Αποβλήτων

Από την Νομοθεσία, η ιεράρχηση στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων τίθεται ως εξής :

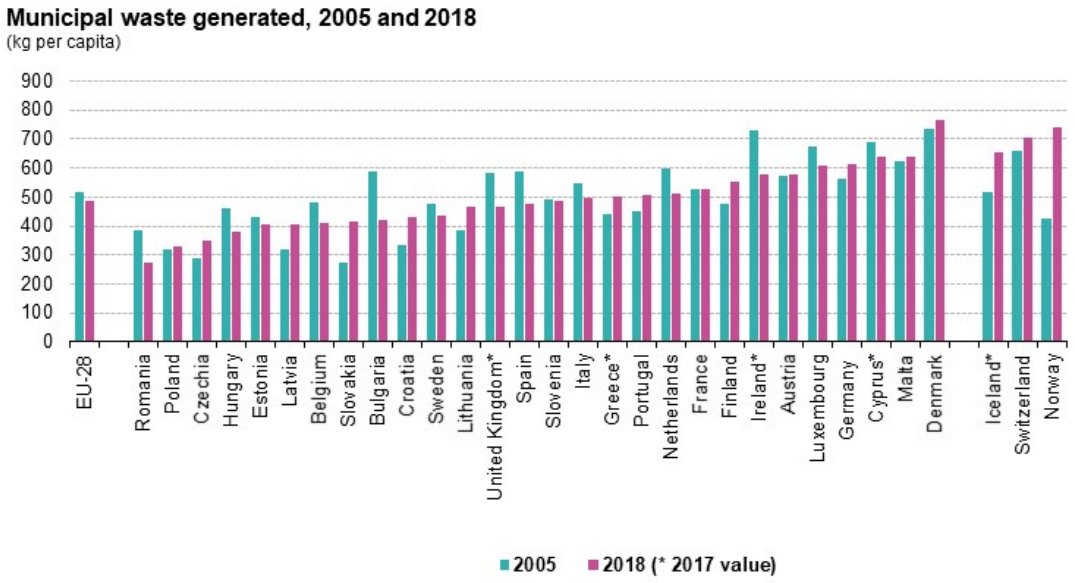
Διάγραμμα 2: Διαχείριση Αποβλήτων

Τα αστικά στερεά απόβλητα,κατηγοριοποιούνται σε διάφορες κατηγορίες στους κάδους απορριμμάτων, όπως είναι αναφορικά τα: Σύμμεικτα απόβλητα, Προδιαλεγμένα ανακυκλώσιμα, ΠροδιαλεγμέναΒιοαπόβλητα, Ογκώδη απόβλητα, Πράσινα απόβλητα καθώς και Προδιαλεγμένο γυαλί συσκευασίας.

2.2.1. ΕΥΡΩΠΗ

Σχετικά με την διαχείριση των αποβλήτων στην Ευρώπη, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat, ισχύουν τα παρακάτω δεδομένα.

Οι ποσότητες στερεών αποβλήτων που παράχθηκαν τα έτη 2005 και 2018 (ή 2017 για την Ελλάδα, την Κύπρο, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ισλανδία), σε κιλά/κάτοικο παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 3: Ποσότητες αστικών αποβλήτων που παράχθηκαν τα έτη 2005 και 2018 (ή 2017 για την Ελλάδα, την Κύπρο, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ισλανδία), σε κιλά/κάτοικο

Στο διάστημα μεταξύ 2005-2018 παρατηρείται αύξηση στην ποσότητα των αστικών αποβλήτων που παρήχθησαν. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα το 2005 παρήχθησαν 442kg/κάτοικο, ενώ το 2017 παρήχθησαν 504kg/κάτοικο. Αξίζει ακόμη να αναφερθεί ότι συνολικά, 489 kg αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο, παρήχθησαν στην ΕΕ το έτος 2018, ενώ εξ' αυτών το 47% ανακυκλώθηκε (ανακύκλωση υλικών και κομποστοποίηση).

Όσον αφορά την κατάληξη των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την εξέλιξη των ποσοτήτων τους ανά έτος.

Πίνακας 1: Δημοτικά απόβλητα υγειονομικής ταφής, αποτέφρωσης, ανακύκλωσης και κομποστοποίησης, Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-28, 1995-2018). Πηγή Eurostat.

Municipal waste landfilled, incinerated, recycled and composted, EU-28, 1995-2018

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Change 2018/1995 (%)
	million tonnes																								
Landfill	145	143	144	140	140	140	135	131	125	118	110	109	107	101	98	93	86	79	73	68	64	60	58	57	-61
Incineration	32	32	35	35	36	39	40	41	41	44	48	52	52	54	55	57	60	59	62	64	65	68	70	70	117
Material Recycling	25	28	32	35	40	40	43	47	48	49	52	54	60	61	62	63	64	66	65	68	71	73	74	75	201
Composting	14	16	17	18	19	24	24	26	26	28	29	30	32	35	34	34	34	35	36	38	38	41	42	43	202
Other	10	14	12	12	12	12	12	12	12	13	17	14	11	10	7	6	6	6	6	5	6	6	6	6	-44
	kg per capita																								
Landfill	302	295	298	289	287	287	277	268	254	239	223	220	214	202	194	185	171	156	145	134	125	117	113	111	-63
Incineration	67	67	72	73	74	79	81	84	84	90	96	104	105	108	110	114	119	118	122	126	128	134	137	136	103
Material Recycling	52	58	66	72	82	83	87	95	97	99	105	109	119	121	124	126	128	130	128	133	140	143	144	147	183
Composting	29	33	36	37	39	48	50	53	53	57	58	61	64	69	68	67	67	70	72	74	75	81	81	83	186
Other	20	29	24	23	26	24	24	25	25	27	33	27	21	20	15	12	12	12	12	11	12	11	11	12	-40

Source: Eurostat (online data code: env_wasmun)

eurostat

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, με την πάροδο του χρόνου (1995-2018) τα αστικά απόβλητα αυξήθηκαν ανά κάτοικο κατά περίπου 20 κιλά. Ακόμη, εκείνα που κατέληξαν σε υγειονομική ταφή είναι αισθητά λιγότερα με μείωση των κιλών περίπου κατά 37%, ενώ αντιθέτως η αποτέφρωση, η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση αυξήθηκαν, με ποσοστά 239%, 283%, 286% αντιστοίχως σε κιλά ανά κάτοικο.

2.1.2. ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα, η επεξεργασία αποβλήτων συγκριτικά με την Ευρωπαϊκή Ένωση (Eurostat 2009), παρουσιάζει δυστυχώς μικρότερο ποσοστό ανακύκλωσης των αστικών αποβλήτων, της κομποστοποίησης, καθώς και θερμικής επεξεργασίας για ανάκτηση ενέργειας, ενώ το ποσοστό που αφορά τα αστικά απόβλητα τα οποία καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής, είναι πολύ μεγαλύτερο.

Πίνακας 2: Επεξεργασία Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2009)- Πηγή Eurostat.

Treatment infrastructure for municipal waste		
Self-sufficiency for disposal of total waste (in %)	100 % for municipal waste [EC 2012b]; approx. 90 % (based on consultant's estimations, due to active illegal landfills)	
Treatment rates	***MS***	***EU 27***
Recycling rates of municipal waste (in %), 2009	17.3	24.9
Composting rates of municipal waste (in %), 2009	1.0	14.7
Recovery rates of municipal waste including incineration with energy recovery (in %), 2009	18.3	56.9
Disposal rates of municipal waste (in %) , 2009	81.7	38.2
Rate of biodegradable waste going to landfills (in %) (compared to 1995 and the nearest data available)	87.3[10]	54

2.1.3. ΝΟΜΟΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι παραγόμενες ποσότητες Στερεών Αποβλήτων (tn) στον Νομό Αττικής για το έτος 2018.

Το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης (ΕΜΑ) το 2018 θα επεξεργαστεί περί τις 300.000 tn/yr ΑΣΑ.

Πίνακας 3: Παραγόμενες ποσότητες Στερεών Αποβλήτων (tn) στον Νομό Αττικής για το έτος 2018

(Πηγή: Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης- ΕΜΑ)

ΥΛΙΚΟ	Ποσοστό (%)	Ποσότητα (tn)
ΟΡΓΑΝΙΚΟ	29.68	89040
ΠΛΑΣΤΙΚΑ PET	2.98	8940
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	1.02	3060
ΧΑΡΤΟΝΙ	4.07	12210
ΛΟΙΠΟ ΧΑΡΤΙ	22.06	66180
ΠΛΑΣΤΙΚΑ PP	3	9000
ΠΛΑΣΤΙΚΑ PE	1.04	3120
ΛΟΙΠΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	8.25	24750
ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ	1.61	4830
ΔΕΡΜΑΤΑ ΞΥΛΑ	3.02	9060
ΠΕΤΡΕΣ – ΑΔΡΑΝΗ	1.15	3450
ΓΥΑΛΙ	1.8	5400
ΥΦΑΣΜΑΤΑ	4.7	14100
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	8.42	25260
ΣΥΝΟΛΟ	100	300.000

Η μέση παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο του Νομού Αττικής, είναι:

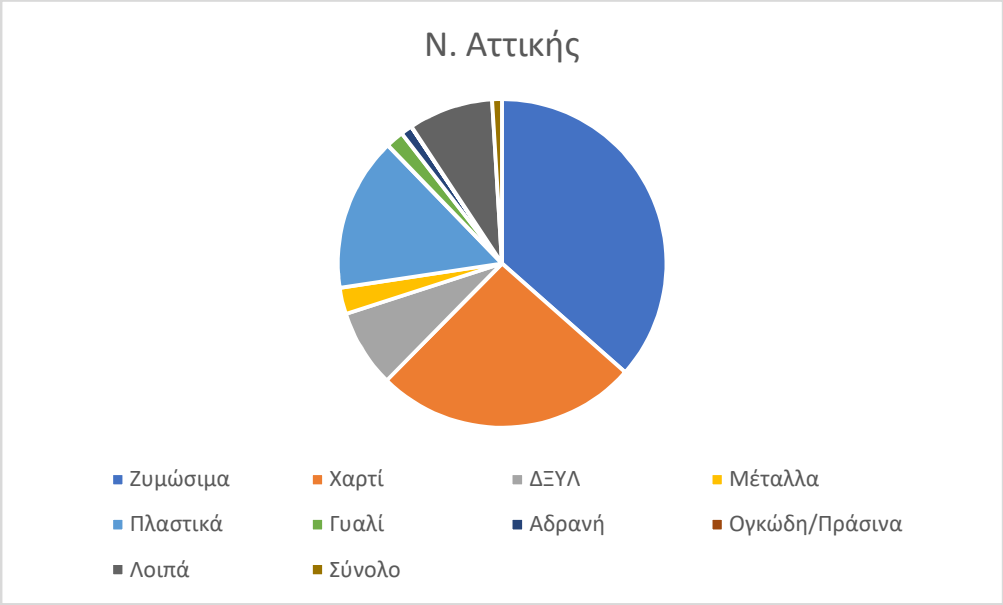
Πίνακας 4: Μέση παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο του Νομού Άττικής (2018)

Κάτοικοι Ν. Αττικής (2011)	3,774,000
Παραγωγή ΣΑ(tn) / Κάτοικος/έτος	618.013
Παραγωγή ΣΑ (tn) /Κάτοικος/ημέρα	1.693

Ακόμη, τα ποσοστά του κάθε είδους απορριμμάτων για τον Ν. Αττικής, θα είναι:

Πίνακας 5: Ποσοστά του κάθε είδους απορριμάτων για τον Ν. Αττικής (2018)

Είδος	Ποσοστό (%)
Ζυμώσιμα	36.88
Χαρτί	26.13
ΔΞΥΛ	7.72
Μέταλλα	2.63
Πλαστικά	15.27
Γυαλί	1.80
Αδρανή	1.15
Ογκώδη/Πράσινα	
Λοιπά	8.42
Σύνολο	100.00



Διάγραμμα 4: Ποσοστά του κάθε είδους απορριμάτων για τον Ν. Αττικής (2018)

Στατιστικά στοιχεία παραγωγής απορριμμάτων

Οι ποσότητες εισερχομένων απορριμάτων και αδρανών στις εγκαταστάσεις του ΕΔΣΝΑ το 2017 είναι :

Πίνακας 6: Ποσότητες εισερχομένων απορριμάτων και αδρανών στις εγκαταστάσεις του ΕΔΣΝΑ(2017), για τον Νομό Αττικής

Εισερχόμενα Απόβλητα	2.122.998 tn
Προς Χυτά	1.693.743 tn

Με βάση τον προορισμό, την προέλευση και την ποσότητα (kg) των απορριμμάτων που οδηγούνται στον Χώρο Υγειονομικής Ταφής, παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας: (Πηγή : Ζυγιστήρια Εγκαταστάσεων ΕΔΣΝΑ ΕΕΑΑ)

Πίνακας 7: Προορισμός, προέλευση και ποσότητα (kg) των απορριμάτων του Νομού Αττικής προς ΧΥΤΑ (Πηγή: Ζυγιστήρια Εγκαταστάσεων ΕΔΣΝΑ ΕΕΑΑ-2017)

ΧΥΤΑ	ΔΗΜΟΙ	ΔΗΜΟΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	1.259.146.568
	ΚΔΑΥ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΣΥΜΒΑΣΗ ΜΕ ΕΕΑΑ	ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΜΠΛΕ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΕΕΑΑ	80.118.830
	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ	3.606.980
	ΙΔΙΩΤΕΣ	ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ	34.668.050
		ΜΕ ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ	191.090
	ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ	ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ	3.476.980
	ΕΔΣΝΑ	ΣΜΑ	168.598.320
		ΕΜΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ	141.365.820
		ΠΑΡΚΟ ΣΧΙΣΤΟΥ	359.350
	ΚΕΝΤΡΑ ΠΡΟΣΦΥΓΩΝ	Σκαραμαγκά, Λαυρεωτικής, Ωρωπού	2.210.730
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΧΥΤΑ			**1.693.742.718**
ΑΔΡΑΝΗ ΣΤΟ ΧΥΤΑ			525.440.530
ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΑΠΟ ΕΜΑ			25.755.370
ΣΥΝΟΛΟ ΑΔΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ			551.195.900

ΣΜΑ	ΔΗΜΟΙ	**ΔΗΜΟΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**	**167.975.070**
	ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ	**ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ**	**1.014.540**
	ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ	**ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ ΣΧΙΣΤΟΥ (οικιακά /προσομοιάζοντα)**	**90.390**
	ΚΕΝΤΡΑ ΠΡΟΣΦΥΓΩΝ	**Σκαραμαγκά/Σχιστού**	**314.160**
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΣΜΑ			**169.394.160**

ΕΜΑ	ΔΗΜΟΙ	**ΔΗΜΟΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**	**255.824.537**
		Απορρίμματα	227.270.377
		Πράσινο	24.561.000
		Οργανικά προδιαλεγμένα	484.410
		Πιλοτική Ανακύκλωση	2.900.680
		Οργανικά λαϊκών αγορών	608.070
	ΚΕΝΤΡΑ ΠΡΟΣΦΥΓΩΝ	**Ελληνικού** (απορρίμματα)	**1.048.800**
	ΙΔΙΩΤΕΣ	**Πράσινο**	**661.520**
	ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ	**Πράσινο**	**25.090**
	ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	**Πράσινο**	**102.330**
	ΟΚΑΑ	**Οργανικά - Ανακυκλώσιμα**	**2.156.580**
		Πράσινο	**2.770**
	ΑΛΛΟΙ ΠΕΛΑΤΕΣ	**Πράσινο**	**4.460**
		Πιλοτική Ανακύκλωση	**17.050**
		Οργανικά προδιαλεγμένα	**12.020**
	ΙΔΙΩΤΕΣ	**Καταστροφές**	**5.940**
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΕΜΑ			**259.861.097**

2.1.4. ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ

Πίνακες Σύστασης Αποβλήτων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι παραγόμενες ποσότητες Στερεών Αποβλήτων (tn) στον Νομό Χανίων για το έτος 2017.

Ποσοτική ανάλυση απορριμμάτων

Στον Νομό Χανίων παράγονται περίπου 97.000 τόνοι Στερεών Αποβλήτων το χρόνο, σύμφωνα με τα δεδομένα του έτους 2017. (Πηγή ΔΕΔΙΣΑ)

Πίνακας 8: Παραγωγή στερεών αποβλήτων στους Δήμους του Νομού Χανίων για το έτος 2017 (Πηγή ΔΕΔΙΣΑ)

Δήμος	Ποσότητα (tn)
Χανίων	67294
Πλατανιά	11781
Κισσάμου	5819
Αποκορώνου	9493
Κανδάνου-Σελίνου	1000
Γαύδου	13
Σφακίων	1370
Σύνολο	96771

Με βάση την απογραφή του Νομού Χανίων των τελευταίων χρόνων, ο κάθε πολίτης του νομού, παράγει περίπου 1,5 κιλό απορριμμάτων κάθε ημέρα.

Επομένως για τον Νομό Χανίων τα ποσοστά και οι ποσότητες των Στερεών Αποβλήτων ανά είδος, είναι :

Πίνακας 9: Τα ποσοστά και οι ποσότητες των Στερεών Αποβλήτων του Νομού Χανίων ανά είδος

Είδος	Νομός Χανίων Ποσοστό %	Ποσότητα (tn)
Σύμμεικτα	80.74%	78133
Ογκώδη	2.56%	2483
Πράσινα	6.07%	5888
ΜπλεΚάδος	9.79%	9496
Γυαλί	0.64%	621
Οργανικό Προδιαλεγμένο	0.21%	204

Γνωρίζοντας τον πληθυσμό του Νομού (Απογραφή 2011) , η μέση παραγωγή στερεών αποβλήτων ανά κάτοικο, είναι:

Πίνακας 10: Μέση παραγωγή Στερεών Αποβλήτων ανά κάτοικο του Νομού Χανίων

Κάτοικοι Ν. Χανίων (2011)	**156.585**
Παραγωγή ΣΑ/ Κάτοικος/έτος	**618.0**
Παραγωγή ΣΑ /Κάτοικος/ημέρα	**1.69**

Από τον Ενιαίο Σύνδεσμο Διαχείρισης Απορριμμάτων Κρήτης (ΕΣΔΑΚ) σχετικά με την σύσταση των αποβλήτων στην περιοχή της Κρήτης,παρήχθησαν τα εξής δεδομένα:

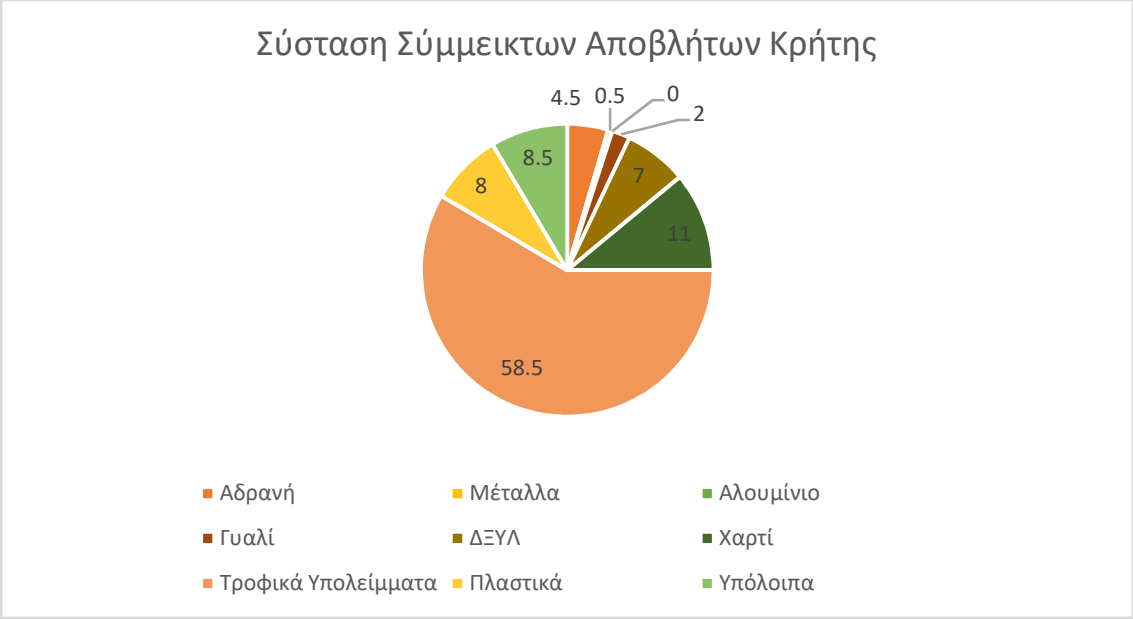
Πίνακας 11: Σύσταση Μπλε και Πράσινων Κάδων στη περιοχή της Κρήτης (Πηγή: ΕΣΔΑΚ)

Σύσταση Πράσινου Κάδου

Υλικά	**Ποσοστό %**
Αδρανή	4.5
Μέταλλα	0.5
Αλουμίνιο	0
Γυαλί	2
ΔΞΥΛ	7
Χαρτί	11
Τροφικά Υπολείμματα	58.5
Πλαστικά	8
Υπόλοιπα	8.5

Σύσταση Μπλέ Κάδου

Υλικά	**Ποσοστό %**
Αλουμίνιο	0.5
Γυαλί	5
Έντυπο χαρτί	28
Χαρτί/Χαρτόνι	23.5
Πλαστικά	20
Σίδηρο	2
Υπόλοιπα	21



Διάγραμμα 5: Σύσταση Μπλε και Πράσινων Κάδων στην περιοχή της Κρήτης (Πηγή: ΕΣΔΑΚ)

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, τα ποσοστά του κάθε είδους απορριμμάτων για τον Ν. Χανίων, θα είναι:

Πίνακας 12: Ποσοστά του κάθε είδους απορριμάτων για τον Ν. Χανίων

Είδος	Ν.Χανίων (%)
Ζυμώσιμα	47.44
Χαρτί	13.92
ΔΞΥΛ	5.65
Μέταλλα	6.49
Πλαστικά	8.42
Γυαλί	2.26
Αδρανή	3.63
Ογκώδη/Πράσινα	8.63
Λοιπά	8.92
Σύνολο	99.73%

2.2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Το πλαστικό είναι πετροχημικό προϊόν, το οποίο λόγω της χημικά ανθεκτικής δομικής του κατασκευής, καθίσταται σχεδόν αδιάσπαστο στο περιβάλλον. Αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο υλικό, εξαιτίας του χαμηλού κόστους του, της ευκολίας στην κατασκευή και στην μεταποίηση του, αλλά και της ανθεκτικότητας του. Λόγω αυτού, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό υλικό στην σημερινή οικονομία και στην σύγχρονη καθημερινότητα.

Η βιομηχανία πλαστικών κατασκευάζει πολλά είδη. Χρησιμοποιεί κυρίως τα εξής παράγωγα: PET (τερεφθαλικός εστέρας του πολυαιθυλενίου), HDPE (υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο), LDPE (χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο) και PP (πολυπροπυλένιο). Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του πλαστικού είναι άμεσα συνδεδεμένη με το πετρέλαιο, ως υλικό κατασκευασμένο με βάση τις ανθρακικές ενώσεις. Λόγω της χρήσης πετρελαίου και της διαδικασίας παραγωγής του πλαστικού, εξοικονομούνται πολύ σημαντικά ποσά ενέργειας κατά την ανακύκλωση.

Στην σημερινή οικονομία, το πλαστικό έχει επικρατήσει συγκριτικά με άλλα υλικά όπως το ξύλο, η πέτρα, το μέταλλο, το γυαλί και το κεραμικό. Σχεδόν το ένα τρίτο του πλαστικού που παράγεται χρησιμοποιείται στη συσκευασία στις ανεπτυγμένες χώρες, ενώ στις αναπτυσσόμενες, η χρήση του πλαστικού στην συσκευασία μπορεί να αγγίξει ακόμη και το 45%. Ακόμη στις αναπτυγμένες χώρες το ένα τρίτο του πλαστικού που παράγεται μπορεί να διατεθεί σε κτίρια και υποδομές, και το υπόλοιπο ποσοστό σε αυτοκίνητα, παιχνίδια και άλλου είδους αντικείμενα, ή ακόμη και σε ιατρικές συσκευές.

Τα πλαστικά προϊόντα, έχουν αποφέρει πολλά οφέλη στην κοινωνία με διάφορους τρόπους, όπως η ποιότητα ζωής, οι θέσεις εργασίας και οι οικονομικές δραστηριότητες.Παρ' όλα αυτά, τα πλαστικά απόβλητα μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Γνωρίζοντας ότι το πλαστικό δεν είναι ένα βιοδιασπώμενο υλικό, έχει την δυνατότητα παραμονής στην ατμόσφαιρα για ένα ιδιαιτέρως μεγάλο χρονικό διάστημα, προκαλώντας σοβαρούς κινδύνους στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Ακόμη, η ιδιότητα του αυτή, καθιστά δύσκολη την ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίησητου (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2013[α]).

Η απερίσκεπτη διάθεση των πλαστικών αποβλήτων στην φύση έχει οδηγήσει σε ποικίλες καταστροφές στο περιβάλλον, όπως στα ζώα, τα οποία χάνονται ανά εκατομμύρια κάθε χρόνο, είτε λόγω του ότι παγιδεύονται στα πλαστικά απόβλητα, είτε επειδή τα καταναλώνουν ως τροφή χάνοντας με αυτόν τον τρόπο την ζωή τους.

Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθεί ότι, από το 1950 μέχρι σήμερα έχουν παραχθεί περίπου 6.3 δισεκατομμύρια τόνοι πλαστικού, με μόνο το 9% να έχει ανακυκλωθεί (630 εκατ. τόνοι), το 12% (840 εκατ. τόνοι) να έχει αποτεφρωθείκαι το 79% να έχει συγκεντρωθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής ή στο φυσικό περιβάλλον.[2]

Δεδομένου ότι τα πλαστικά έγιναν δημοφιλή περισσότερο από μισό αιώνα πριν, η παραγωγή τους έχει αυξηθεί σημαντικά. Το 1950, η παγκόσμια παραγωγή ανήλθε σε 1,5 εκατομμύρια μετρικούς τόνους, ενώ μέχρι το 2018 είχε αυξηθεί σε 359 εκατομμύρια μετρικούς τόνους. Από αυτό το σύνολο, 61,8 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι παρήχθησαν στην Ευρώπη. Αυτή η μέτρηση δεν περιλαμβάνει συνθετικές ίνες που χρησιμοποιούνται σε ρούχα, σχοινιά και άλλα προϊόντα, τα οποία αντιστοιχούσαν σε 61 εκατομμύρια τόνους

το 2016. Δυστυχώς αναμένεται ότι η παραγωγή πλαστικών θα συνεχίσει να αυξάνεται, και πιθανότατα διπλασιαστεί έως το 2025.

Η ζήτηση πλαστικού στην Ευρώπη ανήλθε σε περίπου 51,2 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2018, με τις πλαστικές συσκευασίες να αποτελούν το 39,9% αυτού[3].

Έρευνες επίσης έχουν δείξει, ό,τιεώς 12,7 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών καταλήγουν στους ωκεανούς κάθε έτος, επηρεάζοντας ολόκληρο το οικοσύστημα. [4]

Επιπροσθέτως, περίπου 50 kgπλαστικούανάάτομο (κατά μέσο όρο), παράγονται κάθε χρόνο παγκοσμίως, και η παραγωγή του διπλασιάζεται σχεδόν ανά δέκα χρόνια, οδηγώντας σε ποικίλες συνέπειες στο περιβάλλον αλλά και στην παγκόσμια υγεία.

Η παραγωγή πλαστικών επομένως, αυξάνεται ραγδαία από τη δεκαετία του 1950. Κάθε δεκαπενταετία η ποσότητα πλαστικού που παράγεται έχει διπλασιαστεί. Αυτή είναι η ταχύτερη αύξηση οποιουδήποτε ανθρωπογενούς υλικού. [2018, Βασιλική Στατιστική Εταιρεία τηςΜεγάλης Βρετανίας]. Αυτή η αύξηση μπορεί να παρατηρηθεί στην καθημερινή ζωή, με το πλαστικό να χρησιμοποιείται σχεδόν παντού.

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΙΔΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

PET - Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο

Τοτερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET ή PETE) είναι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές γενικής χρήσης, το οποίο ανήκειστην πολυεστερική οικογένεια πολυμερών.

Το PET σχηματίζεται από το τερεφθαλικό οξύ (TPA) και την αιθυλενογλυκόλη (EG), τα οποία προέρχονται από την πρώτη ύλη λαδιού (αργό πετρέλαιο). Όταν θερμαίνονται, το πρώτο προϊόν είναι ένα μονομερές (BHET - δις-υδροξυαιθυλ-τερεφθαλικός εστέρας) αναμεμιγμένος με πολυμερή χαμηλού μοριακού βάρους (ολιγομερή). Το μείγμα έπειτα αντιδρά, απομακρύνει την περίσσεια αιθυλενογλυκόλης και σχηματίζει το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο, το οποίο έχει την μορφή ενός ιξώδους λιωμένου υγρού. Στη συνέχεια εξωθείται και καταλήγει ως ένα άμορφο υαλώδες υλικό. Κάποιες φορές επίσης, το PET μπορεί να κατασκευαστεί με την βοήθεια σύγχρονης τεχνολογίας που χρησιμοποιεί τοδιμεθύλιο εστέρας τερεφθαλικού οξέος (DMT). Ένα δεύτερο στάδιο πολυμερισμού είναι απαραίτητο για τη κατασκευή PET υψηλού μοριακού βάρους, το οποίο είναι απαραίτητο για καλές μηχανικές ιδιότητες που αποτελούνται από ακαμψία και αντοχή, δίνοντας επαρκή ευελιξία για να αντισταθεί σε τυχόν εκρήξεις και σπάσιμο υπό πίεση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, το PET πρέπει να βρίσκεται σε στερεή κατάσταση, όπως και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, ώστε να αφαιρούνται αποτελεσματικά όλες οι πτητικέςακαθαρσίες, όπως η ακεταλδεΰδη, οι ελεύθερες γλυκόλες και το νερό.

Οι πολυεστερικές ρητίνες συνδυάζουν αξιοσημείωτα τις ιδιότητες του PET, όπως τη μηχανική, τη θερμική, τη χημική αντοχή καθώς και τη σταθερότητα διαστάσεων.

Αξίζει επίσης να επισημανθεί, ότι το πλαστικό PET είναι ένα από τα πιο ανακυκλωμένα θερμοπλαστικά.

Το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές συσκευασίας:

1. Επειδή το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο είναι ένα εξαιρετικό υλικό φραγμού νερού και υγρασίας, οι πλαστικές φιάλες από PET χρησιμοποιούνται ευρέως για μεταλλικό νερό και ανθρακούχα αναψυκτικά. Ακόμη, η υψηλή μηχανική αντοχή του, κάνει τις ταινίες τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου ιδανικές για χρήση σε εφαρμογές ταινιών.
2. Η χημική αδράνεια του, μαζί με άλλες φυσικές ιδιότητες, το καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές συσκευασίας τροφίμων, καλλυντικά βάζα, περιέκτες με μικροκύματα, διαφανείς μεμβράνες κλπ.
3. Το μονόινο PET χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή υφασμάτων από πλέγμα για εκτύπωση οθόνης, φίλτρου για διήθηση πετρελαίου και άμμου, καλωδίων στήριξης για γεωργικές εφαρμογές (θερμοκήπια κλπ.), Ζώνης υφασμάτων / πλεξίματος, υφάσματος φίλτρου και άλλων βιομηχανικών εφαρμογών.
4. Οι καλές ηλεκτρικές μονωτικές του ιδιότητες, και η υψηλή δομική και διαστασιακή σταθερότητα έχουν οδηγήσει στην ευρεία χρήση του τερεφθαλικούπολυαιθυλένιου στην βιομηχανία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών. Είναι ένα αποτελεσματικό πολυμερές για την αντικατάσταση μετάλλων, ενώ τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά ροής του επιτρέπουν την ελευθερία σχεδιασμού και τη μικρογραφία για την παραγωγή εξαρτημάτων υψηλής απόδοσης.
5. Το PET ακόμη, χρησιμοποιείται επιτυχώς σε πολλές εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Τοξικότητα και ανακύκλωση του PET

Τα προϊόντα τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου ή PET είναι 100% ανακυκλώσιμα και είναι το πιο ανακυκλωμένο πλαστικό παγκοσμίως.

Ο χαμηλός συντελεστής διάχυσης καθιστά το PET πολύ πιο κατάλληλο από άλλα πλαστικά υλικά για χρήση ως ανακτημένο, ανακυκλωμένο υλικό.

Οι φιάλες PET μετά τον καταναλωτή συλλέγονται και υφίστανται επεξεργασία μέσω μιας σειράς ειδικών διαδικασιών πλύσης ή με χημική επεξεργασία για να διασπάσουν το PET στις πρώτες ύλες ή τα ενδιάμεσα προϊόντα του, τα οποία χρησιμοποιούνται περαιτέρω για την παραγωγή νιφάδων ανακυκλωμένου PET (rPET).

Επίσης, σύμφωνα με μελέτη από την InternationalLifeSciencesInstituteEurope (2000):«Το ίδιο το PET είναι βιολογικά αδρανές σε περίπτωση κατάποσης, είναι δερματικά ασφαλές κατά το χειρισμό και δεν είναι επικίνδυνο εάν εισπνέεται. Δεν έχουν εντοπιστεί ενδείξεις τοξικότητας σε μελέτες διατροφής με ζώα.»

PP- Πολυπροπυλένιο

Το πολυπροπυλένιο (PP) είναι ένα άκαμπτο και κρυσταλλικό θερμοπλαστικό που χρησιμοποιείται ευρέως σε αντικείμενα καθημερινής χρήσης, όπως δίσκους συσκευασίας, οικιακά προϊόντα, θήκες μπαταριών, ιατρικές συσκευές και άλλα, ενώ παράγεται από προπένιο (ή προπυλένιο) μονομερές. Είναι μια γραμμική ρητίνη υδρογονανθράκων. Ο χημικός τύπος του πολυπροπυλενίου είναι (C3H6)n. Το PP είναι ένα από τα φθηνότερα πλαστικά που διατίθενται σήμερα στην αγορά. Το PP ανήκει στην οικογένεια πολυμερών πολυολεφίνης και είναι σήμερα ένα από τα πρώτα τρία ευρέως χρησιμοποιούμενα πολυμερή. Το PP είναι ένα από τα ελαφρύτερα πολυμερή μεταξύ όλων των πλαστικών προϊόντων, αφού έχει πολύ χαμηλή πυκνότητα. Αυτή η λειτουργία την καθιστά κατάλληλη επιλογή για ελαφρές εφαρμογές εξοικονόμησης βάρους. Ακόμη, το PP έχει έχει καλή αντοχή σε ρωγμές περιβαλλοντικού στρες και διατηρεί μηχανικές και ηλεκτρικές ιδιότητες σε υψηλές θερμοκρασίες, σε υγρές συνθήκες και όταν βυθίζεται στο νερό. Είναι ένα αδιάβροχο πλαστικό.

Η παραγωγή πολυπροπυλενίου πραγματοποιείται με διεργασία πολτού, διαλύματος ή αέριας φάσης, στην οποία το μονομερές προπυλενίου υποβάλλεται σε θερμότητα και πίεση με παρουσία ενός συστήματος καταλύτη. Ο πολυμερισμός επιτυγχάνεται σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και πίεση και το προϊόν που παράγεται είναι ημιδιαφανές, με δυνατότητα χρωματισμού, η οποία είναι εύκολη διαδικασία. Οι ιδιότητες του πλαστικού μπορούν να μεταβληθούν ανάλογα με τους καταλύτες και τις συνθήκες παραγωγής. Το προπυλένιο λαμβάνεται, μαζί με αιθυλένιο, με διάσπαση της νάφθας (απόσταγμα ελαφρού αργού πετρελαίου). Το αιθυλένιο, το προπυλένιο και τα υψηλότερα αλκένια διαχωρίζονται με κλασματική απόσταξη χαμηλής θερμοκρασίας.

Το πολυπροπυλένιο χαρακτηρίζεται από υψηλό ρυθμό ανάπτυξης, ο οποίος οφείλεται εν μέρει στην ευελιξία του πολυπροπυλενίου, αλλά στο ευρύ φάσμα περιοχών εφαρμογής του.

Το πολυπροπυλένιο έχει εφαρμογές τόσο ως πλαστικό όσο και ως ίνα σε:

1. Καταναλωτικά αγαθά: Το πολυπροπυλένιο χρησιμοποιείται σε πολλά οικιακά προϊόντα και σε εφαρμογές καταναλωτικών αγαθών, όπως ημιδιαφανή εξαρτήματα, είδη οικιακής χρήσης, έπιπλα, συσκευές, αποσκευές, παιχνίδια κ.λπ.
2. Εφαρμογές Αυτοκινήτου: Λόγω του χαμηλού κόστους, των εξαιρετικών μηχανικών ιδιοτήτων και της ικανότητας χύτευσης, το πολυπροπυλένιο χρησιμοποιείται ευρέως στα εξαρτήματα αυτοκινήτων. Οι βασικές εφαρμογές περιλαμβάνουν θήκες μπαταριών και δίσκους, προφυλακτήρες, επένδυση φτερού, εσωτερική επένδυση, όργανα και διακοσμητικά. Άλλα βασικά χαρακτηριστικά των εφαρμογών της αυτοκινητοβιομηχανίας του PP είναι ο χαμηλός συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής και το ειδικό βάρος, η υψηλή χημική αντοχή και η καλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες, η δυνατότητα επεξεργασίας και η ισορροπία πρόσκρουσης / ακαμψίας.
3. Ίνες και υφάσματα: Ένας μεγάλος όγκος PP που χρησιμοποιείται στο τμήμα της αγοράς γνωστό ως ίνες και υφάσματα. Η ίνα PP χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών, όπως ράφια / ταινία σχισμής, ταινία, ταινία, χύδην συνεχές νήμα, μη συνεχείς ίνες.

4. Ιατρικές εφαρμογές: Το πολυπροπυλένιο χρησιμοποιείται σε διάφορες ιατρικές εφαρμογές λόγω της υψηλής χημικής και βακτηριακής αντοχής. Επίσης, ο ιατρικός βαθμός PP παρουσιάζει καλή αντοχή στην αποστείρωση με ατμό. Οι σύριγγες μίας χρήσης είναι η πιο κοινή ιατρική εφαρμογή του πολυπροπυλενίου. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν ιατρικά φιαλίδια, διαγνωστικές συσκευές, πιάτα Petri, ενδοφλέβια μπουκάλια, μπουκάλια δειγμάτων, δίσκους τροφίμων, τηγάνια, δοχεία με χάπι, κλπ.
5. Βιομηχανικές εφαρμογές: Τα φύλλα πολυπροπυλενίου χρησιμοποιούνται ευρέως στον βιομηχανικό τομέα για την παραγωγή δεξαμενών, φύλλων, σωλήνων, επιστρεφόμενων συσκευασιών μεταφοράς (RTP) κ.λπ. λόγω των ιδιοτήτων τους όπως υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και αντίσταση στη διάβρωση.

Τοξικότητα και Ανακύκλωση του PP

Το PP είναι 100% ανακυκλώσιμο. Τα κιβώτια συσσωρευτών αυτοκινήτων, τα φώτα σημάτων, τα καλώδια μπαταρίας, οι σκούπες, οι βούρτσες, οι αποξεστήρες πάγου κ.λπ. είναι μερικά παραδείγματα που μπορούν να γίνουν από ανακυκλωμένο πολυπροπυλένιο (rPP).

Η διαδικασία ανακύκλωσης PP περιλαμβάνει κυρίως την τήξη πλαστικών αποβλήτων στους 250 ° C για απομάκρυνση ρύπων, ακολουθούμενη από απομάκρυνση υπολειμματικών μορίων υπό κενό και στερεοποίηση σχεδόν στους 140 ° C. Αυτό το ανακυκλωμένο PP μπορεί να αναμιχθεί με παρθένο PP με ρυθμό μέχρι 50%. Η κύρια πρόκληση στην ανακύκλωση του PP σχετίζεται με την ποσότητα που καταναλώνεται - σήμερα ανακυκλώνεται σχεδόν το 1% των φιαλών PP σε σύγκριση με το ποσοστό ανακύκλωσης 98% των φιαλών PET και HDPE. Η χρήση του PP θεωρείται ασφαλής διότι δεν έχει αξιοσημείωτη επίδραση από την άποψη της υγείας και της ασφάλειας από την άποψη της χημικής τοξικότητας.

<u>PE - Πολυαιθυλένιο</u>

Το πολυαιθυλένιο παράγεται με πολυμερισμό προσθήκης ή ριζών μονομερών αιθυλενίου (ολεφίνης). (Χημικός τύπος αιθενίου - C2H4). Καταλύτες Ziegler-Natta και Metallocene χρησιμοποιούνται για τον πολυμερισμό πολυαιθυλενίου. Το PE ανήκει στην οικογένεια πολυμερών πολυολεφίνης και ταξινομείται με βάση την πυκνότητα και τη διακλάδωση.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι πολυαιθυλενίου είναι:

- Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE)
- Γραμμικό πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LLDPE)
- Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE)
- Πολυαιθυλένιο εξαιρετικά υψηλού μοριακού βάρους (UHMWPE)
- Διασταυρωμένο πολυαιθυλένιο (PEX ή XLPE)

Ενδεικτικά, το PE διατίθεται και σε άλλους τύπους όπως:

- Πολυαιθυλένιο μεσαίας πυκνότητας (MDPE)
- Πολυαιθυλένιο πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDPE)
- Πολυαιθυλένιο υψηλού μοριακού βάρους (HMWPE)
- Πολυαιθυλένιο πολύ χαμηλού μοριακού βάρους (ULMWPE)
- Χλωριωμένο πολυαιθυλένιο (CPE)

Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE)

Το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) είναι ένα συνήθως χρησιμοποιούμενο πλαστικό. Είναι ένα ημι-άκαμπτο και ημιδιαφανές πολυμερές. Το LDPE αποτελείται από 4.000-40.000 άτομα άνθρακα, με πολλά βραχέα κλαδιά. Σε σύγκριση με το HDPE, έχει υψηλότερο βαθμό βραχυχρόνιας και μακράς διακλάδωσης πλευρικής αλυσίδας. Παράγεται σε υψηλή πίεση (1000-3000 bar, 80-300 ° C) μέσω διαδικασίας πολυμερισμού ελευθέρων ριζών.

Το αιθυλένιο είναι ένα φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται στα αρχικά στάδια της διαδικασίας παραγωγής πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE). Το μεγαλύτερο μέρος του αιθυλενίου αποθηκεύεται σε μια μονάδα πυρόλυσης όπου γίνεται συνήθως η ατμοπυρόλυση της νάφθας και μεταφέρεται μέσω αγωγού σε μια μονάδα πολυμερούς. Το αιθυλένιο ψύχεται, συμπιέζεται και στη συνέχεια τοποθετείται σε δοχείο αντίδρασης όπου, στους 320 βαθμούς Φαρενάιτ, ξεκινά η διαδικασία πολυμερισμού. Σε αυτή τη διαδικασία περίπου το 20% του αερίου αιθυλενίου μετατρέπεται πολυαιθυλένιο. Το υπόλοιπο αιθυλένιο ανακυκλώνεται. Αντιοξειδωτικά και σταθεροποιητές συνδυάζονται με το πολυαιθυλένιο. Το τετηγμένο πολυαιθυλένιο στη συνέχεια εξωθείται σε λωρίδες που μπορούν να κοπούν σε σφαιρίδια που ψύχονται σε νερό. Το πολυμερές εξωθείται και κόβεται σε σφαιρίδια. Τα δροσερά σφαιρίδια τοποθετούνται σε ένα δοχείο όπου το νερό απομακρύνεται και στη συνέχεια προστίθεται σε έναν πύργο με στόχο να στεγνώσει. Μετά τον έλεγχο για τυχόν ανωμαλίες μέσω μιας διαδικασίας ροής αέρα, το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) αφαιρείται και αποθηκεύεται.

Ιδιότητες πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας

- LDPE Σημείο τήξεως: 105 έως 115 ° C
- Πυκνότητα LDPE: 0,910-0,940 g / cm3
- Χημική αντοχή του LDPE: Καλή αντοχή σε αλκοόλες, αραιωμένα αλκάλια και οξέα
- Πολυμερές χαμηλού κόστους με καλή επεξεργασιμότητα
- Υψηλή αντοχή σε κρούση σε χαμηλή θερμοκρασία, καλή αντοχή στο χρόνο
- Εξαιρετικές ηλεκτρικές μονωτικές ιδιότητες
- Πολύ χαμηλή απορρόφηση νερού

Μειονεκτήματα LDPE

- Είναι ευαίσθητο στη ρωγμή του στρες
- Χαμηλή αντοχή, ακαμψία και μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Αυτό περιορίζει τη χρήση του σε εφαρμογές που απαιτούν ακραίες θερμοκρασίες.
- Υψηλή διαπερατότητα αερίου, ιδιαίτερα διοξείδιο του άνθρακα
- Κακή αντοχή στην υγρασία
- Πολύ εύφλεκτο
- Δεν είναι δυνατή η συγκόλληση και η σύνδεση με υψηλή συχνότητα

Εφαρμογές LDPE

- Συσκευασία - Λόγω του χαμηλού κόστους και της καλής ευελιξίας του, το LDPE χρησιμοποιείται στη βιομηχανία συσκευασίας για φαρμακευτικές φιάλες και φιάλες, καλύμματα και πώματα, σφραγίδες, σάκοι απορριμμάτων, ταινίες συσκευασίας τροφίμων (κατεψυγμένα, ξηρά προϊόντα κ.λπ.) και τα λοιπά.

- Σωλήνες και εξαρτήματα - Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας χρησιμοποιείται για την κατασκευή σωλήνων νερού και σωλήνων για τη βιομηχανία σωλήνων και εξαρτημάτων λόγω της πλαστικότητας και της χαμηλής απορρόφησης νερού.

- Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν καταναλωτικά αγαθά - οικιακά σκεύη, εύκαμπτα παιχνίδια, γεωργικά φιλμ, καλωδιώσεις και καλώδια - μονωτήρες υπεράκτιων, καλωδιώσεις καλωδίων.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η χρήση των πλαστικών είναι αρκετά σημαντική για το περιβάλλον, καθώς η πλειοψηφία των πλαστικών που διατίθενται σήμερα προέρχεται από πετρέλαιο, έναν μη ανανεώσιμο πόρο. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ασταμάτητη χρήση πλαστικού έχει αρχίσει να θεωρείται ένα σοβαρό πρόβλημα, αλλά το πλαστικό είναι τόσο παγιωμένο στη ανθρώπινη ζωή και καθημερινότητα, που δεν μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί.

Για τον λόγο αυτό, πολλές χώρες προσπαθούν να θέσουν σε εφαρμογή διαφορετικές στρατηγικές, με στόχο την αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης των πλαστικών αποβλήτων. Κάποιες από τις μεθόδους διαχείρισης των πλαστικών απορριμμάτων θεωρούνται η ανακύκλωση, η αποτέφρωση, η υγειονομική ταφή και η πυρόλυση. Ως δείκτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τις συγκεκριμένες μεθόδους, λαμβάνονται η εξάντληση των φυσικών πόρων, η ενεργειακή ζήτηση, η κατανάλωση νερού και ακόμη οι επιδόσεις τους σε σχέση με την κλιματική αλλαγή.

Μετά από εκτενή μελέτη των προαναφερόμενων διαθέσιμων μεθόδων διαχείρισης των πλαστικών και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τους, η ανακύκλωση φαίνεται να θεωρείται ως η βέλτιστη επιλογή, ενώ ακόμη η μέθοδος της πυρόλυσης και της αεριοποίησης είναι αρκετά υποσχόμενες επιλογές για την διάθεση τους. Πιο συγκεκριμένα όμως έχουμε τις εξής μεθόδους:

Υγειονομική Ταφή

Ένας χώρος υγειονομικής ταφής είναι μία από τις μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων στις οποίες διατίθενται στερεά απόβλητα, κατά τρόπο που περιορίζει την αντιμετώπισή τους στο περιβάλλον. Ουσιαστικά είναι ένα πολύπλοκο σύστημα αλληλένδετων υλικών και υποσυστημάτων, που δρουν για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των αποβλήτων. Ο χώρος υγειονομικής ταφής είναι από τις παλαιότερες χρονολογικά μεθόδους απόρριψης, αλλά και από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες. Ωστόσο, η υγειονομική ταφή δεν μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμη λύση διαχείρισης αποβλήτων, αφού προκαλεί ποικίλα προβλήματα. Αρχικά είναι απαραίτητη η μεγάλη έκταση γης, η οποία σύμφωνα με οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι έπειτα μη ανακτήσιμη, για λόγους επιστημονικής μηχανικής ή κινδύνων για την υγεία. Επιπροσθέτως, η συγκεκριμένη λύση παράγει οσμή, βιοαερολύματα, οπτικές διαταραχές ενώ συνεπάγεται την απελευθέρωση επικίνδυνων χημικών ουσιών μέσω της διήθησης, η οποία είναι το υγρό που αποχετεύεται ή διυλίζεται από ένα χώρο υγειονομικής ταφής. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω του χώρου υγειονομικής ταφής, οφείλονται στην οργανική κατανομή της απόρριψης βιοαποικοδομήσιμων βιολογικών αποβλήτων.

Αποτέφρωση

Η αποτέφρωση είναι μια πολύ σημαντική μέθοδος διαχείρισης, η οποία δεν περιλαμβάνει το πρόβλημα των προβλημάτων χώρου ταφής. Στη παρούσα μέθοδο, η διαδικασία επεξεργασίας των θερμικών αποβλήτων λαμβάνει χώρα όταν ακατέργαστα ή μη επεξεργασμένα απορρίμματα πλαστικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη. Τα πλαστικά απόβλητα καίγονται σε διαφορετική θερμοκρασία, η οποία εξαρτάται με τον τύπο του πλαστικού και σε αυτή την περίοδο τα πλαστικά απόβλητα μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και σε μη εύφλεκτα υλικά, ενώ παράλληλα με την κατάσταση των στερεών καταλοίπων, αφήνουν τέφρα στον πυθμένα αποτεφρωτήρων (IBA) και υπολείμματα (DEFRA, 2012).

Σχετικά με την ασφάλεια της τέφρας του αποτεφρωτήρα, δημοσιευμένη έκθεση του Οργανισμού Περιβάλλοντος (2002) επιβεβαιώνει ότι η IBA μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια ως αδρανές πρόσμιγμα στην κατασκευή, καθώς περιέχει επίπεδα διοξίνης παρόμοια με εκείνα που απαντώνται στα εδάφη. Ωστόσο, τονίστηκε ότι πρέπει να δοθεί καθοδήγηση σχετικά με τα αποδεκτά επίπεδα μόλυνσης στα δομικά υλικά από την κυβέρνηση (2002). Η καύση θεωρείται ως μια από τις αρμόδιες μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων (Zaman, 2010) και είναι γνωστή για την ικανότητά της να παράγει θερμότητα και ενέργεια από το πλαστικά απόβλητα. Ωστόσο, θεωρώντας ότι η αποτέφρωση πλαστικών απορριμμάτων εξαρτάται αποκλειστικά από το εάν ανακτάται ή όχι ενέργεια (Weiss et.al, 2012) μαζί με άλλες πτυχές όπως η ποιότητα του καυσίμου και η αποδοτικότητα της ενέργειας, η οποία ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το αν η μονάδα αποτέφρωσης παράγει ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα ή και τα δύο μαζί με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες αποδόσεις στη μέθοδο συμπύκνωσης αερίου καυσίμου.

Ωστόσο, όσον αφορά τη διαχείριση αποβλήτων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αποτέφρωσης πλαστικών αποβλήτων περιλαμβάνουν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO_2). Εν κατακλείδι,αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι χρήσιμη για την αποφυγή ορισμένων προβλημάτων πλαστικών απορριμμάτων, αλλά έχει και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι μια προηγμένη θερμική επεξεργασία. Το ενδιαφέρον για την πυρόλυση έχει αυξηθεί κατά την τελευταία δεκαετία και υπάρχει μεγάλη πρόβλεψη ότι αυτή η τεχνολογία θα αποδειχθεί βιώσιμη εναλλακτική λύση για την αντιμετώπιση των εναπομένων κλάδων αστικών αποβλήτων, προκειμένου να συμμορφωθεί με τα στοιχεία της οδηγίας ΕΚ για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (DEFRA, 2004) . Η πυρόλυση είναι η θερμική υποβάθμιση των αποβλήτων απουσία αέρα για την παραγωγή αερίου, πετρελαίου όπως πυρόλυσης πετρελαίου ή στερεών (κυρίως τέφρας, άνθρακα και άνθρακα). Ακόμη, είναι μια ισχυρή συμβιβαστική μέθοδος σε σύγκριση με την υγειονομική ταφή, την ανακύκλωση και την αποτέφρωση με τις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επιπροσθέτως, τα αέρια και το πετρέλαιο που παράγεται στην πυρόλυση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα και συνεπώς παρέχουν σημαντική εξοικονόμηση πόρων χωρίς μεγάλη επίδραση στο κλίμα ή στον χώρο

υγειονομικής ταφής. Το κύριο πλεονέκτημα της πυρόλυσης είναι ότι επιτρέπει τη διαδικασία πλαστικών απορριμμάτων που κατά τα άλλα είναι δύσκολο να ανακυκλωθούν. Αυτή η διαδικασία παράγει επαναχρησιμοποιήσιμα προϊόντα, αλλά σε αντίθεση με την αποτέφρωση, δεν υπάρχουν περιβαλλοντικά επιβλαβείς εκπομπές στη διαδικασία πυρόλυσης.

Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση θεωρείται ένας από τους κλασσικούς στόχους στο σύστημα διαχείρισης βιώσιμων αποβλήτων (Bohm et al, 2010). Τα συλλεγμένα πλαστικά απορρίμματα αποστέλλονται σε διάφορες αγορές, λόγω της αυξανόμενης αγοράς για ανακυκλωμένα πλαστικά που περιλαμβάνει συστήματα κλειστού βρόχου για φιάλες PET. Τα πλαστικά εξάγονται επίσης στο εξωτερικό για σκοπούς ανακύκλωσης (Defra, 2012), αλλά υποστηρίζεται ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη των εξαγωγών επισκιάζουν τις επιπτώσεις των μεταφορών. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών που εμπλέκονται στην εξαγωγή είναι υψηλές. Η ανακύκλωση μπορεί να αποτρέψει μια τεράστια ποσότητα νέας παραγωγής, η οποία οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας, την εξάντληση των πρώτων υλών, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένης της οξίνισης ακόμη και μετά τη μεταφορά. Οι ακριβείς επιπτώσεις εξαρτώνται από το παρθένο υλικό που αντικαθίσταται και τη διάρκεια ζωής του αντικαθίσθεντος προϊόντος. Το PET είναι ένας από τους τύπους πλαστικών που συλλέγονται περισσότερο για ανακύκλωση (DEFRA, 2011b). Αυτός ο τύπος πλαστικού έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα μελέτη. Η ανακύκλωση προστατεύει τους πόρους που ενσωματώνονται στα πλαστικά απόβλητα, ωστόσο, πολλοί υποστηρίζουν την απαίτηση των ενεργειακών εισροών για τη διαδικασία μετασχηματισμού, αυτό οδηγεί σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εκτός αυτού, δεν μπορούν να ανακυκλωθούν όλοι οι τύποι πλαστικών. Η φιάλη PET έχει ισχυρά πλεονεκτήματα στην ανακύκλωση, ωστόσο σύνθετα προϊόντα όπως σύνθετα υλικά, αντικείμενα μικρού βάρους ή εκείνα που είναι μολυσμένα με άλλα προϊόντα είναι λιγότερο ευνοϊκά για την ανακύκλωση.

- Αναβάθμιση Υλικού- Upcycling

  Αναβάθμιση ενός υλικού μέσω της ανακύκλωσης, είναι η διαδικασία κατά την οποία το υλικό που προκύπτει είναι μεγαλύτερης αξίας από εκείνο το απόβλητο που ανακυκλώθηκε. Η ανακύκλωση αυτού του είδους, μειώνει την ποσότητα αποβλήτων που απορρίπτονται στους χώρους υγειονομικής ταφής. Ορισμένα απόβλητα περιέχουν επικίνδυνες χημικές ουσίες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν υποβάθμιση του εδάφους ή των υδάτων. Η αναβάθμιση παρέχει μια φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για την αντιμετώπιση αυτών των αποβλήτων.

- Υποβάθμιση πλαστικού- Downcycling

  Η υποβάθμιση ή ‘’υποκύκλωση’’ ενός υλικού είναι η ανακύκλωση αποβλήτων όπου το ανακυκλωμένο υλικό είναι χαμηλότερης ποιότητας και λειτουργικότητας από το αρχικό υλικό.

Συνήθως, αυτό οφείλεται στη συσσώρευση στοιχείων παγίδευσης σε δευτερογενή μέταλλα, τα οποία μπορεί να αποκλείσουν τα τελευταία από εφαρμογές υψηλής ποιότητας. Η υποβάθμιση μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση των υλικών που χρησιμοποιούνται, στη μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών αλλά και στην αποφυγή της χρήσης ενέργειας, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της ρύπανσης των υδάτων της πρωτογενούς παραγωγής και της εξόρυξης πόρων.

Γενικότερα, η πλειοψηφία των προϊόντων που παράγεται είναι χαμηλότερης ποιότητας από το αρχικό πλαστικό προϊόν και η δυνατότητα περαιτέρω ανακύκλωσης είναι μηδαμινή, αν όχι μηδενική.

Είναι αναγκαίο να επισημανθεί, ότι η ανακύκλωση πρέπει να ανανεώνει τη χρηστική αξία μιας συσκευασίας και όχι να την υποβαθμίζει. Η ζωή του πλαστικού παρατείνεται με τους παραπάνω τρόπους, όμως το πρόβλημα συνεχίζει να υπάρχει. Δυστυχώς, οι μεγάλες ποσότητες πλαστικού που διοχετεύονται καθημερινά στην αγορά, καθιστούν αδύνατη την αντιμετώπιση του προβλήματος της πλαστικής ρύπανσης, μόνο μέσω της ανακύκλωσης.

Μείγμα Πλαστικών Αποβλήτων

Το μικτό πλαστικό είναι ένας όρος που καλύπτει όλες τις πλαστικές συσκευασίες που δεν περιέχουν φιάλες μπουκαλιών. Περιλαμβάνει ουσιαστικά άκαμπτα και εύκαμπτα είδη πλαστικής συσκευασίας διαφόρων τύπων και χρωμάτων πολυμερών και αποκλείει πλαστικά μπουκάλια και μη συσκευασμένα αντικείμενα. Σε αντίθεση με την ανακύκλωση των καθαρών, ταξινομημένων και ταυτοποιημένων πλαστικών αποβλήτων, η διαδικασία συσσωμάτωσης που χρησιμοποιείται για την ανακύκλωση ακατάλληλων μικτών πλαστικών αποβλήτων συνεπάγεται σημαντικά ισχυρότερες δυνάμεις, υψηλότερες θερμοκρασίες και περισσότερη φθορά.

Η ανάγκη για ανακύκλωση των μεικτών πλαστικών, προκύπτει από αρκετούς παράγοντες, όπως το αυξανόμενο κόστος διάθεσης των αποβλήτων, παράλληλα με την αυξανόμενη ζήτηση του κοινού για αποτελεσματικότερους και φιλικότερους προς το περιβάλλον τρόπους εξόρυξης αποβλήτων από χώρους υγειονομικής ταφής.

Τα μικτά πλαστικά μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε άκαμπτα πλαστικά και φιλμ ή εύκαμπτα πλαστικά.

Σχετικά με τις επιλογές διαχείρισης αποβλήτων για μικτά πλαστικά, η μηχανική ανακύκλωση θεωρείται ως η καλύτερη επιλογή για μικτά πλαστικά και αφού είναι τεχνικά και οικονομικά βιώσιμο να ανακυκλωθούν.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ/ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η ανακυκλωσιμότητα των πλαστικών απορριμάτων, επηρεάζεται κυρίως από τους διαφορετικούς τύπους πλαστικών που απαρτίζουν τις πλαστικές συσκευασίες. Η ανακύκλωση συσκευασίων οι οποίες αποτελούνται από ένα μόνο τύπο πλαστικού, είναι επομένως πιο εύκολη συγκριτικά με τις πιο σύνθετες συσκευασίες. Πολλοί παράγοντες ακόμη, όπως οι μικροοργανισμοί, το οξυγόνο, το νερό, το κρύο, η θερμότητα και η έκθεση σε ηλιακό φως, μπορούν να αλλάξουν τις ιδιότητες των πλαστικών λόγω γήρανσης και να τα υποβαθμίσουν.

Οι υποβαθμιστικοί τύποι περιλαμβάνουνακτινοβολία, θερμική, μηχανική, υδρολυτική, υπερηχητική,χημική, όπως και βιολογική αποδόμηση (Allen and Edge, 1992), εκ των οποίων η θερμική αποδόμηση και η φωτοαποικοδόμηση, που προκαλείται από την ακτινοβολία του ηλίου, συναντώνται πιο συχνά στα πλαστικά. Οι συγκεκριμένοι δύο τύποι υποβαθμίσεωντου πλαστικού, ενώ μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, έχουν μία σημαντική διαφορά κατά την έναρξη τους. Η θερμική αποδόμηση προκύπτει από τη θερμική διάσπαση των χημικών δεσμών σε μακρομόρια, ενώ η φωτοαποικοδόμηση από φωτοδιάσπαση χημικών δεσμών (Rabek, 1996). Κατά την διαδικασία της ανακύκλωσης, τα πλαστικά υποβάλλονται σε συνεχή επεξεργασία, η οποία τα εκθέτει σε θερμική αποδόμηση. Συνήθως η γήρανση της συσκευασίας προκαλείται από αυτό το γεγονός, ενώ έχει μικρή επαφή με την ακτινοβολία UV.

Γενικότερα, εκτός από τις δύο υποβαθμίσεις που προαναφέρθηκαν, το οξυγόνο είναι επίσης ιδιαιτέρως σημαντικό στη διαδικασία αποδόμησης των πλαστικών, αφού μέσω της φωτο-οξειδωτικής αποδόμησης λαμβάνουν χώρα διεργασίες όπως φωτο-οξείδωση, διάσπαση αλυσίδων, αλλά και δευτερεύουσες αντιδράσεις.Οι διεργασίες αυτές επιφέρουν στις ιδιότητες και στην εμφάνιση του πλαστικού ποικίλες αλλαγές, όπως ευθραυστότητα, υποβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων, αλλαγή στο χρώμα,ρωγμές,καιιδιαιτέρως μειωμένη διάρκεια ζωής. (Rajakumar et al., 2009).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Η ανακύκλωση πλαστικών αναλύεται σε μερικά ξεχωριστά βήματα. Γενικά, αυτά τα βήματα παραμένουν τα ίδια για τους περισσότερους τύπους εγκαταστάσεων ανακύκλωσης, αλλά ορισμένα βήματα μπορούν να συνδυαστούν ή να παραλειφθούν σε ορισμένες περιπτώσεις.

1. Συλλογή

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία ανακύκλωσης είναι πάντα η συλλογή του πλαστικού υλικού που πρόκειται να ανακυκλωθεί. Αυτό το βήμα εξαρτάται απόλυτα από την διάθεση των πλαστικών απορριμμάτων στο σωστό μέρος. Εάν τα πλαστικά απορρίμματα διατίθενται σε κανονικούς κάδους απορριμμάτων, δεν θα ανακυκλωθούν, οπότε είναι εξαιρετικά σημαντικό να διαχωριστούν τα κοινά απορρίμματα και πλαστικά απόβλητα.

Επιπλέον, είναι ιδανικό για τις κυβερνήσεις να διαθέτουν ένα σύστημα συλλογής ανακύκλωσης που πηγαίνει στα σπίτια ή στις επιχειρήσεις ανθρώπων για να συλλέγουν τα πλαστικά απόβλητα. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, τα τοπικά σημεία συλλογής για το πλαστικό πρέπει να είναι εύκολα προσβιβάσιμα από το κοινό. Η ευκολία διάθεσης των πλαστικών αποβλήτων για τους ανθρώπους είναι πρωταρχικής σημασίας για την προώθηση της ανακύκλωσης.

2. Ταξινόμηση

Αφού τα πλαστικά συλλεχθούν και μεταφερθούν σε εγκατάσταση ανακύκλωσης, ακολουθεί η διαλογή.

Οι μηχανές ταξινομούν τα πλαστικά σε διαφορετικές περιοχές βασισμένες σε μια πληθώρα ιδιοτήτων που συχνά εξαρτώνται από την εγκατάσταση ανακύκλωσης ή το τελικό προϊόν που παράγεται.

Τα πλαστικά συνήθως ταξινομούνται με μερικούς κοινούς τρόπους, όπως ο τύπος πλαστικού (υλικό κατασκευής), το χρώμα του πλαστικού, ή ακόμα και ο τρόπος κατασκευής του. Αυτό θεωρείται ιδιαιτέρως σημαντικό επειδή οι τύποι των πλαστικών πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία με διάφορους τρόπους και ορισμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης είναι ικανές να ανακυκλώνουν μόνο ένα είδος πλαστικού. Εάν ο λάθος τύπος πλαστικού επεξεργάζεται στην λανθασμένη εγκατάσταση, μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα της όλης διαδικασίας και να χρειάζεται να επιστραφεί ολόκληρη η ποσότητα των πλαστικών.

3. Πλύσιμο

Η πλύση των πλαστικών αποβλήτων κρίνεται αναγκαία πριν την περαιτέρω επεξεργασία τους. Ο στόχος αυτού του βήματος είναι να αφαιρέσει τους ρύπους καθώς και όλα όσα δεν είναι κατασκευασμένα από πλαστικό.

Τα περισσότερα δοχεία και συσκευασίες έχουν ετικέτες, κόλλα ή ακόμη και υπολείμματα τροφίμων που πρέπει να αφαιρεθούν. Αυτά τα μη πλαστικά απόβλητα δεν μπορούν να ανακυκλωθούν και μπορεί να προκαλέσουν κακή δομική ακεραιότητα στο τελικό προϊόν.

4. Αλλαγή μεγέθους

Η αλλαγή μεγέθους αποτελείται από τεμαχισμό ή κοκκοποίηση των πλαστικών αποβλήτων σε μικρά σωματίδια. Αυτό αυξάνει την επιφάνεια του πλαστικού, διευκολύνοντας την επεξεργασία, την αναμόρφωση και τη τυχόν μεταφορά του.

Επιπλέον, παρέχει στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης μία τελευταία ευκαιρία να αφαιρέσει τυχόν μη πλαστικά απόβλητα που παραλήφθηκαν μέσα από τα πρώτα 3 στάδια επεξεργασίας. Αυτό γίνεται συχνά με ανιχνευτές μετάλλων ή μαγνήτες που θα βοηθήσουν στην απομάκρυνση όλων των υπολειμμάτων μετάλλου στο μείγμα.

5. Ταυτοποίηση και διαχωρισμός πλαστικών

Η ταυτοποίηση και ο διαχωρισμός των πλαστικών είναι όταν τα μικρά πλαστικά σωματίδια δοκιμάζονται για να καθοριστεί η ποιότητα και η κατηγορία τους. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της πυκνότητας τους (τοποθέτηση των σωματιδίων σε νερό), ή μέσω του αέρα, κατά την οποία τα σωματίδια ταξινομούνται σε μικρότερα και μεγαλύτερα λόγω της τοποθέτησης τους σε αεροδυναμική σήραγγα.

Ακόμη τα πλαστικά χωρίζονται και αναλόγως με το σημείο τήξης και το χρώμα τους. Αυτά καθορίζονται με συλλογή και ανάλυση δειγμάτων από κάθε παρτίδα πλαστικών σωματιδίων.

6. Σύνθεση

Η σύνθεση είναι όταν τα μικρά σωματίδια διασπώνται και τήκονται μαζί σε πλαστικούς σβώλους. Τα σφαιρίδια μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή άλλων πλαστικών προϊόντων.

Η διαδικασία της ανακύκλωσης μπορεί να είναι ενεργειακά απαιτητική, αλλά ο καλός εξοπλισμός και η ορθή μελέτη μπορεί να συντελέσει στην μείωση του χρόνου και της ενέργειας που απαιτείται.Με την υποχρεωτική ανακύκλωση ή την ανακύκλωση χρηματοδότησης, θα μπορούσε να υπάρξει διαφορά στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό ζήτημα που υπάρχει λόγω των αποβλήτων.

2.3. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να εξετάζεται το ενδεχόμενο της χρήσης των ανακυκλωμένων πλαστικών υλικών ως εναλλακτικά αδρανή σε τσιμεντοκονίαμα ή σκυρόδεμα, με στόχο την ελάττωση των συνεπειών που έχουν εκείνα και τα πλαστικά στο περιβάλλον. Το ανακυκλωμένο πλαστικό αδρανές σε τσιμεντοκονίαμα αρχίζει να γίνεται γνωστό ως μια νέα τεχνολογία που μπορεί να συμβάλει στην αποδοτικότητα των πόρων στη βιομηχανία των κατασκευών.

Σχετικά με τις διαφορές μεταξύ τσιμεντοκονιάματος και σκυροδέματος, αξίζει να αναφερθεί ότι στο δεύτερο γίνεται η χρήση χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών, σε αντίθεση με το πρώτο όπου χρησιμοποιούνται μόνο λεπτόκοκκα αδρανή.

Το τσιμέντο είναι συνδετικό υλικό. Το τσιμέντο αποτελείται από ασβεστόλιθο, ασβέστιο, πυρίτιο, σίδηρο και αλουμίνιο, μεταξύ άλλων συστατικών. Όταν το νερό προστίθεται στο τσιμέντο, ενεργοποιεί μια χημική διαδικασία που του επιτρέπει να σκληρύνει. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι τσιμέντου, αλλά ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο στην κατασκευή όπως και στην συγκεκριμένη εργασία, είναι το τσιμέντο Portland. Το κονίαμα χρησιμοποιείται για την συγκράτηση οικοδομικών υλικών και αποτελείται από ένα παχύ μείγμα νερού, άμμου και τσιμέντου. Το νερό χρησιμοποιείται για να ενυδατώσει το τσιμέντο και να κρατήσει το μίγμα μαζί. Ο λόγος ύδατος προς τσιμέντο είναι υψηλότερος στο κονίαμα από ό, τι στο σκυρόδεμα για να σχηματίσει το συγκολλητικό του στοιχείο.

Αντιστοίχως, το σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό (αποτελείται από άμμος ή χαλίκι), τσιμέντο και νερό. Το τσιμέντο αποτελεί το 10 έως 15% της συνολικής μάζας σκυροδέματος. Οι ακριβείς αναλογίες ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται. Τα αδρανή αποτελούν πάνω από το 60% ενός μίγματος σκυροδέματος - και μέχρι και το 80% σε ορισμένες περιπτώσεις. Οι αναλογίες του μίγματος καθορίζουν τη δύναμη, την αντίσταση, τη δυνατότητα επεξεργασίας και τον χρόνο που χρειάζεται για να σκληρύνει. Παρ' όλα αυτά, δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί ως συνδετικό στοιχείο, λόγω του ότι απαιτείται χαμηλός λόγος νερού προς τσιμέντο. Το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε δομικά έργα και συχνά ενισχύεται με οπλισμό από χάλυβα για να διατηρήσει τη δομική του ακεραιότητα καθώς το έδαφος κάτω από αυτό εγκαθίσταται. Χρησιμοποιείται καλύτερα για υποστήριξη, όπως δοκάρια, τοίχοι ή άλλα θεμέλια κτιρίων.

Τα απόβλητα πολυμερών πλαστικών είναι σχεδόν μη αποικοδομήσιμα στο φυσικό περιβάλλον ακόμα και μετά από μακρά περίοδο έκθεσης. Για τον λόγο αυτό, η χρήση ενός αποβλήτου πολυμερούς υλικού για την κατασκευή σκυροδέματος-τσιμεντοκονιάματος μπορεί να αποδειχθεί μία πολύτιμη λύση σε έναν εξαιρετικά σοβαρό περιβαλλοντικό κίνδυνο. Η ανακύκλωση πλαστικών παγκοσμίως έχει αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας της ανάγκης επίλυσης του προβλήματος της συσσώρευσης στερεών αστικών αποβλήτων, η οποία προώθησε την ανάπτυξη εναλλακτικών συστημάτων ανακύκλωσης και την εκτίμηση της αξίας των αποβλήτων. Η προσθήκη πλαστικών αποβλήτων σε τσιμεντοκονίαμαθεωρείται ως μια νέα προοπτική στις ερευνητικές δραστηριότητες, που αξιοποιεί τους τομείς της τεχνολογίας σκυροδέματος και της περιβαλλοντικής τεχνολογίας.

Γενικότερα, η χρήση πλαστικού σε σκυρόδεμα έχει πολλά πλεονεκτήματα, τα οποία οφείλονται στις ευεργετικές του ιδιότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν:

1) Εξαιρετική ευελιξία και ικανότητα προσαρμογής ακόμη και σε ειδικές τεχνικές ανάγκες.

2) Λιγότερο βάρος από τα ανταγωνιστικά υλικά μείωσης καυσίμου και της κατανάλωσης κατά τη μεταφορά.

3) Ανθεκτικότητα και μακροζωία.

4) Αντοχή σε χημικά, νερό και κρούση.

5) Εξαιρετική θερμική και ηλεκτρική μόνωση.

6) Συγκριτικά μικρότερο κόστος παραγωγής.

Όσον αφορά τα κύρια μειονεκτήματα της χρήσης του πλαστικού σε σκυρόδεμα έχουν ως εξής:

1) Τα πλαστικά έχουν χαμηλές ιδιότητες συγκόλλησης, με αποτέλεσμα η αντοχή του σκυροδέματος να μειώνεται, όπως η πίεση, η αντοχή σε εφελκυσμό και η κάμψη.

2) Το σημείο τήξης του είναι χαμηλό, δυσκολεύοντας την χρήση του σε υψηλή θερμοκρασία.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1. ΣΤΟΧΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της εφαρμογής πλαστικών αποβλήτων ως υποκατάστατα των αδρανών, σε δοκίμια τσιμεντοκονιάματος.Γίνεται σύγκριση μεταξύ των πλαστικών που χρησιμοποιήθηκαν ως προς την αποτελεσματικότητα τους, με βάση το είδος τους αλλά και την περιεκτικότητα τους σε πολυμερή, αφού έλαβε χώρα κατασκευή δοκιμίων με διαφορετικές περιεκτικότητες στο κάθε υλικό, όπως 1%, 2% και 4% .Γενικότερα, αναλύεται η επίδραση διαφορετικών πλαστικών ειδών και ποικίλων ποσοστών αντικατάστασης, στις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των κονιαμάτων.

Αυτή η έρευνα αποσκοπεί στη διερεύνηση και σύγκριση των θεωριών σε σκυρόδεμα με πολυμερή ανακυκλώσιμα απόβλητα, αλλά στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών, λαμβάνοντας υπόψη την μεταγενέστερες εξελίξεις.

3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΥΛΙΚΟ

Το αρχικό στάδιο της μελέτης, αφορούσε την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την εκπόνηση του πειράματος.

Τα πλαστικά απόβλητα που συλλέχθηκαν περιλάμβαναν πλαστικά τύπου PET- Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο, PP -Πολυπροπυλένιο, LDPE - πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, καθώς και μία μίξη των παραπάνω πλαστικώνσε αναλογίες PET 60%, PP 20% και LDPE 20%. Τα πλαστικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν είτε σε μορφή νιφάδων, είτε σε μορφή ρητίνων.Τέλος, κατασκευάστηκαν και κάποια δοκίμια με 0% αντικατάσταση άμμου για συγκριτικές αναφορές.

Η αναλογία νερού/τσιμέντου διατηρήθηκε στα 0.46 και τα ποσοστά αντικατάστασης των χονδρόκοκκων αδρανών με πλαστικό ήταν 1, 2, 4%. Οι παράμετροι των δοκιμίων που εξετάστηκαν, αφορούν την θλιπτική αντοχή τους, σε 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Τα υλικά που χρησιμοποιηθήκαν για το πείραμα ήταν τσιμέντο τύπου CEMII/A-m 42.5 N, ασβεστολιθική άμμος διαμέτρου μικρότερη των 4 mm, νερό και πλαστικό απόβλητο.

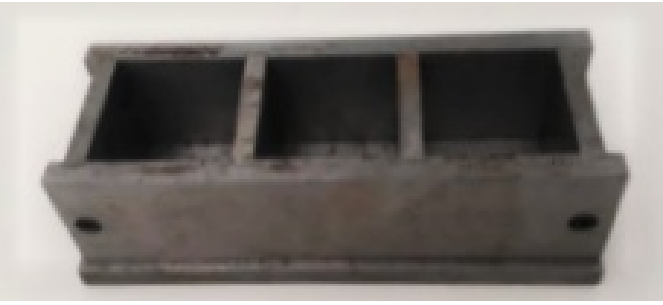
ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

Οι ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των δοκιμίων (όπου 3 δοκίμια/είδος) παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 13:

Πίνακας 13: Ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή κάθε μήτρας τριών δοκιμίων.

Είδος	Όγκος (cm)^3	ΒάροςΠλαστικού (gr)	Νερό (ml)	Άμμος (gr)	Τσιμέντο (gr)
PET 1%	125	11.3	200	1118.7	411
PET 2 %	125	22.6	200	1107.4	411
PET 4 %	125	45.2	200	1085.8	411
PP 1%	125	11.3	200	1118.7	411
PP 2%	125	22.6	200	1107.4	411
PP 4%	125	45.2	200	1085.8	411
LDPE 1%	125	11.3	200	1118.7	411
LDPE 2%	125	22.6	200	1107.4	411
LDPE 4%	125	45.2	200	1085.8	411
MIX 1%	125	11.3	200	1118.7	411
MIX 2%	125	22.6	200	1107.4	411
MIX 4%	125	45.2	200	1085.8	411
Σκέτο	125	0	200	1130	411

Ο συγκεκριμένος Πίνακας αναφέρεται σε 3 δοκίμια ανά είδος, λόγω της χωρητικότητας της μήτρας, όπως φαίνεται στην φωτογραφία που ακολουθεί (Εικόνα 1). Εφόσον όμως, από κάθε είδος χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά και σε μορφή νιφάδων αλλά και σε μορφή ρητίνων, για τις μετρήσεις τους ανά 7 και 28 ημέρες, χρειάστηκε να κατασκευαστούν **145** δοκίμια για την εκπόνηση του πειράματος.



Εικόνα 1: Μήτρα τετραγωνικών δοκιμίων διαστάσεων 5x5x5 cm.

Επομένως η ποσότητα πλαστικού που χρησιμοποιήθηκε ανά υλικό, για όλα τα δοκίμια που κατασκευάστηκαν στην παρούσα πειραματική διαδικασία είναι:

Πίνακας 14: Ποσότητες πλαστικών που χρησιμοποιήθηκν ανά είδος για τη παρασκευή των δοκιμίων.

Είδος Πλαστικού	Συνολικό Βάρος Πλαστικού (gr)
PET	169.14
PP	126.85
LDPE	126.85

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Αρχικά, τα πλαστικά απόβλητα τεμαχίστηκαν χειρωνακτικά σε μικρότερα κομμάτια με την βοήθεια ψαλιδιού και τελικό μέγεθος < 4 mm, έτσι ώστε να αντικαταστήσουν τμήμα της αδρανούς άμμου. Η άμμος ξηράθηκε στους 105 °C για 24 ώρες και στη συνέχεια κοσκινίστηκε, για να μην υπερβαίνει το επιθυμητό μέγεθος.

α) β)

Εικόνα 2: α) Κομμάτια πλαστικού αποβλήτου LDPEσε μορφή νιφάδων, β) Κομμάτια πλαστικών σε μορφή ρητίνων

Τα δοκίμια τσιμεντοκονιάματος κατασκευάστηκαν σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο ASTMC 109/C 109M – 07, η οποία αναφέρεται σε κυβικά δοκίμια διαστάσεων 5×5×5 cm. Η αντικατάσταση της άμμου από τις νιφάδεςκαι τις ρητίνες των πλαστικών, έγινε σε ποσοστά 1%, 2% και 4% όπως προαναφέρθηκε.

Όσον αφορά την προετοιμασία των δοκιμίων, είχε ως εξής:

- Εφαρμόστηκε μια λεπτή επίστρωση λαδιών και λιπαντικών, χρησιμοποιώντας εμποτισμένο ύφασμα στις εσωτερικές επιφάνειες της μήτρας και των μη απορροφητικών πλακών βάσης. Καθαρίστηκαν οι όψεις του καλουπιού και η πλάκα βάσης για την απομάκρυνση τυχόν περιττών λιπαντικών ουσιών και για την επίτευξη μιας λεπτής, ομοιόμορφης επίστρωσης στις εσωτερικές επιφάνειες.
- Σφραγίστηκαν οι επιφάνειες όπου ένωναν τα μισά τμήματα του καλουπιούεφαρμόζοντας μια επίστρωση βαζελίνης.
- Μετά την τοποθέτηση του καλουπιού στην πλάκα βάσης (και της σφράγισης μέσω του σφιγκτήρα) αφαιρέθηκε με στεγνό πανί οποιοδήποτε πλεονάζον λάδι από την επιφάνεια του καλουπιού και την πλάκα βάσης ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί οποιοδήποτε υλικό αποτελούμενο από νερό.

3.3. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Οι αναλογίες υλικών για το τυποποιημένο κονίαμα ήταν ένα μέρος τσιμέντου σε 2,75 μέρη άμμου κατά βάρος. Χρησιμοποιήθηκε μια αναλογία ύδατος-τσιμέντου 0,484 για τα τσιμέντα portland.

Οι ποσότητες υλικών που αναμείχθηκαν σε μια παρτίδα κονιάματος για την παρασκευή τριών δειγμάτων δοκιμής αναφέρονται στον Πίνακα 13.

Αρχικά ζυγίστηκε η άμμος με ειδική ζυγαριάακριβείας, ώστε να έχει το επιθυμητό βάρος.

Μετρήθηκε με ογκομετρικό σωλήνα η απαραίτητη ποσότητα νερού.

Το κονίαμα τοποθετήθηκε σε αναδευτήρα, όπου αναμείχθηκε μηχανικά για 30 δευτερόλεπτα με την άμμο (σύμφωνα με τη διαδικασία που δίδεται στην πρακτική C 305).

Εικόνα 3: Εργαστηριακός αναδευτήρας

Προστέθηκε στην συνέχεια το νερό κατά δόσεις, και η ανάμειξη συνεχίστηκε για 60 δευτερόλεπτα στην αργή και για 60 δευτερόλεπτα στην πιο γρήγορη ταχύτητα του αναδευτήρα.

Το υλικό έπειτα τοποθετήθηκε στην μήτρα, συμπιέστηκε με συμπίεση σε δύο στρώσεις και χτυπήθηκε με ειδικό μαχαιράκι για αποφυγή σβόλων και κενών και για την καλύτερη ομοιογένεια του.

Μετά το πέρας μίας ημέρας που το υλικό είχε στεγνώσει και πάρει μορφή, τα δοκίμια αφαιρέθηκαν από τις μήτρες και τοποθετήθηκαν σε λεκάνη με νερό για την ωρίμανση τους, με 100% υγρασία και θερμοκρασία στους 22 ˚C.

Τα δοκίμια στην συνέχεια αφαιρέθηκαν από την λεκάνη στο τέλος των απαραίτητων ημερών για την καταμέτρηση τους, δηλαδή μετά από 7 ή 28 ημέρες.

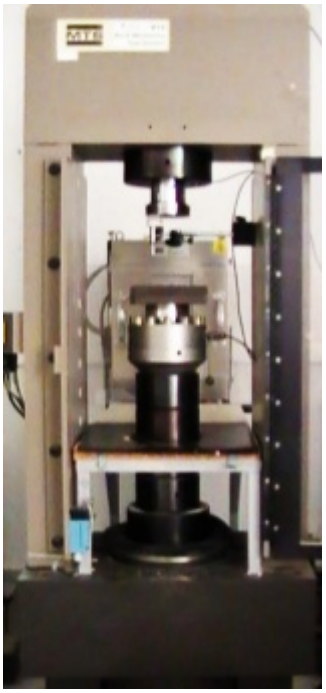
Εικόνα 4: Δοκίμια τοποθετημένα σε λεκάνη με νερό για συνθήκες υγρασίας 100%

Μετά το πέρας των ημερών, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Καθαρίζεται το δοκίμιο και απομακρύνεται κάθε ξένο σώμα
- Σκουπίζονται τα δοκίμια από τυχόν υπολείμματα νερού
- Μετριούνται οι διαστάσεις του δοκιμίου με ακρίβεια 1mm.
- Ζυγίζεται το δοκίμιο με ακρίβεια 0,25% του βάρους

Εικόνα 5 α) Δοκίμια προς θλίψη, β) Μέτρηση δοκιμίου σε ζυγαριά ακριβείας

Τέλος, τα δοκίμια οδηγήθηκαν για τη δοκιμή μονοαξονικής θλίψης, η οποία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μηχανικής Πετρωμάτων. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με πρέσα τύπου MTS – 815 με δυναμικότητα ±1600 kN μέγιστης δύναμής και μέγιστης μετατόπισης ±50 mm. Τα αποτελέσματα έδειξαν την θλιπτική αντοχή των εξεταζόμενων δοκιμίων, καθώς και το μέτρο ελαστικότητάς τους.

α) 

β)

Εικόνα 6: α) Πρέσα τύπου MTS- 815 για δοκιμή θλίψης και β) Καταγραφή αποτελεσμάτων

3.4. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος και η πυκνότητα είναι δύο πολύ σημαντικοί παράμετροι για το σκυρόδεμα. Το ειδικό βάρος του σκυροδέματος είναι η μάζα ή το βάρος του σκυροδέματος που απαιτείται για την πλήρωση ενός δοχείου συγκεκριμένης μονάδας όγκου και ως μονάδα μέτρησης χρησιμοποιείται $\frac{kg}{m^3}$ ή $\frac{lb}{ft^3}$. Ο όγκος που χρησιμοποιείται είναι αυτός που περιέχει τόσο το σκυρόδεμα όσο και τα τυχόν κενά μεταξύ σωματιδίων του σκυροδέματος. Το ειδικό βάρος αντικατοπτρίζει την ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί για δομική στήριξη, κίνηση νερού και διαλυμένης ουσίας και αερισμό του εδάφους. Οι μαζικές πυκνότητες πάνω από τα όρια υποδηλώνουν μειωμένη λειτουργία. Το ειδικό βάρος χρησιμοποιείται επίσης για την έκφραση φυσικών, χημικών και βιολογικών μετρήσεων του εδάφους σε ογκομετρική βάση για αξιολόγηση ποιότητας εδάφους και συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων διαχείρισης. Αυτό αυξάνει την εγκυρότητα των συγκρίσεων, αφαιρώντας το σφάλμα που σχετίζεται με τις διαφορές στην πυκνότητα του εδάφους κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Γενικότερα, το σκυρόδεμα για να θεωρείται ότι είναι ελαφρύ, θα πρέπει να έχει πυκνότητα έως $2.2\ g/cm^3$, ενώ η πυκνότητα του κανονικού βάρους σκυροδέματος θεωρείται ότι είναι μεταξύ $2.3\ g/cm^3$.

3.5. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Αντοχή σε Θλίψη

Μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες του σκυροδέματος είναι η αντοχή σε θλίψη. Αυτό συμβαίνει γιατί επηρεάζει και άλλες ιδιότητες, ενώ αποτελεί και γενικό δείκτη της ποιότητας τουεδάφους όντας άρρηκτα συνδεδεμένη με την εσωτερική δομή του (αδρανή/πλαστικά/τσιμεντοπολτός) και αποτελεί βασικό στοιχείο για την διαστασιολόγηση των κατασκευών από το υλικό αυτό.

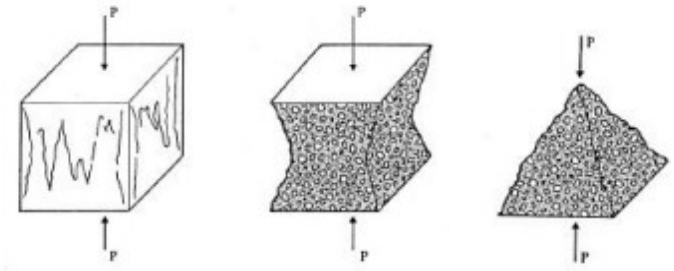
Η αντοχή του σκυροδέματος στη θλίψη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως την ποιότητα των υλικών, τις αναλογίες των υλικών ανάμειξης, τον τρόπο μεταφοράς, τοποθέτησης και συμπύκνωσης του σκυροδέματος, το ποσοστό των κενών, καθώς και το λόγο νερού – τσιμέντου (W/Cratio).

Αξίζει να αναφερθεί ότι όσο αυξάνεται ο λόγος νερού – τσιμέντου, τόσο ελαττώνεται η αντοχή του σκυροδέματος. Επειδή η ενυδάτωση του τσιμέντου συνεχίζεται και μετά τη σκυροδέτηση, η αντοχή του αυξάνεται με το χρόνο.

Τα αποτελέσματα τον μετρήσεων ενδέχεται να επηρεαστούν από διάφορους άλλους δευτερογενείς παράγοντες πέρα από το μέγεθος του δοκιμίου, όπως ο ρυθμός επιβολής του φορτίου, η υγρασία ή ακόμα και το μηχάνημα στο οποίο γίνεται η δοκιμή και οι επιβαλλόμενες

συνθήκες φόρτισης και παραμόρφωσης στα σημεία επιβολής του φορτίου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζονται τσιμεντοκονιάματα με μερική αντικατάσταση αδρανών από πολυμερή, σημαντικό ρόλο παίζουν το σχήμα και το είδος του πλαστικού, καθώς και οι αναλογίες αντικατάστασης.

Η δοκιμή θλίψης γίνεται σύμφωνα με τα πρότυπα EN 12390-3 και ASTMC39.



Εικόνα 7: Μορφές αστοχίας κυβικών δοκιμίων σε Μονοαξονική Θλίψη.

Μέτρο Ελαστικότητας

Το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος (ε) ορίζεται ως ο λόγος της εφαρμοζόμενης τάσης προς το αντίστοιχο στέλεχος, ενώ η μέτρηση του γίνεται σε GPa. Δεν αποδεικνύει μόνο την ικανότητα του σκυροδέματος να αντέχει στην παραμόρφωση λόγω της εφαρμοζόμενης τάσης αλλά και της ακαμψίας του. Γενικότερα, αντικατοπτρίζει την ικανότητα του σκυροδέματος να εκτρέπεται ελαστικά. Το μέτρο της ελαστικότητας του σκυροδέματος είναι ευαίσθητο στις αναλογίες αδρανών και μιγμάτων του σκυροδέματος. Άλλες παράμετροι που επηρεάζουν το μέτρο ελαστικότητας είναι ο λόγος νερού προς τσιμέντο, τα χαρακτηριστικά της μεταβατικής ζώνης και το πορώδες των αδρανών. Όταν γίνεται μερική χρήση πλαστικού, επηρεάζει τις τιμές ελαστικότητας και το είδος πλαστικού, όπως και το ποσοστό αντικατάστασης.

Είναι πολύ σημαντικό να καθοριστεί μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος στο σχεδιασμό δομής σκυροδέματος. Η γραμμική ανάλυση των στοιχείων, η οποία βασίζεται στη θεωρία της ελαστικότητας, χρησιμοποιείται για να ικανοποιεί τις απαιτήσεις τόσο της τελικής όσο και της οριακής κατάστασης λειτουργίας.

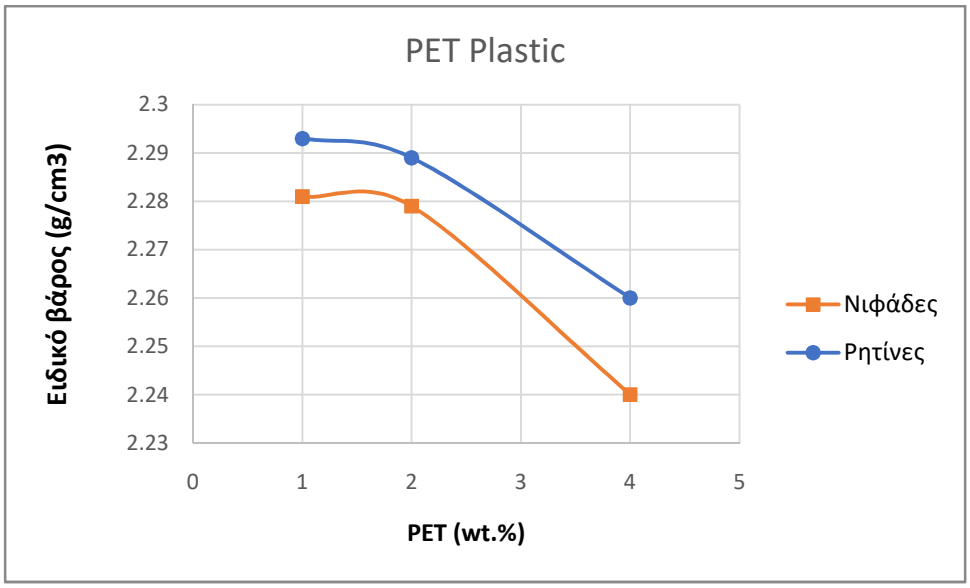
Τέλος, η γνώση του συντελεστή ελαστικότητας του σκυροδέματος υψηλής αντοχής είναι πολύ σημαντική για την αποφυγή υπερβολικής παραμόρφωσης, παρέχοντας ικανοποιητική λειτουργικότητα και αποφεύγοντας τα υπερβολικάκοστοβόρα και μη αποδοτικά σχέδια.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.1. ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ειδικού βάρους του πλαστικού τσιμέντου που παράχθηκε, παρατίθενται στα Διαγράμματα 6-9 και στους Πίνακες 15-18. Το ειδικό βάρος παρουσιάζεται για κάθε πλαστικό που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή PET, PP,LDPE και MIXκαι με βάση τα ποσοστά αντικατάστασης άμμου από πλαστικό (1%, 2% και 4%).

- **PET**



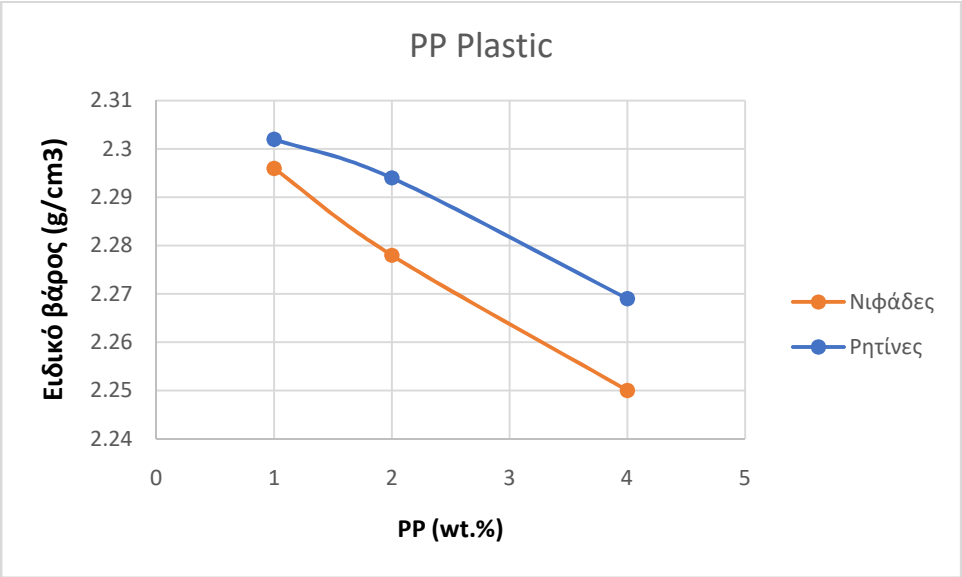
Διάγραμμα 6: Ειδικό βάρος πλαστικού PETσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Πίνακας 15: Ειδικό βάρος πλαστικού PETσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Μορφή Πλαστικού	Είδος Υλικού	Ειδικό Βάρος (g/cm3)
N- Νιφάδες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% PET	2.281
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% PET	2.279
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% PET	2.240
R- Ρητίνες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% PET	2.293
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% PET	2.289
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% PET	2.261

Οι τιμές του ειδικού βάρους παρατηρείται ότι μειώνονται όσο αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης της άμμου με PET, περίπου στον ίδιο βαθμό και στις νιφάδες και στις ρητίνες. Με βάση το παραπάνω διάγραμμα είναι σαφές ότι το Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET) είναι μια κατάλληλη επιλογή για την κατασκευή ελαφρού σκυροδέματος.

- **PP**



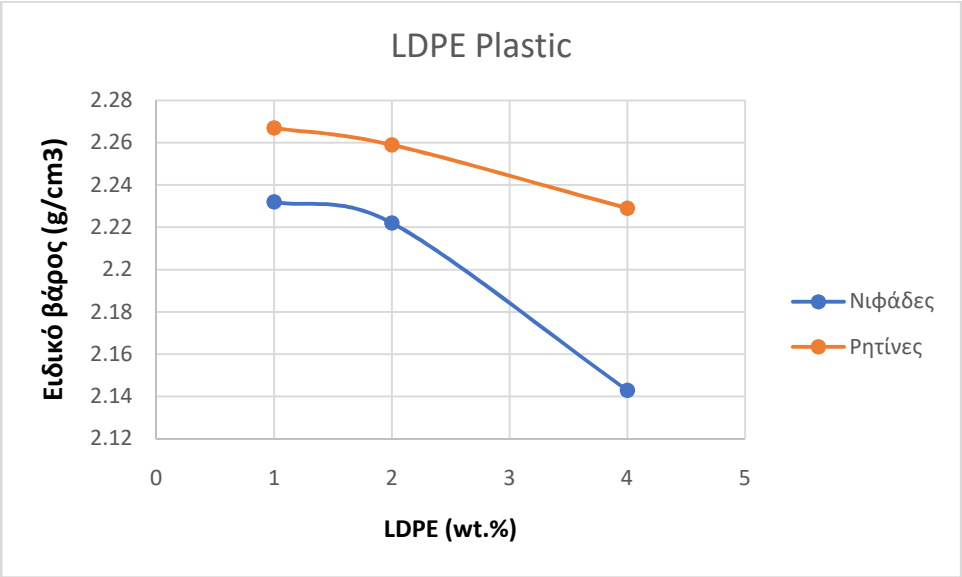
Διάγραμμα 7: Ειδικό βάρος πλαστικού PPσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Πίνακας 16: Ειδικό βάρος πλαστικού PPσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Μορφή Πλαστικού	Είδος Υλικού	Ειδικό Βάρος (g/cm3)
N- Νιφάδες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% PP	2.296
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% PP	2.278
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% PP	2.250
R- Ρητίνες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% PP	2.302
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% PP	2.294
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% PP	2.269

Στο Πολυπροπυλένιο(PP) παρατηρείται αντιστοίχως με το PET μείωση του ειδικού βάρος κατά την αύξηση του πλαστικού που αποτελεί τα δοκίμια. Οι νιφάδες και οι ρητίνες έχουν παρόμοια συμπεριφορά, όπως αποδεικνύεται και στο διάγραμμα.

- **LDPE**



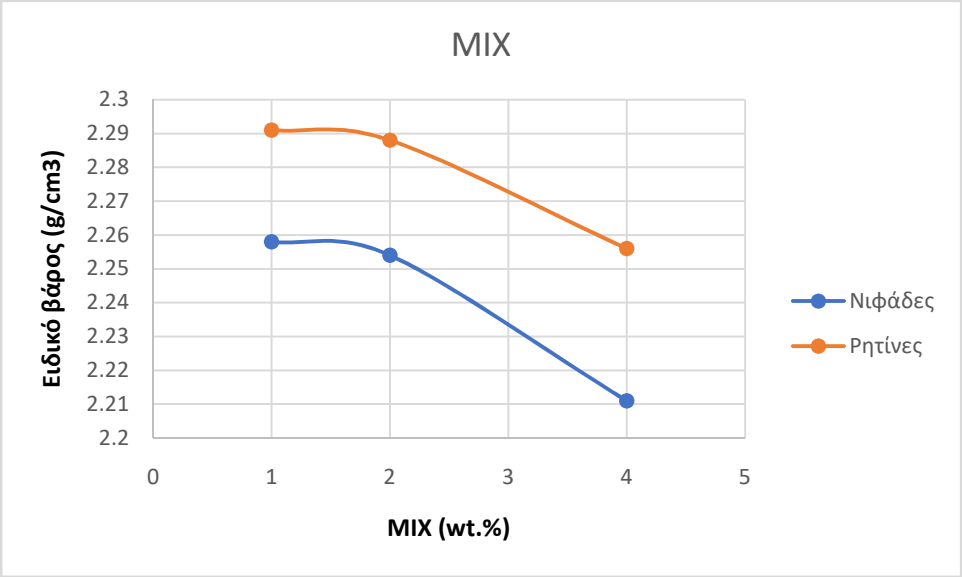
Διάγραμμα 8: Ειδικό βάρος πλαστικού LDPEσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Πίνακας 17: Ειδικό βάρος πλαστικού LDPEσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Μορφή Πλαστικού	Είδος Υλικού	Ειδικό Βάρος (g/cm3)
N- Νιφάδες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% LDPE	2.232
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% LDPE	2.222
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% LDPE	2.143
R- Ρητίνες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% LDPE	2.267
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% LDPE	2.259
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% LDPE	2.229

Στο Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας υπάρχει μείωση του ειδικού βάρους κατά την αύξηση του πλαστικού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των δοκιμίων, όπως και στα υπόλοιπα πλαστικά που μελετήθηκαν. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαφορετική συμπεριφορά των νιφάδων και των ρητίνωνπαρ΄όλα αυτά, ιδιαίτερα στην αντικατάσταση ποσοστού 4%.

- **MIX**



Διάγραμμα 9: Ειδικό βάρος πλαστικού MIXσε ποσοστά αντικατάστασης άμμου 1, 2 και 4%

Πίνακας 18: Ειδικό βάρος πλαστικού MIXσε ποσοστά 1, 2 και 4%

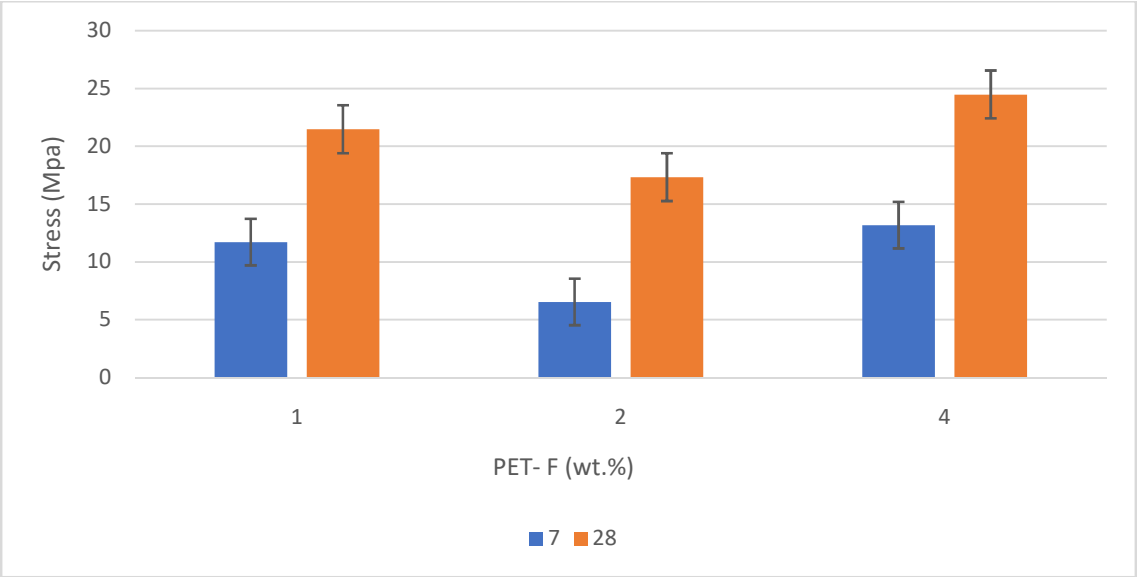
Μορφή Πλαστικού	Είδος Υλικού	Ειδικό Βάρος (g/cm3)
N- Νιφάδες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% MIX	2.258
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% MIX	2.254
N	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% MIX	2.212
R- Ρητίνες	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 1% MIX	2.291
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 2% MIX	2.288
R	Τσιμεντοκονίαμα με αντικατάσταση 4% MIX	2.256

Το μείγμα των πλαστικών παρουσιάζει συμπεριφορά ως προς το ειδικό βάρος, παρόμοια με τα πλαστικά που το αποτελούν, δηλαδή των PP, PET και LDPE. Δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη διαφορά μεταξύ των νιφάδων και των ρητίνων, εκτός από μια πολύ μικρή απόκλιση στην αντικατάσταση 4%.

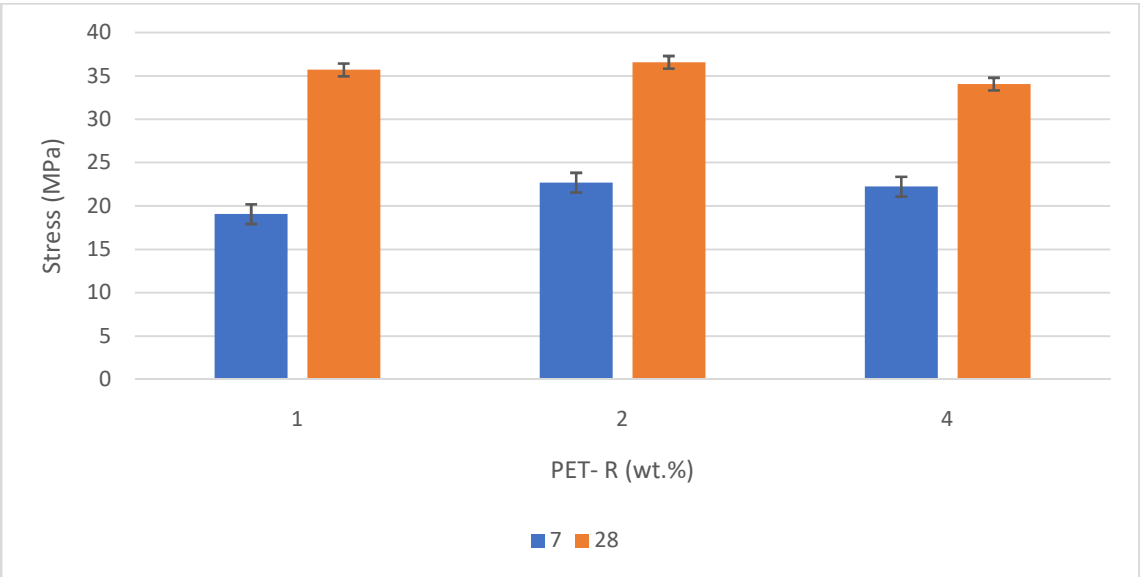
4.2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

Τα αποτελέσματα της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων για τις διάφορες αναλογίες αντικατάστασης πλαστικού, για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης, των τριών επαναλήψεων αντίστοιχα παρουσιάζονται στα παρακάτω Διαγράμματα (10-17), ενώ στους Πίνακες που ακολουθούν (19-22) παρατίθεται η μέση τιμή αυτών, για Νιφάδες (Flakes) και Ρητίνες (Retines).

- **PET**



Διάγραμμα 10: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PETFlakesγια τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.

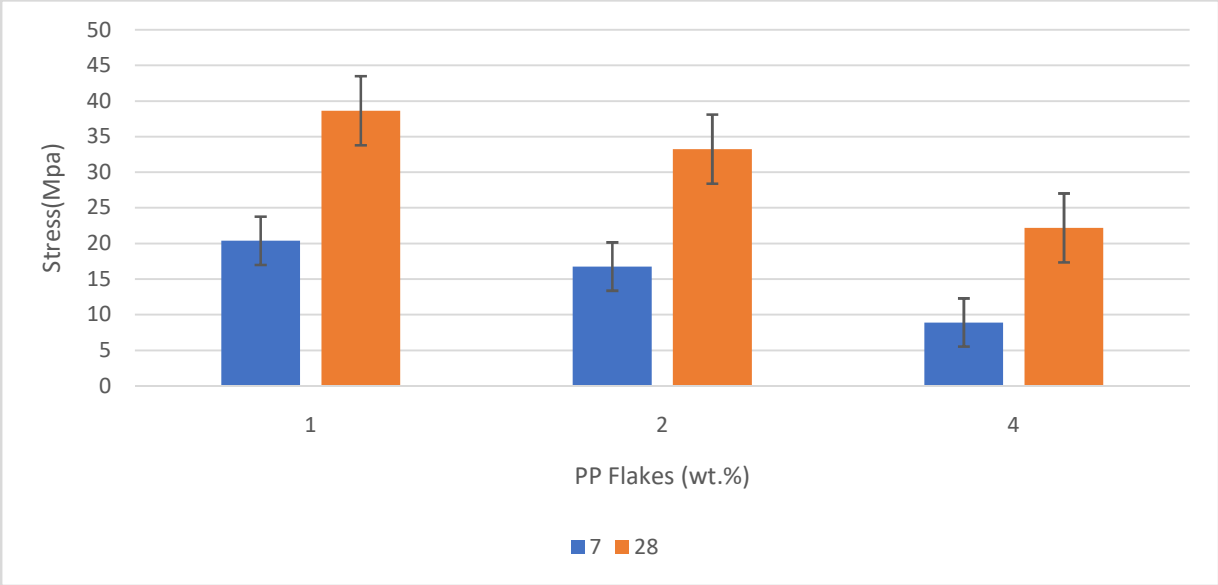


Διάγραμμα 11: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PETRetinesγια τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.

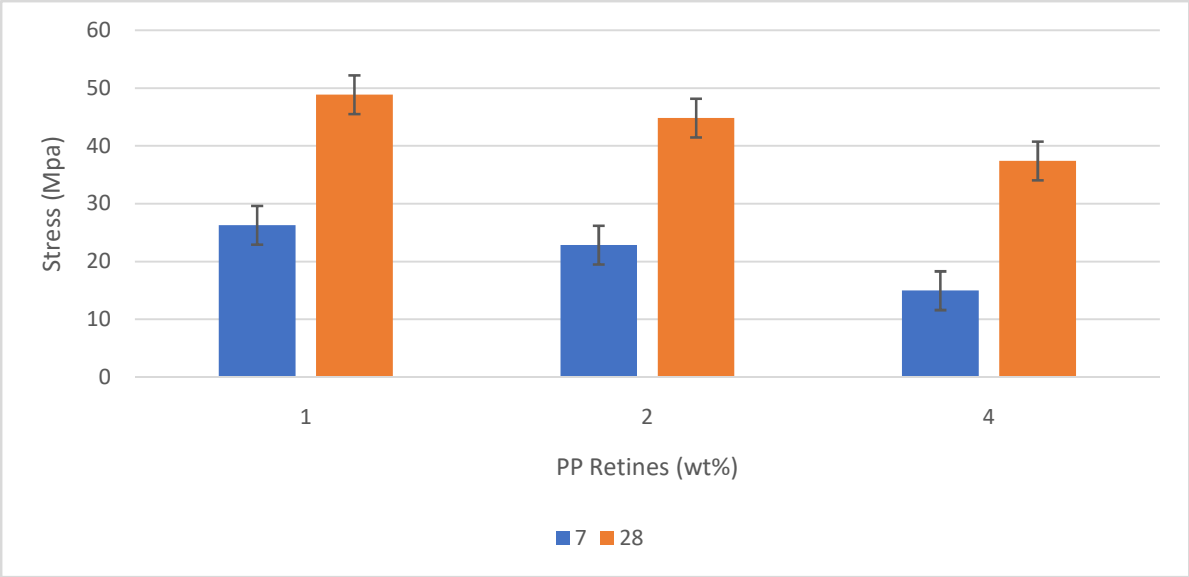
Πίνακας 19: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης PET, στις 7 και 28 ημέρες

Αντικατάσταση %	Flakes		Retines	
	7	28	7	28
1	11.711 Mpa	21.465Mpa	19.074 Mpa	35.704 Mpa
2	6.529 Mpa	17.325 Mpa	22.700 Mpa	36.575Mpa
4	13.171Mpa	24.475Mpa	22.241Mpa	34.067 Mpa

- **PP**



Διάγραμμα 12: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PPFlakesγια τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.

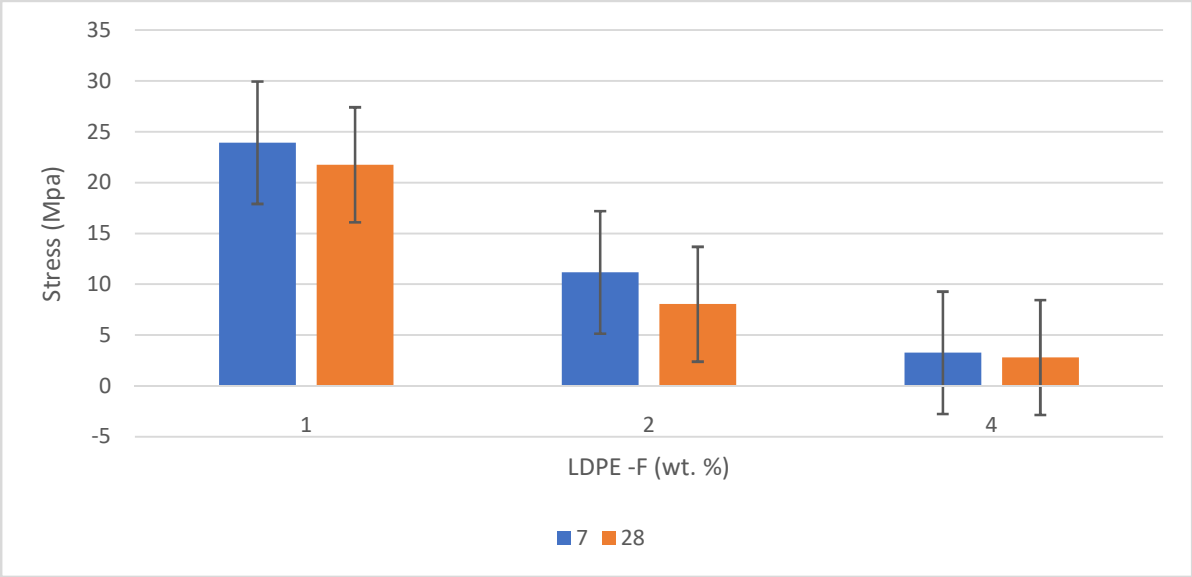


Διάγραμμα 13: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων PPRetinesγια τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.

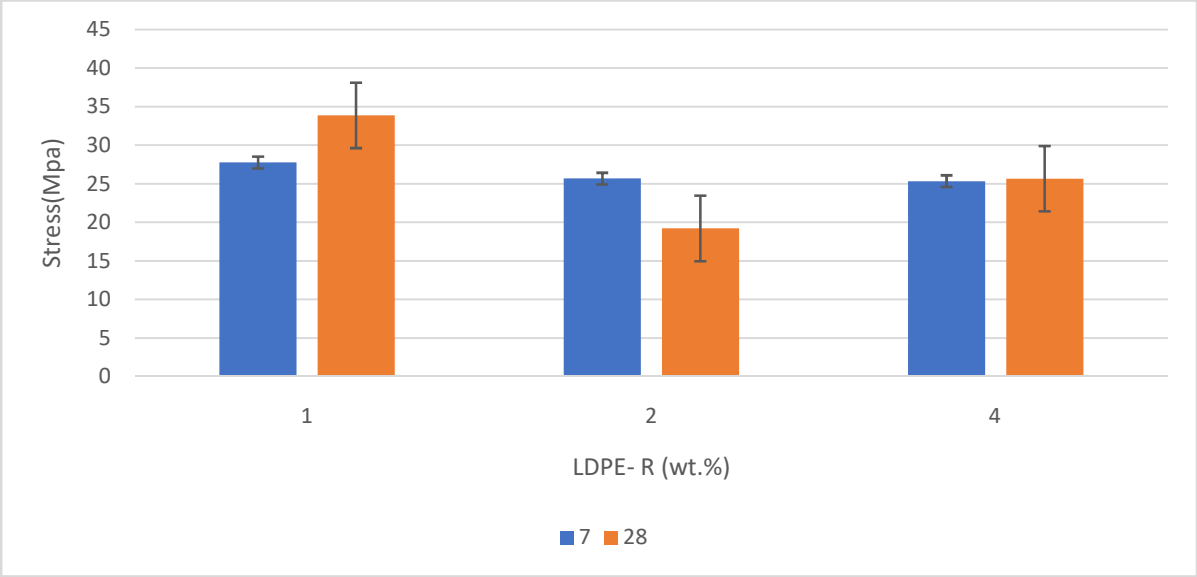
Πίνακας 20: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης PP, στις 7 και 28 ημέρες

Αντικατάσταση %	Flakes		Retines	
	7	28	7	28
1	20.386Mpa	38.640Mpa	26.294 Mpa	48.875 Mpa
2	16.763 Mpa	33.250 Mpa	22.875Mpa	44.825 Mpa
4	8.914 Mpa	22.186 Mpa	14.972Mpa	37.437 Mpa

- **LDPE**



Διάγραμμα 14: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων LDPEFlakesγια τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες

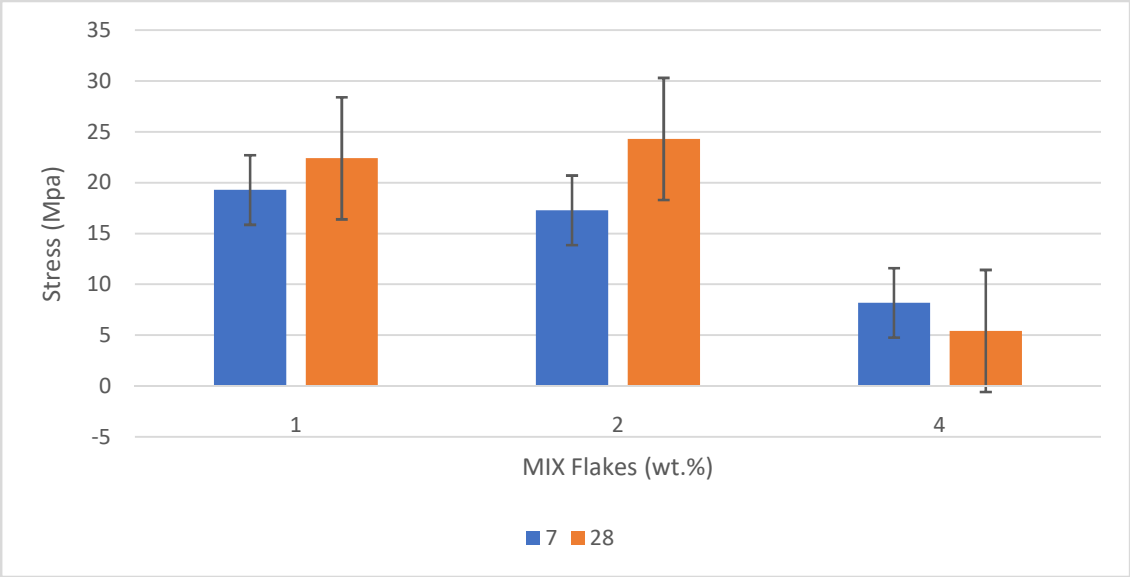


Διάγραμμα 15: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων LDPERetinesγια τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.

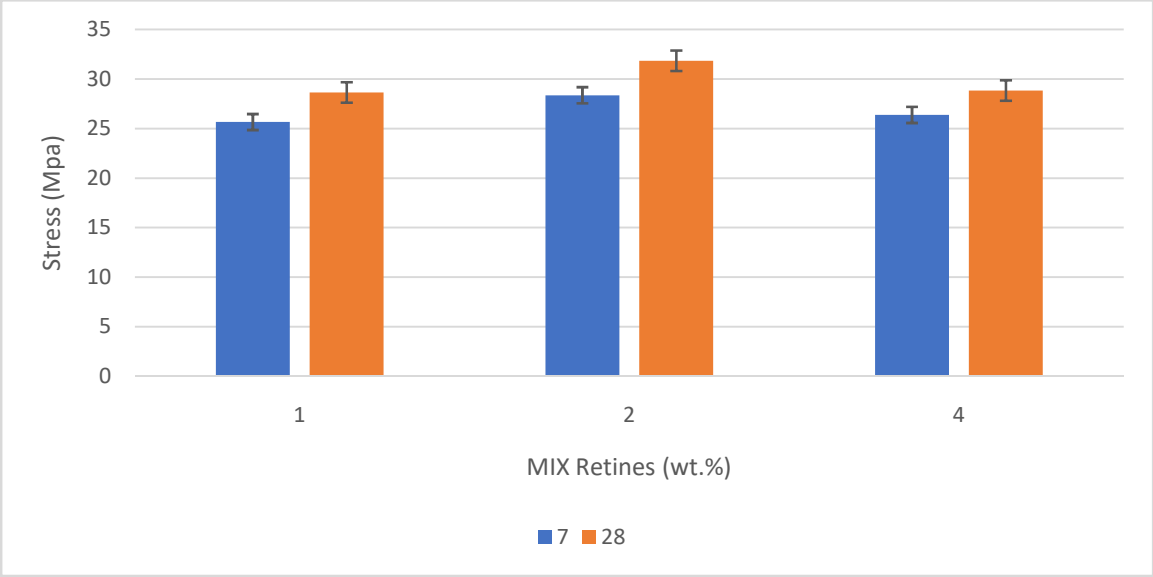
Πίνακας 21: Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης LDPE, στις 7 και 28 ημέρες.

Αντικατάσταση %	Flakes		Retines	
	7	28	7	28
1	23.937 Mpa	21.765 Mpa	27.776Mpa	33.889 Mpa
2	11.179 Mpa	8.051 Mpa	25.678 Mpa	19.220 Mpa
4	3.278 Mpa	2.820 Mpa	25.343 Mpa	25.675 Mpa

- **MIX**



Διάγραμμα 16:Θλιπτική αντοχή δοκιμίων MIXFlakes για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.



Διάγραμμα 17: Θλιπτική αντοχή δοκιμίων MIXRetines για τις αναλογίες αντικατάστασης, σε 7 και 28 ημέρες.

Πίνακας 22:Τιμές θλιπτικής αντοχής δοκιμίων για τις εξεταζόμενες αναλογίες αντικατάστασης MIX, στις 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Αντικατάσταση %	Flakes		Retines	
	7	28	7	28
1	19.290 Mpa	22.405 Mpa	25.658 Mpa	28.647 Mpa
2	17.293 Mpa	24.305 Mpa	28.364 Mpa	31.839 Mpa
4	8.184 Mpa	5.429 Mpa	26.374 Mpa	28.842 Mpa

Η μείωση της αντοχής θλίψης των δοκιμίων τσιμεντοκονιάματος, είναι κάτι που συναντάται πολύ συχνά και οφείλεται στη μειωμένη συνάφεια μεταξύ της επιφάνειας του πλαστικού και του τσιμέντου και στον υδρόφοβο χαρακτήρα των πλαστικών, που εμποδίζει την απαραίτητη ενυδάτωση των δοκιμίων τις μέρες ωρίμανσης τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις η μείωση της αντοχής γίνεται πιο έντονη όσο αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης. Η συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να παρατηρηθεί στα διαγράμματα του LDPEFlakes, όπου η θλιπτική αντοχή μειώνεται σταδιακά με τον χρόνο.

Όσον αφορά την αύξηση της θλιπτικής αντοχής δεν έχουν καταγραφεί σχετικές επιστημονικές έρευνες, και για την επεξήγησή της απαιτείται μικροσκοπική διερεύνηση των κονιαμάτων. Πιθανόν οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο το πλαστικό ενσωματώνεται στην δομή της μήτρας του κονιάματος. Στην παρούσα εργασία παρ΄ όλα αυτά, δεν ήταν εφικτή η πραγματοποίηση μιας τέτοιας επιστημονικής ανάλυσης.

Γενικότερα, παρατηρείται ότι τα δοκίμια με συνήθως 1% πλαστικό, καθώς και αυτά που περιείχαν πλαστικό σε μορφή ρητίνης,έδειξαν καλύτερες αντοχές από τα υπόλοιπα. Αυτό οφείλεται στο ότι παρουσιάστηκε καλύτερη συσχέτιση μεταξύ του μίγματος αδρανών και του τσιμεντοπολτού, προκαλώντας μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε αυξημένα φορτία μετατόπισης.

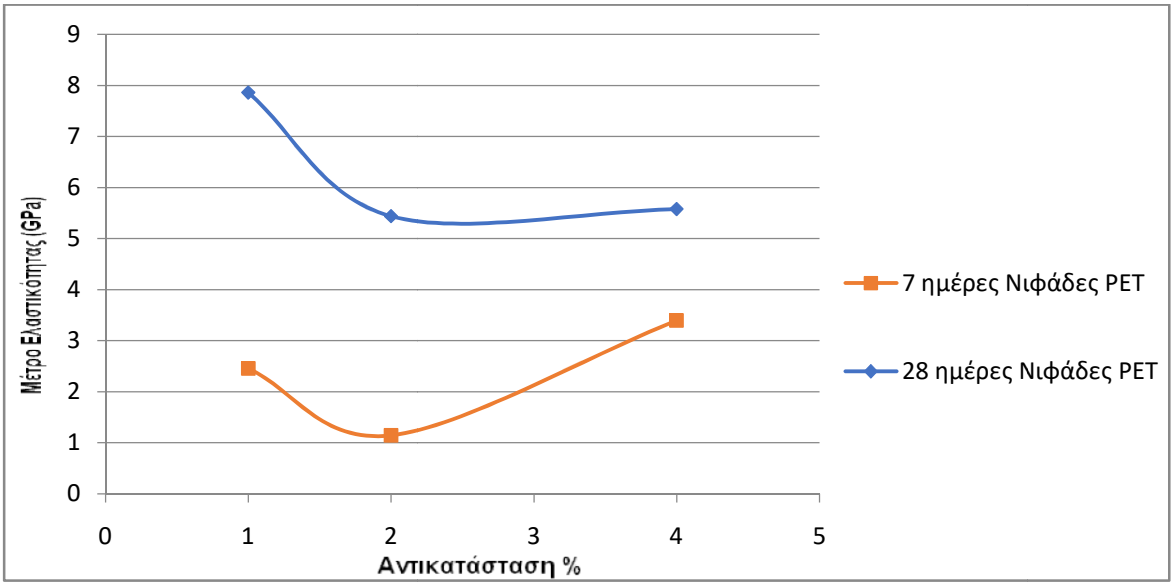
4.3. ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το μέτρο ελαστικότητας των δοκιμίων τσιμεντοκονιάματος που παράχθηκαν για κάθε είδος (PET, PP, LDPE, MIX) και μορφή πλαστικού(Νιφάδες, Ρητίνες) και σε κάθε ποσοστό αντικατάστασης, παρουσιάζονται στους Πίνακες 23-26 και στα Διαγράμματα 18-25. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση τις ημέρες ωρίμανσης τους.

- PET

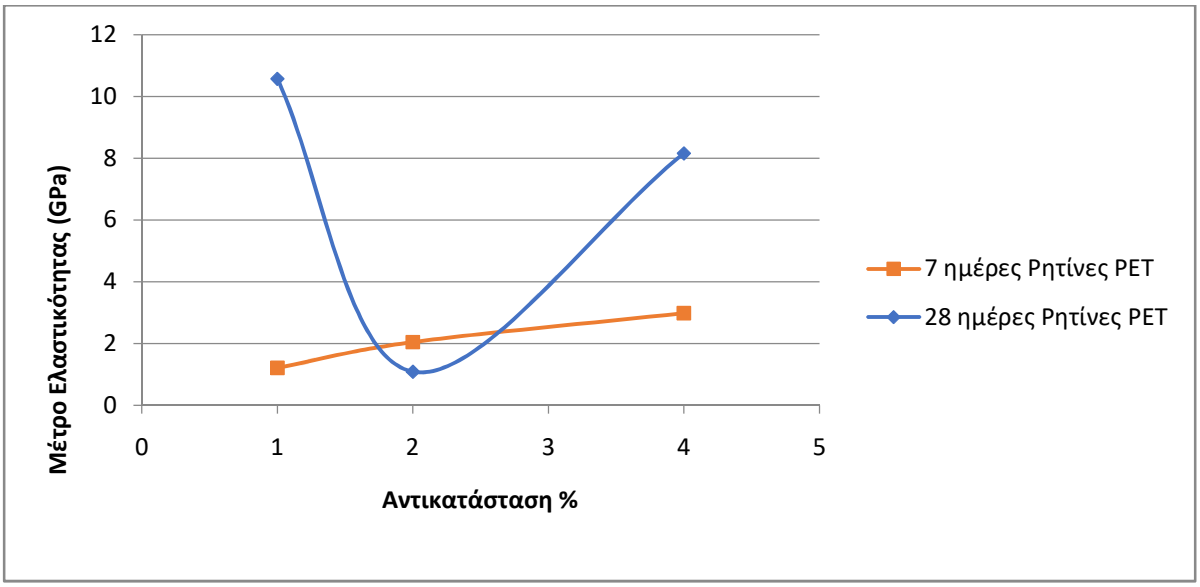
Πίνακας 23: Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PET για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Αντικατάσταση %	Νιφάδες		Ρητίνες	
	7	28	7	28
1	2.46 Gpa	7.86 GPa	1.34 Gpa	10.93 Gpa
2	1.15 Gpa	5.44 GPa	5.57 Gpa	8.83 Gpa
4	3.40 Gpa	5.58 GPa	10.25 Gpa	12.67 Gpa



Διάγραμμα 18Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PETΝιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Στις νιφάδες του πλαστικού PET παρατηρείται μείωση του μέτρου ελαστικότητας στην αντικατάσταση 2% ενώ στην συνέχεια αύξηση στο 4%. Η διαφορά στην αύξηση είναι αρκετά εντονότερη στις 28 ημέρες ωρίμανσης.



Διάγραμμα 19Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PET Ρητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

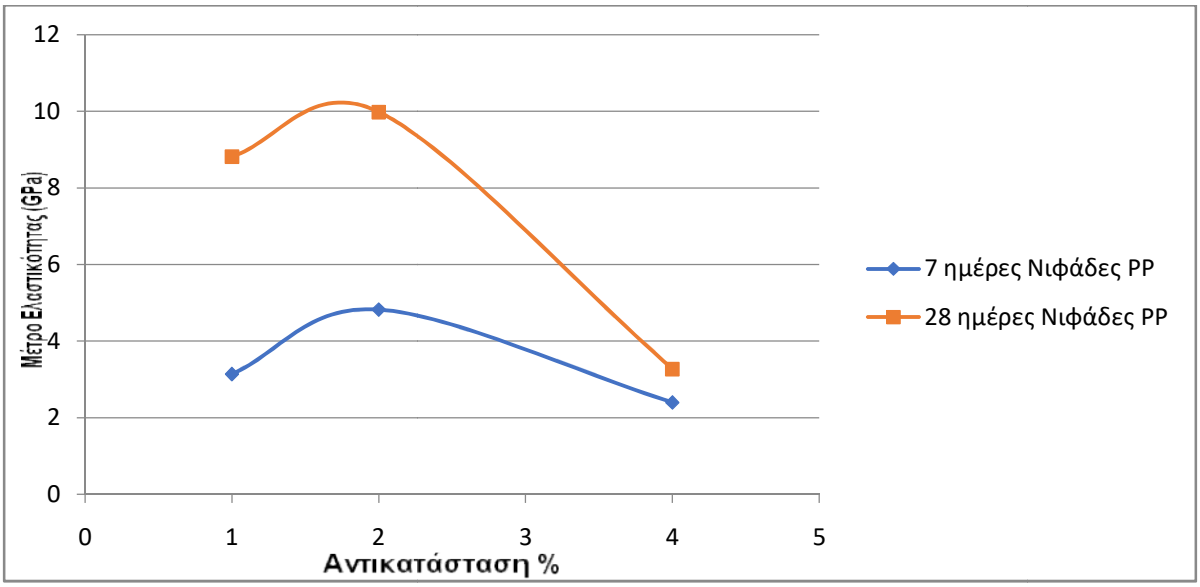
Η συμπεριφορά των ρητίνων PET στις 7 ημέρες ωρίμανσης θυμίζει τις νιφάδες, με μείωση ελαστικότητας για 2% αντικατάσταση και μετέπειτα αύξηση στο 4%. Ενδιαφέρον όμως αποτελούν οι 28 ημέρες ωρίμανσης, οι οποίες ακολουθούν μία τελείως διαφορετική πορεία, με την ελαστικότητα να αυξάνεται εκθετικά όσο μεγαλώνει το ποσοστό του πλαστικού που χρησιμοποιείται στα δοκίμια.

Γενικότερα παρατηρείται ως επι το πλείστον μεγαλύτερη ελαστικότητα στις ρητίνες απ' ότι στις νιφάδες, πιθανότατα λόγω της μορφής τους, η οποία επιτρέπει μεγαλύτερη συνάφεια μεταξύ του τσιμεντοκονιάματος και του πλαστικού.

- PP

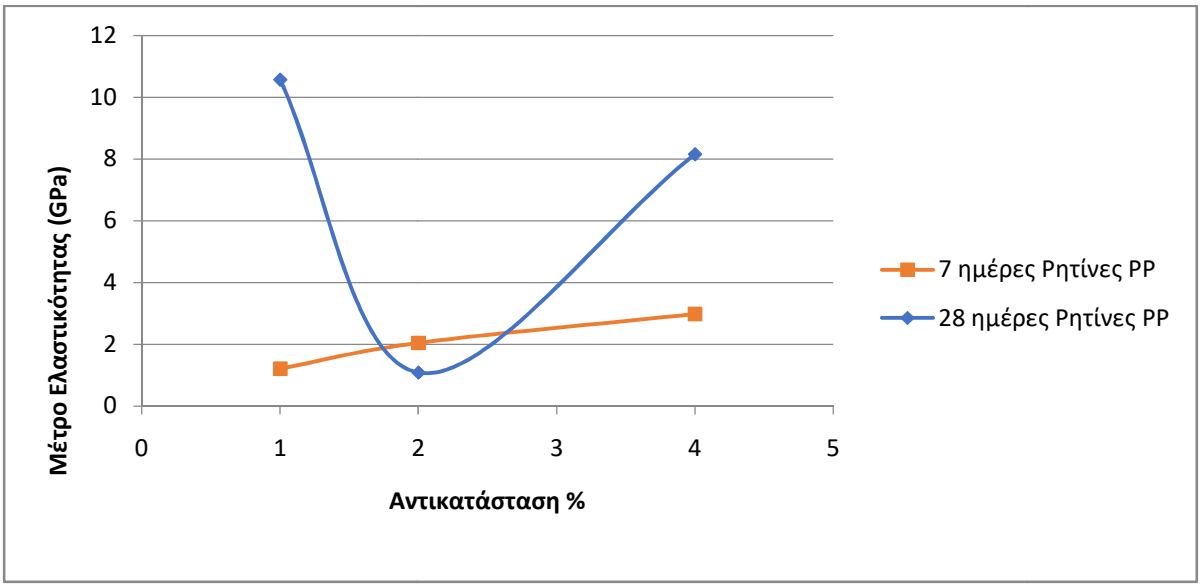
Πίνακας 24Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PP για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Αντικατάσταση %	Νιφάδες		Ρητίνες	
	7	28	7	28
1	3.14 GPa	8.82 Gpa	0.91 Gpa	10.85 Gpa
2	4.82 GPa	9.98 Gpa	0.97 Gpa	11.91 Gpa
4	2.40 GPa	3.27 Gpa	4.04 Gpa	8.32 Gpa



Διάγραμμα 20Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PPΝιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Στις νιφάδες του πλαστικού PP, υπάρχει αύξηση της ελαστικότητας στην αντικατάσταση πλαστικού 2% και μετέπειτα μείωση στην αντικατάσταση 4%, η οποία καταλήγει σε ακόμα χαμηλότερη τιμή από την 1% αντικατάσταση από PP. Η συγκεκριμένη διακύμανση των τιμών του μέτρου ελαστικότητας, προκύπτει και στις δύο περιόδους ωρίμανσης, των 7 και 28 ημέρων.



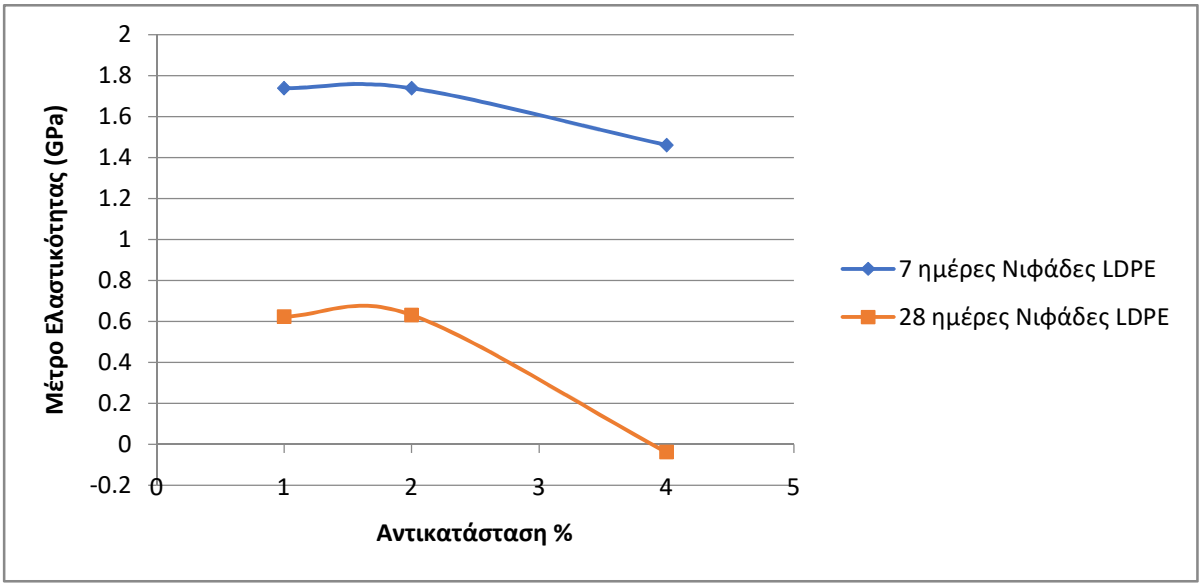
Διάγραμμα 21Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων PP Ρητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Το μέτρο ελαστικότητας των ρητίνων των 28 ημερών παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά με τις νιφάδες, αλλά οι 7 ημέρες κυμαίνονται ακριβώς αντιδιαμετρικά, αφού η ελαστικότητα λαμβάνει την μέγιστη τιμή της στην αντικατάσταση με πλαστικό 4%.

- LDPE

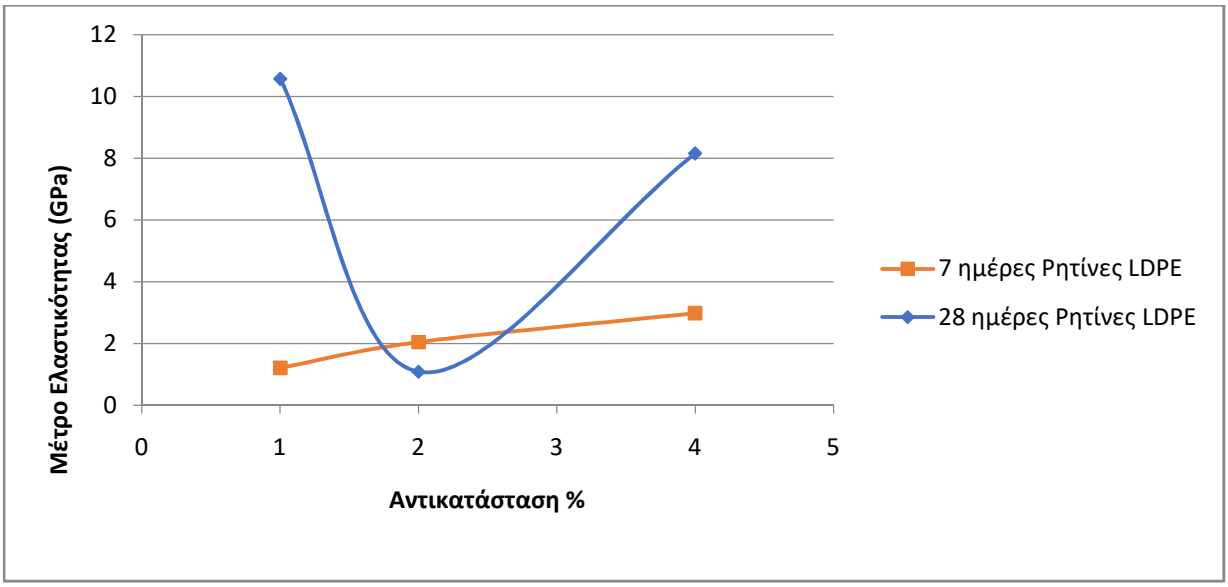
Πίνακας 25: Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων LDPE για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

	Νιφάδες		Ρητίνες	
Αντικατάσταση%	7	28	7	28
1	1.74 GPa	0.62 GPa	1.21 GPa	10.57 Gpa
2	1.74 GPa	0.63 GPa	2.05 GPa	1.09 Gpa
4	1.46 GPa	0.04 GPa	2.99 GPa	8.16 Gpa



Διάγραμμα 22Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων LDPE Νιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Από τα αποτελέσματα για το πλαστικό LDPE των Νιφάδων παρατηρούνται ιδιαιτέρως μικρές τιμές του μέτρου ελαστικότητας, συγκριτικά με τα προηγούμενα πλαστικά που μελετήθηκαν (PET, PP). Το μέτρο ελαστικότητας και των 7 αλλά και των 28 ημερών ωρίμανσης, παρουσιάζει μείωση όταν η αντικατάσταση αδρανών από πλαστικό αυξάνεται στο 4%, ενώ στο 1% και 2% οι τιμές ελαστικότητας έχουν σχεδόν μηδαμινή απόκλιση μεταξύ τους.



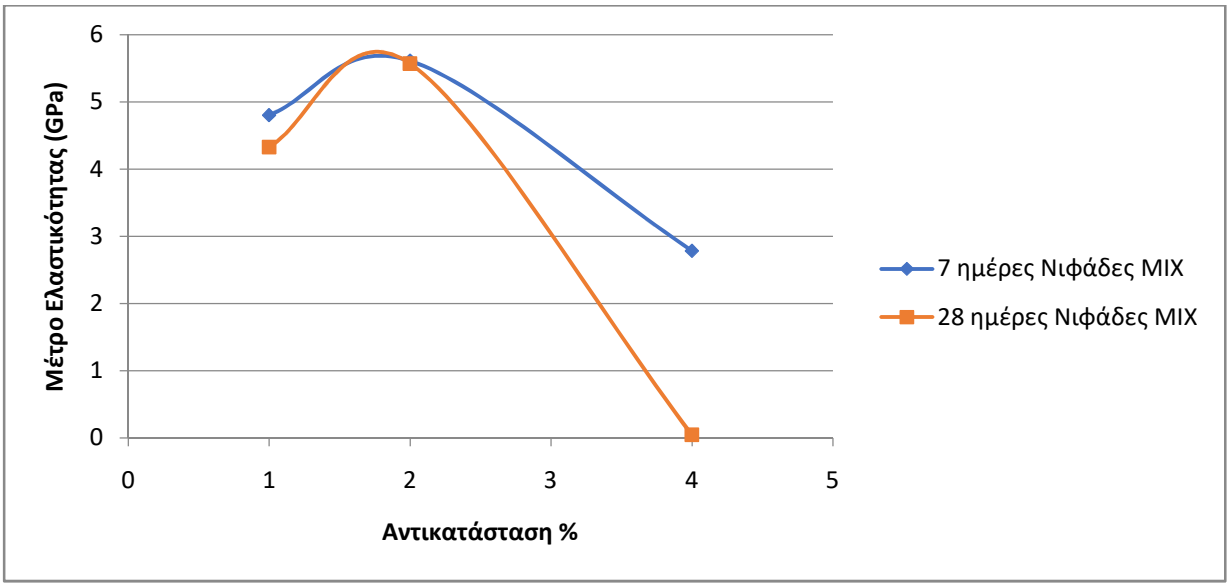
Διάγραμμα 23Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων LDPEΡητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Αντιθέτως με τις Νιφάδες LDPE, οι ρητίνες ακολουθούν μία τελείως διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ των δύο περιόδων ωρίμανσης, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 23. Στις 7 ημέρες ωρίμανσης παρατηρείται μεγάλη μείωση στην τιμή του μέτρου ελαστικότητας όταν το πλαστικό είναι 2% και μετέπειτα αύξηση στο 4%, ενώ η μέγιστη τιμή του λαμβάνεται στο 1% LDPE. Στις 28 ημέρες ωρίμανσης όμως, οι ρητίνες παρουσιάζουν μικρή αύξηση του μέτρου ελαστικότητας καθώς αυξάνεται η αντικατάσταση απο πλαστικό.

- MIX

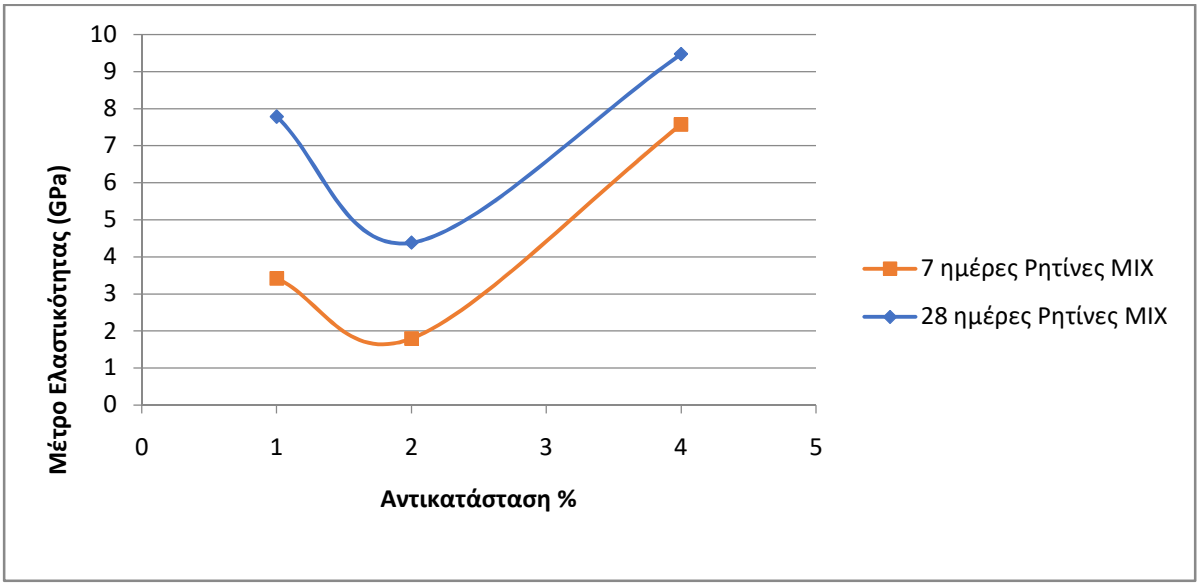
Πίνακας 26*:* Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων MIX για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Αντικατάσταση %	Νιφάδες		Ρητίνες	
	7	28	7	28
1	4.80 GPa	4.32 GPa	3.42 GPa	7.78 Gpa
2	5.61 GPa	5.57 GPa	1.80 GPa	4.38 Gpa
4	2.78 GPa	0.05 GPa	7.57 GPa	9.47 Gpa



Διάγραμμα 24Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων MIX Νιφάδες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Στις νιφάδες της μίξης των πλαστικών η μέγιστη τιμή ελαστικότητας, και για τις δύο περιόδους ωρίμανσης, παρατηρείται όταν το πλαστικό είναι ίσο με 2%. Στην συνέχεια ακολουθεί μεγάλη μείωση στο 4%, η οποία είναι εντονότερη στις 28 ημέρες ωρίμανσης συγκριτικά με τις 7 ημέρες.



Διάγραμμα 25Αποτελέσματα μέτρου ελαστικότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων MIXΡητίνες για 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

Στις ρητίνες της μίξης των πλαστικών, οι 7 και οι 28 ημέρες σχηματίζουν μία αντίθετη καμπύλη από εκείνη που παρουσίασαν οι νιφάδες. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζεται μείωση του μέτρου ελαστικότητας όταν το ποσοστό του πλαστικού αγγίζει το 2%, και όταν το ποσοστό πλαστικού αυξάνεται στο 4%, η ελαστικότητα λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της.

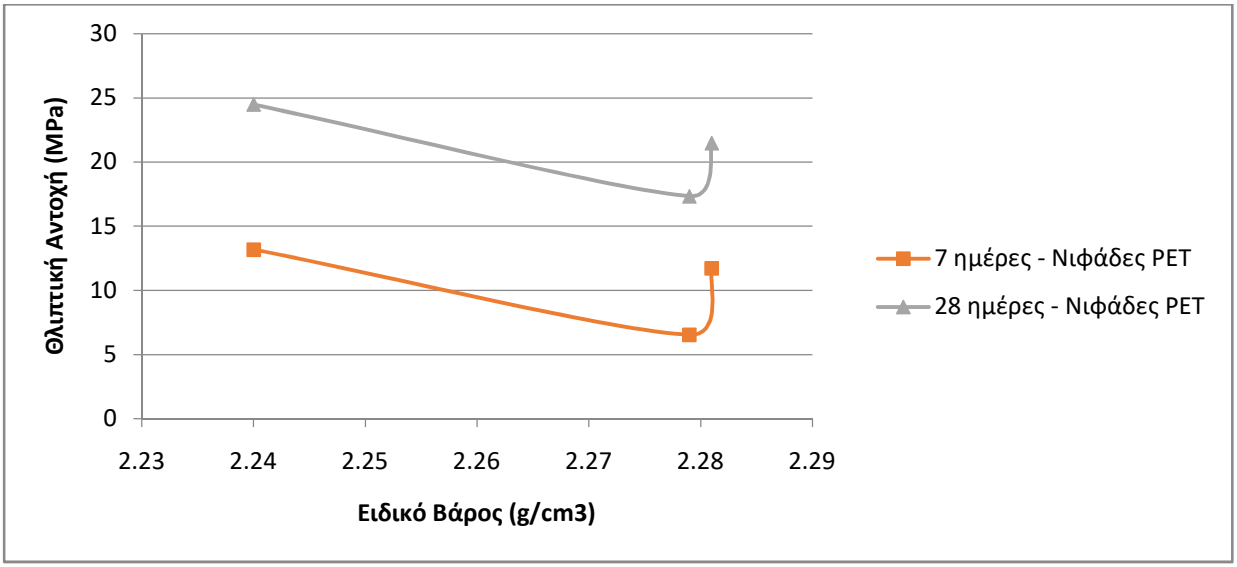
4.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΘΛΙΨΗΣ- ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Ακολουθούν Πίνακες και Διαγράμματα σύγκρισης των τιμών που προέκυψαν από τις μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους, για κάθε πλαστικό που χρησιμοποιήθηκε (PET, PP, LDPEκαι MIX) στην παρούσα διπλωματική εργασία.

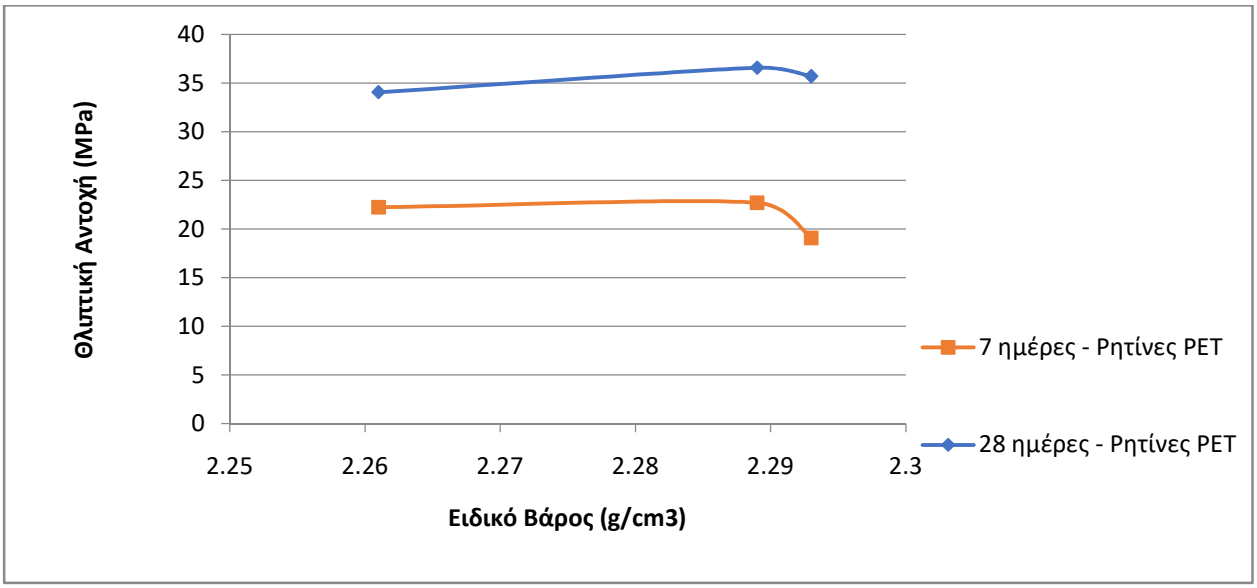
- PET

Πίνακας 27Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PET

	Νιφάδες			Ρητίνες		
Αντικατάσταση %	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (MPa) 7 ημερών	28 ημερών	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (Mpa) 7 ημερών	28 ημερών
1	2.281	11.711	21.465	2.293	19.074	35.704
2	2.279	6.529	17.325	2.289	22.700	36.575
4	2.24	13.171	24.475	2.261	22.241	34.067



Διάγραμμα 26 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PET Νιφάδες



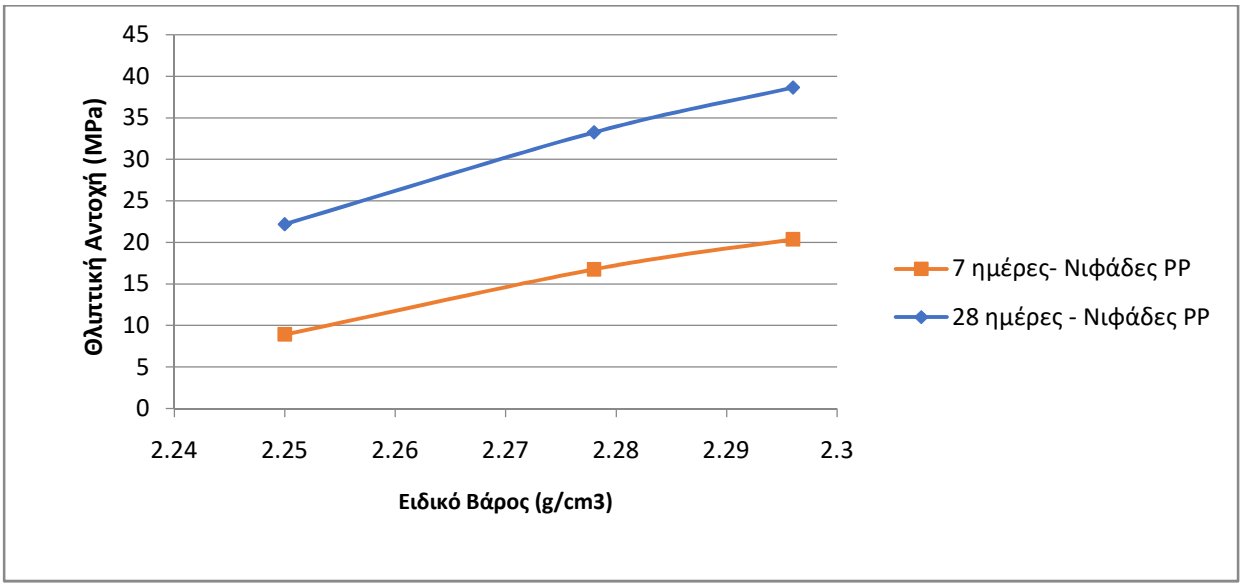
Διάγραμμα 27 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PET Ρητίνες

Με βάση το διάγραμμα των μετρήσεων PET Νιφάδων, παρατηρείται μείωση της αντοχής θλίψης κατά την αύξηση του ειδικού βάρους και μετέπειτα μικρή αύξηση. Η θλιπτική αντοχή λαμβάνει την μέγιστη τιμή της όταν το ειδικό βάρος είναι το μικρότερο και στις δύο περιόδους ωρίμανσης των 7 και 28 ημερών . Στις μετρήσεις των PET Ρητίνων, η καμπύλη που παρουσιάζεται ακολουθεί λίγο διαφορετική συμπεριφορά, με την ελάχιστη τιμή της θλιπτικής αντοχής να λαμβάνει χώρα όταν το ειδικό βάρος είναι το μεγαλύτερο, και στις δύο περιόδους.

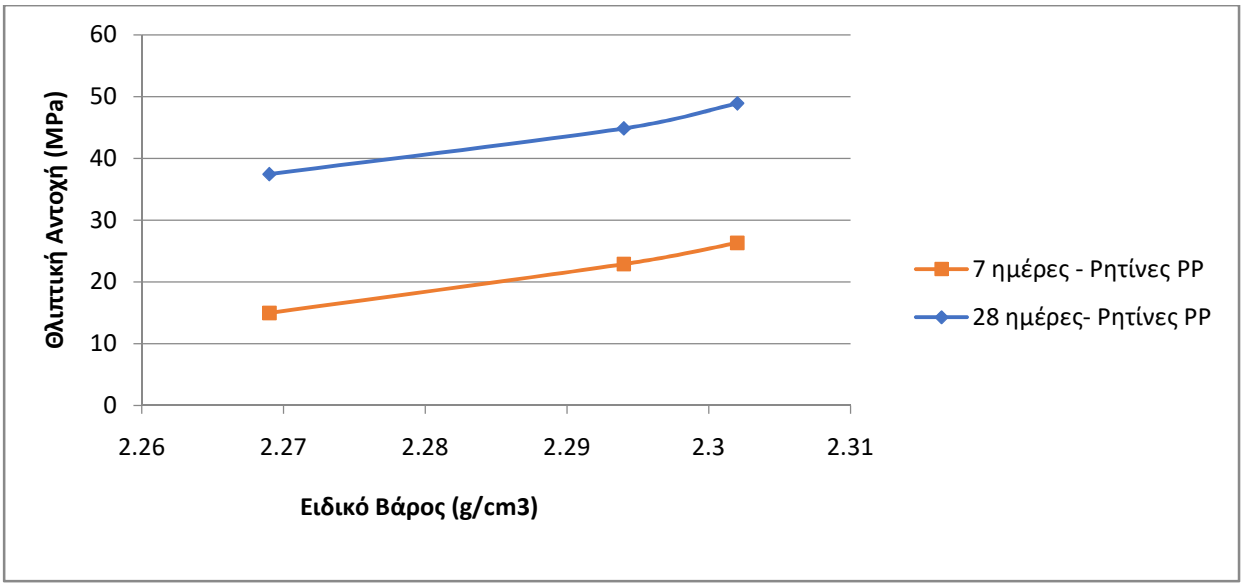
- PP

Πίνακας 28Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PP

	Νιφάδες			Ρητίνες		
Αντικατάσταση %	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (MPa) 7 ημερών	28 ημερών	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (Mpa) 7 ημερών	28 ημερών
1	2.296	20.386	38.640	2.302	26.294	48.875
2	2.278	16.763	33.250	2.294	22.875	44.825
4	2.25	8.914	22.186	2.269	14.972	37.437



Διάγραμμα 28Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PPΝιφάδες



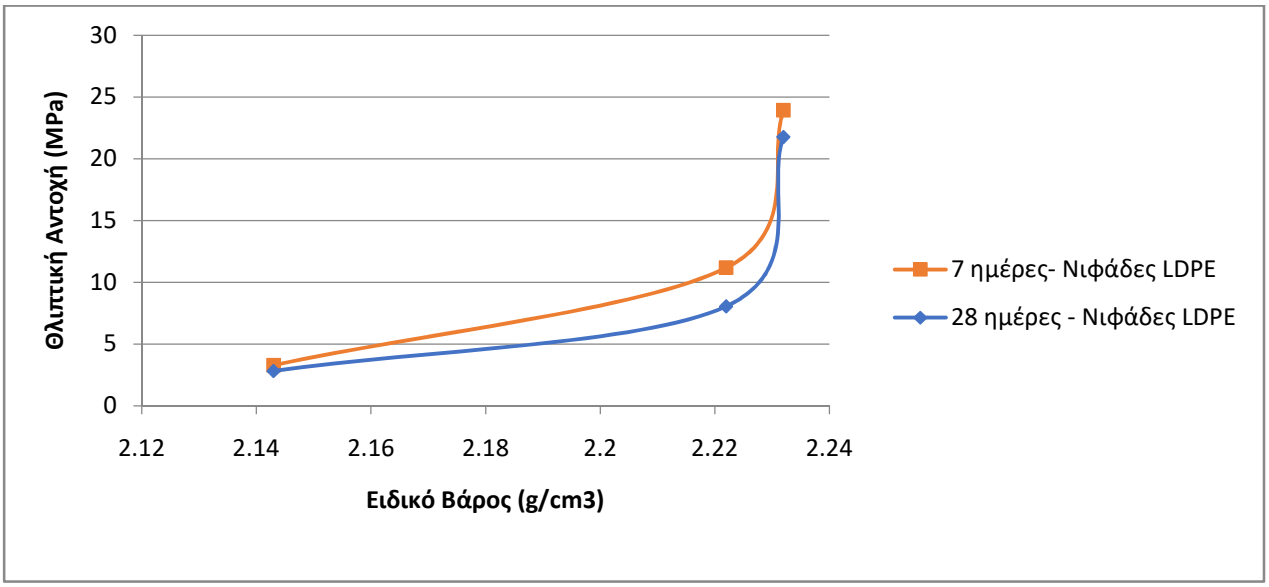
Διάγραμμα 29 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για PP Ρητίνες

Στο διάγραμμα των PP Νιφάδων αλλά και των PP Ρητίνων, παρατηρείται αύξηση της θλιπτικής αντοχής, καθώς αυξάνεται το ειδικό βάρος. Η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζεται και στα δύο είδη πλαστικού PP στις 28 ημέρες ωρίμανσης των δοκιμίων, ενώ οι αυξήσεις είναι εντονότερες στις Νιφάδες.

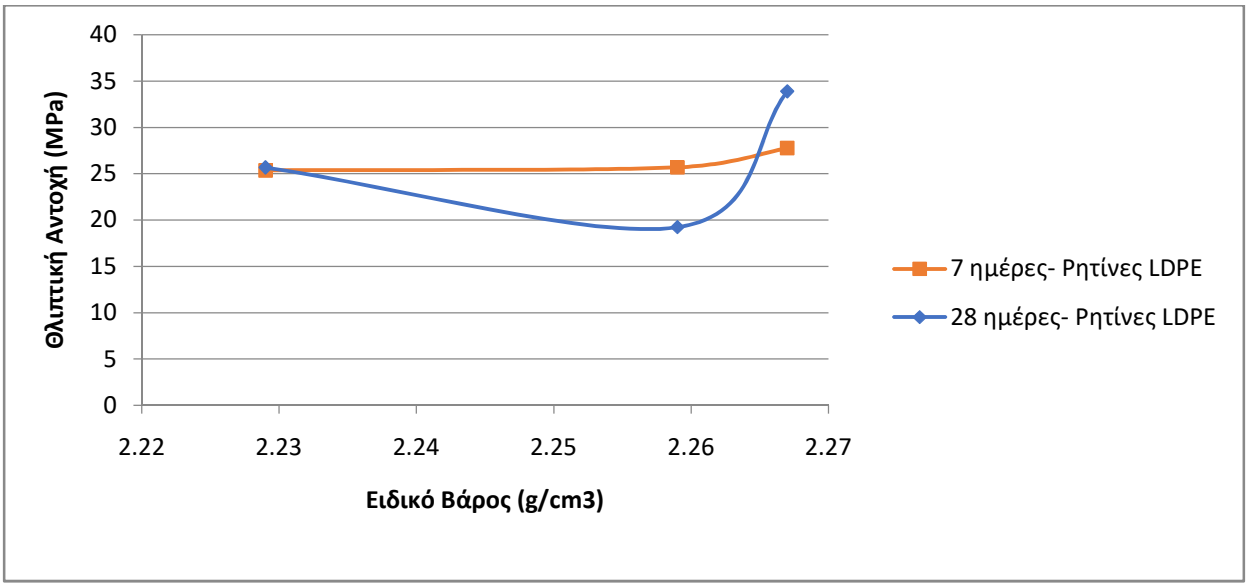
- LDPE

Πίνακας 29 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για LDPE

	Νιφάδες			Ρητίνες		
Αντικατάσταση %	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (MPa) 7 ημερών	28 ημερών	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (Mpa) 7 ημερών	28 ημερών
1	2.232	23.937	21.765	2.267	27.776	33.889
2	2.222	11.179	8.051	2.259	25.678	19.220
4	2.143	3.278	2.820	2.229	25.343	25.675



Διάγραμμα 30 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για LDPE Νιφάδες



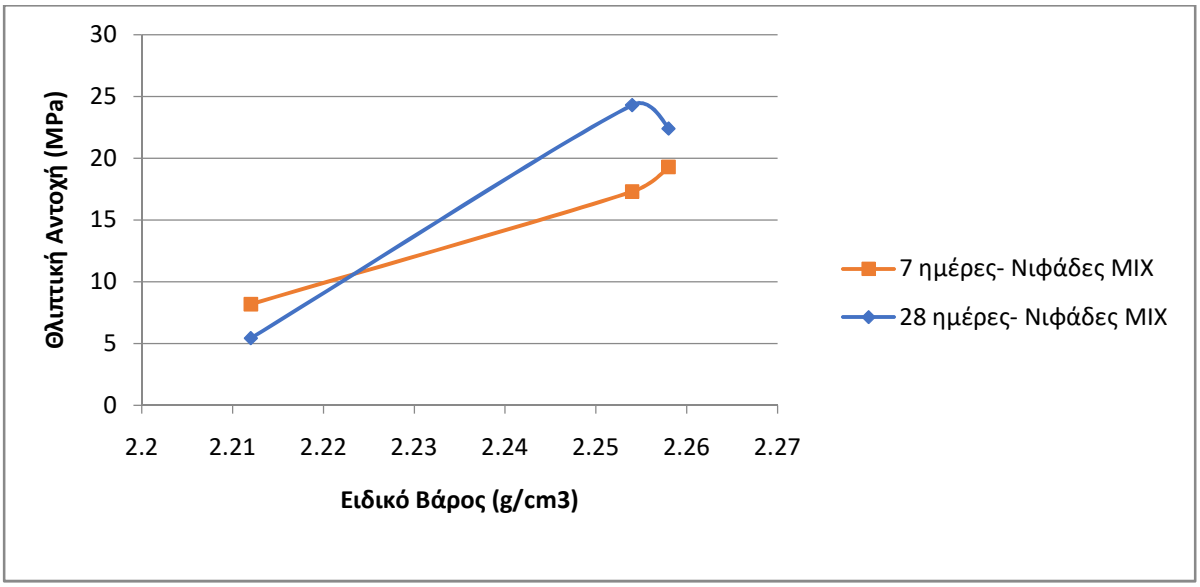
Διάγραμμα 31 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για LDPE Ρητίνες

Οι μετρήσεις των LDPE Νιφάδων δείχνουν ότι καθώς το ειδικό βάρος μεγαλώνει, η θλιπτική αντοχή αυξάνεται αντιστοίχως. Οι δύο περίοδοι ωρίμανσης των δοκιμίων (7 και 28 ημέρες) παρουσιάζουν μία παρόμοια καμπύλη, έχοντας την ίδια αφετηρία στην τιμή ειδικού βάρους αλλά εντονότερη αύξηση απεικονίζεται στις 7 ημέρες ωρίμανσης. Οι Ρητίνες αντίστοιχα, εκφράζονται από διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ των δύο περιόδων. Ενώ στις 7 ημέρες ωρίμανσης η θλιπτική αντοχή αυξάνεται καθώς αυξάνεται το ειδικό βάρος, με μία πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ της αρχικής και της τελικής τιμής της, στις 28 ημέρες η αντοχή θλίψης ακολουθεί αρχικά μια πτώση και στην συνέχεια μία πιο έντονη αύξηση στο τέλος της πορείας της.

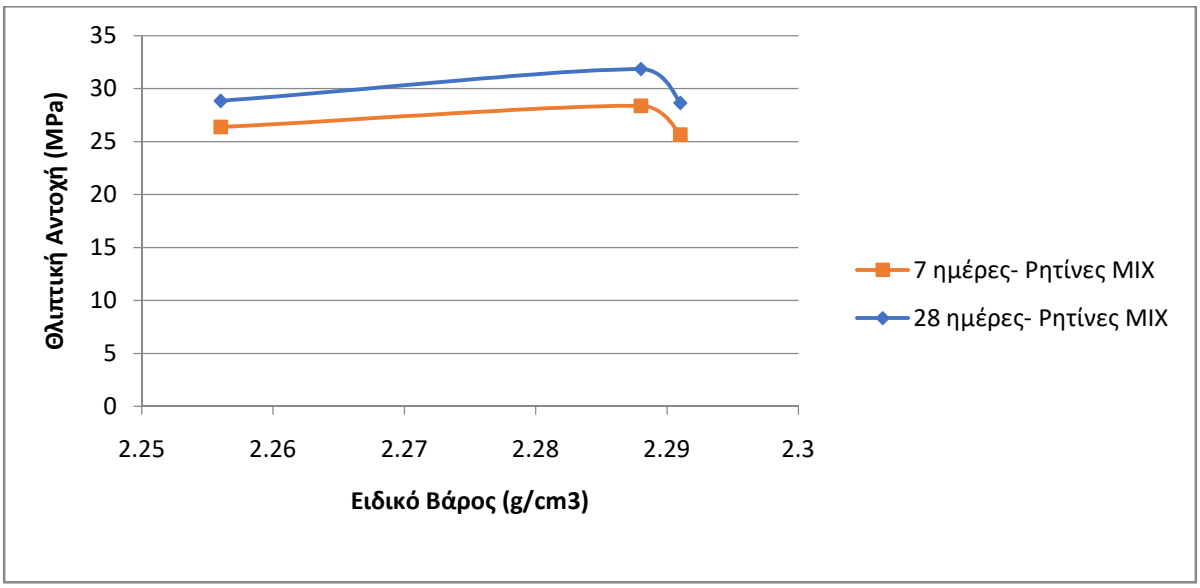
- MIX

Πίνακας 30 Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για MIX

	Νιφάδες			Ρητίνες		
Αντικατάσταση %	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (MPa) 7 ημερών	Θλιπτική Αντοχή (MPa) 28 ημερών	Τιμές Ειδικού Βάρους (g/cm3)	Θλιπτική Αντοχή (Mpa) 7 ημερών	Θλιπτική Αντοχή (Mpa) 28 ημερών
1	2.258	19.290	22.405	2.267	2.291	25.658
2	2.254	17.293	24.305	2.259	2.288	28.364
4	2.212	8.184	5.429	2.229	2.256	26.374



Διάγραμμα 32Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για MIX Νιφάδες



Διάγραμμα 33Μετρήσεις αντοχής θλίψης και ειδικού βάρους για MIX Ρητίνες

Η θλιπτική αντοχή στις Νιφάδες της μίξης των πλαστικών ακολουθεί μία έντονη αύξηση και στις δύο περιόδους. Παρ' όλα αυτά, ενώ στις 7 ημέρες ωρίμανσης η αντοχή θλίψης των Νιφάδων λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στην μέγιστη τιμή του ειδικού βάρους, στις 28 ημέρες μειώνεται κατά μικρό βαθμό στο τέλος, μετά την ανοδική μέχρι τότε πορεία της. Οι Ρητίνες της μίξης των πλαστικών συμπεριφέρονται σχεδόν με τον ίδιο τρόπο στις δύο περιόδους. Εκφράζονται από μία μικρή αρχικά αύξηση της θλιπτικής αντοχής όσο αυξάνεται το ειδικό βάρος και μετά με μία λίγο μεγαλύτερη μείωση. Οι ελάχιστες τιμές των θλιπτικών αντοχών και στις δύο περιόδους παρουσιάζονται όταν το ειδικό βάρος είναι στην μέγιστη τιμή του.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο την πειραματική μελέτη των ιδιοτήτων του ελαφρύ σκυροδέματος με μερική αντικατάσταση των αδρανών με πλαστικό. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα με διαφορετικές αναλογίες ανακυκλωμένων τερεφθαλικών πολυαιθυλενίων (PET), προπυλενίων (PP), πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE), καθώς και ενός μείγματος των παραπάνω. Τα ποσοστά αντικατάστασης των αδρανών ήταν 1, 2 και 4 % για το κάθε είδος, ενώ διατηρήθηκε σταθερός λόγος νερού προς τσιμέντο σε κάθε δοκιμή. Για την αξιολόγηση της επίδρασης αυτών των αντικαταστάσεων, μελετήθηκαν μηχανικές ιδιότητες των κονιαμάτων, όπως η θλιπτική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας και το ειδικό βάρος.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι οι τιμές του ειδικού βάρους μειώνονται όσο αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης της άμμου με τα πλαστικά. Η μείωση επίσης έχει ελάχιστες διακυμάνσεις μεταξύ των νιφάδων και των ρητίνων. Το σκυρόδεμα είναι γνωστό ότι για να θεωρείται ότι είναι ελαφρύ, θα πρέπει να έχει πυκνότητα έως $2.2\ g/cm^3$, ενώ η πυκνότητα του κανονικού βάρους σκυροδέματος θεωρείται ότι είναι μεταξύ $2.3\ g/cm^3$. Εφόσον όλες οι μετρήσεις που έγιναν ήταν μεταξύ των τιμών εκείνων, είναι σαφές ότι τα πλαστικά που επιλέχθηκαν είναι μια κατάλληλη επιλογή για την κατασκευή ελαφρύ σκυροδέματος. Κάποιες ελάχιστες αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν σε σημεία όπως το LDPE ή στο μείγμα, με αντικαταστάσεις 4%, είναι πιθανόν να οφείλονται στο γεγονός ότι η προσθήκη πλαστικού σε δοκίμια τσιμεντοκονιάματος μειώνει την πυκνότητά των δοκιμίων, λόγω της μειωμένης συνεκτικότητας που εμφανίζεται μεταξύ των υλικών. Αυτό οδηγεί αντιστοίχως, στην μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων των δοκιμίων.

Σε αντίθεση με το ειδικό βάρος, οι μετρήσεις των δοκιμίων για αντοχές σε θλίψη, έδειξαν κυρίως ότι η μείωση της θλιπτικής αντοχής γίνεται πιο έντονη καθώς αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης με πλαστικό. Η μείωση της θλιπτικής αντοχής των κονιαμάτων οφείλεται κυρίως, στην μειωμένη συνάφεια μεταξύ της επιφάνειας του πλαστικού και του τσιμεντοπολτού, και τον υδρόφοβο χαρακτήρα των πλαστικών, ο οποίος εμποδίζει την απαιτούμενη ενυδάτωση των δοκιμίων την αντίστοιχη περίοδο ωρίμανσής τους (Saikia&deBrito, 2012). Κάποιες μικρές διακυμάνεις που παρατηρήθηκαν, όπως στο τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) με αντικατάσταση 4%, μπορούν να επεξηγηθούν έγκυρα μόνο με μικροσκοπική διευρεύνηση των δοκιμίων, κάτι το οποίο δεν ήταν εφικτό στην παρούσα εργασία. Γενικότερα, παρατηρήθηκε ότι τα δοκίμια με συνήθως 1% πλαστικό, καθώς και αυτά που περιείχαν πλαστικό σε μορφή ρητίνης,έδειξαν καλύτερες αντοχές από τα υπόλοιπα. Αυτό οφείλεται στο ότι παρουσιάστηκε καλύτερη συσχέτιση μεταξύ του μείγματος αδρανών και του τσιμεντοπολτού, προκαλώντας μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε αυξημένα φορτία μετατόπισης.

Η ελαστικότητα των δοκιμίων παρουσιάζει γενικότερα μια φθίνουσα τάση στις νιφάδες, όσο αυξάνεται το ποσοστό αντικατάστασης, με εξαίρεση κάποια δοκίμια αντικατάστασης 2% που προσωρινά αυξάνεται. Η πτώση πιθανόν οφείλεται στην μείωση της πυκνότητας των τσιμεντοκονιαμάτων, καθώς και στην χαμηλή ελαστικότητα του πλαστικού. Αντιθέτως, η ελαστικότητα των δοκιμίων στις ρητίνες παρουσιάζει μία αύξουσα τάση όσο αυξάνεται το πλαστικό που περιέχεται στα δοκίμια. Τέλος, παρατηρείται ότι τα μέτρα ελαστικότητας είναι εμφανώς μεγαλύτερα στις 28 ημέρες, συγκριτικά με τις 7 ημέρες ωρίμανσης.

5.2. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, τα αποτελέσματα αναφορικά με την χρήση πλαστικών αποβλήτων στον κατασκευαστικό τομέα, ήταν αρκετά ενθαρρυντικά. Μερικές προτάσεις για την περαιτέρω μελέτη θα αφορούσαν κυρίως αναλύσεις, ώστε να δοθεί μια πληρέστερη εικόνα της αλληλεπίδρασης των προκείμενων πλαστικών αποβλήτων στην δομή του κονιάματος.

Πιο συγκεκριμένα, η μικροσκοπική ανάλυση των δοκιμίων και η μελέτη της συμπεριφοράς τους υπό ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως, κύκλους ψύξης και UV ακτινοβολία. Ακόμη, η θερμοβαρυντικήεξέταση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της θερμοκρασίας αποσύνθεσης υλικών, της απορρόφησης υγρασίας, του ποσοστού οργανικών και ανόργανων συνθετικών των υλικών, των σημείων αποσύνθεσης εκρηκτικών και της παρουσίας υπολοίπων διαλυτών, όπως επίσης και στη μελέτη οξείδωσης σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι νανοσωλήνες άνθρακα (CNTs) είναι ένα ακόμα πεδίο που θα μπορούσε να μελετηθεί περαιτέρω αφού έχουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες και έχουν πολλές προοπτικές όταν συνδυάζονται με τσιμέντο ως νανοσύνθετα.

Καταλήγοντας, με τις μελλοντικές προτάσεις, δύναται να αυξηθεί η θλιπτική αντοχή των κονιαμάτων και να βελτιωθεί η συνοχή μεταξύ του μίγματος των υλικών, προσφέροντας ενισχυμένες ιδιότητες στο τελικό προϊόν.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akçaözoğlu, S., Atiş, C. D., &Akçaözoğlu, K. (2010).An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete. Waste management, 285-290.

At. Zaman (2010) Comparative Study of Municipal Solid Waste Treatment Technologies Using Life Cycle Assessment Method

Awham Mohammed Hameeda, Bilal Abdul -Fatah Ahmedb (2018) Employment the plastic waste to produce the light weight concrete

Defra (2004) . Review of Environmental and Health Effects of Waste Management: Municipal SolidWaste and Similar Wastes

Defra, (2010). Environmental Permitting Guidance, The Waste Incineration Directive

Defra, (2011a). Environmental Statistics – Key Facts.

Defra, (2011b). Government Review of Waste Policy in England 2011. Defra, 2012. Landfill Allowance Trading Scheme.

Defra, (2013). Incineration of Municipal Solid Waste.

Defra, 2012. Landfill Allowance Trading Scheme.

Dimitrakakis, E., Janz, A., Bilitewski, B., &Gidarakos, E. (2009)b. Small WEEE: determining recyclables and hazardous substances in plastics. Journalofhazardousmaterials, 161(2-3), 913-919.

Eurostat (2009) Επεξεργασία Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Gu, L., &Ozbakkaloglu, T. (2016). Use of recycled plastics in concrete: A critical review. Waste Management, 20-31.

Helena Dahlbo, Valeria Poliakova, Ville Mylläri, Olli Sahimaa, Reetta Anderson (2018) Recycling potential of post-consumer plastic packaging waste in Finland.

Ian Tiseo (2020) Plastic waste in Europe - Statistics [3]

ILSI Europe Report Series, Packaging Materials 1. Polyethylene terephthalate (PET) for good packaging applications.p.5

Jan F. Rabek (1996) Photodegradation of Polymers: Physical Characteristics and Applications

Jenna R. Jambeck, Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Anthony Andrady, Ramani Narayan, Kara Lavender Law (2015) «Plastic waste inputs from land into the ocean» [4]

JF Rabek (2012) Photodegradation of polymers: physical characteristics and applications

K. Rajakumar, V. Sarasvathy, A. Thamarai Chelvan, R. Chitra & C. T. Vijayakumar (2009) Natural Weathering Studies of Polypropylene

Kim Ragaert , Laurens Delva, Kevin Van Geem (2017) Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste.

M. Weiss, J. Haufe, M. Carus, M. Brandão, S. Bringezu, B. Hermann (2012). A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials

N.S. Allen, M. Edge (1992) Fundamentals of Polymer Degradation and Stabilization

O. Horodytska, F.J. Valdés, A. Fullana (2018) Centrifugal dewatering performance in plastic films recycling.

Polyethylene Terephthalate (PET): A Comprehensive Review

R. Bohm, D. Folz, T. Kinnaman, M. Podolsky (2010). The Costs of Municipal Waste and Recycling Programs

Roland Geyer, Jenna R. Jambeck and Kara Lavender Law (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made [2]

Saikia, N.& de Brito,J. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. Construction and Building Materials

ΔιαδικτυακέςΠηγές

omnexus.specialchem.com

https://www.cement.org/cement-concrete-applications/how-concrete-is-made